



# Rapport des activités de recherche 2006-2007

~

## TELECOM ParisTech



mai 2008

# commu- -nications





**Quatrième partie**

# **Traitement du Signal et des Images**



# Traitement du Signal et des Images

Le département Traitement du Signal et des Images (TSI) couvre, pour l'essentiel, l'ensemble du domaine correspondant avec de forte composantes liées à l'image sous toutes ses formes (numérique, optique...) pour des applications très variées (médicale, satellitaire, artistique...) ainsi qu'au signaux audio (parole, son) et aux traitements statistiques. Le département est également présent sur des thématiques plus ciblées liées aux problèmes de codage, de communications numériques ainsi que d'interface homme-machine.

Permanents, post-doctorants [GET, CNRS, Post-doc] (ETP en mois)	[370,236,279]
Doctorants (ETP en mois)	1398
Thèses soutenues	40
HDR soutenues	6
Articles de revues [publiés, à paraître]	[124,21]
Articles de conférences	311
C.A. 2006–2007 contrats [Europe/ANR/ACI, CIFRE, Autres] (kEUR)	[1948,298,1341]

TAB. 1 – Chiffres synthétiques concernant l'activité du département TSI cumulés sur les deux années 2006–2007.

La structure du département a été réorganisée début 2007. Le département TSI est désormais organisé en quatre groupes :

- le groupe “Statistiques et applications” - STA - reprend les activités du groupe précédemment intitulé TSAC (Traitements Statistiques et Applications aux Communications). Ce groupe s'intéresse aux applications des statistiques et des probabilités au traitement de l'information. Le groupe couvre un spectre large allant des développements de nouvelles méthodes et algorithmes jusqu'aux applications. Les activités de ce groupe se déclinent autour de plusieurs thèmes : apprentissage statistique, données dépendantes et systèmes aléatoires complexes, méthodes et algorithmes pour l'analyse de données cosmologiques, méthodes de Monte-Carlo par chaînes de Markov, méthodes de Monte-Carlo séquentielles (filtrage particulière), traitement d'antennes, géolocalisation, estimation de modèles.
- le groupe “Traitement et Interprétation des Images” - TII - dont la structure n'a pas été modifiée. L'objectif principal de la recherche mené au sein du groupe est de développer des méthodologies et des outils théoriques pour le traitement d'images et le traitement de scènes ou d'objets tridimensionnels. Cela implique la résolution globale de problèmes complexes d'image, intégrant des techniques multiples et complémentaires permettant de conduire des données brutes à leur interprétation. Les applications portent sur les objets de musées (objets 3D, peintures), sur l'imagerie médicale, sur les imageries aérienne et satellitaire, sur l'analyse des images naturelles.
- le groupe “Audio, Acoustique et Ondes” - AAO - reprend les activités qu'il avait sous ce titre en lui adjoignant des activités venant de l'ancien groupe COD (Codage). Ce groupe de recherche accueille des activités de traitement du signal s'appuyant fortement sur les phénomènes physiques de formation des signaux, qu'ils soient acoustiques ou optiques. En traitement numérique du signal audio, les activités couvrent l'ensemble de la chaîne depuis sa capture, son analyse ou transformation, sa transmission jusqu'à sa restitution dans le but de proposer des solutions aux principales problématiques centrées sur le son (parole, mu-

sique... ) dans les applications multimédia. En traitement optique de l'information, le groupe contribue à l'émergence de nouveaux dispositifs, et à la caractérisation de nouveaux matériaux non linéaires.

- le groupe "Multimédia" – MMA - regroupe des activités du groupe COD et de l'ancien groupe PAM (Perception, Apprentissage et Modélisation). La thématique de recherche du groupe couvre le cycle de vie des documents multimédia dans le cadre d'une chaîne complète, en allant des outils auteur pour la production de contenus multimédia en temps réel et en différé, pour finalement permettre à l'utilisateur humain une interaction multimodale avec ces contenus, ou bien la mise en oeuvre de traitements automatiques (restauration des images dégradées, vérification et transformation audio-visuelle de l'identité, segmentation d'images et reconnaissances de formes etc). Elle inclut également les traitements permettant l'analyse, la compression et la transmission robuste de ces médias sur des réseaux hétérogènes, ainsi que l'adaptation dynamique et distribuée du flux transmis (données et méta-données, y compris celles concernant la protection des droits numériques) au contexte, aux conditions de transport et au type de terminal.

Un thème de recherche est transverse à l'ensemble de ces groupes. Il s'agit de l'indexation. La recherche de données dans des bases de données de diverses natures requiert des études statistiques pour l'apprentissage et la fouille de données, activités du groupe STA qui applique ces techniques à la fouille de textes en particulier. L'indexation d'images satellitaires, d'images biomédicales, d'objets 3D se fait dans le cadre du groupe TII. Le groupe AAO s'intéresse lui aux problèmes d'indexation des signaux audio (parole, musique) : identification de rythmes, mélodies, instruments, styles... mais aussi à l'indexation conjointe des signaux audio et vidéo. Les signaux vidéo font aussi l'objet de l'attention du groupe MMA, qui sur le plan de l'indexation traite aussi de documents complexes (texte, écriture, photos, graphiques) et de multimodalités (voix, visage, empreintes) en vue de la biométrie.

Résumons brièvement les moyens disponibles au département TSI, ainsi que quelques résultats de son activité.

TSI a accueilli 37 enseignants chercheurs dans la période considérée, 15 chercheurs CNRS, 102 doctorants, 31 post-doctorants et ingénieurs sous contrats, 6 sabbatiques, pour un total de 93 équivalents temps plein de recherche par an (cf. figure 1).

TSI a également, sur 2006 et 2007, constaté 3,7 Meuro de recettes sur contrat, 124 publications en revue et 40 thèses (cf. figures 2 et figures :tsi-cont).

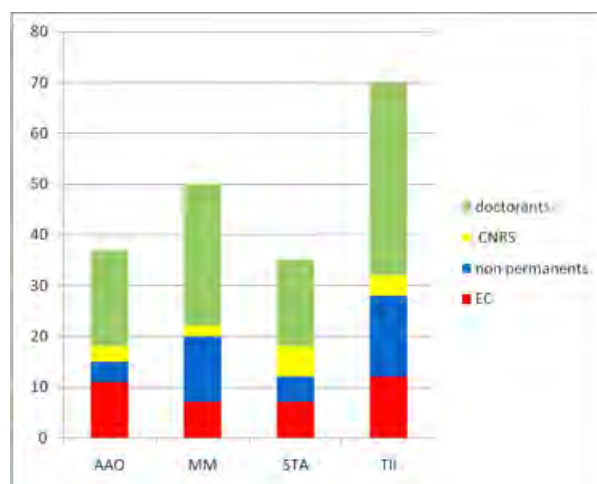


FIG. 1 – Les acteurs de la recherche au département TSI en nombre de chercheurs impliqués au cours des années 2006 et 2007, distribués par groupes de recherche

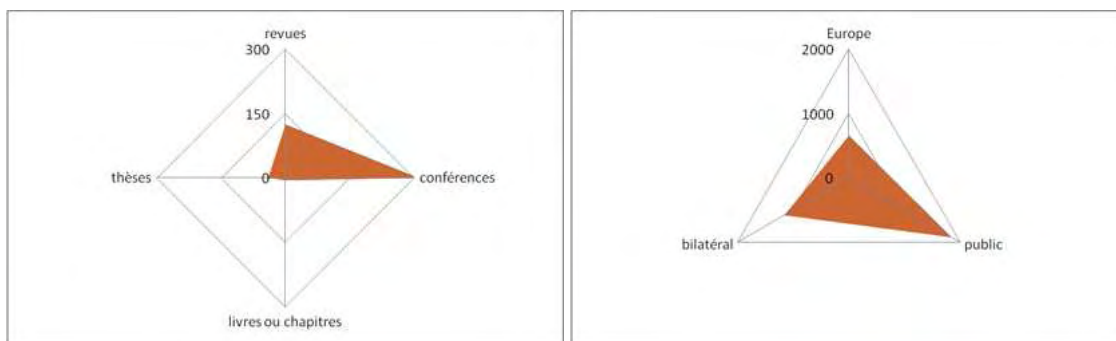


FIG. 2 – A gauche, répartition des publications scientifiques du département TSI au cours des 2 années 2006 et 2007, distribuée entre revues, conférences, thèses, livres et chapitres de livres. A droite, répartition des recettes sur contrats au cours de ces 2 années, distribuées par type de partenaire : Europe, publics français (ACI, ANR, Ministères, Région, DGA, CNES) et bilatéraux avec un partenaire industriel (en milliers d'euros).

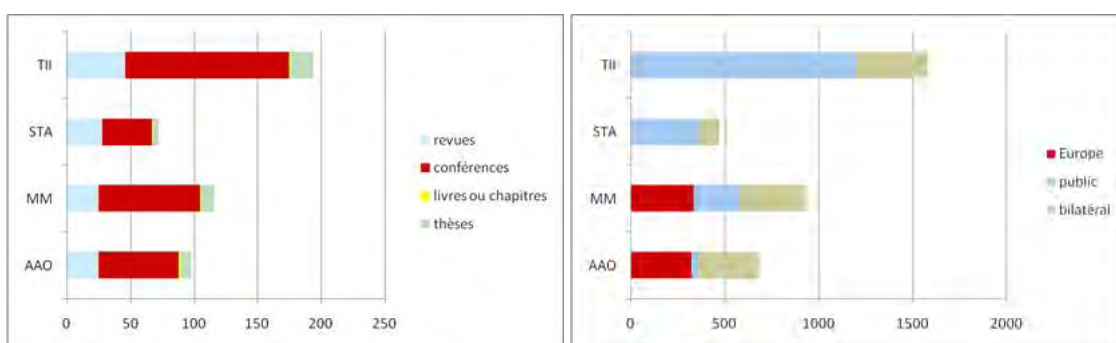


FIG. 3 – Les publications scientifiques, à gauche, et les recettes sur contrats à droite, éclatées sur les 4 thématiques de recherche du département TSI.

Yves GRENIER  
Responsable du département « Traitement du Signal et des Images »





# Groupe 1

## Audio, Acoustique et Ondes (AAO)

Le groupe de recherche AAO (**A**udio, **A**coustique et **O**ndes) accueille des activités de traitement du signal s'appuyant fortement sur les phénomènes physiques de formation des signaux, qu'ils soient acoustiques ou optiques. Il est organisé autour de deux projets structurants :

- Le projet Traitement du Signal Audio (*AudioSig*),
- Le projet Traitement Optique du Signal (*TOS*)

**Responsable** G. Richard (P)

**Permanents** R. Badeau (MC), B. David (MC), S. Essid (IE, depuis 10/2006), C. Févotte (CR2-CNRS, depuis 10/2007), R. Frey (P, 40%), Y. Grenier (P), S. Maeda (DR CNRS), A. Maruani (P), D. Maignon (MC), N. Moreau (P), J. Prado (MC), I. Zaquine (MC, 80 %),

**Doctorants** A. Aissa El Bey (10/04 - 06/07), S. Fontana, M. Guillaume (10/03 - 11/06), N. Bertin (10/05 - ), M. Betser (10/04 - ), C. Clavel (11/03 - 03/07), V. Emiya (10/03 - ), J-L. Durrieu (01/07 - ), O. Gillet (12/03 - 06/07), P. Leveau (11/04 - 11/07), M. Ramona (10/06 - ), M. Alonso (10/02 - 11/ 06), C. Baras (10/02 - 06/06), A. Moreau (10/03 - 09/06), Q. He (11/05 - ), J-L. Smirr (01/07 - ), E. Ravelli (10/05 - ), C. Joder (11/07 - ), F. Vallet (11/07 - )

**Non-permanents** C. Hory (Postdoc 16 mois), C. Févotte (Postdoc 9 mois), M. Christensen (Aalborg Univ. (DK) Sabb. 1 mois)

Permanents, post-doctorants (ETP en mois)	156
Doctorants (ETP en mois)	200
Thèses soutenues	8
HDR soutenues	2
Articles de revues [publiés]	25
Articles de conférences	63
C.A. 2006–2007 contrats [Europe/ANR/ACI, CIFRE, Autres] (k€)	[300, 54, 311]

### 1.1 Projet structurant Traitement du Signal Audio (AudioSig)

#### 1.1.1 Objectifs

L'objectif de ce projet est de développer des méthodes de traitement numérique du signal audio, afin de proposer des solutions aux principales problématiques centrées sur le son (parole, mu-

sique, . . .) dans les applications multimédia. Nous nous intéressons à toute la chaîne du signal audio, depuis sa capture, sa transmission, et jusqu'à sa restitution. Les travaux sont menés aussi bien sur le développement de nouvelles méthodes et modèles de représentation du signal audio et en particulier du signal musical (Méthodes adaptatives d'estimation et suivi de sinusoides, Représentations parcimonieuses, décompositions en matrices non-négatives, . . .) que sur leur application à des problèmes concrets (tatouage, compression, analyse des signaux EEG, Indexation). Le thème de l'indexation sonore est probablement le plus important de ce projet et intègre aussi bien des travaux sur la segmentation de flux audio radiophonique en classes d'événements sonores (parole/musique/chant, . . .) que des études sur les différentes composantes structurantes d'un signal musical (séparation de sources d'un signal audio polyphonique, estimation de rythme, extraction de fréquences fondamentales multiples, extraction de mélodie principale. . .). Par ailleurs, une nouvelle orientation, transversale, prend actuellement de l'essor notamment avec l'arrivée d'un nouveau CR2-CNRS sur ce thème, et vise à développer de nouvelles approches statistiques pour le traitement du signal audio.

Le projet entretient des collaborations étroites avec d'autres partenaires aussi bien académiques (LAM-Paris 6, IRCAM, INRIA-IRISA) qu'industriels (FT R&D, RTL, INA, . . .).

## 1.1.2 Résultats

### Prise et restitution des sons, spatialisation

**Chercheurs** K.Abed-Meraim, B. David, Y. Grenier, J. Prado, G. Richard ;

**Faits marquants** Thèse en co-tutelle avec l'Université de Parme (Italie) ; contrat d'étude avec France Télécom sur la séparation de sources audio dans un contexte automobile.

L'objectif de ce thème d'étude est d'améliorer l'analyse et la synthèse des champs sonores par des techniques numériques de traitement du signal. Dans le domaine de la restitution binaurale des sons, nous avons développé un système rapide de mesures des réponses de tête (HRTF) et de personnalisation pour un nouvel auditeur [22]. Nous avons mené en collaboration avec l'université de Parme des tests auditifs de diverses techniques de spatialisation des sons [15]

En prise de sons, nous avons développé une technique d'analyse du champ sonore à partir d'un réseau de microphones [25]. Celle-ci s'apparente aux techniques de formation de voie multi-microphones ainsi qu'aux techniques d'estimation spectrale paramétriques. La composante du champ dans chaque direction s'obtient par un filtrage optimal maximisant la résolution spatiale autour de la direction visée. Ce filtrage s'exprime sous forme de fonctions sphéroïdales aplaties.

Nous avons aussi développé une approche originale pour la séparation aveugle de sources audio à partir d'un réseau de microphones, dans le cas sous-déterminé (plus de sources que de capteurs). Cette approche combine une analyse temps-fréquence ou en ondelettes de chaque signal avec une extraction par classification automatique des vecteurs représentant les positions de chaque source [2, 1, 3].

### Tatouage, compression de sources sonores

**Chercheurs** N. Moreau, G. Richard

**Faits marquants** : Projet Media Puppet, Collaborations académiques (Université de Toulon, INPG Grenoble, LAM/Paris 6)

Le but poursuivi dans le domaine du tatouage audio a d'abord été de chercher à augmenter les performances (en terme de débit/taux d'erreurs binaires) du système de tatouage en proposant de nouvelles méthodes basées sur le fait qu'un système de tatouage pouvait être vu comme un canal de transmission avec information adjacente [10]. Récemment, l'accent a été mis sur la nécessité, pour un système de tatouage ayant vocation à satisfaire les besoins d'utilisateurs industriels (Médiamétrie par exemple), d'être capable de détecter un tatouage au travers d'une liaison haut-parleurs/microphone séparés d'au moins 1m50. C'est une contrainte très forte que les techniques envisagées (égalisation par suivi adaptatif pour compenser l'effet de salle) n'ont permis de

satisfaire que partiellement. D'une façon plus générale, l'objectif a été d'être capable de détecter un tatouage après une prise de son très dégradante (microphone éloigné des haut-parleurs, microphone de qualité très ordinaire).

L'activité compression des signaux s'est également poursuivie autour de la compression des signaux audionumériques multicanaux à très faible débit et autour de nouvelles solutions pour les codeurs par transformée (utilisation de dictionnaires redondants [37], utilisation de modèles statistiques pour la quantification [17]).

### **Analyse de scènes sonores et Indexation**

**Chercheurs** R. Badeau, B. David, S. Essid, C. Févotte, Y. Grenier, J. Prado, G. Richard ;

**Faits marquants** Collaborations industrielles (FT R&D, Thales, RTL) et académiques (LAM-Paris 6, INRIA-Irisa, Ircam)

Projets : Réseau d'excellence NoE Kspace (*Knowledge Space of Semantic Inference for Automatic Annotation and Retrieval of Multimedia Content*), ACI Musicdiscover (*Indexation et recherche dans des bases de données audio*), ANR-Desam (*Décompositions en Eléments Sonores et Applications Musicales*), ANR Sarah (*Standardisation du Remastering Audio Haute-définition*) ;

1 Prix de thèse ParisTech (R. Badeau)

Cette activité poursuit plusieurs axes de recherches. Sur le premier axe qui vise à développer de nouvelles méthodes et modèles de représentation du signal audio, plusieurs résultats très intéressants ont été obtenus notamment sur l'estimation et le suivi adaptatif des composantes sinusoïdales d'un signal ([7, 13]). Le second axe est consacré aux différents aspects de l'indexation des signaux musicaux et s'attaque en particulier aux problèmes d'estimation de fréquences fondamentales multiples (détection de notes simultanées dans un signal musical [18]) d'estimation de l'information rythmique d'un segment musical (estimation du tempo ([5, 4], extraction automatique de la piste de batterie [24]) et à l'estimation de mélodie principale (par exemple par séparation de la voix chantée et de l'accompagnement musical). Le troisième axe s'intéresse à la segmentation d'un flux audio en événements ou classes sonores avec application aux flux radiophoniques ou audiovisuels (segmentation parole/musique [38], reconnaissance automatique des émotions [16]) et aux flux musicaux (reconnaissance des instruments de musique [19, 20], Alignement Audio/vidéo [23]). Une nouvelle orientation, transversale aux axes précédents, prend actuellement de l'essor et vise à développer de nouvelles approches statistiques pour le traitement du signal audio.

Ces thèmes de recherche sont en partie réalisés dans le cadre de projets collaboratifs nationaux (ANR-Desam, ACI-Musicdiscover) ou internationaux (Réseau d'excellence K-space).

### **Contrôle actif de bruit et analyse de signaux bio-médicaux**

**Chercheur** J. Prado, Y. Grenier ;

**Résultats principaux et faits marquants** Collaborations externes, ACI Abrupt

Dans le cadre de l'ACI ABRUPT notre activité s'est concentrée sur le développement d'algorithmes pour la réduction par contrôle actif du bruit de fond dans les centrales d'appel téléphonique. En raison de ses bonnes performances, notamment en termes de largeur de bande, nous sommes basés sur l'algorithme GMDF $\alpha$  (Generalised Multi-Delay Filter) que nous avons modifié afin de supprimer la reconstruction du signal par addition-recouvrement, cette technique ne pouvant pas amener à un fonctionnement temps réel. La suppression de l'addition-recouvrement provoque une légère baisse de performance dans la réduction de bruit, mais reste plus efficace que les algorithmes temporels (de type FXLMS) notamment en termes de largeur de bande du signal traité.

Une autre part de notre activité concerne l'analyse automatique du signal d'EEG de sommeil à l'aide d'une seule paire de capteurs. Des améliorations sensibles ont été apportées à la méthode, notamment par la mise au point d'une procédure d'adaptation automatique des largeurs de bandes

des filtres d'analyse aux fréquences caractéristiques du dormeur. Les résultats obtenus, en comparaison avec l'analyse visuelle, ont fait l'objet de publications et montrent tout l'intérêt de la méthode [12, 11].

## 1.2 Projet structurant Traitement Optique du Signal

**Chercheurs** R. Frey , A. Maruani , I. Zaquine ;

**Résultats principaux et faits marquants** Contrat incitatif de l'institut TELECOM : *Fonctions Réseaux pour l'Information Quantique*

Contrat de type CNANO de la Région, en collaboration avec l'Institut d'Optique Graduate School. 2 HDR soutenues (I. Zaquine, D. Matignon)

### Objectifs

La conception et caractérisation de dispositifs toujours plus performants pour le traitement optique de l'information, avec en particulier le concept de diffraction intracavité, est poursuivie dans des configurations plus audacieuses : faisceaux gaussiens, milieux à gain, réseaux minces.

Un nouveau type de structure, dit cristal photonique à 2 dimensions, est abordé dans le but d'allier les avantages de l'intégration propres aux nanotechnologies aux performances des meilleurs dispositifs macroscopiques.

Dans le cadre des traitements quantiques de l'information, une nouvelle activité de l'équipe, nous souhaitons étudier les fonctions d'un futur réseau quantique dans lequel le premier problème qui se pose est de passer d'une longueur d'onde « télécom » pour la propagation des signaux sur de longues distances, à une longueur d'onde à laquelle on serait capable de stocker l'information dans les futures mémoires quantiques, en préservant la cohérence quantique.

### Résultats

Les résultats expérimentaux obtenus sur un micro-laser YAG confirment les prévisions théoriques sur l'intérêt du milieu à gain intracavité [35]. L'efficacité de diffraction du réseau est augmentée d'un facteur 5000 et la sélectivité angulaire d'un facteur 20 environ. Les modélisations développées permettent de décrire plusieurs configurations allant du réseau infiniment mince [36] au réseau épais remplissant entièrement la cavité résonnante qui a été mis en oeuvre expérimentalement.

Pour les cristaux photoniques les modèles ont été affinés, pour prendre en compte les ordres supérieurs de diffraction. A l'aide de la double source paramétrique accordable en régime picoseconde mise au point au laboratoire on a pu mettre en évidence un régime de diffraction de Bragg avec un accroissement énorme de l'efficacité de diffraction dans ces cristaux à deux dimensions, ce malgré leur épaisseur micronique.

Les caractéristiques d'une interface quantique de changement de longueur d'onde pour permettre le stockage d'un photon "télécom" dans une mémoire quantique permettant de préserver la polarisation d'un photon ont été déterminées et le matériel a été acheté pour commencer les expériences [34].

### Publications les plus significatives

- [1] A. Aïssa-El-Bey, K. Abed-Meraim, and Y. Grenier. Blind separation of underdetermined convolutive mixtures using their time-frequency representation. *IEEE Transactions on Audio, Speech & Language Processing*, 15(5):1540–1550, jul 2007.
- [2] A. Aïssa-El-Bey, K. Abed-Meraim, and Y. Grenier. Underdetermined blind audio source separation using modal decomposition. *EURASIP Journal on Audio, Speech & Music Processing*, 2007:1–15, mar 2007.

- [3] A. Aïssa-El-Bey, N. Linh-Trung, K. Abed-Meraim, A. Belouchrani, and Y. Grenier. Underdetermined blind separation of nondisjoint sources in the time-frequency domain. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 55(3):897–907, mar 2007.
- [4] M. Alonso, G. Richard, and B. David. Accurate tempo estimation based on harmonic+noise decomposition. *Eurasip Journal on Applied Signal Processing*, jan 2007.
- [5] M. Alonso, G. Richard, and B. David. Tempo estimation for audio recordings. *Journal of New Music Research*, 36(1):17–26, mar 2007.
- [6] R. Badeau and R. Boyer. Fast multilinear singular value decomposition for structured tensors. *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, mar 2007.
- [7] R. Badeau, B. David, and G. Richard. High resolution spectral analysis of mixtures of complex exponentials modulated by polynomials. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 54(4):1341–1350, apr 2006.
- [8] R. Badeau, B. David, and G. Richard. A new perturbation analysis for signal enumeration in rotational invariance techniques. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 54(2):450–458, feb 2006.
- [9] R. Badeau, G. Richard, and B. David. Performance of ESPRIT for estimating mixtures of complex exponentials modulated by polynomials. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 56(2):492–504, feb 2008.
- [10] C. Baras, N. Moreau, and P. Dymarki. Controlling the inaudibility and maximizing the robustness in an audio annotation watermarking system. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 14(5):1772–1782, sep 2006.
- [11] C. Berthomier, X. Drouot, M. H.-S. M, J. Prado, J. Mattout, and M. d’Ortho. Automatic analysis of single-channel sleep eeg: Validation in healthy individuals. In *SLEEP 2007*, pages 1587–1595, 2007.
- [12] C. Berthomier, X. Drouot, M. H.-S. M, J. Prado, J. Mattout, and M. d’Ortho. Real-time automatic measurement of recorded sleep time. In *American College of Chest Physicians (ACCP) congress : CHEST*, pages 1587–1595, Chicago, US, oct 2007.
- [13] M. Betser, P. Collen, G. Richard, and B. David. Estimation of frequency for am/fm models using the phase vocoder framework. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 56(2):505 – 517, feb 2008.
- [14] D. Bitauld, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Numerical analysis of a high resolution fast tunable filter based on an intracavity bragg grating. *Applied Optics*, 46(21):4728–4735, jul 2007.
- [15] A. Capra, S. Fontana, F. Adriaensen, A. Farina, and Y. Grenier. Listening tests of the localization performance of stereodipole and ambisonic systems. In *123rd Convention of the Audio Engineering Society*, New York, USA, oct 2007.
- [16] C. Clavel, I. Vasilescu, G. Richard, and L. Devillers. Du corpus émotionnel au système de détection : le point de vue applicatif de la surveillance dans les lieux publics. *Revue en Intelligence Artificielle (RIA)*, 20(4-5):529–551, sep 2006.
- [17] O. Derrien, P. Duhamel, M. Charbit, and G. Richard. A new quantization optimization algorithm for the mpeg advanced audio coder using a statistical sub-band model of the quantization noise. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 14(4):1328–1339, jul 2006.
- [18] V. Emiya, R. Badeau, and B. David. Multipitch estimation of inharmonic sounds in colored noise. In *10th Int. Conf. on Digital Audio Effects (DAFx-07)*, pages 93–98, Bordeaux, France, sep 2007.
- [19] S. Essid, G. Richard, and B. David. Instrument recognition in polyphonic music based on automatic taxonomies. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 14(1):68–80, jan 2006.
- [20] S. Essid, G. Richard, and B. David. Musical instrument recognition by pairwise classification strategies. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 14(4):1401–1412, jul 2006.
- [21] C. Févotte, B. Torrèsani, L. Daudet, and S. J. Godsill. Sparse linear regression with structured priors and application to denoising of musical audio. *IEEE Trans. Audio, Speech and Language Processing*, 2007.
- [22] S. Fontana, Y. Grenier, and A. Farina. A system for head related impulse responses rapid measurement and direct customization. In *120th Convention AES*, Paris, France, oct 2006.
- [23] O. Gillet, S. Essid, and G. Richard. On the correlation of automatic audio and visual segmentations of music videos. *IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology*, mar 2007.
- [24] O. Gillet and G. Richard. Transcription and separation of drum signals from polyphonic music. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, jan 2008.
- [25] M. Guillaume and Y. Grenier. Sound field analysis with a two-dimensional microphone array. In *ICASSP*, volume V, pages 321–324, Toulouse, France, may 2006.

- [26] M. Guillaume and Y. Grenier. Sound field analysis based on analytical beamforming. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2007, aug 2007.
- [27] Q. He, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Band edge induced bragg diffraction in 2d photonic crystals. *Optics Letters*, 31(9):1184–1186, may 2006.
- [28] T. Hélie and D. Matignon. Diffusive representations for the analysis and simulation of flared acoustic pipes with visco-thermal losses. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences (M3AS)*, 16(4):503–536, apr 2006.
- [29] T. Hélie and D. Matignon. Representations with poles and cuts for the time-domain simulation of fractional systems and irrational transfer functions. *Signal Processing (SP)*, 86(10):2516–2528, oct 2006.
- [30] T. Hélie, D. Matignon, and R. Mignot. Criterion design for optimizing low-cost approximations of infinite-dimensional systems: towards efficient real-time simulation. *International Journal of Tomography and Statistics*, 7(7):13–18, sep 2007.
- [31] J. Kergomard, V. Debut, and D. Matignon. Resonance modes in a 1d medium with two purely absorbing boundaries: calculation methods, orthogonality and completeness. *Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*, 119(3):1356–1367, mar 2006.
- [32] P. Leveau, E. Vincent, G. Richard, and L. Daudet. Instrument-specific harmonic atoms for mid-level music representation. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, jan 2008.
- [33] D. Matignon and H. Zwart. Standard diffusive systems as well-posed linear systems. *SIAM Journal on Control and Optimization*, page 24, jun 2007.
- [34] Y. Menesguen, J.-L. Smirr, G. Pillet, C. Bourdarias, R. Alléaume, A. Maruani, I. Zaquine, and R. Frey. Interface de changement de longueur d'onde conservant l'intrication en polarisation. In *COLOQ*, Grenoble, jul 2007.
- [35] A. Moreau, Q. He, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Intracavity gain gratings. *Optics Letters*, 32(3):208–210, feb 2007.
- [36] A. Moreau, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Réseaux minces de diffraction en régime de bragg. *Journal de Physique IV*, 135:239, oct 2006.
- [37] E. Ravelli, G. Richard, and L. Daudet. Extending transform coding to very low bitrates using overcomplete dictionaries. In *IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA)*, New Paltz, US, oct 2007.
- [38] G. Richard, M. Ramona, and S. Essid. Combined supervised and unsupervised approaches for automatic segmentation of radiophonic audio streams. In *ICASSP'07*, Honolulu, Hawaii, apr 2007.



## Groupe 2

# Multimédia (MM)

La thématique de recherche du groupe couvre le cycle de vie des documents multimédia dans le cadre d'une chaîne complète, en allant des outils auteur pour la production de contenus multimédia en temps réel et en différé, pour finalement permettre à l'utilisateur humain une interaction multimodale avec ces contenus, ou bien la mise en œuvre de traitements automatiques (restauration des images dégradées, vérification et transformation audio-visuelle de l'identité, segmentation d'images et reconnaissances de formes etc). Elle inclut également les traitements permettant l'analyse, la compression et la transmission robuste de ces médias sur des réseaux hétérogènes, ainsi que l'adaptation dynamique et distribuée du flux transmis (données et méta-données, y compris celles concernant la protection des droits numériques) au contexte, aux conditions de transport et au type de terminal.

Les techniques employées (transformations multidimensionnelles non linéaires, codage conjoint source-canal, codage par indexation, modèles stochastiques, réseaux bayésiens, ...) s'appliquent à divers types de contenus : séquences vidéos, données biométriques, parole, images, écriture manuscrite, ...

Parmi les points forts du groupe on compte une activité contractuelle très intense (à la fois projets européens, projets nationaux de recherche et collaborations industrielles), ainsi qu'une participation active à la normalisation (MPEG, ITU, W3C, 3GPP/OMA) et le développement d'outils *open source*.

Le groupe Multimédia réunit deux projets structurants (M2 et MR-PEG).

**Responsable** B. Pesquet-Popescu (P)

**Permanents** G. Chollet (DR CNRS), C. Concolato (MC depuis 11/07), C. Faure (CR CNRS), J. Le Feuvre (IE), L. Likforman-Sulem (MC), J-C. Moissinac (MC), M. Sigelle (MC), C. Tillier (MC jusqu'au 09/2007)

**Doctorants** H. Bredin (09/04-10/07), S. S. Lin (09/02-06/07), L. Zouari (01/04-04/07), R. El-Hajj (11/05-07/07), T. Hueber (10/06-), B. Pellan (10/06-), B. Elloumi (10/06-), A. R. Kaced (10/04-), W. Karam (02/01-), R. Bayeh (12/03-), A. Ghaoui (03/03-), G. Yazbek (01/04-), P. Perrot (01/05-), C. Concolato (10/02-07/07), Z. Kazi-Aoul (10/04-01/08), G. Pau (01/03-06/06), T. Petrisor (11/03-), M. Trocan (10/04-10/07), A. Robert (11/04-01/08), C. Bergeron (01/04-01/07), G. Laroche (11/05-), N. Tizon (11/05-), O. Crave (10/05-), I. Daribo (10/06-), T. Maugey (10/07-), S. Chebbo (12/06-), C. Yaacoub (04/06-), M. Kaaniche (10/06-).

**Post-docs et CDD** R. Landais (05/06-12/07), G. Aversano (01/06-09/06), L. Zouari (04/07-), J. Wei (10/07-), Y-Z. Zhang (03/07-), D. Comalrena (05/07-), A. Fraysse (10/06-), S. Brangoulo (01/06-09/06), B. Pellan (01/06-09/06), T. André (10/07-), W. Miled (10/07-), Antoine Moreau de Bellaing (10/06-04/07).

**Sabbatiques** B. Zalesky (1 mois).

Permanents, post-doctorants (ETP en mois)	166
Doctorants (ETP en mois)	297
Thèses soutenues	10
HDR soutenues	0
Articles de revues [publiés]	25
Articles de conférences	80
C.A. 2006–2007 contrats [Europe, ANR-ACI, CIFRE et Autres] (k€)	335, 249, 348

## 2.1 Projet structurant M2 : Multimédia

### 2.1.1 Compression vidéo

**B. Pesquet-Popescu, C. Tillier, G. Pau, C. Bergeron, A. Robert, M. Trocan, G. Laroche, A. Fraysse**

**Faits marquants** : collaborations industrielles (FT RD) et académiques (Univ. Pompeu Fabra, Univ. Paris Est)

L'essor de nouvelles technologies multimédia et la généralisation des transmissions de flux vidéo via des réseaux à fort taux d'erreurs imposent de nouvelles contraintes aux systèmes de compression vidéo en termes de flexibilité et de robustesse. En particulier, ils doivent pouvoir adapter un unique flux de données à des conditions de transport variables. Afin de répondre à ces besoins, la scalabilité (la capacité d'échelonner l'information pour la rendre décodable à plusieurs niveaux de résolution ou de qualité) et la robustesse aux erreurs de transmission sont des fonctionnalités essentielles. Nous étudions des codeurs vidéo reposant sur des décompositions spatio-temporelles (2D+t) en ondelettes, qui permettent d'introduire naturellement la scalabilité en résolution spatiale et temporelle. Ces schémas ont l'avantage de permettre facilement une protection inégale aux erreurs de transmission [14].

Dans ce contexte, nous étudions des schémas lifting de filtrage temporel compensé en mouvement (thèses G. Pau, M. Trocan [35, 13]). Des nouveaux outils de décomposition temporelle ont été proposés, comme, par exemple, des structures 3-bandes compensées en mouvement [31], des opérateurs de mise à jour optimisés, des structures de prédiction itérative bidirectionnelle, des filtres uniformes 5/3 avec prédiction des zones découvertes, des structures temporelles à délai réduit, la détection et le filtrage optimisé des ruptures de scène. Dans le domaine spatial, nous travaillons sur des bancs de filtres  $M$ -bandes permettant une scalabilité fractionnaire [23], et nous avons proposé des améliorations utilisant des paquets d'ondelettes optimisés conjointement sur des groupes d'images.

Comme autre application des structures lifting, nous étudions de nouvelles représentations multi-échelle, obtenues à l'aide de bancs de filtres adaptatifs à reconstruction parfaite. Le choix entre deux (ou plusieurs) filtres est dicté par un critère dépendant uniquement du contenu des données analysées : par exemple, les régions "homogènes" sont filtrées par des filtres longs, alors que dans les zones de fort gradient, un filtre plus court est appliqué. Nous avons proposé un cadre très large pour l'étude de ces critères, basé sur des propriétés des semi-normes [28, 16] (collaboration avec Gemma Piella, Univ. Pompeu Fabra).

Une autre approche pour concevoir des représentations parcimonieuses adaptées à la géométrie, sur laquelle nous avons travaillé dans le cadre de la thèse d'Antoine Robert, en collaboration avec France Télécom RD, est de proposer des transformées par bloc orientées.

Dans un contexte normalisé MPEG-4/AVC, nous étudions des schémas de codage "par compétition" [18], mettant en œuvre une optimisation multi-critères (thèse G. Laroche, CIFRE avec France Télécom RD), et nous avons proposé des solutions de scalabilité temporelle par mélange de trames [3] (thèse de C. Bergeron, CIFRE avec Thalès).

Finalement, un autre aspect méthodologique important que nous abordons (en collaboration



J.-C. Pesquet et une post-doc, A. Fraysse) est l'étude théorique des propriétés asymptotiques débit-distorsion des sources Bernouilli-Gaussienne généralisées, pouvant modéliser les sous-bandes des différentes transformées spatio-temporelles.

### **2.1.2 Codage vidéo robuste et distribué**

**B. Pesquet-Popescu, T. Petrisor, C. Tillier, T. Maugey, M. Trocan, C. Bergeron, T. André, N. Tizon**

**Faits marquants** : collaborations industrielles (FT RD, Thalès, SFR), projets ANR (ESSOR, DIVINE, DITEMOI).

Le développement actuel d'applications comme la visiophonie mobile suscite un intérêt croissant de la part des industriels pour des techniques de compression de faible complexité, et donc de consommation limitée, afin d'augmenter l'autonomie des terminaux mobiles dans les liaisons montantes. Dans ce contexte, le codage de source distribué propose des solutions originales et efficaces, déportant la complexité liée à la compression du flux vidéo acquis par un mobile vers le récepteur (la station de base) [7]. Par ailleurs, des dispositifs de surveillance reposant sur des réseaux de capteurs tendent à se développer fortement. De gros volumes de données fortement corrélées sont acquis et doivent transiter entre des nœuds de capacité de communication limitée. Dans l'équipe nous développons des schémas de compression vidéo distribuée basés ondelettes, dans le cadre de projets tels que l'ANR ESSOR.

Dans le même temps, la transmission d'un flux vidéo dans des réseaux à perte peut être fortement perturbée par la congestion ou l'interruption de certains liens. Un outil permettant de lutter contre ce type d'erreurs est le codage par descriptions multiples, qui exploite l'existence de plusieurs chemins de transmission. Des représentations différentes de la source peuvent être envoyées sur chacun des canaux de façon à ce que la perte d'une ou de plusieurs d'entre elles n'entraîne pas de délais de retransmission et que le signal puisse être reconstruit avec une qualité acceptable. Dans ce contexte, nous travaillons sur des schémas à descriptions multiples reposant sur la décomposition des images et vidéos sur des trames d'ondelettes à redondance réduite dans le domaine spatial et temporel [32] et des méthodes d'optimisation convexe (thèse T. Petrisor). Cette approche présente l'avantage d'utiliser la redondance inhérente à la transformée, tout en produisant une représentation creuse. Ce thème de recherche est traité dans des projets collaboratifs ANR comme DIVINE (Diffusion de Vidéo et Image vers des terminaux hétérogènes, à travers des liens hétérogènes), où nous nous intéressons à la protection inégale aux erreurs pour des liens multicast et à l'implémentation du schéma MDC temporel dans un contexte opérationnel sans fil et DITEMOI (Diffusion et Téléchargement sur lien Mobile Ip), où nous travaillons sur le codage conjoint pour des transmissions multi-point à multi-point sans fil (Wifi et WiMAX) et le codage par descriptions multiples pour les communications pair-à-pair.

### **2.1.3 Rich-media**

**C. Concolato, J. Le Feuvre, J-C. Moissinac, B. Pellan, Y-Z. Zhang.**

**Faits marquants** : Collaborations académiques (Univ. Klagenfurt, Univ. Ghent) et industrielles (RTL), projet IST DANAE, ANR Triscope, participation aux instituts de normalisation : MPEG, W3C, OMA, DVB.

Le terme Rich-Media désigne l'ensemble des technologies, algorithmes et outils nécessaires au traitement des contenus multimédia de nouvelle génération, c'est à dire des contenus qui comportent des éléments audio-visuels naturels ou synthétiques et des éléments d'animation et d'interactivité. Le domaine d'application de ces technologies est vaste : de la télévision ou radio numérique mobile au Web 2.0. C'est un domaine émergent en terme de recherche qui suscite l'attrait de nombreux instituts de normalisation : MPEG, W3C, OMA, DVB...

Les problématiques de recherche explorées par le groupe dans ce domaine sont multiples. Certains travaux s'intéressent à la représentation et à la compression de descriptions de scènes, en incluant les soucis de scalabilité ou de robustesse aux erreurs. D'autres travaux visent à améliorer les traitements nécessaires à la visualisation de ces scènes, notamment sur des terminaux contraints,

comme le sont les terminaux mobiles. Ces deux aspects ont été traités en partie dans la thèse de Cyril Concolato. Enfin, la prise en compte des particularités des mécanismes de diffusion représente un axe de recherche actif, notamment au travers de la thèse de Benoît Pellan. Ce dernier s'intéresse à la notion de scalabilité de scène qui offre de nombreux avantages dans un environnement Broadcast comme celui de la radio numérique.

Cet axe de recherche nous a permis de démarrer de nombreuses collaborations soit dans le cadre de projets collaboratifs européens de recherche comme le projet IST-FP6-1-507113 DANAE (2004-2007), soit dans des projets nationaux comme le projet ANR Triscope ou bien encore en bilatéral avec des entreprises comme RTL ou des universités comme l'université de Ghent (Belgique) ou de Klagenfurt (Autriche).

## 2.1.4 Plateforme logicielle GPAC

**J. Le Feuvre, C. Concolato, J-C. Moissinac, Y-Z. Zhang.**

**Faits marquants** : plateforme distribuée en logiciel libre sous licence LGPL.

Le groupe publie une plateforme logicielle nommée GPAC et distribuée en *Open Source* sous licence LGPL. Cette plateforme couvre les besoins d'encodage, de diffusion et de lecture de contenus multimedia riches. Elle fournit une large palette d'outils multi terminaux (PC, PDA, téléphones), multi standards (MPEG, W3C, IETF, ETSI) et multi protocoles (HTTP, RTP, DVB). GPAC reste en phase avec les déploiements industriels et, de ce fait, est utilisée par la communauté académique (référéncée dans diverses publications comme ETRI Journal), par le monde industriel (au travers de projets de recherche nationaux, européens ou bilatéraux) et par la communauté Internet (Google Video, iPod). Enfin, cette plateforme fait régulièrement l'objet de nombreuses démonstrations publiques en conférence (ACM Multimédia 2007) ou lors de forums industriels (MPEG).

La plateforme constitue un support pour le groupe, tant sur les activités de normalisation (validation des normes ...) que sur les activités de recherche (développement de nouveaux algorithmes). En particulier, GPAC est à la base des travaux du groupe sur les descriptions de scènes multimédia riches, notamment sur les aspects de performances en environnement contraint, d'adaptation et de scalabilité, de diffusion de services (réseaux hétérogènes, diffusion par voies multiples broadcast/point-à-point) et de contenus mixtes. A titre d'exemple, la plateforme a été utilisée pour démontrer des solutions de scalabilité de contenu multimédia en MPEG-4 BIFS, des solutions de diffusion multimedia hybrides DVB+Wi-Fi et des systèmes d'interfaces multimédia pour écrans auto-stéréoscopiques.

## 2.1.5 Adaptation multimédia

**C. Concolato, J. Le Feuvre, J-C. Moissinac, B. Pellan, B. Elloumi, Z. Kazi-Aoul, A. R. Kaced.**

**Faits marquants** : Projets ANR Safari et GeoRacing, Réseau d'Excellence européen Intermedia, projets IST Danae et Isis.

L'adaptation de média à un contexte d'utilisation (aux capacités du terminal, au mode d'accès, aux préférences de l'utilisateur) est un domaine de recherche très actif avec une activité de normalisation également importante (norme MPEG-21, normes W3C). Des problèmes spécifiques restent à traiter lorsqu'on cherche à adapter un document multimédia : adaptation de contenu sécurisé, adaptation d'interface homme-machine, édition de services adaptables.

Le groupe traite de ces questions suivant différents axes : définition d'architectures logicielles pour de tels traitements (travaux avec le département Informatique et Réseaux) ; définition de méthodes et langages de définition de documents adaptables ; analyse des forces et faiblesses des standards du multimédia relativement à ces besoins. Ces travaux ont donné ou donnent lieu à des coopérations tant industrielles (projet MOBIC/Alcatel ; projets ANR SAFARI et GEORACING) qu'académiques (Réseau d'Excellence européen Intermedia, projets IST DANAE et ISIS).

## 2.2 Projet structurant MR-PEG : Méthodes de Reconnaissance pour la Parole, l'Écrit et le Geste

Les axes du projet se déclinent en trois thématiques :

### 2.2.1 Biométrie, avatars et indexation

**G. Chollet, M. Charbit, L. Likforman, R. Landais, H. Bredin, P. Perrot.**

**Faits marquants** : projet IST SecurePhone, NoE BioSecure, K-Space, Projet TechnoVision IV2, ANR Kivau et MyBlog3D, collaborations académiques : Uni. Bogazici, IUT Montreuil, Inria Rocquencourt, Projet Cedre.

Une des applications majeures de la reconnaissance des formes étudiées dans notre projet structurant concerne la reconnaissance biométrique multimodale, à partir notamment de la voix, du visage et des lèvres, de la forme de la main, des empreintes digitales et de l'iris. Cette investigation se situe dans la lignée des projets incitatifs GET Biomet et Biomet2 et se poursuit actuellement dans le cadre du projet IST NoE BIOSECURE essentiellement. Un des aspects fondamentaux qui a émergé ces dernières années dans notre groupe est la prise en compte de l'aspect dynamique des données à traiter : images vidéo du visage et séquences de parole, ainsi que de leurs interactions. On s'intéresse dès lors à l'identification d'une personne par son iris et son visage via la vidéo (projet IV2 TechnoVision) ainsi qu'à la vérification d'identité par Smartphone (projet IST SecurePhone).

Afin de contribuer à la vérification de l'identité d'un visage parlant, on s'est intéressé à l'analyse de la synchronie audiovisuelle entre le mouvement des lèvres acquis par une caméra et la voix acquise conjointement par un microphone de façon à rendre le système de référence robuste aux attaques. On a mis en évidence l'apport de la mesure de synchronie audiovisuelle face aux tentatives délibérées d'imposture à l'aide de nouveaux outils statistiques d'analyse de corrélation [4, 30]. Un nouveau système de vérification d'identité par le visage et la voix a été développé, ainsi qu'un système de suivi de personnes dans une séquence d'images vidéo.

Dans le domaine d'analyse d'images de la main, on a développé un système de référence pour le projet IST NoE BioSecure. La base d'images de mains Biosecure, développée en collaboration avec l'Université de Bogazici (Turquie) inclut plus de 5 000 images correspondant à environ 850 sujets.

Notre second axe majeur est l'indexation multimédia, qui peut porter aussi bien sur les personnes en mouvement via leur voix, leur corps ou leur visage, que sur des objets. Dans ce contexte, on a mis en place une plate-forme d'interopérabilité pour des moteurs de recherche avancés afin d'assurer l'extraction de connaissances et la fusion d'informations multimédias, aussi bien dans le cadre du pôle de compétitivité Cap Digital Info@Magic que dans le cadre du projet européen K-space afin d'assurer l'annotation et l'extraction de connaissances multimédias.

Enfin le troisième axe de ce volet concerne les mondes virtuels-avatars, en collaboration avec C. Pelachaud et son équipe (IUT Montreuil). Ainsi, dans le cadre du projet CEDRE nous étudions la conversion de voix et plus particulièrement le *morphing* (i.e. voix déguisées). Le second thème de recherche de cet axe est l'animation d'avatars dans un monde virtuel, en particulier lors de la prononciation de certains mots clef (projet ANR RNTL MyBlog3D). Nous participons, dans ce cadre également, au projet européen Cost 2102 : analyse verbale et non-verbale, perceptuelle et psychologique de signaux.

### 2.2.2 Reconnaissance/Synthèse de la Parole

**G. Chollet, L. Zouari, T. Hueber, J. Wei**

**Faits marquants** : projet ANR Ouisper, participation aux évaluations NIST, collaborations académiques : Univ. de Balamand

Afin de transcrire automatiquement de la parole à grand vocabulaire, on s'est intéressé à la modélisation par des densités gaussiennes à l'aide d'un partitionnement hiérarchique multi-niveaux, d'une sélection contextuelle des gaussiennes par regroupement k-moyennes et d'une sous-quantification

vectorielle contextuelle. Les expériences ont montré un gain important en termes de réduction du nombre de densités calculées puisque cette réduction se mesure autour de 87% sans perte de performances [38].

Enfin, dans le cadre du projet ANR OUISPER de communications silencieuses, on s'intéresse à la synthèse vocale à partir de l'imagerie ultrasonore et optique de l'appareil vocal.

### 2.2.3 Traitement d'images et communication visuelle

**C. Faure, L. Likforman, M. Sigelle**

**Faits marquants :** collaborations académiques (Univ. de Balamand, Univ. Paris V, BIUM, UCLA, TEKLECOM SudParis, projet TechnoVision RIMES, projet Infom@gic

En traitement du document écrit, nous avons montré que la reconnaissance par Réseaux Bayésiens Dynamiques de caractères dégradés dans des documents anciens est plus performante que par d'autres méthodes "éprouvées" comme les Machines à Vecteur de Support. De même, le système de reconnaissance de l'écriture arabe cursive par combinaison de classifieurs MMCs à fenêtres orientées s'avère un des plus performants (en collaboration avec C. Mokbel et R. Al-Hajj, Université de Balamand, Liban).

Après avoir participé aux spécifications du projet TechnoVision RIMES (Reconnaissance et indexation de données manuscrites et de fac-similés) nous avons participé aux évaluations RIMES en reconnaissance de caractères et de logos (en collaboration avec S. Ladjal), où nous avons pris la première position pour la reconnaissance des logos et la deuxième pour la reconnaissance des caractères. Nous collaborons avec une équipe de Paris V et la BIUM (Bibliothèque Inter-Universitaire Médicale) sur le patrimoine documentaire numérisé, afin de fournir une aide à l'indexation des ouvrages aux bibliothécaires.

En restauration d'images par *graph-cuts*, notre collaboration avec J. Darbon (UCLA) [9, 10] s'est concrétisée par la restauration conjointe d'images de Radar à Ouverture Synthétique d'amplitude et de phase pour la reconstruction de bâtiments 3D (collaboration avec F. Tupin et L. Denis).

nous avons par ailleurs travaillé avec W. Pieczynsky (TELECOM SudParis) sur les champs de Markov triplets pour l'analyse et l'indexation d'images de textures dans le cadre du projet Infom@gic (SP2 T2.2).

En ce qui concerne l'Interaction Homme-Machine, C. Faure a été responsable du projet incitatif GET GEOservice : réalisation d'un service Web de guidage dans des espaces construits augmentés (départements TSI et InfRes réunissant 2 écoles de l'Institut TELECOM). Les modalités Image et Texte sont utilisées pour produire des instructions égocentrées. Le service est sensible au contexte, le dialogue avec l'utilisateur permettant de gérer les incidents ainsi que d'adapter les instructions de guidage aux besoins et préférences des utilisateurs.

## Publications les plus significatives

- [1] B. Abboud, H. Bredin, G. Aversano, and G. Chollet. *Audio-Visual Identity Verification: an Introductory Overview*, pages 118–134. Y. Stylianou (ed.) Springer Verlag, LNCS-4391, 2007.
- [2] S. L. B. Pesquet-Popescu and M. van der Schaar. *Scalable Video Coding for Adaptive Streaming Applications*. Elsevier, 2007.
- [3] C. Bergeron, C. Lamy-Bergot, G. Pau, and B. Pesquet-Popescu. Temporal scalability through adaptive m-band filterbanks for robust h264/mpeg-4 avc video coding. *special issue on "Video Analysis and Coding for Robust Transmission"*, *EURASIP Journal on Applied Signal Processing (JASP)*, 2006(1):259 – 259, jan 2006.
- [4] H. Bredin and G. Chollet. Audio-Visual Speech Synchrony Measure: Application to Biometrics. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing – Special Issue on Knowledge-Assisted Media Analysis for Interactive Multimedia Applications*, 2007(1):179–190, jan 2007.
- [5] H. Bredin, A. Miguel, I. Witten, and G. Chollet. Detecting Replay Attacks in Audiovisual Identity Verification. In *ICASSP 2006*, volume 1, pages 621–624, Toulouse, France, may 2006.

- [6] G. Chollet, R. Landais, H. Bredin, T. Hueber, C. Mokbel, P. Perrot, and L. Zouari. Some experiments in audio-visual speech processing. In M. Chetouani, editor, *Non-Linear Speech Processing*, chapter Some experiments in Audio-visual Speech Processing, page 32. Springer Verlag, Paris, 2007.
- [7] O. Crave, B. Pesquet-Popescu, C. Guillemot, and C. Tillier. Distributed temporal multiple description coding for robust video transmission. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, nov 2007.
- [8] J. Darbon and M. Sigelle. Fast and exact discrete image restoration based on total variation and on its extensions to levelable potentials. In *SIAM Conference on Imaging Science 06*, Minneapolis (USA), may 2006.
- [9] J. Darbon and M. Sigelle. Image restoration with discrete constrained total variation part i: Fast and exact optimization. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 26(3):261–276, dec 2006.
- [10] J. Darbon and M. Sigelle. Image restoration with discrete constrained total variation part ii: Levelable functions, convex priors and non-convex cases. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 26(3):277–291, dec 2006.
- [11] I. Daribo, C. Tillier, and B. Pesquet-Popescu. Distance dependent depth filtering in 3d warping for 3d tv. In *IEEE Multimedia Signal Processing (MMSP)*, Greece, Oct. 2007.
- [12] C. Faure. *Le geste graphique*, pages 217–247. Hermès-Lavoisier, Paris, 2006.
- [13] G. Feideropoulou, M. Trocan, G. Fowler, B. Pesquet-Popescu, and J. Belfiore. Joint source-channel coding with partially coded index assignment for robust scalable video. *IEEE Signal Processing Letters*, 13(4):201–204, apr 2006.
- [14] J. Fowler and B. Pesquet-Popescu. Wavelets in source coding, communications, and networks: An overview. *special issue of the International Journal on Image and Video Processing (IJIVP) on "Wavelets in Source Coding, Communications, and Networks"*, jan 2007.
- [15] J. Fowler, M. Tagliasacchi, and B. Pesquet-Popescu. In *IEEE ICIP*, Atlanta, GA, USA, Oct. 2006.
- [16] H. H. Heijmans, G. Piella, and B. Pesquet-Popescu. Adaptive wavelets for image compression using update lifting: Quantisation and error analysis. *International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing*, 4(1):41–63, jan 2006.
- [17] R. Landais, L. Vinet, and J.-M. Jolion. Une Méthode Autonome de Ciblage de l'Optimisation d'un Système de Détection d'Objets par Analyse de la Responsabilité. *Traitement du Signal*, 2007.
- [18] G. Laroche, J. Jung, and B. Pesquet-Popescu. RD optimized coding for motion vector predictor selection. *IEEE Trans.on CSVT*, feb 2008.
- [19] L. Likforman-Sulem, editor. *Actes du 9ème Colloque International Francophone sur l'Écrit et le Document*, Fribourg (Suisse), sep 2006.
- [20] L. Likforman-Sulem, P. Vaillant, and A. D. B. D. L. Jacopiere. Automatic name extraction from degraded document images. *Pattern Analysis and Applications*, 9(2-3):211–227, oct 2006.
- [21] L. Likforman-Sulem, A. Zahour, and B. Taconet. Text line segmentation of historical documents: a survey. *International Journal of Document Analysis and Recognition*, 2-4:123–138, apr 2007.
- [22] S. LNAI 4722, editor. *Intelligent Virtual Agents*, Paris, sep 2007. Springer Verlag.
- [23] G. Pau, B. Pesquet-Popescu, and G. Piella. Modified M-band synthesis filter bank for fractional scalability of images. *IEEE Signal Processing Letters*, 13(6):345 – 348, jun 2006.
- [24] P. Perrot, G. Aversano, and G. Chollet. Voice disguise and automatic detection, review and program. In Y. Stylianou, editor, *Progress in Non-Linear Speech Processing*. Springer-Verlag, LNCS-4391, 2007.
- [25] T. Petrisor, B. Pesquet-Popescu, and J.-C. Pesquet. A compressed sensing approach to frame-based multiple description coding. In *IEEE ICASSP*, Hawaii, USA, 2007.
- [26] D. Petrovska, A. El-Hannani, and G. Chollet. Automatic speaker verification, state of the art and current issues. In Y. Stylianou, editor, *Progress in Non-Linear Speech Processing*. Springer-Verlag, LNCS-4391, 2007.
- [27] G. Piella and B. Pesquet-Popescu. A three-step nonlinear lifting scheme for lossless image compression. In *IEEE ICIP*, San Antonio, USA, Oct. 2007.
- [28] G. Piella, B. Pesquet-Popescu, H. Heijmans, and G. Pau. Combining seminorms in adaptive lifting schemes and applications to image analysis and compression. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 25(2):203–226, sep 2006.



- [29] A. Robert, I. Amonou, and B. Pesquet-Popescu. Improving intra mode coding in h.264/avc through block oriented transforms. In *IEEE MMSP*, Victoria, Canada, Oct. 2006.
- [30] E. A. Rua, H. Bredin, C. G. Mateo, G. Chollet, and D. G. Jimenez. Audio-visual speech asynchrony detection using co-inertia analysis and coupled hidden markov models. *Pattern Analysis and Applications Journal*, page 23, dec 2007.
- [31] C. Tillier, B. Pesquet-Popescu, and M. V. D. Schaar. 3-band motion-compensated temporal structures for scalable video coding. *IEEE Transactions on Image Processing*, 15(9):2545–2557, sep 2006.
- [32] C. Tillier, T. Petrisor, and B. Pesquet-Popescu. A motion-compensated overcomplete temporal decomposition for multiple description scalable video coding. *EURASIP IJIVP*, page 12, jan 2007.
- [33] N. Tizon and B. Pesquet-Popescu. An adaptive synthesis filter bank for image decoding with fractional scalability. In *IEEE Multimedia Signal Processing (MMSP)*, Greece, Oct. 2007.
- [34] B. U. Toreyin, M. Trocan, B. Pesquet-Popescu, and E. Cetin. Lms-based adaptive prediction for scalable video coding. In *IEEE ICASSP*, Toulouse, France, May 2006.
- [35] M. Trocan, G. Feideropoulou, J. Fowler, and B. Pesquet-Popescu. Rotated constellations for video transmission over rayleigh fading channels. *IEEE Signal Processing Letters*, may 2007.
- [36] M. Trocan, B. Pesquet-Popescu, and J. Fowler. Graph-cut rate distortion algorithm for contourlet-based image compression. In *IEEE ICIP*, San Antonio, USA, Oct. 2007.
- [37] M. Trocan, C. Tillier, B. Pesquet-Popescu, and M. van der Schaar. A 5-band temporal lifting scheme for video surveillance. In *IEEE MMSP*, Victoria, Canada, Oct. 2006.
- [38] L. Zouari and G. Chollet. Efficient codebook for fast and accurate low resource asr systems. *Speech Communication*, page 23, dec 2007.

## Groupe 3

# Statistiques et Applications (STA)

Le groupe STA (STatistiques et Applications) du département TSI porte principalement un projet structurant de recherche dénomé MISSTIC (Méthodes d'Inférence Statistique pour les STIC) qui est composé très majoritairement de personnels rattachés au groupe STA. K. Abed Meraim est rattaché au projet structurant TSCOM (Traitement du Signal pour les Communications) qui est composé majoritairement de personnels du département COMELEC. On présente ci-dessous l'activité des membres du groupe STA au sein des projets structurants MISSTIC et, pour une partie de la section 3.2.3, TSCOM.

**Responsable** F. Roueff

**Permanents** K. Abed Meraim (MC), G. Blanchet (P), O. Cappé (DR CNRS), J-F. Cardoso (DR CNRS), M. Charbit (P), S. Cléménçon (MC, depuis oct. 2007), G. Fort (CR CNRS), A. Garivier (CR CNRS, depuis sept. 2007), E. Moulines (P), C. Lévy-Leduc (CR CNRS), J. Najim (CR CNRS), F. Roueff (MC).

**Doctorants** A. Alaya (10/06), S. Barembruch (10/07), M. Boulé (09/03–09/07), N. Castaneda, (09/04), J. Cornebise (09/05), M. Depecker (10/07), J.F. Germain (09/05), F. Guilloux (10/05, coopération univ. Paris 7), Z. Harchaoui (11/05), M. Karray (09/03–09/07), O. Kouamo (09/07, coopération Univ. Yaoundé 1), D. Lahat (10/05, coopération univ. de Tel Aviv), N. Sokolovska (11/06), S. Philippi (10/07), G. Picard (10/03–12/2006), T. Rebařka (10/06), L. Rigouste (10/03–11/06).

**Non-permanents** B. Benmammam (Postdoc 12 mois), Pierre Etoré (Postdoc 8 mois à 20%), J. Olsson (Postdoc 12 mois), M.S. Taqqu (Sabb. 2 mois, P, Boston Univ.), L. White (Sabb 6 mois, P, Univ. of Adelaide).

**Associés** P. Loubaton (P, UMLV), G. Kerkyacharian (P, UPN).

Permanents, post-doctorants [CNRS, GET, postdocs]	[124, 61, 32]
Doctorants	220
Thèses soutenues	4
HDR soutenues	3
Articles de revues [publiés, à paraître]	[26, 6]
Articles de conférences	38
C.A. 2006–2007 contrats [ANR/ACI, CIFRE, Autres] (k€)	[220, 58, 180]

TAB. 3.1 – Les personnels sont comptés en ETP mois. Tous les chiffres de ce tableau sont cumulés sur les deux années 2006–2007.

### 3.1 Objectifs

Le groupe STA est articulé autour des méthodes de traitement statistique de l'information et de leurs applications en statistique appliquée, traitement du signal, théorie des systèmes et communications numériques. L'aspect méthodologique des travaux menés dans le groupe est nettement marqué avec une forte composante de recherche amont sur des problématiques relevant principalement des statistiques mais aussi des probabilités et plus, généralement, des mathématiques appliquées. Le groupe développe également des recherches, souvent en collaboration avec des partenaires externes, sur de sujets plus appliqués comme les communications numériques, le traitement de données pour l'astrophysique ou la physique, les applications dans le domaine de la sécurité (localisation, interception, détection d'intrusion, détection d'anomalies), le *data mining* et la fouille de données. A travers plusieurs recrutements récents, l'activité du groupe s'est trouvée renforcée sur le thème de l'apprentissage statistique, notamment en ce qui concerne les aspect liés à l'apprentissage séquentiel ainsi qu'au *ranking*.

Le groupe STA entretient des collaborations suivies avec plusieurs partenaires académiques parisiens, notamment avec l'Université Paris 7, l'Ecole Polytechnique, l'Université de Marne-la-Vallée, l'Institut d'Astrophysique de Paris, l'Université Paris-Dauphine, plusieurs équipes au sein de Paris-Tech (Mines, Ponts) et l'Ecole Normale Supérieure. Pour ce qui est des partenariats industriels, le groupe collabore de façon suivie en particulier avec le CEA, Renault et France Télécom R&D. La visibilité de l'activité du groupe, tant nationale qu'internationale, est bonne avec une forte représentation dans les comités éditoriaux de revues (Bernoulli, IEEE Signal Processing, ESAIM P& S) et les comités d'organisation de conférence. Le groupe STA organise ou co-organise régulièrement des événements internationaux comme le Workshop *New directions in Monte Carlo Methods* en 2007.

### 3.2 Résultats principaux

On présente ci-dessous les principaux résultats de obtenus au cours de la période 2006-2007 sur les cinq principaux thème de recherche de l'équipe STA.

#### 3.2.1 Apprentissage statistique

**Permanents** O. Cappé, A. Garivier, S. Cléménçon, E. Moulines, F. Roueff.

**Projets** contrat FTRD ; KERNSIG (ANR Apprentissage et noyaux pour la représentation et la décision en traitement du signal ) ; 2 thèses CIFRE en cours avec Renault .

Dans le domaine de l'apprentissage statistique, l'équipe s'est renforcée récemment et mène des travaux sur des thèmes assez variés avec pour principaux points forts : les méthodes à noyau et leur utilisation en dehors du contexte de la classification supervisée [24] (projet KERNSIG), les modèles graphiques [34] (projet MGA), l'utilisation d'approches de type LASSO ou LARS basées sur la pénalisation  $L^1$  [25, 20] ainsi que la problématique du *ranking* [11]. Des travaux récents ont également été lancés sur des thématiques liées à l'apprentissage séquentiel notamment pour l'allocation de ressource et l'apprentissage par renforcement. Sur ces sujets, le groupe STA entretient des collaborations suivies avec plusieurs équipes au sein de ParisTech (Mines, Ponts), le projet INRIA/ENS Willow ainsi que le CMLA (ENS Cachan).

#### 3.2.2 Astrostatistique

**Chercheurs** O. Cappé, J-F. Cardoso, G. Fort.

**projets** COSMOSTAT (ACI Méthodes statistiques pour la reconstruction et l'analyse du fonds de rayonnement cosmologique ) ; ECOSTAT (ANR Exploration du modèle cosmologique par fusion statistique de grands relevés hétérogènes ).



Le domaine du traitement des données astrophysiques est très demandeur de méthodes numériques et statistiques modernes. Nous y contribuons de différentes façons : séparation de composantes dans les observations du fonds diffus cosmologiques (satellite Planck) ; méthodes multi-échelles sur la sphère (ACI COSMOSTAT) ; méthodes de Monte-Carlo pour la fusion de grandes observables cosmologiques (ANR ECOSSTAT).

Nous poursuivons notre travail de développement et d'application des méthodes statistiques au traitement des données astrophysiques et tout particulièrement à l'analyse du fonds de rayonnement cosmologique qui constitue un enjeu majeur, tant scientifique (cartographie et analyse de l'Univers primordial) que technologique (mission spatiale, masse de données, contrôle des systématiques, etc).

### 3.2.3 Communications numériques

**Permanents** K. Abed-Meraim, M. Charbit, E. Moulines, J. Najim.

**Projets** REX NewCom ; ACI MalCom ; DOMORO (Contrats CS ) ; DEMODULATION AVEUGLE (Contrat I2E ) ; Aintercom (Contrat DGA ) ; Grandes Matrices Aléatoires pour les Comm. Num. (Projet jeune chercheur GDR ISIS ) ; Thèse CIFRE WAVECOM ; Thèse CIFRE FTRD .

Notre activité se situe à l'interface des communications numériques et des mathématiques appliquées. Dans la perspective de l'étude de canaux de communication sans fil à entrées multiples et à sortie multiples, nous développons des outils mathématiques fondés sur la théorie des matrices aléatoires ([15, 22, 23]). De tels outils nous permettent d'étudier différents indicateurs de performance de ces canaux, tels que l'information mutuelle, la capacité ergodique, les probabilités de dépassement, etc.

Les questions de localisations et détections par des méthodes de Monte Carlo séquentielles (ou particulières) dans les réseaux mobiles/fixes ont été considérées : geolocalisation et poursuite des éléments fixes et mobiles dans un réseau GSM à partir des signaux radio et/ou des informations de trafic (projets DOMORO, [9], thèses CIFRE avec FTRD), détection et l'estimation autodidacte pour la démodulation de modulations linéaires et de modulations à phase continue (projets Aintercom, contrat avec I2E).

### 3.2.4 Méthodes de Monte Carlo

**Permanents** O. Cappé, G. Fort, E. Moulines.

**Projets** ADAP'MC (ANR Methodes de Monte Carlo adaptatives).

Les méthodes de Monte Carlo constituent un des points sur lesquels l'activité de l'équipe est fortement reconnu avec des travaux portant à la fois sur les méthodes de Monte Carlo par chaîne de Markov [2, 18], les méthodes de type Monte Carlo séquentiel ou de "filtrage particulière" [8, 12, 13, 33] ainsi que des approches mixtes dites *Population Monte Carlo* [7]. Une part importante des travaux récents a porté sur les méthodes adaptatives permettant aux différents algorithmes de Monte Carlo d'auto-calibrer leur paramètres au fur et à mesure des itérations sans recourir à des réglages experts a priori (thème principal de l'ANR ADAP'MC). Sur ces thèmes, le groupe STA entretient des collaborations suivies avec le CERMICS (Ponts), le CEREMADE (Université Paris-Dauphine) et TELECOM SudParis ainsi que, à l'international, avec les universités de Bristol (C. Andrieu), de Lancaster (G. Roberts), de Lund (T. Rydén) et de l'Illinois (S. Meyn).

### 3.2.5 Séries chronologiques

**Permanents** M. Charbit, C. Lévy-Leduc, E. Moulines, F. Roueff.

**Projets** Thèse CEA, OSCAR (ANR Overlay network Security : Characterization, Analysis and Recovery) ; SARAH (ANR StAndardisation du Remastering Audio Haute-definition ) ; contrat CSA volume sonore ; participation au IP SECOQC .

L'inférence statistique pour les séries chronologiques est un vaste domaine, recouvrant des problématiques traditionnelles de traitement du signal ainsi que des applications. Le thème de la mémoire longue a été approfondi que ce soit dans ses applications à la finance ([14]) ou au télétrafic (coll. Boston University, [16, 30, 31, 32]). D'autres problématiques ont été considérées comme l'estimation de fréquence dans un contexte d'échantillonnage irrégulier ([27]), les méthodes statistiques de détection d'anomalie dans les réseaux (ANR OSCAR, [5]), tests de contrôle des volumes sonores (contrat CSA), modélisation statistique de la dynamique des spectres (ANR SARAH). Enfin, l'équipe s'est intéressée à des modèles de processus ponctuels spatiaux pour la modélisation d'images texturées (modèles géométriques en coll. avec le groupe TII [21, 6], modèles par des champ  $\alpha$ -stables ([4, 3]) et la modélisation de réseaux quantiques (participation au projet SECOQC).

## Publications les plus significatives

- [1] A. Aïssa-El-Bey, N. Linh-Trung, K. Abed-Meraim, A. Belouchrani, and Y. Grenier. Underdetermined blind separation of non-disjoint sources in the time-frequency domain. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 55(3):897–907, mar 2007.
- [2] C. Andrieu and E. Moulines. On the ergodicity properties of some adaptive MCMC algorithms. *Annals of Applied Probability*, 16(3):1462–1505, dec 2006.
- [3] A. Ayache, F. Roueff, and Y. Xiao. Joint continuity of the local times of linear fractional stable sheets. *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. I.*, 344(10):635–640, may 2007.
- [4] A. Ayache, F. Roueff, and Y. Xiao. Local and asymptotic properties of linear fractional stable sheets. *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. I.*, 344(6):389–394, mar 2007.
- [5] B. Benmamar, C. Lévy-Leduc, and F. Roueff. Algorithme de détection d'attaques de type syn flooding. In *Gretsi*, Troyes France, sep 2007.
- [6] C. Bordenave, Y. Gousseau, and F. Roueff. The dead leaves model : an example of a general tessellation. *Advances in Applied Probability*, 38(1):31–46, mar 2006.
- [7] O. Cappé, R. Douc, A. Guillin, J.-M. Marin, and C. P. Robert. Adaptive importance sampling in general mixture classes. To appear in *Statistics and Computing*, 2008.
- [8] O. Cappé, S. Godsill, and E. Moulines. An overview of existing methods and recent advances in sequential monte carlo. *Proceedings of the IEEE*, 95(5):899–924, may 2007.
- [9] N. Castaneda, M. Charbit, and E. Moulines. A New Bearings-Only Tracking Algorithm for Ground Moving Targets Constrained to Roads. In *IEEE Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications*, Helsinki, Finland, jun 2007.
- [10] I. Castillo, C. Lévy-Leduc, and C. Matias. Exact adaptive estimation of a periodic function with unknown period. *Mathematical Methods Of Statistics*, 15(2):146–175, 2006.
- [11] S. Cléménçon and N. Vayatis. Ranking the best instances. *Journal of Machine Learning Research*, 8:2671–2699, dec 2007.
- [12] R. Douc and E. Moulines. Limit theorems for weighted samples with applications to sequential monte carlo methods. *Annals of Statistics*, may 2007.
- [13] R. Douc, E. Moulines, and J. Olsson. Improving the performance of the two-stage sampling algorithm: a statistical perspective. In *IEEE Statistical Signal Processing Workshop 2007*, Madison, USA, aug 2007.
- [14] R. Douc, F. Roueff, and P. Soulier. On the existence of some arch( $\infty$ ) processes. *Stochastic Processes and Applications*, aug 2007.
- [15] J. Dumon, W. Hachem, S. Lasaulce, P. Loubaton, and J. Najim. Quelques propriétés d'un approximant de l'information mutuelle des canaux mimo de rice bicorrélés. In *GRETSI*, Troyes, sep 2007.
- [16] G. Faÿ, F. Roueff, and P. Soulier. Estimation of the memory parameter of the infinite source poisson process. *Bernoulli*, 13(2):473–491, 2007.
- [17] F. Forbes and G. Fort. Combining simulation and mean-field like methods for inference in hidden markov random fields. *IEEE Trans. on Image Processing*, jan 2007.
- [18] G. Fort, S. Meyn, E. Moulines, and P. Priouret. The ode method for stability of skip-free markov chains with applications to mcmc. *Ann. Appl. Probab.*, 2007.

- [19] E. Gassiat and C. Lévy-Leduc. Efficient semiparametric estimation of the periods in a superposition of periodic functions with unknown shape. *Journal of Time Series Analysis*, 27(6):877–910, nov 2006.
- [20] J.-F. Germain. Pampering the client: Calibrating vehicle parts to satisfy customers. *Case Studies in Business, Industry and Government Statistics*, 1(2):164–172, 2007.
- [21] Y. Gousseau and F. Roueff. Modeling occlusion and scaling in natural images. *SIAM Multiscale Modeling and Simulation*, 6(1):105–134, 2007.
- [22] W. Hachem, P. Loubaton, and J. Najim. The empirical distribution of the eigenvalues of a gram matrix with a given variance profile. *Annales de l'Institut Henri Poincaré (B) Probability and Statistics*, 42, nov 2006.
- [23] W. Hachem, P. Loubaton, and J. Najim. Deterministic equivalents for certain functionals of large random matrices. *Annals of Applied Probability*, 17(3):875–930, jul 2007.
- [24] Z. Harchaoui, F. Bach, and E. Moulines. Testing for homogeneity with kernel fisher discriminant analysis. In *NIPS*, Vancouver, dec 2007.
- [25] Z. Harchaoui and C. Lévy-Leduc. Catching change-points with lasso. In *NIPS*, Vancouver Canada, dec 2007.
- [26] C. Lévy-Leduc. Efficient frequency estimation from a particular almost periodic function. *Journal of Time Series Analysis*, 27(5):637–670, sep 2006.
- [27] C. Lévy-Leduc, E. Moulines, and F. Roueff. Semiparametric frequency estimation from irregularly sampled observations. Preprint, sep 2007.
- [28] M. Maida, J. Najim, and S. Peche. Large deviations for weighted empirical mean with outliers. *Stochastic Processes and their Applications*, 117:1373 – 1403, may 2007.
- [29] E. Moulines, F. Roueff, A. Souloumiac, and T. Trigano. Nonparametric inference of photon energy distribution from indirect measurements. *Bernoulli*, 13(2):365–388, 2007.
- [30] E. Moulines, F. Roueff, and M. Taqqu. Central Limit Theorem for the log-regression wavelet estimation of the memory parameter in the Gaussian semi-parametric context. *Fractals*, 15(4):301 – 313, dec 2007.
- [31] E. Moulines, F. Roueff, and M. Taqqu. On the spectral density of the wavelet coefficients of long memory time series with application to the log-regression estimation of the memory parameter. *Journal of Time Series Analysis*, 28(2):155–187, mar 2007.
- [32] E. Moulines, F. Roueff, and M. Taqqu. A wavelet whittle estimator of the memory parameter of a non-stationary gaussian time series. *Annals of Statistics*, jul 2007.
- [33] J. Olsson, O. Cappé, R. Douc, and E. Moulines. Sequential monte carlo smoothing with application to parameter estimation in non-linear state space models. *Bernoulli*, 14(1):155–179, 2008.
- [34] L. Rigouste, O. Cappé, and F. Yvon. Inference and evaluation of the multinomial mixture model for text clustering. *Information Processing & Management*, 43(5):1260–1280, 2007.
- [35] T. Trigano, E. Moulines, F. Roueff, T. Montagu, and A. Souloumiac. Statistical pileup correction method for hpg detectors. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 55(10):4871 – 4881, oct 2007.



## Groupe 4

# Traitement et Interprétation des Images (TII)

Le groupe Traitement et Interprétation des Images (TII) du département TSI porte un projet structurant du même nom, ainsi que le centre de compétences en extraction d'informations et interprétation d'images pour l'observation de la terre (COC).

**Responsable** F. Schmitt

**Permanents** A. Almansa (CR1, depuis 10/07), E. Angelini (MC), D. Asselineau (IR), I. Bloch (P), H. Brettel (CR1 CNRS), M. Campedel (MC), M. Datcu (P), J. Delon (CR2, depuis 10/06), Y. Gousseau (MC), S. Ladjal (MC), H. Maître (P), J.-M. Nicolas (P), M. Roux (MC), H. Sahbi (CR1, depuis 10/07), F. Schmitt (P), T. Tanzi (P), F. Tupin (MC).

**HDR soutenues** F. Tupin (03/07).

**Thèses soutenues** P. Soler (03/06), D. Girardeau-Montaut (05/06), F. Bretar (06/06), F. Rossant (10/06), C. Valade (12/06), F. Cellier (01/07), G. Peters (06/07), A. Moreno (09/07), J.-F. Goudou (10/07), L. Gueguen (10/07), J. Gerhardt (10/07), C. B. Akgul (11/07), B. Zhang (11/07), L. Bin (12/07), A. Bhattacharya (12/07), C. Millet (01/08), H. Khotanlou (02/08), T. Hurtut (03/08).

**Doctorants** E. Aldea (10/06), C. Angeli (01/07), J. Anquez (02/06), J. Baussé (12/06), N. Bonnier (07/05), J.-B. Bordes (10/05), J. Chen, N. Chenouard (10/06), M. Costache (03/05), D. Craiciun (10/06), J. Delliere (12/04), S. Dib (10/05), R. El-Berbari (10/05), G. Fouquier (10/06), A. Kermi (10/04), I. Kyrgyzov (12/04), C. Lemen (10/05), G. Lehureau (10/06), D. Lesage (10/05), M. Liéno (10/05), P. Lopez Quiroz (09/04), C. Malet (09/07), A. Mallet (10/06), D. Martinez (10/06), T. Napoléon (10/06), O. Nempont (02/06), G. Palma (02/07), X. Perrotton (01/06), J. Rabin (10/06), S. Redko (05/06), A. Shabou (10/07), A. Simac (10/06), S. Tilier (06/04), C. Vanegas (01/08), Y. Wang, N. Widynski (10/07), J. Wojak (11/07), G. Xia (09/07).

**Post-doctorants** J. Atif (8 mois), B. Batrancourt (6 mois), D. Benboudjema (1 an), S. Chambon (15 mois), O. Colliot (4 mois), G. Dardier (1 an), L. Denis (1 an), M. Gasteau (18 mois), C. Hudelot (8 mois), V. Israël-Jost (1 an), H. Kiyochi, N. Richard (1 an), S. Rital (1 an), H. Tang (6 mois).

## 4.1 Objectifs

L'objectif du groupe TII est de développer des méthodologies et des outils théoriques pour le traitement d'images et de scènes ou d'objets tridimensionnels. Le groupe s'attache à la résolution globale de problèmes complexes d'image, intégrant des techniques multiples et complémentaires permettant de conduire des données brutes à leur interprétation. Les applications portent sur l'imagerie médicale, sur les imageries aérienne et satellitaire, et sur l'analyse des images naturelles. Le projet comprend donc à la fois des aspects théoriques en amont (représentation et modélisation

Permanents, post-doctorants [ENST, CNRS, Post-doc] (ETP en mois)	[149, 45, 151]
Doctorants (ETP en mois)	681
Thèses soutenues	18
HdR soutenues	1
Articles de revues, chapitres et livres [publiés, à paraître]	[46, 14]
Articles de conférences	129
C.A. 2006–2007 contrats (k€)	1591

des données et des connaissances, traitement, interprétation et raisonnement sur l'espace), des aspects algorithmiques permettant de mettre en œuvre ces modèles sur des données volumineuses et complexes, et des applications dans des domaines de pointe et dans lesquels l'équipe a une bonne reconnaissance académique et auprès des partenaires institutionnels et industriels. Le groupe bénéficie de nombreuses collaborations scientifiques avec d'autres universités et d'un soutien par des contrats. Les diverses activités qui le composent sont fortement imbriquées, ce qui constitue une des forces du groupe.

L'équipe a bénéficié du recrutement de trois chercheurs CNRS pendant ces deux années. Cela a permis en particulier de renforcer les axes d'indexation et de mathématiques pour l'image et la vision. La bonne renommée de l'équipe et sa visibilité, aussi bien au niveau français qu'international, sont attestées par les publications, mais aussi par les nombreuses collaborations, détaillées ci-dessous pour chacun des axes, et par son attractivité auprès des candidats chercheurs (CNRS), post-docs ou doctorants.

## 4.2 Résultats principaux

On présente ci-dessous les principaux résultats de recherche obtenus au cours de la période 2006-2007 sur les principaux thèmes de recherche du groupe TII, du point de vue aussi bien théorique et méthodologique qu'applicatif.

### 4.2.1 Représentation des connaissances et raisonnement spatial

**Permanents** I. Bloch, H. Maître

**Projets** Collaborations : J. Atif (UAG), R. Cesar (Univ Sao Paulo, Brésil), C. Hudelot (ECP), R. Pino-Perez (Univ Los Andes, Merida, Venezuela), F. Rossant (ISEP), J.-L. Laborelli (INA).

Le raisonnement spatial dans les images nécessite de développer des outils de représentation de l'information spatiale, concernant à la fois les objets et les relations entre objets, et de raisonnement sur ce type d'information. Les aspects de gestion de l'incertain et de l'imprécis ainsi que la fusion d'informations hétérogènes prennent une grande place dans nos travaux. Nous avons poursuivi nos travaux sur la théorie des ensembles flous pour la représentation de connaissances spatiales [7], en particulier la modélisation des relations spatiales (en partie avec l'université de Sao Paulo, Brésil) [13]. Une nouvelle orientation concerne la modélisation d'informations spatiales bipolaires. L'aspect raisonnement a été abordé sous différentes formes. Nous avons développé une ontologie de relations spatiales, qui a permis d'enrichir une partie de la FMA (ontologie médicale). Les modèles flous des relations définissent la sémantique des concepts de l'ontologie et leurs représentations dans le domaine spatial contribuent à réduire le fossé sémantique, fournissant ainsi une piste prometteuse pour utiliser l'ontologie pour guider la reconnaissance de structures dans les images [35]. Pour chaque contexte d'application, la sémantique des relations (et en particulier les formes et paramètres des fonctions d'appartenance) est apprise sur des exemples. Ces modèles ont également été intégrés dans des graphes représentant la structure des images (objets



qu'elles contiennent et les relations entre eux). Des schémas de raisonnement dans le graphe ont été ébauchés, afin de trouver des chemins donnant une séquence ordonnée d'objets susceptibles d'être reconnus dans les images, chaque objet étant détecté à partir des objets précédents dans la séquence et des relations spatiales à ces objets. Nos travaux sur la morphologie mathématique floue ont été poursuivis et de nouvelles transformations, permettant de définir des zones d'influences floues et des squelettes par zones d'influence floues, ont été définies [10]. Une des applications concerne l'interpolation entre objets flous. Ces transformations ont également été développées dans un cadre logique (avec l'université de Mérida au Venezuela), avec des applications à la médiation et aux négociations. Enfin, nos recherches en fusion de données ont porté sur la fusion des relations spatiales, sur la fusion de détecteurs de défauts pour des applications à la restauration de films (avec l'INA) [57] et sur la fusion de modèles flous des règles d'écriture musicale, qui ont permis d'obtenir des taux de reconnaissance de partitions supérieurs à ceux obtenus par des logiciels du commerce (avec l'ISEP) [55].

### 4.2.2 Apprentissage et indexation

**Permanents** Cet axe implique l'ensemble de l'équipe.

**Projets** Infom@gic du pôle CapDigital, ANR 2006 AVEIR et DAFOE, collaborations diverses et transversales.

Les années 2006 et 2007 ont vu émerger une activité transversale au département TSI, et dans le groupe TII en particulier, qui concerne l'indexation des documents multimedia. Le terme d'indexation désigne l'opération d'analyse du contenu des documents (images) pour en faciliter l'exploration en masse. L'indexation est indissociable de l'opération de recherche ou fouille par un utilisateur final. La recherche dans ce domaine profite donc des avancées méthodologiques (modélisation, apprentissage à spécialiser selon le type d'image traité) et d'une meilleure gestion des connaissances liées au traitement d'image, comme à leur exploitation (raisonnement flou, construction d'ontologies visuelle ou de domaine). L'indexation de modèles 3D a été également étudiée avec des approches 2D multi-vues ainsi que 3D pures, notamment en utilisant des méthodes à noyaux pour l'estimation de densités de probabilités jointes [2]. Enfin, les stratégies de fouille d'une masse d'images par un utilisateur humain sont envisagées à l'aide d'une boucle de pertinence. Les relations spatiales sont également exploitées dans ce contexte pour reconnaître des régions d'une image et en fournir une description linguistique pour des applications d'indexation (avec le CEA-LIST). Nous avons également démarré un axe sur la classification et la fouille d'images par des méthodes à noyaux sur les graphes, qui ont contribué aux travaux menés dans le cadre d'Infomagic.

Dans ce contexte est également né un outil à l'usage des chercheurs, nommé PLATO, plateforme logicielle permettant de mieux organiser, centraliser, manipuler les données multimedia (images, sons, vidéos, mais également outils de traitement et résultats des traitements).

Le succès des méthodes à noyaux comme les machines à vecteurs de supports dépend principalement de la qualité des noyaux. Initialement, ces derniers ont été conçus afin de prendre en compte des données à dimensions fixes, et leur extension à des données structurées était plus que nécessaire pour des tâches comme la reconnaissance d'objets et la bio-informatique. Nous avons contribué à la reconnaissance d'objets en utilisant un nouveau type de noyau qu'on appelle noyau-contexte (CDK). Les objets, vus comme une constellation de caractéristiques locales (points d'intérêts, régions, etc.), sont appariés en minimisant une énergie contenant (1) un terme de fidélité qui mesure la qualité d'appariements des points, (2) un terme de voisinage qui caractérise la géométrie des objets et (3) un terme de régularisation. Nous montrons dans ce travail que le point-fixe de cette énergie est un noyau-contexte qui vérifie aussi la condition de Mercer. Les expériences menées en reconnaissance d'objets montrent que l'utilisation des SVMs avec le noyau CDK améliore les résultats par rapport aux SVMs utilisant des noyaux classiques à contexte libre.

### 4.2.3 Méthodes mathématiques en vision par ordinateur

**Permanents** A. Almansa, J. Delon, Y. Gousseau, S. Ladjal, H. Maître, F. Roueff, F. Schmitt.

**Projets** Collaborations avec le CMLA ENS-Cachan (J.-F. Aujol, J.-M. Morel), l'Université Paris 5 (A. Desolneux), le Loria, l'INRIA (F. Sur), Technion University (M. Lindenbaum), Universidad Las Palmas (L. Alvarez), le CNES (B. Rougé), le laboratoire J.-L. Lions, Paris 6 (S. Masnou), PhaseView (I. Lyuboshenko).

Ces deux dernières années, nous avons appliqué ou développé divers outils mathématiques pour l'analyse, l'indexation et la mise en correspondance d'images. Ces outils sont principalement : équations de transport optimal, méthodes *a contrario*, carte topographique, espaces-échelle, modèles déformables, graphes de Reeb, interactions spatiales-couleurs. Les contributions concernent la comparaison de l'organisation spatiale des couleurs [36], la mise en correspondance de descripteurs locaux ou semi-locaux [46], l'indexation d'images satellitaires invariante par changement d'échelle [41, 40], la reconnaissance de formes [21], la stéréo [28], la segmentation et l'indexation d'images couleur [27, 26], la reconstruction d'objets 3D [34], la modélisation de modèles 3D animés, le traitement d'images en couleurs et multispectrales [53].

Cet axe de recherche comprend également une approche de la super-résolution reposant sur des méthodes à noyaux. Nous reprenons des méthodes développées à TSI il y a plusieurs années en y incorporant des contraintes de régularité permettant de contourner le problème (délicat) que poserait la séparation de sources pour les images.

Un autre point de cet axe de recherche concerne la modélisation d'images, et en particulier le développement de modèles stochastiques permettant de rendre compte à la fois des propriétés de régularité des images aux petites échelles et de leurs propriétés géométriques macroscopiques [29, 16]. Nous nous intéressons également à la restauration d'images respectant cette dualité géométrie-texture, en particulier dans le cadre de la désoccultation (inpainting).

Nous poursuivons enfin nos activités visant à reconstruire le profil de phase d'ondes optiques mesurées par des caméras incohérentes à partir de plusieurs vues axiales, travaux conduits avec la start-up PhaseView (I. Lyuboshenko).

#### 4.2.4 Imagerie médicale

**Permanents** E. Angelini, I. Bloch.

**Projets** ANR MARIO, INCA, Fondation Santé et Radiofréquences FEMONUN, incitatif GET, MINIARA (pôle de compétitivité MEDICEN), thèses en convention CIFRE, collaborations avec J. Rolland et A. Santhanam (Univ. South Florida), A. Laine (Univ. Columbia, NY), Y. Petegnief, D. Hasboun. H. Duffau et E. Mandonnet (CHU Pitié-Salpêtrière), B. Devaux (Hôpital Ste Anne), C. Adamsbaum (Hôpital Saint Vincent de Paul), E. Mousseaux (HEGP), C. Prunier (CHU Tours), A. Herment et F. Frouin (INSERM, LIF), A. Osorio (LIMSI), M. Teichmann (INSERM), P. Moireau (INRIA), D. Chapelle (INRIA), O. Talcoth (Ecole Polytechnique), O. Gérard (Philips), S. Muller (General Electric), J.F. Stevenet et S. Hammer (Segami), J. Wiart (FT R&D), Gareth Funka-Lea (Siemens), H. Kafrouni, C. Diaz, et A. Guimond (Dosisoft), R. Ferrand (CPO).

Nos recherches en imagerie médicale comportent toujours un volet important de modélisation des connaissances et de gros volumes de données. Elles bénéficient du cadre de l'IFR 49, de plusieurs projets sous financement public, et de nombreuses collaborations avec des partenaires médicaux, académiques et industriels. Nos recherches sont fédérées autour d'un modèle de représentation des connaissances et des informations extraites des images, donc spécifiques au patient, sous forme de graphe. Nous nous concentrons principalement sur les cas pathologiques, avec des recherches sur la segmentation et la reconnaissance de tumeurs, la reconnaissance des structures anatomiques éventuellement modifiées par la présence de tumeurs, utilisant les relations spatiales et leur intégration dans des modèles déformables, et le suivi longitudinal [24, 38, 45]. Ces projets sont menés en collaboration avec les hôpitaux de la Pitié-Salpêtrière et Sainte-Anne. Une nouvelle méthodologie de normalisation de volumes de données d'IRM longitudinales (acquises dans le temps) a été élaborée, permettant de produire des cartes d'évolution de tumeurs et des chaînes de traitement permettant l'extraction automatique des zones d'évolution autour de la tumeur et leur quantification. Le modèle de représentation et les informations extraites des images par ces différentes approches sont destinées à être intégré dans le dossier patient [51, 52]. Les études sur



les pathologies dépassent le cadre de l'imagerie cérébrale. En oncologie thoracique, nous avons enrichi nos méthodes antérieures de recalage non-linéaire d'un formalisme permettant de contraindre les déformations des pathologies, tout en respectant la continuité du champ de déformations (avec Segami) [20]. De plus, un modèle de respiration développé par l'université of Central Florida est intégré dans le recalage, garantissant ainsi des déformations physiologiquement cohérentes. Un nouveau projet a débuté avec Dosisoft (dans le cadre du pôle de compétitivité MEDICEN) sur la segmentation d'images CT-nucléaires pour la radiothérapie. En mammographie, avec General Electric, nous avons développé une des premières méthodes de détection de micro-calcifications et de masses sur des données nouvelles de mammographie numérique 3D.

Dans le cadre d'une collaboration avec Columbia University, New York, USA, les projets en cours ont été poursuivis sur la caractérisation de la fonction cardiaque sur des ultrasons tri-dimensionnels temps-réel en partenariat avec Philips Medical System. Une collaboration avec l'INRIA Rocquencourt a permis de mettre en place un protocole de simulation d'ultrasons 3D à partir d'un modèle électro-mécanique de cœur, afin d'évaluer les performances d'un algorithme de suivi de mouvement nous permettant de valider la méthode et leur permettant d'estimer le type d'erreur d'estimation de mouvement à prendre en compte dans les problèmes inverses d'intégration de mesures dans leur modèle. Les recherches sur le cœur sont aussi menées en collaboration avec l'unité INSERM LIF, et concernent la segmentation du myocarde dans des IRM de rehaussement tardif [5]. En imagerie vasculaire, une collaboration avec Siemens (Princeton, USA), a permis de démarrer une recherche sur le suivi et la segmentation des coronaires dans des images de haute résolution, par des méthodes de morphologie mathématique et filtres particuliers.

Nos travaux sur la modélisation du corps humain, qui avaient porté jusqu'à présent essentiellement sur les têtes d'adultes et d'enfants, ont pris une nouvelle orientation, et nous nous intéressons maintenant à la modélisation du fœtus, à partir d'images IRM et ultrasonores (en collaboration avec l'hôpital Saint Vincent de Paul et FT R&D). Une méthode de segmentation variationnelle des images ultrasonores 3D de fœtus a été développée, avec de nouvelles modélisations des distributions statistiques des différents tissus.

#### 4.2.5 Imagerie aérienne et satellitaire

**Permanents** M. Datcu, M. Roux, M. Campedel, H. Sahbi, J.-M. Nicolas, F. Tupin, H. Maître.

**Projets** Collaborations avec l'INRIA (Imedia, Ariana), le CNES, le DLR, l'ONERA, l'INSERM, Mondeca, EADS ; avec A. Giros (CNES) M.-P. Doin et P. Briole (ENS), J. Darbon (UCLA), L. Denis (CPE Lyon), C. Tison (CNES), P. Gamba (Université de Pavie), P. Réfrégier, F. Galland (Institut Fresnel), E. Trouvé (Université de Savoie), M. Gay (GIPSA-Lab), L. Moreau (EDYTEM), W. Pieczynsky (INT), DGA, EADS, Magellium.

Le centre de compétence CNES-DLR-ENST (appelé CoC), créé officiellement en juin 2005, consacre ses activités de recherche à l'extraction d'information et la compréhension du contenu des images satellitaires, optiques (à Paris) ou radar (au DLR). Il regroupe aujourd'hui 5 permanents et une dizaine de doctorants. Cette recherche comporte une recherche amont [40, 41, 31] et une recherche sur projets traitant tout aussi bien de l'indexation de ces images, que de leur utilisation. La particularité de ces images réside principalement dans leur grande taille (grande variété sémantique de la scène observée) et leur nombre (les satellites Pleiades nous enverront 450 images par jour à 70cm/pixel en 2009!) : il est urgent de développer des méthodes (semi)-automatiques permettant d'accéder rapidement à leur contenu. Les axes de recherche actuels permettent de qualifier le contenu des images satellitaires en termes spectraux, géométriques et texturaux ainsi que sémantiques, par le biais d'apprentissage ou de détection de motifs permettant de remonter à des objets sémantiques (réseaux fluviaux, routiers, bâtiments). Cet apprentissage peut se faire de façon interactive et adaptée à l'utilisateur (i.e. le photo-interprète) à l'aide de stratégies par boucle de pertinence (*relevance feedback*) ou par des méthodes d'inférence statistique par apprentissage. Enfin, le CoC profite de collaborations étroites avec d'une part l'ONERA dans le cadre du projet Infom@gic du pôle Cap Digital, et d'autre part l'INSERM et la société Mondeca dans le cadre de l'ANR DAFOE4app, afin de développer de meilleures représentations des connaissances (développement

d'ontologies) liées aux images satellitaires ou à leur domaine d'application et permettre de raisonner sur ces représentations.

En imagerie aérienne, une activité déjà existante s'est prolongée autour du traitement de nuages de points 3D acquis par des techniques laser. Les études ont porté sur le recalage souple non-paramétrique des données acquises par un laser aéroporté et d'un modèle numérique de surface issu d'images photogrammétriques afin de compenser les mouvements d'attitude du capteur, ainsi que sur la détection de changement entre deux nuages de points ou un nuage et un modèle polygonal. Ces travaux ont trouvé leur prolongement actuel dans le cadre du projet TerraNumerica porté par le pôle de compétitivité Cap Digital. Ce projet vise à une modélisation complète de scènes urbaines par fusion d'images aériennes et de données (images ou nuages de points 3D) acquises au niveau du sol. De plus, une étude porte sur la détection d'objets dans les images aériennes et satellitaires par des méthodes d'apprentissage utilisant le principe de l'Adaboost. Pour ces travaux, le manque de données d'apprentissage a été fructueusement compensé par la génération d'exemples par synthèse d'image. Cette étude est menée en collaboration avec EADS.

En imagerie radar, deux axes principaux sont actuellement développés, l'un concerne l'interférométrie différentielle et le suivi des mouvements de terrain, l'autre l'imagerie radar de haute résolution et la fusion de données optique et radar. Concernant l'interférométrie différentielle, les travaux se sont focalisés sur deux champs applicatifs et méthodologiques. Le premier concerne l'étude de la subsidence sur Mexico en collaboration avec le laboratoire de Géologie de l'ENS. Le second est dédié au suivi des glaciers notamment dans le cadre du projet MEGATOR (ANR 2004-2007), qui a permis le développement d'un nouveau synthétiseur de données satellitaires (SYTER) bien adapté au contexte de haute montagne. Ces deux axes se rejoignent désormais dans un nouveau projet : EFIDIR (ANR MDCO), d'une durée de 4 ans et qui regroupe des thématiciens et des méthodologistes. En imagerie radar de haute résolution, des travaux ont été menés en collaboration avec UCLA sur le filtrage des données radar. Des approches multi-dimensionnelles s'appuyant sur la recherche de coupure minimale dans un graphe ont été développées, donnant de très bons résultats sur les données interférométriques. Parallèlement, la fusion entre données optique et radar reste un axe de recherche important. Une méthodologie de recalage (sans connaissance de paramètres capteurs) a été mise au point, ainsi que des approches de reconstruction 3D à partir de données interférométriques. Lors du séjour de Y. Wang, des données polarimétriques ont également été exploitées en milieu urbain et à haute résolution. Sur des sujets connexes comme la détection de changements, une collaboration avec le CEA a démarré. Dans le cadre d'une collaboration avec TELECOM Sud Paris, une classification avec des modèles de champs de Markov triplets et des distributions de Fisher a été proposée. Plusieurs améliorations ont également été apportées à des algorithmes de détection de réseaux routiers (en collaboration avec l'Université de Pavie). Les développements sur les statistiques des images radar, notamment les lois de Fisher, ont été intégrés dans un algorithme de grille active développé par l'Institut Fresnel. Enfin, une thèse financée par la DGA a permis d'approfondir les problèmes liés à la compression des images RSO.

## Publications les plus significatives

- [1] R. Abdelfattah and J.-M. Nicolas. Interferometric SAR coherence magnitude estimation using second kind statistics. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44(7 part 2):1942–1953, jul 2006.
- [2] C. B. Akgül, B. Sankur, Y. Yemez, and F. Schmitt. Density-based 3d shape descriptors. *JASP - EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 2007(Article ID 32503):1–16, 2007.
- [3] E. Angelini, T. Song, B. Mensh, and A. Laine. Brain mri segmentation with multiphase minimal partitioning: A comparative study. *International Journal of Biomedical Imaging*, 2007.
- [4] E. D. Angelini, O. Clatz, E. Mandonnet, E. Konukoglu, L. Capelle, and H. Duffau. Glioma dynamics and computational models: A review of segmentation, registration and in silico growth algorithms and their clinical validations. *Current Medical Imaging Review*, 3(4):262–276, mar 2007.
- [5] R. E. Berbari, F. Frouin, A. Redheuil, E. Angelini, E. Mousseaux, I. Bloch, and A. Herment. Développement et évaluation d'une méthode de segmentation automatique de l'endocarde sur des images acquises par résonance magnétique. *ITBM-RBM Innovation et Technologie en Biologie et Médecine*, 28:117–123, 2007.

- [6] A. Bhattacharya, M. Roux, M. Maître, I. Jermyn, X. Descombes, and J. Zerubia. Computing Statistics from Man-Made Structures on the Earth's Surface for Indexing Satellite Images. *International Journal of Simulation Modelling*, 6(2):73–83, jun 2007.
- [7] I. Bloch. Spatial Reasoning under Imprecision using Fuzzy Set Theory, Formal Logics and Mathematical Morphology. *International Journal of Approximate Reasoning*, 41(2):77–95, feb 2006.
- [8] I. Bloch. Defining Belief Functions using Mathematical Morphology – Application to Image Fusion under Imprecision. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2007.
- [9] I. Bloch. *Fuzzy Representations of Spatial Relations for Spatial Reasoning*. John Wiley & Sons, 2007.
- [10] I. Bloch. Fuzzy Skeleton by Influence Zones - Application to Interpolation between Fuzzy Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 2007.
- [11] I. Bloch, editor. *Information Fusion in Signal and Image Processing*. ISTE-Wiley, London, UK, 2008.
- [12] I. Bloch. Knowledge-Driven 3D Medical Image Interpretation: A Few Examples. *Computer Society of India Technical Communications*, 31(10):24–26, jan 2008.
- [13] I. Bloch, O. Colliot, and R. Cesar. On the Ternary Spatial Relation Between. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics SMC-B*, 36(2):312–327, apr 2006.
- [14] I. Bloch, H. Heijmans, and C. Ronse. Mathematical Morphology. In M. Aiello, I. Pratt-Hartman, and J. van Benthem, editors, *The Logic of Space*, pages 857–947. Kluwer, 2006.
- [15] I. Bloch, N. Milisavljevic, and M. Acheroy. Multisensor Data Fusion for Saceborne and Airborne Reduction of Mine Suspected Areas. *International Journal of Advanced Robotics Systems*, 4(2):173–186, jun 2007.
- [16] C. Bordenave, Y. Gousseau, and F. Roueff. The dead leaves model : an example of a general tessellation. *Advances in Applied Probability*, 38(1):31–46, mar 2006.
- [17] C. Boust, H. Brettel, F. ViÉnot, S. Berche, and G. Alquié. Color enhancement of digital images by experts and preference judgements by observers. *Journal of Imaging Science and Technology*, 50:1–11, 2006.
- [18] H. Brettel, M. Gschwind, and I. Rentschler. Contextual relativity of 3-D object representations. *Perception*, 35 (Supplement):36, aug 2006.
- [19] H. Brettel, L. Shi, and H. Strasburger. Temporal image fusion in human vision. *Vision Research*, 46(6-7):774–781, mar 2006.
- [20] O. Camara, G. Delso, O. Colliot, A. Moreno, and I. Bloch. Explicit Incorporation of Prior Anatomical Information into a Non-Rigid Registration of Thoracic and Abdominal CT and 18-FDG Whole-Body Emission PET Images. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 26(2):164–178, feb 2007.
- [21] F. Cao, J. Delon, A. Desolneux, P. Musé, and F. Sur. A unified framework for detecting groups and application to shape recognition. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 27(2):91–200, feb 2007.
- [22] C. Cavaro-Ménard, A. Nait-Ali, J.-Y. Tanguy, E. Angelini, C. Lebozec, and J.-J. L. Jeune. *Spécificités des Signaux Physiologiques et des Images Médicales*, chapter 3, pages 65–98. Hermes Science, Lavoisier, 2007.
- [23] F. Chaabane, A. Avallone, F. Tupin, P. Briole, and H. Maître. Multitemporal correction of tropospheric effects in differential sar interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(6):1605–1615, jun 2007.
- [24] O. Colliot, O. Camara, and I. Bloch. Integration of Fuzzy Spatial Relations in Deformable Models - Application to Brain MRI Segmentation. *Pattern Recognition*, 39(8):1401–1414, aug 2006.
- [25] J. Delon. Movie and video scale-time equalization ; application to flicker reduction. *IEEE Transactions on Image Processing*, 15(1):241–248, jan 2006.
- [26] J. Delon, A. Desolneux, J.-L. Lisani, and A.-B. Petro. Automatic color palette. *Inverse Problems and Imaging (IPI)*, 1(2):265–287, may 2007.
- [27] J. Delon, A. Desolneux, J.-L. Lisani, and A.-B. Petro. A non parametric approach for histogram segmentation. *IEEE Transactions on Image Processing*, 16(1):253–261, jan 2007.
- [28] J. Delon and B. Rougé. Small baseline stereovision. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 28(3):209–223, jul 2007.
- [29] Y. Gousseau and F. Roueff. Modeling occlusion and scaling in natural images. *SIAM Multiscale Modeling and Simulation*, 6(1):105–134, 2007.

- [30] M. Gschwind, H. Brettel, and I. Rentschler. Prior knowledge and learning in 3D object recognition. In N. Osaka, I. Rentschler, and I. Biederman, editors, *Object Recognition, Attention, and Action*, chapter 7, pages 105–117. Springer, Tokyo, 2007.
- [31] L. Gueguen and M. Datcu. Image time-series data mining based on the information-bottleneck principle. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(4), apr 2007.
- [32] L. Gueguen and M. Datcu. A similarity metric for retrieval of compressed objects: Application for mining satellite image time series. *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, feb 2008.
- [33] M. Harrar, H. Brettel, and F. Viénot. About the limited additive properties of colour appearance models. *Perception*, 35 (Supplement):191, aug 2006.
- [34] C. Hernandez, F. Schmitt, and R. Cippola. Silhouette coherence for camera calibration under circular motion. *IEEE Trans on PAMI*, 29(2):343–349, feb 2007.
- [35] C. Hudelot, J. Atif, and I. Bloch. Fuzzy Spatial Relation Ontology for Image Interpretation. *Fuzzy Sets and Systems*, 2007.
- [36] T. Hurtut, Y. Gousseau, and F. Schmitt. Adaptive image retrieval based on the spatial organization of colors. *Computer Vision and Image Understanding CVIU*, pages 1–18, jan 2008.
- [37] A. Kermi, I. Bloch, and M. T. Laskri. A Non-Linear Registration Method Guided by B-Splines Free-Form Deformations for Three-Dimensional Facial Reconstruction. *International Review on Computers and Software (IRECOS)*, 2(6):609–619, nov 2007.
- [38] H. Khotanlou, O. Colliot, J. Atif, and I. Bloch. 3D Brain Tumor Segmentation in MRI Using Fuzzy Classification, Symmetry Analysis and Spatially Constrained Deformable Models. *Fuzzy Sets and Systems*, 2007.
- [39] G. Lisini, C. Tison, F. Tupin, and P. Gamba. Feature fusion to improve road network extraction in high-resolution SAR images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(2):217–221, apr 2006.
- [40] B. Luo, J. Aujol, Y. Gousseau, and S. Ladjal. Indexing of Satellite Images with Different Resolutions by Wavelet Features. *IEEE Transactions on Image Processing*, may 2008.
- [41] B. Luo, J.-F. Aujol, Y. Gousseau, S. Ladjal, and H. Maître. Resolution- independent characteristic scale dedicated to satellite images. *IEEE Trans. on Image Processing*, 16(10):2503–2514, oct 2007.
- [42] N. Milisavljevic and I. Bloch. Possibilistic vs. Belief Function Fusion for Anti-Personnel Mine Detection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2007.
- [43] N. Milisavljevic, I. Bloch, and M. Acheroy. *Multi-Sensor Data Fusion Based on Belief Functions and Possibility Theory: Close Range Antipersonnel Mine Detection and Remote Sensing Mined Area Reduction*. ARS, 2007.
- [44] A. Moreno, C. M. Takemura, O. Colliot, O. Camara, and I. Bloch. Heart Segmentation in Medical Images Using the Fuzzy Spatial Relation 'Between'. In B. Bouchon-Meunier, R. Yager, C. Marsala, and M. Rifqi, editors, *Uncertainty and Intelligent Information Systems*. World Scientific, 2007.
- [45] A. Moreno, C. M. Takemura, O. Colliot, O. Camara, and I. Bloch. Using Anatomical Knowledge Expressed as Fuzzy Constraints to Segment the Heart in CT images. *Pattern Recognition*, 2008.
- [46] P. Muse, F. Sur, F. Cao, Y. Gousseau, and J.-M. Morel. An a contrario decision method for shape element recognition. *International Journal of Computer Vision*, 69(3):295 – 315, sep 2006.
- [47] P. Muse, F. Sur, F. Cao, Y. Gousseau, and J.-M. Morel. Shape recognition based on an a contrario methodology. In H. Krim and A. Yezzi, editors, *Statistic and Analysis of Shapes*, pages 107–136. Birkhauser, 2006.
- [48] M. Negri, P. Gamba, G. Lisini, and F. Tupin. Junction-aware extraction and regularization of road networks in SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44(10, part 2):2962 – 2971, oct 2006.
- [49] J. Nicolas, G. Vasile, M. Gay, F. Tupin, and E. Trouvé. SAR processing in the temporal domain : application to direct interferogram generation and mountain glacier monitoring. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 33(1):52–29, feb 2007.
- [50] G. Peters, S. Muller, S. Bernard, and I. Bloch. Wavelets and Fuzzy Contours in 3D-CAD for Digital Breast Tomosynthesis. In M. Nachtgael, D. van der Weken, E. Kerre, and W. Philips, editors, *Soft Computing in Image Processing: Recent Advances*, pages 296–326. Springer, 2006.

- [51] J. Puentes, B. Batrancourt, J. Atif, E. Angelini, L. Lecornu, A. Zemirline, I. Bloch, G. Coatrieux, and C. Roux. Integrated Multimedia Electronic Patient Record and Graph-Based Image Information for Cerebral Tumors. *Computers in Biology and Medicine*, 2008.
- [52] J. Puentes, L. Lecornu, G. Coatrieux, C. Roux, E. Angelini, and I. Bloch. Aide au dossier patient multimédia en neurochirurgie. *Techniques hospitalières*, 703:41–48, may 2007.
- [53] A. Ribés and F. Schmitt. An introductory survey on linear inverse problems in imaging. *IEEE Signal Processing Magazine*, jan 2008.
- [54] A. Ribés, F. Schmitt, R. Pillay, and C. Lahanier. A tutorial on multispectral imaging of paintings using the mona lisa by leonardo da vinci as a case study. *IEEE Signal Processing magazine*, mar 2008.
- [55] F. Rossant and I. Bloch. Robust and Adaptive OMR System Including Fuzzy Modeling, Fusion of Musical Rules, and Possible Error Detection. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2007:1–25, 2007.
- [56] T. Tanzi and F. Delmer. *Ingénierie du risque*. Hermes, Coll. Sciences et technologies, Paris, 2006.
- [57] S. Tilie, I. Bloch, and L. Laborelli. Fusion of Complementary Detectors for Improving Blotch Detection in Digitized Films. *Pattern Recognition Letters*, 28:1735–1746, 2007.
- [58] C. Tison, F. Tupin, and H. Maître. A fusion scheme for joint retrieval of urban map and classification from high resolution interferometric SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and remote Sensing*, 45(2):495–505, feb 2007.
- [59] E. Trouve, G. Vasile, M. Gay, L. Bombrun, P. Grussenmeyer, T. Landes, J.-M. Nicolas, P. Bolon, I. Petillot, A. Julea, L. Valet, J. Chanussot, and M. Koehl. Combining airborne photographs and spaceborne SAR data to monitor temperate glaciers: Potentials and limits. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(4):905–924, apr 2007.
- [60] B. Zhang, J. Zerubia, and J.-C. Olivo-Marin. Gaussian approximation of fluorescence microscopic PSF. *Applied Optics*, 46(10):1819–1829, apr 2007.

