

Activités de recherche du département Traitement du  
Signal et des Images 2002 - 2003

Janvier 2004



# Avant-propos

Il y a 100 ans naissait dans notre institution le mot « Télécommunications ». Et si Télécom Paris, l'École Nationale Supérieure des Télécommunications, n'a cessé depuis sa création, d'occuper dans son domaine une place de premier plan, elle a aussi su se transformer au rythme de son environnement.

Car notre univers a évolué. Il bouge rapidement, porté par une microélectronique en progrès exponentiel, mu par une irruption du numérique dans toutes les sphères de nos vies personnelles et professionnelles, bousculé par des réseaux qui chaque jour plus aisément répondent à nos demandes, nous apportent des images et des sons, nous suivent dans tous nos déplacements. Télécom Paris a anticipé ces révolutions, y a contribué, en est toujours un acteur significatif : notre École mérite aujourd'hui le libellé qu'elle se donne d' « École de la Société de l'Information ».

Ainsi en matière de Recherche, au sein du Groupe des Ecoles des Télécommunications, nous couvrons dans toute sa diversité le vaste champ des Technologies de l'Information : le logiciel et le matériel, les technologies et les services, les objets communicants et les réseaux, la régulation et l'économie, le techno-push et les nouveaux usages. Vous allez découvrir, en parcourant les pages des rapports de recherche de nos départements, les résultats d'une recherche qui foisonne et qui innove, d'une recherche qui conjugue la vision long terme, scientifique et disciplinaire, avec la préoccupation de réalisation, de concrétisation et d'application.

Et si Télécom Paris est parfaitement inscrite dans la communauté internationale de la recherche scientifique, si elle y tient son rang, publie, échange, tisse des liens, et rivalise avec les équipes en pointe au plan mondial, elle est également, par culture et tradition, soucieuse de valorisation et des débouchés de ses innovations. Sa pépinière d'entreprises, Télécom Paris Entrepreneurs, avec 41 entreprises créées à ce jour, est un succès incontesté ; c'est la plus importante d'Ile de France. Elle noue des liens toujours plus riches avec les laboratoires. Par ailleurs, la recherche contractuelle, réalisée en collaboration avec des entreprises et de nombreux acteurs de la Société de l'Information, prend une place croissante. Et à nos partenaires traditionnels du monde des télécommunications, s'ajoutent régulièrement de nouveaux acteurs, dans la banque, les administrations, les entreprises de services etc., conséquence de la place grandissante des technologies de l'information dans tous les secteurs de notre société.

Ces rapports que vous allez lire, ou dans lesquels vous allez glaner, sont donc denses, divers, et copieux. Merci de prendre le temps d'y découvrir ou redécouvrir les diverses facettes de notre recherche. Et sachez que notre école et nos laboratoires vous sont ouverts.

Armand Lévy  
Directeur de la Recherche



# Table des matières

<b>1. Groupe Audio, Acoustique et Ondes (AAO)</b>	<b>11</b>
1	Prise et restitution des sons, spatialisation . . . . . 11
1.1	Prise de sons par réseaux de capteurs . . . . . 11
1.2	Synthèse de champs sonores par réseaux de haut-parleurs . . . . . 12
1.3	Annulation d'échos acoustiques . . . . . 13
2	Indexation et analyse de scènes sonores . . . . . 13
2.1	Analyse spectrale adaptative . . . . . 14
2.2	Détection de pitchs multiples pour la séparation de parole ou de musique . . . 14
3	Aide aux malentendants, signaux biomédicaux . . . . . 16
3.1	Projet RNTS AUDIVOCAL . . . . . 16
3.2	Projet INTRASON . . . . . 16
3.3	Analyse EEG . . . . . 16
4	Traitement de l'information en holographie dynamique . . . . . 17
<b>2. Groupe Codage (COD)</b>	<b>19</b>
1	Compression de sources sonores . . . . . 20
2	Tatouage de signaux audio . . . . . 20
3	Indexation audio . . . . . 21
4	Codage vidéo . . . . . 22
<b>3. Groupe Perception, Apprentissage, Modélisation (PAM)</b>	<b>25</b>
1	Parole, écriture et geste . . . . . 26
1.1	Traitement automatique de la parole, interaction Homme-Machine, biométrie . 26
1.2	Ecrit et document . . . . . 28
1.3	Parole : de quelques aspects acoustiques à quelques aspects linguistiques . . 29
2	Couleur . . . . . 31
2.1	Modélisation de la perception des couleurs . . . . . 31
2.2	Imagerie multispectrale couleur . . . . . 31
3	Perception et commande du mouvement . . . . . 32
<b>4. Groupe Traitement et Interprétation des Images (TII)</b>	<b>35</b>
1	Outils théoriques et méthodologiques du traitement d'images . . . . . 36
1.1	Reconnaissance structurelle des formes et raisonnement spatial sous incertitude 36
1.2	Problèmes inverses et restauration . . . . . 37
1.3	Analyse et modélisation stochastique des images naturelles . . . . . 38

2	Traitement de l'image et société de l'information . . . . .	39
2.1	Culture, patrimoine et STIC . . . . .	39
2.2	Imagerie médicale et 3D . . . . .	41
2.3	Imagerie aérienne et satellitaire . . . . .	42
2.4	Tatouage et sécurité des systèmes d'imagerie . . . . .	46
<b>5.</b>	<b>Groupe Traitement du Signal et Applications aux Communications (TSAC)</b>	<b>49</b>
1	Méthodes d'inférence statistique pour le traitement de l'information . . . . .	51
1.1	Données dépendantes . . . . .	51
1.2	Méthodes algorithmiques d'inférence . . . . .	52
1.3	Séparation de sources . . . . .	53
2	Traitement du signal pour les communications . . . . .	54
2.1	Systèmes multi-canaux . . . . .	54
2.2	Systèmes à accès multiple . . . . .	55
3	Opérateurs différentiels fractionnaires et représentations diffusives . . . . .	57
<b>6.</b>	<b>Publications depuis 2002</b>	<b>59</b>
1	Livres et chapitres de livres . . . . .	60
2	Collections d'articles . . . . .	61
3	Articles de revue . . . . .	62
4	Actes de conférences . . . . .	66
5	Thèses . . . . .	79
6	Brevets . . . . .	80
7	Rapports . . . . .	81
8	Soumis ou à paraître . . . . .	81
	<b>Annuaire des permanents</b>	<b>87</b>

# Introduction

2002, 2003 . . . , deux « petites » années pour la recherche. Durablement enlisées dans les conséquences de l'implosion de la bulle spéculative, les industries des télécommunications ne retrouvent pas leur souffle. Le marasme économique national ajoute en 2003 ses retards de paiements aux gels de programmation et l'ensemble de la recherche nationale est frappé par les diminutions budgétaires et les réductions d'emplois. Télécom Paris doit geler son plan de croissance . . .

Comment le département Traitement du Signal et des Images a-t-il été affecté par cette morosité ambiante ?

Bien que très engagé dans des réorganisations échelonnées de l'enseignement (mise en place du Cycle Optionnel Unifié, ouverture des *Masters of Science*, investissement dans le LMD), mobilisé sur le programme de locaux (30 % - et bientôt 50 % - des membres du département sont installés sur le site Dareau et au terme de 2005 tout le département sera relogé dans de nouveaux locaux), le département a mis à profit ces deux années pour réorganiser certains axes de sa recherche et pour inscrire ses travaux dans des projets moins nombreux mais plus ambitieux.

Le nombre de ses membres permanents est resté stable tant sur le GET (+1 Enseignant-Chercheur pour 1 départ en congé de fin de carrière) que du CNRS (+ 2 CR2 pour un départ de CR1 en mutation et un départ d'IR en retraite). Le nombre de ses thésards a un peu décru essentiellement en raison des difficultés croissantes de leur financement. Les sabbatiques, post-docs et ingénieurs sur contrats restent nombreux et de qualité, ils viennent opportunément renforcer notre potentiel de recherche, tant théorique qu'appliquée.

Ces deux dernières années ont vu se dégager des résultats importants et également des axes privilégiés de recherche sur lesquels nous faisons porter aujourd'hui nos efforts. Nous les résumons ici brièvement :

- Les méthodes statistiques appliquées au traitement de l'information, à la fouille de données et à l'apprentissage sont devenues un des axes prioritaires de notre recherche. Renforcé d'applications dans le domaine de l'indexation d'objets tridimensionnels et plus récemment, de l'indexation des images satellitaires, cet axe fédère aujourd'hui une bonne part de nos travaux (cf. section 1 du chapitre 5).
- La reconstruction d'un groupe de recherche orienté vers le traitement du signal audio (compression, analyse, indexation, tatouage, spatialisation) est aboutie et devrait permettre maintenant de l'insérer fortement dans le contexte national et européen (partenariats avec l'IRCAM, le LIMSIS et le LAM, projets du 6<sup>e</sup> PCRD) (cf. section 1 du chapitre 1 et section 1 du chapitre 2).
- Les travaux conduits sur l'utilisation des réflexions de Bragg pour accroître les performances des réseaux optiques sont arrivés au cours de ces deux années à des résultats théoriques très concluants. Ils entrent maintenant dans une phase de mise en œuvre au sein de dispositifs optiques de traitement de l'information (cf. section 4 du chapitre 1).
- Nos travaux sur le tatouage des images sont arrivés à leur terme ces dernières années. Rappelons qu'ils ont contribué à lancer cette activité en France. Ils ont conduit à 4 thèses, ont permis de monter 3 projets RNRT et 1 projet Eureka et se sont traduits par de nombreux transferts vers l'industrie. L'activité de tatouage se poursuit dans le domaine de l'audio, ainsi que dans le domaine mixte audio/vidéo (cf. section 2.4 du chapitre 4).

- Nos travaux de neurobiologie computationnelle, consacrés à la modélisation des arcs réflexe et cérébelleux, se concrétisent aujourd'hui par un modèle original et cohérent, largement publié, dont les applications au contrôle des robots apparaît extrêmement prometteur (cf. section 3 du chapitre 3).
- La reconnaissance de la parole, et surtout ses nombreuses applications au sein des techniques multimédia (reconnaissance de locuteur, traduction automatique, biométrie, etc.), engagent profondément le département dans les projets nationaux (RNRT) et internationaux (6<sup>e</sup> PCRD), où nous les déclinons en conjugaison avec la reconnaissance de l'écrit ou la reconnaissance des formes (cf. section 1 du chapitre 3).
- dans le domaine de la séparation de sources, des travaux menés conjointement avec le laboratoire d'Astrophysique du Collège de France ont conduit à de très importants résultats concernant le fond cosmologique du rayonnement originel (cf. section 1.3 du chapitre 5).

Parallèlement, les axes traditionnels de notre recherche continuent à mobiliser une part importante de nos moyens : imagerie cérébrale, imagerie aérienne dans le milieu urbain, imagerie radar à très haute résolution, imagerie des objets tri-dimensionnels, compression vidéo scalable, raisonnement dans l'incertain, traitement du signal pour les communications numériques.

Nous présentons sur les graphiques 1, 2 et 3 l'évolution des principaux indicateurs de la recherche : le personnel (compté au 31 décembre de chaque année), l'activité contractuelle, les publications et les thèses soutenues au sein du département.

Quelques commentaires accompagnent ces graphiques. Tout d'abord, l'interruption du programme de développement de Télécom Paris apparaît clairement dans ces schémas, et en particulier celui associé aux personnels. Ensuite on note que la recherche contractuelle marque le pas sous le double effet du ralentissement des engagements nationaux (faiblesse des programmes R2IT en 2003, faible dynamisme des industriels partenaires) et de la mise en place de la politique européenne de la recherche à travers le 6<sup>e</sup> PCRD. Nos publications ne sont pas beaucoup affectées par ces mesures, d'une part en raison du retard entre moyens engagés et résultats diffusés, mais aussi en raison du maintien du volet théorique de cette recherche. Enfin, l'impact est surtout sensible sur la recherche par les thésards car la précarité des ressources rend plus difficile l'engagement sur fonds propres de chercheurs pour 3 ans.

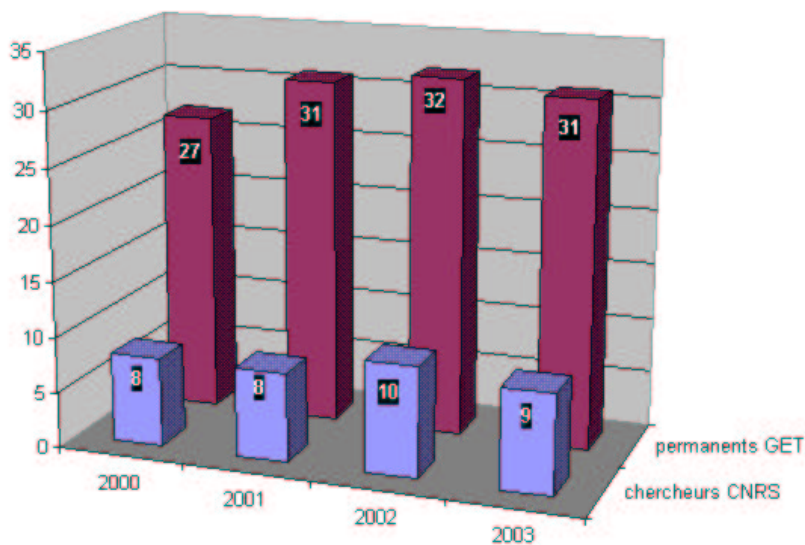


FIG. 1 – Evolution des personnels engagés par le GET et le CNRS au département de 2000 à 2003 (au 31 décembre de chaque année). Le personnel GET comporte 3 administratifs et 4 ingénieurs systèmes et techniciens.



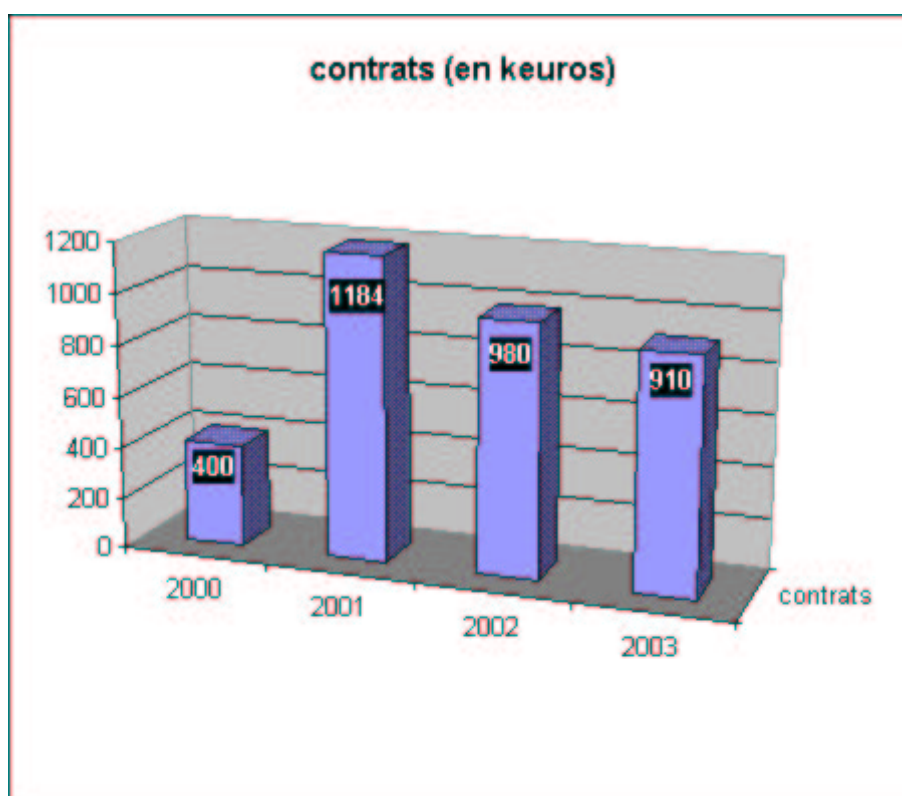


FIG. 2 – Evolution du chiffre d'affaires de recherche contractuelle sur la même période.

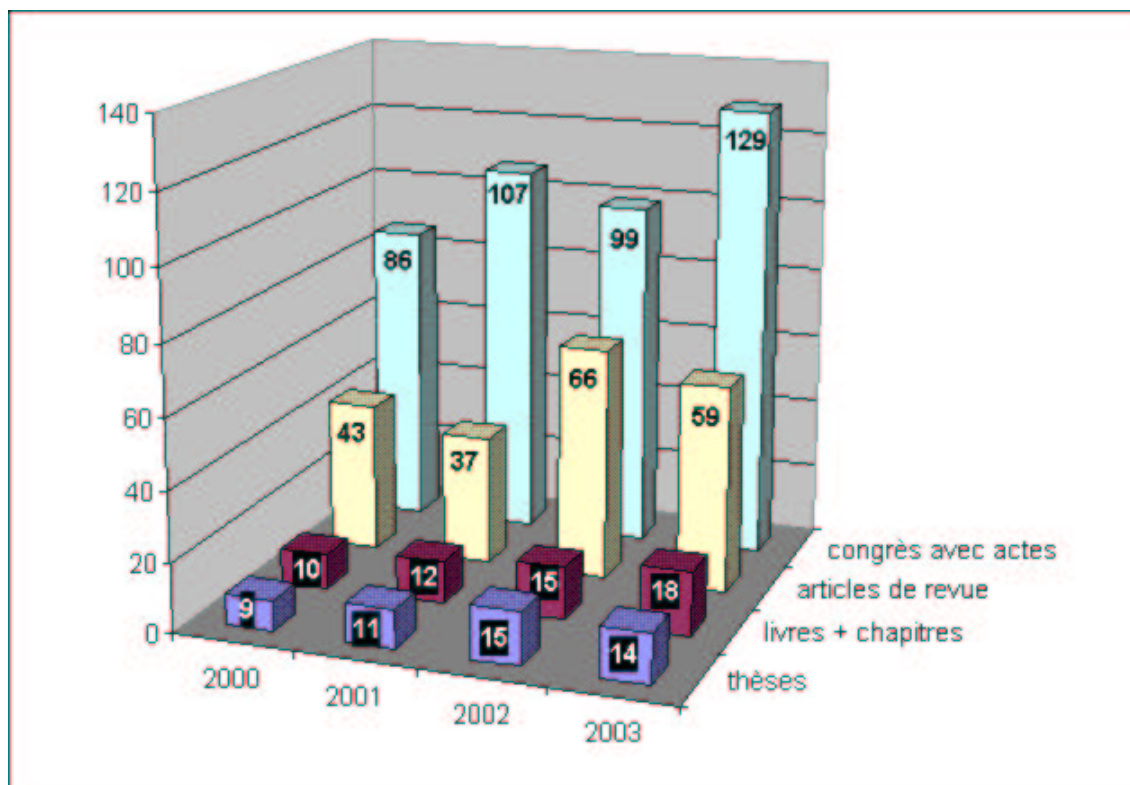


FIG. 3 – Evolution des publications scientifiques de 2000 à 2003.

Ce rapport est présenté par groupes de recherche. Rappelons que le département TSI est constitué de cinq groupes :

- le groupe Audio, Acoustique et Ondes (AAO),
- le groupe Codage (Cod),
- le groupe Perception, Modélisation et Apprentissage (PAM),
- le groupe Traitement et Interprétation des Images (TII),
- le groupe Traitement du Signal et Applications aux Communications (TSAC).

Cette séparation organique laisse la place à de nombreuses collaborations transversales. Dans un futur proche, ce rapport présentera également la structure en projets qu'a choisie le GET pour organiser sa recherche.

Henri Maître  
Chef du département TSI

# 1. Groupe Audio, Acoustique et Ondes (AAO)

**Responsable :** Yves Grenier (Professeur).

**Enseignants-chercheurs :** Roland Badeau (CER), Bertrand David (MdC), Robert Frey (à 50%, Prof.), Yves Grenier (Prof.), Shinji Maeda (à 50%, DR2 CNRS), Alain Maruani (à 50%, Prof.), Jacques Prado (MdC), Isabelle Zaquine (MdC).

**Doctorants :** Thomas Fillon : traitement numérique du signal acoustique pour une aide au malentendants, Mathieu Guillaume : synthèse de champ sonore par réseau de haut-parleurs, Aurélie Moreau : traitement d'information en milieu amplificateur intracavité, David Bitauld : Filtrage fréquentiel reconfigurable en temps réel pour les télécommunications optiques.

**Thèse soutenue :** Julie Rosier (décembre 2003).

## 1 Prise et restitution des sons, spatialisation

**Yves Grenier, Jacques Prado, Bertrand David, Mathieu Guillaume.**

L'objectif de ce thème d'étude est d'améliorer la qualité de la prise de sons et de la restitution des sons par des techniques numériques de traitement du signal. En prise de sons, cela concerne le débruitage, la déréverbération et l'annulation des échos acoustiques. En restitution des sons, nous nous intéressons à la spatialisation des sons, c'est-à-dire à la restitution pour l'auditeur du relief sonore ; nous voulons donc placer les sources sonores dans l'espace, mais aussi reconstituer l'acoustique de la prise de sons lors de sa restitution.

### 1.1 Prise de sons par réseaux de capteurs

L'utilisation de plusieurs microphones, placés en réseaux, conduit à des dispositifs de prise de sons qui ne sont pas réalisables par des moyens analogiques, mais accessibles uniquement par le traitement numérique du signal, en exploitant les directions d'arrivée des signaux. On peut considérer ces techniques dans le cas des signaux sonores comme une extension de l'écoute binaurale. Dans le cas binaural, la différence de temps d'arrivée ou de niveau sonore sur chacune des deux oreilles permet à l'auditeur de se représenter la position des sources. Dans le cas multi-capteurs, nous pouvons utiliser les différences de temps d'arrivée pour recombinaison des signaux et extraire ceux qui proviennent d'une direction donnée. Ces techniques sont construites sur le concept de formation de voie (réalisation des interférences par filtrage numérique).

Nos travaux en cours portent sur :

- des algorithmes adaptatifs travaillant en aveugle. Nous avons élaboré des algorithmes alternant l'identification de la réponse d'une salle entre la position d'un locuteur et le réseau de

microphones, avec une formation de voie permettant d'extraire le signal émis par un locuteur, en le débarrassant de la réverbération due à la salle. Les deux phases alternent à chaque échantillon de signal, et permettent de capter une source sonore comme si elle était en champ libre.

- des algorithmes d'optimisation de la formation de voie indépendamment de la salle, en travaillant principalement sur la directivité de la formation de voie. Ces algorithmes nous permettront de concevoir la partie « acquisition des sons » liée à la restitution par synthèse de champ sonore.

## 1.2 Synthèse de champs sonores par réseaux de haut-parleurs

L'objectif de la spatialisation des sons et de la synthèse de champs sonores est de reproduire pour l'auditeur la perception de sons dans un espace tridimensionnel. Parmi les approches actuelles, nous pouvons retenir les techniques binaurales, utilisant les HRTF (Filtres de Tête) qui visent à représenter pour chaque auditeur la manière dont sa tête et son torse filtrent les signaux d'une source sonore suivant leur direction d'arrivée. Les HRTF sont a priori spécifiques à un individu donné, et nécessitent une écoute au casque. Cette technique peut néanmoins être étendue pour être utilisée avec des haut-parleurs (systèmes transauraux). Elle rejoint alors les systèmes multi-canaux comme le surround 5.1.

Une autre approche peut être la WFS (Synthèse de Champ d'Onde), qui vise à reproduire les différents fronts d'ondes d'une source initiale sur une zone étendue de l'espace.

Ces systèmes de restitution souffrent d'un inconvénient majeur : ils ne fournissent une bonne image du relief sonore que pour une seule position dans l'espace. Pour pallier cet inconvénient, A.J. Berkhout à l'université technologique de Delft fut le premier à imaginer un système de restitution de champ sonore sur une zone étendue de l'espace, dont le développement a débuté il y a une quinzaine d'années maintenant. Toutes les approches actuelles permettant de reproduire le champ sonore sur une zone étendue de l'espace sont fondées, de manière ostentatoire ou cachée, sur l'équation intégrale de Kirchhoff, dans le cas où les sources secondaires permettant de reconstruire le champ initial ne sont plus forcément situées sur un front d'onde de la source primaire.

La WFS utilise un réseau de transducteurs, et permet ainsi de reproduire un champ sonore dans une zone de l'espace contenant plusieurs auditeurs. Cette technique est plus adaptée à la reproduction de sources ponctuelles dans un local très peu réverbérant, et optimisée dans un plan. Une approche alternative consiste à utiliser les techniques de contrôle actif pour synthétiser un champ sonore arbitraire dans une zone limitée de l'espace (autour du ou des auditeurs). Nous avons pu montrer que la synthèse du champ sonore se formalisait comme une généralisation multi-entrées multi-sorties du problème de l'égalisation.

Nous avons mis en place un algorithme de synthèse des matrices de réponses de filtres. Le nombre élevé des filtres et la taille des filtres (quelques milliers ou dizaines de milliers de coefficients par filtre) nécessite une optimisation par des techniques de filtrage rapide de type FFT.

**AS STIC « Relief Sonore »** Nous avons mis en place en 2003 une action spécifique AS STIC intitulée « Relief Sonore » qui devrait se développer durant toute l'année 2004 (responsable Yves Grenier). Cette action aura pour thème la spatialisation des sons et la synthèse de champs sonores. Notre finalité est de favoriser la convergence de deux manières, jusqu'ici assez distinctes, de synthétiser des ambiances sonores : l'utilisation de mécanismes perceptifs pour créer une illusion auditive, ou la restitution physique du champ sonore dans une région de l'espace. Ces deux approches ont des avantages spécifiques, et ont connu des développements récents qui peuvent s'enrichir mutuellement.

**Projet interne GET « Demix-Remix »** Ce projet mené en coopération avec l'INT et Eurécom a pour but de faire se rejoindre deux axes de recherche dans le domaine de l'audio :

- la spatialisation des sons qui donne à l'auditeur la sensation du relief sonore par le placement des sources dans l'espace, en utilisant plusieurs enceintes pour la restitution et en filtrant les signaux par les réponses spatiales de l'oreille (HRTF),
- la séparation des sources qui part d'un signal dans lequel plusieurs sources sont mélangées, et extrait les différentes sources.

En jargon d'ingénieur du son, « remix » est le raccourci pour signifier une opération de post-production qui vise à reconstituer un mixage différent de celui précédemment réalisé à partir des bandes originales. Notre objectif serait de proposer à l'auditeur d'effectuer lui-même cette opération en lui laissant la possibilité de placer les sons à sa convenance, ce qui suppose auparavant de les séparer (d'où le terme « demix »).

Dans le volet spatialisation de ce projet (« remix »), nous avons mis en place le système de simulation spatiale à l'aide des filtres HRTF pour une reproduction d'un espace tridimensionnel sur 2 haut-parleurs (les haut-parleurs frontaux). A titre de référence, nous avons également implanté le même système pour une écoute au casque (système binaural). En parallèle, un système de reproduction spatiale utilisant 5 haut-parleurs répartis dans un plan (système 2D) est en cours d'élaboration. Il est prévu pour fonctionner soit en utilisant la théorie de l'approche Ambisonics, soit en généralisant le système HRTF au cas de 5 haut-parleurs. Nous avons aussi pu étendre l'étude au cas où l'on dispose de plus de 5 haut-parleurs. La technique d'optimisation du champ sonore (reposant sur la minimisation d'une erreur quadratique entre le champ restitué et le champ souhaité) a permis en retour d'améliorer la reproduction par HRTF avec 2 haut-parleurs.

### 1.3 Annulation d'échos acoustiques

Améliorer la téléphonie « mains-libres » en supprimant le signal de retour du haut-parleur vers le microphone peut permettre une liaison en vrai « full-duplex ». Ce retour, ou écho acoustique, est éliminé grâce à un algorithme adaptatif qui identifie la réponse du canal acoustique, en déduit une réplique de l'écho, qui est alors soustraite au signal de sortie. Nous avons élaboré depuis plusieurs années un algorithme dénommé GMDF effectuant un compromis réglable entre l'accélération du traitement par Transformée de Fourier, et le retard induit. Nous avons adapté cet algorithme à l'annulation du larsen [244].

## 2 Indexation et analyse de scènes sonores

**Yves Grenier, Jacques Prado, Bertrand David, Roland Badeau, Julie Rosier.**

Les normes MPEG4 permettent de transmettre un contenu multimédia qui est décomposé en éléments autonomes interagissant entre eux. Les normes ne précisent pas comment s'effectue l'analyse des signaux pour parvenir aux éléments autonomes. Pour ce qui concerne le son, l'analyse de scènes sonores consiste en la décomposition de signaux audio en leurs composantes élémentaires respectives. L'indexation des signaux sonores est un thème complémentaire de l'analyse de scènes sonores, dans la mesure où il y ajoute la reconnaissance de la nature des informations extraites. Il s'agit ainsi, dans les normes MPEG7, d'être capable d'ajouter au contenu multimédia une description standard des informations portées par ce contenu. De cette manière, l'utilisateur pourra rapidement et efficacement retrouver les séquences multimédia sur la base d'une description condensée de leur contenu. L'indexation est un thème nouveau pour nous, et que nous avons abordé en collaboration avec l'équipe Codage de TSI (en particulier deux aspects : l'estimation du rythme dans la musique d'une part, la reconnaissance et l'identification d'instruments de musique d'autre part).

## 2.1 Analyse spectrale adaptative

Pour extraire des paramètres pertinents du signal sonore dans un contexte d'indexation, pour réaliser une séparation harmoniques/bruit dans un contexte musical ou encore pour estimer des paramètres de la physique des instruments de musique, l'analyse spectrale et son suivi dans le temps sont des outils incontournables. Ce suivi comporte un découpage du signal en trames de longueur donnée, qui peuvent se recouvrir partiellement. Ce découpage est soumis le plus souvent à un compromis entre deux tendances contradictoires : réduire la longueur des trames pour être plus précis dans la localisation temporelle et l'allonger pour améliorer les performances de l'estimation. Notre groupe travaille sur un axe théorique pour dépasser cette contradiction. Cet axe s'attache à étendre les méthodes dites « haute résolution » dans un contexte adaptatif et faible complexité. Cela a rendu possible leur application à des signaux réels dans des domaines aussi divers que l'acoustique musicale, la reconnaissance du rythme, la synthèse/modification des sons et l'estimation de fréquences fondamentales multiples [225, 141, 142, 140, 138].

## 2.2 Détection de pitches multiples pour la séparation de parole ou de musique

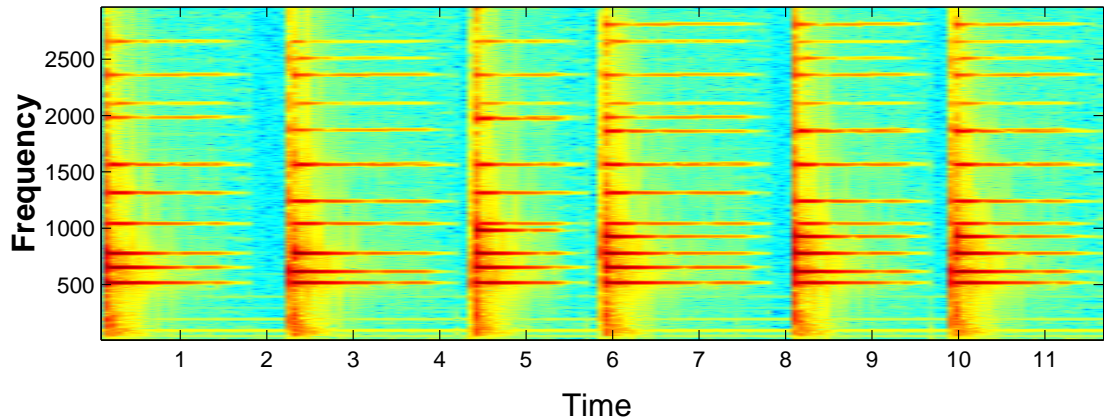
Dans l'analyse de scènes sonores, sujet que nous traitons depuis plusieurs années, nous recherchons des composantes dont la représentation soit la plus compacte possible. Cela nous conduit en particulier à chercher des représentations du signal sous forme de sommes de signaux harmoniques, chacun d'eux étant représenté comme une somme de sinusoides en relation harmonique, donc ayant toutes une fréquence multiple d'une fréquence fondamentale. Nous étudions deux situations différentes. Dans la situation monophonique, un seul capteur est utilisé ; la séparation de locuteurs enregistrés simultanément se fait par modélisation sinusoïdale des parties voisées du signal composite. Dans une situation stéréophonique ou multi-capteurs, l'étude de la séparation de locuteurs se fait par classification des pics harmoniques des signaux reçus par les microphones, à partir de mesures de l'amplitude des raies et du déphasage relatif entre canaux aux fréquences des raies.

En monophonie, la méthode de séparation s'appuie sur la modélisation sinusoïdale des signaux de source. Cette modélisation permet de caractériser chaque source par un ensemble de paramètres (constitué par la fréquence fondamentale ou pitch, les amplitudes et phases harmoniques du signal) et ainsi de synthétiser séparément ces dernières. La qualité des sons reconstruits dépend très fortement de l'estimation des différents pitches. De nombreuses méthodes avaient été développées pour une source unique, mais ces dernières se révélaient peu performantes dans le cas de plusieurs sources. Nous avons alors développé une nouvelle méthode d'estimation de pitches multiples, fondée sur une technique de maximum de vraisemblance assortie d'un critère d'ordre qui a pour rôle d'éliminer les ambiguïtés pouvant se produire entre la vraie fréquence fondamentale, et ses multiples ou sous-multiples [320, 319].

Cette approche statistique est assez lourde à mettre en œuvre. C'est pourquoi nous avons ensuite étudié une technique plus légère qui repose toujours sur une représentation du signal sous forme de sommes de sinusoides et de bruit. Notre objectif est maintenant de réaliser une classification automatique des composantes sinusoïdales présentes dans le signal pour séparer les divers signaux mélangés. Les composantes sont détectées en prenant simplement les fréquences des maxima locaux d'un périodogramme. Nous avons aussi testé des méthodes de type haute résolution, qui améliorent les résultats, mais au prix d'une complexité assez grande. La classification des composantes extraites se fait par une méthode de type « nuées dynamiques », qui alterne une phase de classement (chaque pic va être classé avec la fréquence fondamentale dont un multiple se rapproche au mieux de la fréquence du pic) et une phase de modélisation (la fréquence fondamentale est extraite de la série des harmoniques d'une classe). Cette classification dépendant de son initialisation, une technique d'extraction de formes fortes a été développée, pour extraire les classes les plus stables.

La technique que nous avons développée permet de séparer jusqu'à 5 ou 6 notes de musique présentes simultanément, y compris lorsque les intervalles entre ces notes sont de tierce ou de

### Spectrogramme d'une suite d'accords de piano C-Cm-CM7-C7-Cm7-Cm7



**fondamentales estimées par classification sur le modulo.**

### Cas d'une suite d'accords de piano C-Cm-CM7-C7-Cm7-Cm7

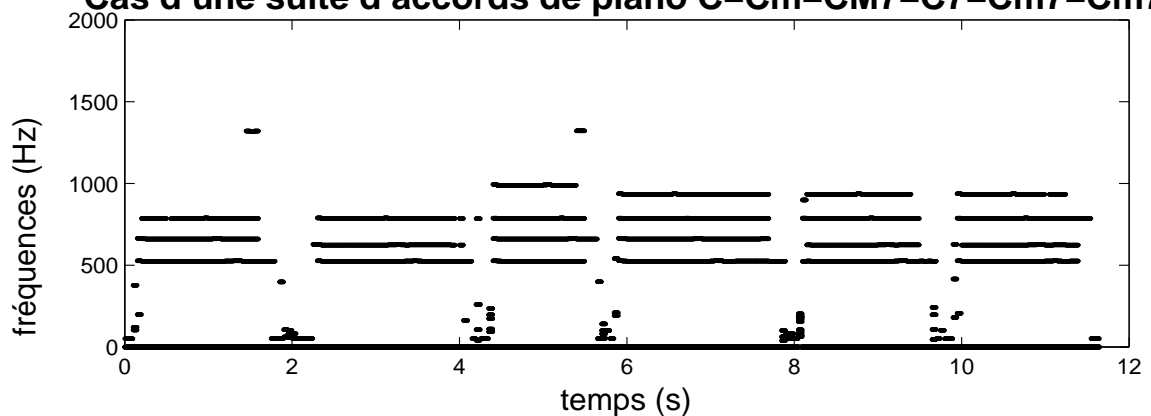


FIG. 1.1 – Estimation des fondamentales de plusieurs notes dans un accord de piano [384]. En haut, l'analyse temps-fréquence du signal, par la transformée de Fourier à court terme. En bas, le suivi des fréquences fondamentales détectées par la méthode d'extraction de formes fortes.

quinte, ce qui induit un fort recouvrement entre la série des harmoniques de l'une et celle de l'autre comme le montre la figure 1.1. En revanche notre technique ne permet pas encore de séparer des notes qui sont à un intervalle d'octave. Nous comptons y parvenir bientôt en incorporant des informations sur les enveloppes spectrales de chaque note.

Les techniques que nous avons développées ont été testées sur des mélanges de signaux de parole, ainsi que sur des mélanges de signaux de musique. Une extension (relativement) triviale sera la séparation parole-musique.

Nous avons également étudié la séparation des signaux par une approche bayésienne, de type MCMC (Monte-Carlo Markov Chain), dans laquelle nous simulons la probabilité a posteriori de la superposition des composantes harmoniques. Cette procédure, trop lourde pour l'estimation d'un seul signal, prend tout son intérêt dans le cas de la superposition de plusieurs composantes, chacune ayant une structure harmonique.

## 3 Aide aux malentendants, signaux biomédicaux

Jacques Prado, Thomas Fillon.

### 3.1 Projet RNTS AUDIVOCAL

Ce projet de 36 mois (02-2001 à 02-2004) a pour but d'intégrer les nouvelles technologies vocales numériques dans les aides auditives pour en augmenter significativement les performances en termes d'intelligibilité et d'agrément d'écoute. Il doit se conclure par l'élaboration d'un démonstrateur implanté sur une base DSP. Ce projet est constitué de quatre sous-projets et nous sommes impliqués dans les sous-projets 2 et 3. Le sous-projet 2 s'est terminé à la fin de l'année 2002, il avait pour but de définir les situations sonores qui posent problème aux malentendants et de mettre au point une classification automatique des sons de façon à optimiser le traitement qui leur sera appliqué. Il a permis la mise au point d'un algorithme permettant de distinguer les sons de type parole et a fait l'objet d'une implantation en temps réel sur la maquette du démonstrateur. Le sous-projet 3 a pour but l'annulation de l'effet Larsen (bouclage acoustique). La difficulté d'adaptation des algorithmes d'annulation d'écho acoustique appliqués habituellement à la téléphonie ou à la visioconférence provient du fait que dans une prothèse auditive nous ne disposons pas de signal de référence. Nous avons cependant pu proposer une adaptation d'un algorithme en fréquence qui a fait l'objet d'une implantation en temps réel sur la maquette du démonstrateur. Les résultats obtenus sur des expérimentations en vraie grandeur ont confirmé les résultats de simulation, ce qui permet de profiter pleinement des réglages de gain sans provoquer d'effet Larsen. Ce projet a fait l'objet d'une demande de prolongation de 6 mois, accordée par le ministère.

### 3.2 Projet INTRASON

Ce projet de 36 mois (11-2000 à 10-2003) fait l'objet d'un contrat avec la société INTRASON fabricant de prothèses auditives. L'objet de l'étude concerne le débruitage des signaux et également l'annulation du bouclage acoustique. Concernant le débruitage des signaux, nous avons développé une méthode fondée sur l'utilisation d'une échelle de fréquence ERB (Bandes Rectangulaires Equivalentes), de façon à être au plus près de la résolution fréquentielle, généralement admise, du système auditif [74]. L'étude de l'annulation du bouclage acoustique, menée en parallèle avec celle du projet AUDIVOCAL, a donné lieu à la dépose d'un brevet [388] et une communication [245]. Dans le cadre du projet INTRASON, il a été développé une application en temps réel sur PC, qui permet de mettre en œuvre l'algorithme d'annulation d'écho dans des applications autres que l'adaptation aux prothèses auditives.

### 3.3 Analyse EEG

Les résultats de classification obtenus précédemment ont conduit à la conception d'un programme de classification automatique dont l'originalité réside dans le fait qu'il n'utilise qu'une dérivation EEG. Des études complémentaires sont nécessaires pour l'analyse de phénomènes perturbateurs, tels que les micro-éveils, dont l'immense majorité survient à la suite de difficultés respiratoires comme le syndrome d'apnée obstructive du sommeil (SAOS) et les syndromes d'augmentation de la résistance des voies aériennes supérieures (SARVAS). D'autres applications sont envisageables, notamment celles concernant la surveillance de la vigilance, qui interviennent par exemple pour la sécurité automobile ou tout poste de surveillance nécessitant un degré de vigilance suffisant. Nous sommes actuellement en contact avec une jeune société, PHYSIP, dont l'activité est la valeur ajoutée, par logiciel, à des matériels d'enregistrements EEG existants, avec l'hôpital H. Mondor de Créteil pour les aspects SAOS et SARVAS, et avec la DGA pour les aspects vigilance.



## 4 Traitement de l'information en holographie dynamique

**Robert Frey, Isabelle Zaquine, David Bitauld, Aurélie Moreau, Alain Maruani.**

L'utilisation des techniques holographiques pour le traitement optique de l'information est souvent limitée par les propriétés des matériaux utilisés ou par des difficultés de mise en œuvre technologique. Les études réalisées au sein de notre laboratoire ces dernières années sont fondées sur l'amplification des propriétés diffractives par de multiples passages dans le milieu non-linéaire réalisés grâce à une cavité résonante. Nous avons mis en évidence de façon théorique et expérimentale la possibilité d'améliorer les performances d'un réseau de diffraction par cette configuration d'holographie intracavité [97]. En particulier, la grande sélectivité angulaire de ce dispositif permet son utilisation pour du filtrage en longueur d'onde à haute résolution. De plus, l'ajustement du pas du réseau autorise la reconfiguration d'un tel filtre sans mouvement mécanique limitant les temps de réponse des filtres accordables utilisés actuellement pour les télécommunications optiques [96, 95].

Dans notre dispositif de filtrage, un réseau traditionnel dévie la lumière dans une direction différente et fixée pour chaque longueur d'onde. Le réseau de Bragg sélectionne ensuite le faisceau provenant d'une direction déterminée par son pas et le renvoie en contrapropagation. Ainsi, en ajustant le pas du réseau intracavité, on sélectionne la longueur d'onde désirée.

Une étude théorique a été réalisée dans le but de modéliser un filtre idéal fonctionnant dans la gamme de longueur d'onde des télécommunications optiques. D'excellentes performances peuvent être obtenues avec un dispositif tout à fait réaliste, (par exemple pour un réseau d'une épaisseur de 0,9 mm et de modulation d'indice  $\delta_n = 4,5 \cdot 10^{-5}$  à l'intérieur d'une cavité de finesse 28 on obtient une résolution de 0,04 nm sur une gamme allant de 1,44  $\mu\text{m}$  à 1,58  $\mu\text{m}$ ).

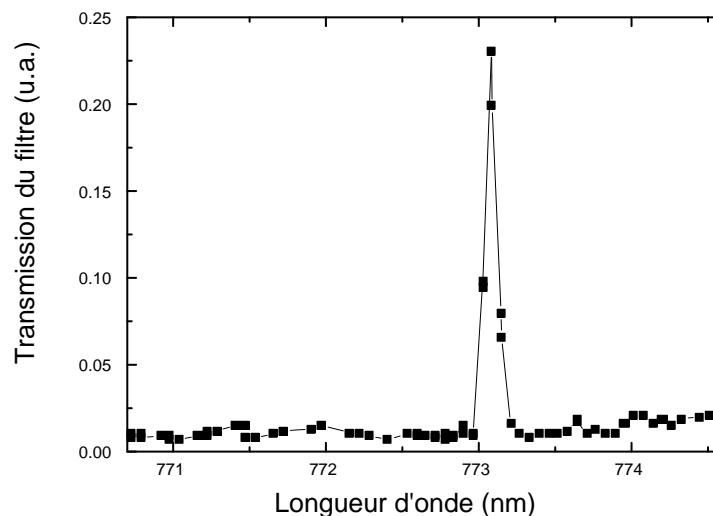


FIG. 1.2 – Spectre de transmission du filtre constitué d'un réseau de Bragg réalisé par cristaux liquides dans une cavité de Fabry-Perrot associé à un réseau traditionnel.

Pour tester expérimentalement le principe du dispositif, un composant à réseau intracavité a été réalisé en collaboration avec l'ENST Bretagne, au moyen de cristaux liquides introduits entre deux miroirs [159]. La variation d'indice est obtenue en appliquant un champ électrique dans le cristal liquide. A cet effet, des électrodes transparentes d'ITO sont déposées sur les miroirs. Une cavité de 18  $\mu\text{m}$  d'épaisseur contenant un réseau de pas fixe 30  $\mu\text{m}$  a été fabriquée. Les fortes modulations d'indice accessibles avec les cristaux liquides compensent la faible épaisseur pour ce qui

est de l'intensité diffractée. Cette épaisseur n'est pas suffisante pour un fonctionnement en régime de Bragg. Il en résulte de la diffraction dans des ordres supérieurs à 1 et une sélectivité angulaire amoindrie. Toutefois, en optimisant la modulation de l'indice ainsi que sa moyenne, l'efficacité de diffraction obtenue pour le réseau intracavité seul est de 22 %. Le dispositif de filtrage complet associe ce composant à cristaux liquides à un réseau traditionnel de pas  $a = 0,555 \mu\text{m}$ . Sa résolution théorique pour des longueurs d'onde de l'ordre de 780 nm est de 0,4 nm. Il est toutefois possible d'améliorer cette sélectivité en filtrant spatialement les longueurs d'ondes non désirées, avec une fente par exemple. La figure 1.2 montre la réponse d'un tel filtre (en unité arbitraire) en fonction de la longueur d'onde (étude réalisée avec un laser Ti-Sa).

La largeur à mi-hauteur de la bande passante de ce filtre est de 0,1 nm et le rapport signal à bruit est d'environ 15 dB. Ces performances sont, en fait, limitées principalement par les conditions de l'expérience comme la divergence du faisceau et le bruit du détecteur utilisés. Des performances encore meilleures sont donc attendues pour un dispositif optimisé. Dans l'avenir, d'autres dispositifs de Bragg tels que les modulateurs acousto-optiques seront testés pour inscrire, en temps réel, un réseau de pas ajustable en temps réel. D'autre part, une double source picoseconde accordable entre 0,4  $\mu\text{m}$  et 2,5  $\mu\text{m}$  a été mise au point au laboratoire afin de pouvoir tester les performances de dispositifs d'holographie intracavité avec des matériaux semiconducteurs absorbants ou amplificateurs, ce qui permettrait des temps de réponse très rapides avec de très fortes efficacités de diffraction, deux qualités essentielles pour les potentielles applications au traitement du signal optique.

Nombre de permanents (GET et CNRS)	6,5
Nombre de thèses soutenues en 2002 et 2003	1
Livres et chapitres de livres	–
Articles de revues et articles dans des collections	6
Communications à des congrès avec actes	20
Chiffre d'affaires sur contrat en 2002-2003 (en kEuros)	243

TAB. 1.1 – Quelques chiffres de la production scientifique du groupe AAO en 2002 et 2003.

## 2. Groupe Codage (COD)

**Responsable :** N. Moreau (professeur).

**Enseignants-chercheurs :** Guy Balestrat (Ing. Études), Jean-Paul Guillois (Ing. Études), Nicolas Moreau (Prof.), Bahman Nabati (Ing. Études), Gilbert Papalia (Ass. Principal de Travaux), Béatrice Pesquet-Popescu (MdC), Gaël Richard (MdC), Jean-Christophe Pesquet (Prof. UMLV, Chercheur associé).

**Doctorants :** Miguel Alonso : détection et analyse du rythme musical, Cléo Baras : systèmes de tatouage audio informés, Chloé Clavel : détection et analyse des émotions dans la voix, Slim Essid : classification et reconnaissance automatique des instruments de musique, Georgia Feideropoulou : codage conjoint source-canal des sources vidéo, Olivier Gillet : analyse multimodale pour la transcription de performances musicales, Mohsen Haddad : tatouage audio, Sonia Larbi : apport des techniques d'égalisation en tatouage audio (thèse en co-tutelle avec l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis), Grégoire Pau : compression vidéo, Téodora Petrisor : codage par descriptions multiples, Christophe Tillier : codage vidéo échelonné et robuste, Ilaria Venturini : tatouage et authentification.

**Thèses soutenues dans le groupe en 2002 et 2003 :** Rémy Boyer (décembre 2002), Matthieu Carré (juin 2002), Patrice Collen (novembre 2002), Olivier Derrien (décembre 2002).

**Post-doc** Yan Jingwen avec J.P. Guillois : Codage d'image, 12 mois (avril 2002-mars 2003), Przemek Dymarski avec N. Moreau : Tatouage audio, 1 mois (15 jours en juillet 2002 et 15 jours en juillet 2003).

Des transferts de grandes masses de données (parole, musique, images) sur des réseaux de type internet sont devenus très courants car il est maintenant possible de réaliser ces transferts en des temps raisonnables grâce à l'existence d'algorithmes de compression efficaces. Les techniques qui permettent cette compression de l'information sont fondées en grande partie sur une suppression des redondances statistiques dans les signaux mais également sur la suppression de détails perceptuellement peu significatifs pour l'utilisateur. Les travaux entrepris dans ce domaine par le groupe Codage sont surtout à caractère méthodologique mais ils sont aussi souvent exploités dans le cadre applicatif de projets RNRT ou européens.

Ces transferts d'informations facilités par des taux de compression importants ouvrent aussi la voie à de nouveaux besoins : interactivité, sélection de l'information, protection des œuvres contre le piratage etc. On s'intéresse donc aussi aux nouvelles techniques d'indexation (c'est-à-dire de marquage des plans d'images ou des passages sonores pour faciliter une recherche ultérieure) et de tatouage (c'est-à-dire de marquage invisible permettant de garantir l'origine des documents ou d'en assurer l'intégrité). On s'attache à replacer ces efforts dans le cadre de la standardisation des traitements et des données multimédia qui préside à l'heure actuelle à la convergence entre les techniques de l'audiovisuel et de l'informatique.

## 1 Compression de sources sonores

**Rémy Boyer, Nicolas Moreau.**

Le domaine du codage audio (parole et musique) a été un domaine de recherche très actif ces quinze dernières années. De nombreuses recommandations (dans le cadre de l'UIT-T ou de l'ETSI) et normalisations (dans le cadre de l'ISO/MPEG) ont été effectuées. De façon très schématique, on peut admettre que, aussi bien pour de la parole en bande téléphonique que pour de la musique en bande Hi-Fi, on dispose actuellement de toute une série de codeurs donnant des résultats satisfaisants avec des taux de compression allant jusqu'à 10. Mais ces études en codage de parole et en codage de musique ont été conduites indépendamment les unes des autres (pilotage de ces études par des organismes différents) et surtout, les principes sur lesquels sont bâtis ces codeurs sont distincts. L'idée directrice des travaux réalisés dans le groupe Codage dans le domaine de la compression de sources sonores a été de chercher à définir un schéma de codage unique donnant des résultats convenables aussi bien pour des signaux de parole que pour des signaux de musique pour des débits inférieurs à 64 kbit/s. Il fallait aussi que ce schéma de codage puisse offrir la possibilité de modifier le débit à n'importe quelle étape entre le codeur et le décodeur, par exemple en cas de congestion dans un réseau ou pour des applications multimédia (codeurs hiérarchiques).

Les travaux de thèse de Rémy Boyer (thèse soutenue en décembre 2002) ont été orientés vers l'application dite du *streaming sur modem* qui a fait l'objet d'un *call for proposals* dans le cadre de MPEG4 au début de l'année 2001 (concevoir un codeur à 24 kbit/s capable de fournir une très bonne qualité pour des signaux de parole et de qualité « acceptable » pour des signaux de musique). Cette étude s'est orientée vers l'introduction de méthodes élaborées en traitement du signal pour modéliser le plus correctement possible des signaux stationnaires et des transitoires. Deux approches ont été explorées. La première a été fondée sur une représentation paramétrique de type sinusoïdes amorties exponentiellement mettant en œuvre des techniques « haute résolution » et « sous-espaces ». La seconde approche a exploité des algorithmes itératifs de type *matching pursuit* [173].

Ce domaine de recherche, très actif dans le monde dans les années 90, est plutôt maintenant l'objet de développements dans les bureaux d'études. Dans l'avenir, on se contentera de maintenir à Télécom Paris un travail d'expertise dans ce domaine.

## 2 Tatouage de signaux audio

**Cléo Baras, Nicolas Moreau.**

Les techniques de tatouage, l'art de cacher de l'information directement dans des données multimédia de façon robuste, indélébile et inaudible (invisible s'il s'agit d'images) a connu un développement très important ces dernières années dans le but de protéger la propriété intellectuelle des documents (sonores dans notre cas), d'observer comment ces documents circulent sur le réseau de façon licite ou frauduleuse (problème de la « traçabilité ») ou de garantir qu'un document n'a pas été manipulé (problème de l'authentification d'un document). Le champ applicatif des systèmes de tatouage s'ouvre actuellement largement. Imaginés pour la protection intellectuelle, la traçabilité, l'authentification, etc. de documents sonores, les systèmes de tatouage peuvent aussi servir pour des applications qui ne sont pas forcément orientées vers le commerce électronique ou le multimédia. La communauté scientifique s'est rapidement aperçu que tatouer du signal pouvait être simplement interprété comme l'envoi d'une information dans un canal de transmission où le signal de tatouage est l'information « utile » et le signal audio (plus toutes les opérations licites ou non dans le canal) joue le rôle du « bruit ». On peut alors imaginer toutes sortes d'applications nouvelles dont les deux exemples suivants sont issus de deux projets RNRT dans lesquels le groupe Codage est impliqué.

Le projet RNRT « AQUAFLUX » (achevé en octobre 2003) a consisté à réaliser un démonstrateur temps réel capable d'enfourer directement par tatouage une information dans une émission de télé-

vision juste avant son envoi dans la chaîne de diffusion puis de détecter cette information au récepteur dans le but de modifier les systèmes de médiamétrie actuels qui deviendront inopérants avec l'arrivée de la télévision numérique terrestre. Le système de tatouage cible qui avait été développé par TDF était capable de réaliser cette fonction mais il n'avait pas été prévu pour insérer cette information de tatouage dans un flux compressé MPEG2, le nouveau standard pour la diffusion en numérique. Comme il est hors de question, à l'émetteur, de reconstruire le signal audio original, de le tatouer classiquement puis de recommencer une nouvelle compression, ce qui serait trop coûteux en termes de complexité de traitement et de délais, on a proposé une formule originale qui a permis le tatouage directement dans le flux MPEG sans modification de l'algorithme de détection.

Nous participons actuellement au projet RNRT « ARTUS » imaginé pour aider les mal-entendants consistant à animer sur un écran de télévision un petit clone virtuel se substituant au télétexte à la demande de l'utilisateur. Les mouvements du visage et de la main reproduisant le langage des sourds (étudiés par des chercheurs de l'INPG) sont transmis par tatouage du son et des images de la séquence audiovisuelle originale. Cette étude nécessite d'étudier les caractéristiques du « canal » audio de façon à pouvoir transmettre le maximum d'information.

Le tatouage de signaux audio vu comme un problème de transfert d'information dans un canal très bruité rencontre un cas de figure très particulier puisque l'on connaît à l'émetteur les caractéristiques du bruit. On parle de « canal à information adjacente ». Le travail de thèse de Cléo Baras consiste à trouver des algorithmes permettant d'améliorer les performances du système de tatouage audio développé à Télécom Paris en exploitant cette information adjacente. Elle a montré que l'introduction de cette nouvelle stratégie permet, à taux d'erreur équivalent, de doubler le débit utile aussi bien dans le cas d'une transmission sans perturbation (le signal tatoué observé au récepteur est une copie exacte du signal tatoué construit à l'émetteur) que dans le cas d'une transmission avec une compression MPEG et même que dans le cas d'une transmission avec un passage en analogique [143].

### 3 Indexation audio

#### **Miguel Alonso, Slim ESSID, Olivier Gillet, Gaël Richard.**

Le volume considérable de données numériques multimedia actuellement disponibles, associé à la généralisation de leur utilisation pour de nombreuses applications, représente de nouveaux challenges pour la société de l'information. Le volume continuellement croissant de ces données (qu'elles se trouvent sur le réseau Internet ou dans des bases personnelles) augmente la difficulté de leur accès. Ainsi, une conséquence directe de l'accroissement rapide de ces données numériques est un fort besoin pour de nouvelles méthodes efficaces d'indexation, de classification et d'accès par le contenu.

L'indexation automatique vise ainsi à extraire du flux numérique multimedia des descripteurs de haut niveau permettant de réaliser par la suite une classification ou un accès à l'information par son contenu. Dans le cadre des signaux musicaux, on extrait des descripteurs permettant d'en déduire - par exemple - la partition originale, le genre du morceau, le style de jeu de l'artiste, une signature ou « résumé audio » de l'œuvre, . . .

Néanmoins, si des résultats prometteurs ont déjà été obtenus dans de nombreux domaines de l'indexation et de la transcription de signaux audio, il existe toujours un fossé important à combler pour obtenir des performances suffisantes qui autoriseraient une représentation complète de l'information musicale.

Par ailleurs, il est clair que la tâche de transcription s'avère particulièrement complexe lorsque plusieurs sons sont joués simultanément (ce qui est bien évidemment très courant en musique) et il n'existe pas à ce jour d'approches performantes pour séparer les sources sonores.

Cette activité, initiée en septembre 2001, est donc récente au sein de Télécom Paris mais repose sur un certain nombre de travaux plus anciens menés à Télécom Paris (analyse et modélisation des

signaux audio, séparation de sources, . . .). Le travail dans cette thématique est mené en étroite collaboration avec le groupe AAO (et en particulier avec Bertrand David, Roland Badeau et Yves Grenier).

Sans toutefois aborder l'ensemble de la problématique de l'indexation sonore, cette activité poursuit plusieurs axes de recherches. Le premier, initié en 2001, vise à développer de nouvelles méthodes d'estimation et de suivi de sinusoïdes (méthodes paramétriques dites à « haute résolution »). Un soin particulier est apporté à l'estimation du nombre de sinusoïdes présentes dans un signal qui représente un paramètre critique de ce genre d'approches et à l'optimisation des approches adaptatives qui permettent d'obtenir des solutions à complexité réduite. Ce travail est mené dans le cadre de la thèse de R. Badeau (groupe AAO). Les autres travaux, initiés en septembre 2002, visent à extraire des descripteurs haut-niveau à partir du signal audio. En particulier, l'estimation du rythme ou tempo d'un segment musical et son utilisation pour la recherche par le contenu est mené dans le cadre de la thèse de Miguel Alonso. L'information rythmique est en effet extrêmement importante pour caractériser un signal sonore et permettre une classification par genre ou style musical. Plusieurs travaux ont également été menés dans le domaine de la classification en segments sonores (segmentation, détection parole/musique, reconnaissance des instruments musicaux etc.). Des résultats très prometteurs ont notamment été obtenus en reconnaissance des instruments de musique (instruments de l'orchestre, instruments à percussion) à travers les travaux de S. Essid (thèse de doctorat) et de O. Gillet (stages). Enfin, un nouvel axe multimedia est initié en décembre 2003. En effet, l'utilisation des informations vidéo, recueillies par une caméra filmant l'instrumentiste, permettra de lever un grand nombre de problèmes classiquement rencontrés dans l'analyse des signaux audio. Par exemple, dans le cadre des instruments à percussion, un problème tel que la détection de frappes simultanées sera plus aisément résolu. Dans le cadre de l'analyse de signaux polyphoniques (piano, par exemple), l'apport de la modalité image offre une solution élégante au problème de la détection de fréquences fondamentales multiples (thèse de O. Gillet).

## 4 Codage vidéo

**Christophe Tillier, Grégoire Pau, Georgia Feideropoulou, Teodora Petrisor, Béatrice Pesquet-Popescu, Jean-Christophe Pesquet (UMLV).**

**Codage vidéo échelonnable** 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 auxquelles les standards actuels de codage vidéo ne parviennent pas à répondre entièrement. 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. Dans ce contexte, un premier schéma a été mis au point, basé sur une décomposition temporelle de Haar dans le sens du mouvement, suivie d'une décomposition spatiale des sous-bandes temporelles et d'un codage efficace des coefficients d'ondelettes par une méthode hiérarchique. Ce schéma nous a permis de mettre en évidence la possibilité de mettre sous forme de lifting la décomposition temporelle, dans laquelle les opérations d'estimation/compensation de mouvement apparaissent naturellement comme des opérateurs non-linéaires. Nous avons proposé des améliorations de ces opérateurs, intégrant des critères de minimisation d'énergie de la sous-bande de détails ou des techniques reconnues pour limiter les effets de blocs, comme la compensation de mouvement avec chevauchement.

Nous avons proposé des extensions de ces techniques à des filtres temporels plus longs (5/3) et donc plus sélectifs que les filtres de Haar [336]. Nous avons amélioré ce schéma par un algorithme

itératif d'optimisation de l'opérateur de prédiction [306], qui vise à minimiser un critère directement lié au codage des trames de détail temporel (thèse de Grégoire Pau).

Une autre extension que nous avons proposée pour le codage vidéo (thèse de Christophe Tillier) est représentée par des bancs de filtres compensés en mouvement non-dyadiques [335]. Dans ce contexte, nous avons développé un codeur vidéo utilisant un banc de filtres trois-bandes pour lequel nous avons montré des performances de compression comparables à celle des décompositions dyadiques, avec un facteur de scalabilité temporelle de 3.

**Décompositions en ondelettes adaptatives** Les décompositions en ondelettes basées sur le schéma en lifting ont acquis une grande popularité au cours de ces dernières années, depuis leur intégration dans le standard de compression JPEG2000. Une des raisons de ce succès est la flexibilité intrinsèque du schéma, permettant la construction de bancs de filtres linéaires, ainsi que non-linéaires, incluant, par exemple, des filtres morphologiques capables de préserver les discontinuités comme, les contours dans les images. Dans ce contexte, 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. Ces critères doivent se comporter de la même manière à la reconstruction, où ils s'appliquent sur les coefficients de la décomposition. Nous avons proposé un cadre très large pour l'étude de ces critères, basé sur des propriétés des semi-normes [263]. Nous avons étudié la stabilité de ces schémas [307].

Un autre axe de recherche pour les décomposition multirésolution adaptatives est étudié (thèse de Grégoire Pau co-encadrée avec Basarab Matei, Univ. Paris 6). On utilise toujours un schéma lifting, mais ici on adapte le prédicteur en fonction du type de zone analysée, en s'autorisant le codage de la carte de décision.

**Codage vidéo robuste par descriptions multiples** L'objectif de cette étude est la conception et le développement de nouveaux algorithmes pour des applications de compression et de transmission vidéo temps-réel sur des canaux de type Internet sans fil. Les problèmes posés par la communication vidéo sur des réseaux IP commencent à être maintenant bien connus. Cependant, bon nombre de ces travaux se situent dans un contexte compatible avec les syntaxes normalisées (MPEG-4, H.263+). Plus récemment on a vu apparaître des techniques dites « à descriptions multiples » introduisant une rupture avec les syntaxes normalisées. Ces techniques sont néanmoins encore jeunes et l'un des objectifs de ce travail (thèses de Teodora Petrisor et de Christophe Tillier), est d'investiguer de nouvelles approches dans un contexte vidéo sur des réseaux sans fil. Même si l'application aux images fixes de ces méthodes de codage par descriptions multiples est maintenant relativement bien explorée, leur extension à la vidéo est loin d'être triviale et peut (selon la stratégie de codage temporel envisagée) faire appel à plusieurs boucles de prédiction temporelle pour éviter les phénomènes de *drift*. L'alternative que nous avons choisie pour éviter ce phénomène est d'utiliser une représentation multi-résolution 3D dans le sens du mouvement ( $2D + t$ ) incluant des transformations redondantes. Cela permet en outre de générer un train binaire emboîté bien adapté à une régulation de débit fine pour une adaptation à la bande passante et variant dans le temps (contrôle de congestion).

Dans ce contexte, nous étudions deux approches : une première vise à introduire la redondance dans le banc de filtres temporel, l'autre exploite les trame d'ondelettes spatiales et met en œuvre un algorithme POCs pour la reconstruction par le décodeur central. Notons que la première approche est étudiée en étroite collaboration avec Mihaela van der Schaar (Univ. de Californie, Davis), tandis que la thèse de T. Petrisor est co-encadrée avec Jean-Christophe Pesquet.

Ces travaux s'effectuent dans le cadre du projet RNRT VIP. Notons qu'un brevet a été déposé sur le MDC temporel en décembre 2003.

**Codage conjoint source-canal** Ces travaux ont démarré en novembre 2001 (thèse de Georgia Feideropoulou). Cette thèse fait appel aux compétences complémentaires des équipes « Codage » et « Communications numériques » du département Communications et Electronique de Télécom Paris (Jean-Claude Belfiore). Un codage performant basé sur la quantification vectorielle a été mis en œuvre. L'approche envisagée pour le codage conjoint consiste à réaliser un étiquetage linéaire entre les symboles transmis et les mots en sortie du quantificateur. Cet étiquetage garantit la minimisation de la distorsion apportée par le bruit du canal. Il doit vérifier certaines propriétés (admissibilité et unitarité) de façon à pouvoir aussi être adapté à la source et donc, à minimiser la distorsion source. Des études ont déjà été menées au département COMELEC sur un modèle de canal gaussien, et pour des modèles de sources simples. De très bons résultats ont déjà été obtenus dans ce contexte.

Dans un premier temps, nous avons étudié les dépendances spatio-temporelles inter-échelles dans le schéma de codage 2D+t à travers un modèle stochastique non-linéaire [243], que nous avons ensuite exploité pour proposer un prédicteur optimal des coefficients. Cela nous a permis de mettre au point un premier codeur vidéo scalable robuste aux erreurs de transmission, car des coefficients ou des sous-bandes entières perdus ou affectés par du bruit peuvent être prédits au décodeur [241, 242].

**Réalisations et collaborations** Projet RNRT VIP (Visiophonie sur canaux IP sans fil) (2001-2004). Projet IST MASCOT (Metadata for Advanced Video Coding Tools, finalisé en mai 2003) avec Philips Research France comme partenaire privilégié. Collaboration avec l'Université Paris 6 (Basarab Matei), avec le CWI à Amsterdam (Henk Heijmans, Gemma Piella), avec l'Université de Californie, Davis (Mihaela van der Schaar).

Nombre de permanents (GET et CNRS)	7
Nombre de thèses soutenues en 2002 et 2003	4
Livres et chapitres de livres	3
Articles de revues et articles dans des collections	4
Communications à des congrès avec actes	27
Chiffre d'affaires sur contrat en 2002-2003 (en kEuros)	265

TAB. 2.1 – Quelques chiffres de la production scientifique du groupe COD en 2002 et 2003.



# 3. Groupe Perception, Apprentissage, Modélisation (PAM)

**Responsable :** Hans Brettel (CR CNRS).

**Permanents :** Dominique Asselineau (Ing. étude), Hans Brettel (CR CNRS), René Carré (DR CNRS), Gérard Chollet (DR CNRS), Christian Darlot (CR CNRS), Claudie Faure (CR CNRS), Laurence Likforman (MdC), Shinji Maeda (DR CNRS), Marc Sigelle (MdC), Ioana Vasilescu (CR CNRS)

**Doctorants :** Belgacem Benmosbah : reconnaissance de parole pour les personnes handicapées, Mohamad-Mehdi Ebadzadeh : commande d'un bras de robot par un réseau de neurones, Khalid Hallouli : reconnaissance de noms propres dans les documents dégradés, Walid Karam : animation d'un clone avec des transcription phonétiques d'un langage parlé, Shiu-an-Sung Lin : utilisation d'information pragmatique pour la reconnaissance de langage multilingue, Stéphane Renouard : stratégies de fusion en biométrie Eduardo Sanchez-Soto : reconnaissance segmentale de la parole et réseaux bayésiens.

**Thèses soutenues dans le groupe en 2002-2003 :** Yassine Ben Ayed, Emmanuel Bratsolis, Alejandro Ribés.

**Post-docs :** Mutsuko Tomokiyo, Raphael Blouet, Alain Goyé.

Le groupe PAM mène des travaux sur la perception, la motricité et la communication du point de vue de la relation de l'être humain à son environnement. Un des objectifs est l'étude des processus par lesquels l'être humain appréhende le monde sensible, en construit des représentations mentales, réagit, s'adapte et communique. Un autre objectif est de concevoir des logiciels pour le traitement et l'analyse des signaux et des images. L'intégration de ces deux objectifs est réalisée pour définir des systèmes artificiels qui :

- simulent des tâches ou des compétences humaines (lecture, reconnaissance de l'écriture dégradée, reconnaissance de la parole, des locuteurs, des émotions ...),
- se comportent comme des assistants logiciels avec lesquels les utilisateurs peuvent interagir (interaction multimodale en domotique pour personnes à besoins spéciaux, interrogation de serveurs vocaux, commandes gestuelles, visualisation sur écran adaptée aux lecteurs ...),
- sont spécialisés dans le traitement des signaux de la communication humaine (parole, écrit, geste).

Les travaux menés sur les diverses modalités de la communication et leur contribution dans la réalisation d'applications sont décrits dans la première partie du rapport. Les études sur l'appréhension de l'environnement physique, de la perception de la couleur et de la commande du mouvement sont présentées dans les deuxième et troisième parties.

# 1 Parole, écriture et geste

## 1.1 Traitement automatique de la parole, interaction Homme-Machine, biométrie

**Gérard Chollet, Maurice Charbit, Claudie Faure, Laurence Likforman-Sulem, Marc Sigelle, Khalid Hallouli, Belgacem BenMosbah, Eduardo Sanchez-Soto, Yassine Benayed, Walid Karam (en thèse au Liban), Antoine Ghaoui (en thèse au Liban), Shiuang-Sung Lin, Stéphane Renouard, Guido Aversano, Rania Bayeh, Mutsuko Tomokiyo, Raphael Blouet, Alain Goyé.**

Les activités présentées dans cette section regroupent des travaux menés en commun par les groupes PAM et TSAC autour de la reconnaissance des formes et de la parole.

**Reconnaissance des formes et multimodalité** Nos thèmes de recherche ont pour objet principal le signal de parole. Cependant, les techniques mises en œuvre (quantification matricielle, modèles stochastiques, réseaux bayésiens, ...) s'appliquent également à d'autres signaux (écriture manuscrite, séquences vidéos, ...).

Une originalité de notre approche est l'utilisation d'une mémoire d'exemples pour effectuer le codage (quantification matricielle non supervisée), la reconnaissance de la parole (si la mémoire est étiquetée phonétiquement) [316], la vérification du locuteur, l'identification de la langue [310], l'indexation (de parole, de texte, d'objets dans des séquences vidéos) et à termes l'interprétation multilingue d'objets multimédia (à l'aide d'une représentation sémantique fondée sur UNDL : *Universal Networking Digital Language*).

Ces travaux ont débuté par le développement de l'approche ALISP (*Automatic Language Independent Speech Processing*) qui est une technique non-supervisée de quantification segmentale de la parole [32]. Cette technique peut être généralisée à des signaux de dimension supérieure à 2. Une première application est le codage de la parole à très bas débit (inférieur à 400 bps) en conservant l'intelligibilité, la qualité et l'individualité du signal original [149].

**Projet « Maison Intelligente »** Notre travail dans le cadre du projet fédérateur GET « Maison Intelligente » a commencé en Septembre 2001, notre rôle est de développer des outils de reconnaissance de parole pour des personnes souffrant d'un handicap articulaire. Une première partie de l'étude consiste à rassembler de telles données de parole. Cette partie de l'étude est faite en collaboration avec l'Hôpital de Garche. Une autre activité concerne le développement d'algorithmes d'adaptation de modèles acoustiques, appris sur des personnes sans handicap, à des données de la base. La méthode d'adaptation s'appuie sur une technique incrémentale et les modèles ainsi « améliorés » sont utilisés pour la reconnaissance de commandes vocales dans un environnement domestique [155, 154]. Aujourd'hui notre objectif est à la fois d'améliorer les performances de reconnaissance, en particulier en présence de bruit d'environnement domestique, et de caractériser les paramètres d'adaptation en fonction du handicap (thèse de B. Benmosbah).

Par ailleurs, nous sommes également responsables des aspects audio-visuels de l'interaction personne-machine dans ce projet [316].

**Reconnaissance de la parole et reconnaissance des formes** Le principe de base du codeur par indexation développé au Groupe depuis de nombreuses années a été adapté avec succès à la vérification du locuteur indépendante du texte pour les évaluations NIST [311, 261]. Nous participons à ces campagnes d'évaluation depuis 1998 dans le cadre du consortium ELISA (Télécom Paris, Lia, Irisa, ...). Cette collaboration reçoit le soutien du programme Technolanguage du Ministère de la Recherche (projet ALIZE) depuis 2003. Nous avons acquis un savoir-faire en modélisation GMM (*Gaussian Mixture Model*) de la parole et expérimenté la classification par SVM (*Support Vector Machines*). Nous avons pu démontrer que les SVM permettent une fusion des scores très efficace. Dans le cadre du projet GET-BIOMET, nous montrons également que les SVM permettent la fusion de modalités en vérification d'identité [246, 279]. BIOMET nous a également permis d'enregistrer

une base de données multimodale (visage, parole, signature, empreintes digitales, forme de la main) pour la vérification d'identité [402, 327]. Ces données vont pouvoir être exploitées dans le cadre du projet européen IST-SecurePhone qui a été signé en décembre 2003.

Nous développons également un serveur bilingue d'informations touristiques dans le cadre du projet CEDRE-MRS avec l'Université de Balamand au Liban.

**Le projet Majordome** Dans le cadre des projets européens CAVE et PICASSO, nous avons développé des techniques de vérification du locuteur dépendantes du texte, qui sont reprises dans le cadre du projet EUREKA-MAJORDOME. Le projet MAJORDOME a comme objectif la réalisation d'un serveur de messagerie unifié ; les messages étant des textes (méls), des enregistrements vocaux, ou des documents scannés (télécopies). Le serveur est interrogeable à distance. Nous exploitons les travaux sur la reconnaissance de la parole, développés dans le cadre du projet SIROCCO (<http://www.enst.fr/sirocco>) et en particulier la reconnaissance des noms propres.

D'un point de vue méthodologique, nous avons opté pour une reconnaissance par HMM (*Hidden Markov Models*). Après avoir examiné les performances des HMM en lignes et colonnes de l'image de caractère, nous avons étudié le couplage de ces deux analyses par fusion de scores et de données. Une étude menée sur des bases de données de caractères aussi bien imprimés que manuscrits montre que la fusion de données est plus performante que la fusion de scores, qui est elle-même meilleure que chacun des HMM pris séparément [259]. Nous avons ensuite modélisé le couplage lignes-colonnes de façon plus fine (et plus complexe aussi) par divers types de réseaux bayésiens dynamiques. Un modèle de couplage performant entre états cachés des lignes et des colonnes a été dégagé [260]. Nous avons également étudié des modèles bayésiens comportant des liens temporels entre les observations. Ceux-ci se sont révélés meilleurs que les HMMs simples, ce qui nous a conduit à essayer des modèles de trajectoires couplés entre lignes et colonnes (thèse de K. Hallouli).

**Réseaux bayésiens** L'année 2002 a permis de continuer l'apprentissage des réseaux bayésiens en traitement de la parole dans le cadre du projet CNRS MathSTIC « Réseaux bayésiens » en collaboration avec l'ENS Cachan et le LORIA. Un effort important a été consacré à la mise en place d'un système de vérification de locuteur à base de réseaux bayésiens statiques pour les évaluations NIST [328]. A cette occasion, nous nous sommes attachés à la recherche de techniques d'adaptation des réseaux bayésiens. En parallèle une recherche de la structure optimale d'un réseau bayésien à partir des observations seulement a été menée de façon théorique et expérimentale (thèse de E. Sanchez Soto).

Le projet GET « Maison Intelligente » est un domaine applicatif privilégié de ces techniques.

**Apprentissage à distance** Nous nous intéressons aux technologies susceptibles de faciliter l'apprentissage à distance dans le cadre du projet campus numérique Tr@nscultur@ et de l'Observatoire Transculturel Européen. Cela inclut les techniques de compression de séquences audiovisuelles (thèse de Walid Karam) et les représentations sémantiques comme UNDLUNDL [342]. Ces travaux font l'objet de collaborations avec l'Université Tsing-Hua de Pékin. D'autres développements sont en cours dans le cadre de l'action incitative GET-LINGTOUR pour préparer une collaboration éventuelle avec la société Capinfo, responsable du serveur d'information des jeux Olympiques de Pékin (2008). Ils concernent l'utilisation d'un PDA (*Personal Digital Assistant*) connecté au web pour faciliter l'interaction des touristes avec un environnement qui leur est étranger [251].

#### Réalisations :

- Projet Eureka-Majordome de messagerie unifiée : courriel, fax, messages vocaux,
- Projet RNRT-SYMPATEX : Codage de la parole à très bas débit,
- Action innovante GET-Maison Intelligente (Interface pour personnes handicapées),
- Actions incitatives GET-BIOMET et BIOLAB de Vérification biométrique de l'identité,

- Action incitative GET-LINGTOUR pour préparer une contribution aux JO de Pékin,
- Projet « Campus Numérique » Tr@nscultur@,
- Projet MAE CEDRE 'Reconnaissance de la parole multilingue' avec l'Univ. Balamand, Liban,
- Projets Technolanguage : ESTER, ALIZE, TechnoVox (en cours).
- Contributions aux actions COST-275 (Biométrie), COST-277 (Non-linear Speech Processing) et COST-278 (Dialogue vocal).

## 1.2 Ecrit et document

**Claudie Faure, Laurence Likforman-Sulem, Khalid Hallouli.**

**La lecture active** Ce thème de recherche concerne la lecture, vue comme un processus de construction de sens impliquant la perception d'informations visuelles et des connaissances. Les travaux menés sur ce thème ces dernières années portent essentiellement sur l'analyse automatique des documents. Les informations visuelles sont les caractéristiques typo-dispositionnelles des documents, des connaissances sont disponibles a priori (ce sont les conventions de la communication écrite) et d'autres sont construites au cours du processus, elles sont assimilables à la feuille de style du document. Le premier système (*PixED : from Pixel to Electronic Document*) a pour objectif de convertir les articles scientifiques contenus dans des actes de conférences francophones en documents électroniques structurés. L'analyse des images des pages a pour résultat une représentation de la structure physico-logique des documents traités. Elle est menée sans disposer d'un modèle complet des mises en pages des documents. La détection de conflits d'interprétation et l'activation opportuniste d'opérations de traitement compensent l'absence de modèle a priori du document et permet d'adapter l'analyse aux données. Le système simule la « lecture de survol » par une détection conjointe de la structure physique et logique du document. Une architecture logicielle de type « tâches ouvertes » a été définie pour l'implantation de ce modèle de lecture. Ces travaux sont à l'origine de l'analyse de documents électroniques faiblement structurés présentant des mises en page très variables [314, 220].

Les travaux sur la lecture se poursuivent en insistant sur la mise en situation d'usages interactifs des résultats de l'analyse des documents. La structuration physico-logique a comme débouché la plasticité des documents qui se pose comme un problème de traduction. Il s'agit de transformer les présentations pour adapter la visualisation des documents aux supports et aux tâches des lecteurs tout en conservant le sens exprimé par la présentation du document original. Une première étude a porté sur la définition d'un espace problème et des règles de traduction sur écran des mises en pages comportant des colonnes qui peuvent recevoir des interprétations logiques différentes.

La lecture d'un document n'est pas une tâche passive, elle est généralement associée à des actions d'annotations au stylo. Nous participons à des projets dans lesquels sont développées des applications de lecture active de documents. Notre contribution a pour objectif d'apporter des informations sur les utilisateurs pour guider la conception des applications interactives, elle se traduit par des études expérimentales et des observations de terrain. C'est l'occasion de renouer avec l'étude de l'interaction au stylo [72].

Une expérience est en cours dans le but de définir les formes des commandes gestuelles, que l'on souhaite « naturelles », et d'intégrer aux méthodes de reconnaissance des formes des paramètres de déformation liés à la graphomotricité et à la perception visuelle.

Ces travaux trouvent des terrains d'application dans le Projet du GET : Campus Mobile et dans le projet RNRT InfRadio (pour Infosphère radio). Campus Mobile concerne l'utilisation d'objets informatiques nomades dans un campus universitaire. Nous sommes responsables de la tâche intitulée : « Scénarios d'usage, mise en situation et évaluation ». Une étude de terrain sur l'annotation des supports de cours et la conception de scénarios d'usage sont nos contributions actuelles à ce projet.

InfRadio (pour Infosphère Radio) dirigé par S. Fdida (LIP6) regroupe les partenaires universitaires et industriels : LIP6, UPMC, TELECOM PARIS, THALES, CEGETEL, ALEX, 6WIND. Son objectif est de concevoir de nouvelles organisations de réseaux sans fils qui seront déployés dans un Cam-

pus pour y expérimenter et évaluer de nouveaux usages nomades. Nous participons au sous-projet « Observation des usages et Evaluation », qui est sous la responsabilité de M. Marzouki (jeune équipe PolyTIC). Le guidage assisté dans les bâtiments est un des services de l'informatique mobile qui est développé. Nous collaborons à cette réalisation sur les aspects relatifs à la lecture des espaces physiques et la formulation des instructions de guidage.

**Analyse des documents manuscrits** Dans le cadre du projet Majordome, la reconnaissance par méthode statistique des caractères manuscrits de la base ENST-FAX a également été réalisée. Nous avons comparé différents prétraitements (normalisation, squelettisation, filtrages) et différents ensembles de caractéristiques. Les meilleurs résultats ont été obtenus sur la base ENST-FAX en réalisant l'apprentissage sur la base NIST de caractères majuscules à partir de caractéristiques de type *zoning*.

La reconnaissance de caractères, imprimés ou manuscrits, est une composante de base d'un système de recherche d'informations ciblées dans les images de documents. Cette recherche d'information est nécessaire pour l'indexation, le filtrage ou le routage de messages. Nous nous sommes intéressés à l'extraction du nom propre de l'expéditeur dans les images de télécopies. Nous avons développé en collaboration avec le département Infres une méthode d'extraction du nom propre de l'expéditeur par combinaison de critères image et textuels [277, 348]. Deux types de combinaison de ces critères ont été testés : une combinaison linéaire empirique et une classification neuronale (perceptron et MLP) attribuant un score pour chaque mot du texte. Les critères sont liés à la typographie, à la position dans l'image relativement au champ « expéditeur » et à la présence du mot dans des dictionnaires (prénoms, noms communs). La classification est complétée par un post-traitement permettant de grouper les mots en expressions complètes de noms propres [408].

**Réalisations :** Projet du GET : Campus Mobile (2002 - 2004), projet RNRT : InfRadio (2003 - 2005), projet IST - MAJORDOME.

### 1.3 Parole : de quelques aspects acoustiques à quelques aspects linguistiques

**René Carré, Shinji Maeda, Martine Toda, Ioana Vasilescu.**

**Production et perception de la parole** Pour les années qui viennent, notre objectif dans le domaine de la production et de perception de la parole est de continuer à définir les caractéristiques d'un niveau abstrait de représentation de la parole en ce qui concerne la commande de l'appareil vocal et la perception. Est-ce une succession de représentations de type statique ou bien dynamique ? Nous avons proposé en 1999 un modèle de coarticulation qui donne de bons résultats. Par ailleurs, nous avons montré que la perception de transitions de type voyelle-voyelle est effectuée par l'intermédiaire de la perception de « gestes » (donc de primitives dynamiques) de parole [429]. Par ailleurs, en perception, notre travail sur la mémoire de travail de type phonétique (de longueur syllabique en français, inter-stress en anglais) est étendu à l'acquisition de la parole chez l'enfant. On peut suivre la formation de cette mémoire avec l'âge. On compare les résultats pour des enfants normaux et dyslexiques (participation à un programme COGNITIQUE du ministère de la recherche). Le développement de cette mémoire se fait avec retard chez le dyslexique. Enfin, la représentation de type geste est exploitée pour l'étude des changements phonologiques et sur l'invariance et la variabilité en production et perception des sons : en particulier, dans le cas de la perception des lieux d'articulation avec des variabilités dues à la coarticulation. Dans le cadre du programme COMPLEXITÉ, on a mis en évidence l'importance de la position neutre du conduit vocal comme référence en production et perception de parole. On montre aussi que des transitions voyelle-voyelle sont plus catégorielles que le passage d'une voyelle statique à une autre. Ce résultat semble montrer que

la représentation des voyelles au niveau central est en termes de « geste vocalique » dynamique comme d'ailleurs les consonnes.

Dans la continuation du projet SAALSA (terminé en 2002), nous avons travaillé sur la mécanique, notamment les aspects énergétiques, des mouvements labiaux pour caractériser des styles différents de la parole, lente, rapide, hyper-articulée et relâchée [280, 282, 340, 341, 281, 339]. Dans le projet FEEDART (Retour d'effort audiovisuel pour l'apprentissage des langues et la réhabilitation des mal-entendants) faisant partie des Actions de Recherche Coopérative de l'INRIA/LORRAINE, nous avons contribué à la construction d'un modèle de visage pour une tête parlante. Nous validons la qualité de la tête parlante en utilisant « l'effet McGurk », qui présente un paradigme très intéressant scientifiquement. Pour valoriser les recherches sur la modélisation acoustique des voyelles et consonnes, un synthétiseur articulatoire sera intégré dans la tête parlante. Par ailleurs, des travaux sur la voix pathologique seront entrepris, notamment sur le problème de la phonation et de l'articulation chez des patients avec laryngectomie ou glossectomie en collaboration avec l'Hôpital Européen Georges Pompidou. Cette dernière orientation se fera plus précisément dans le cadre de directions de thèses, en Phonétique Clinique, pour étudiants médecins actuellement inscrits en DEA de Phonétique à l'Université Paris 3.

**Détection des émotions dans le dialogue** Cette étude est conduite en collaboration avec le laboratoire LIMSI et avec Thalès.

L'objectif de ces recherches est d'approfondir les aspects linguistiques qui permettent d'améliorer d'une part les systèmes de dialogue Homme/Machine et d'autre part la réussite automatique en identification des langues.

Les dernières années ont vu augmenter l'intérêt pour l'étude des émotions dans la parole dans plusieurs domaines liés au traitement de la parole : synthèse, reconnaissance vocale, systèmes de dialogue. Dans le domaine du dialogue Homme/Machine, la détection des émotions a été associée à l'extraction automatique de paramètres indiquant un état émotif du locuteur humain, qui puissent permettre une adaptation dialogique dynamique du système. La recherche développée en collaboration avec le laboratoire LIMSI a été consacrée à la détection d'indices lexicaux et prosodiques porteurs d'émotions dans un corpus de dialogue homme/homme dépendant d'une application (transactions boursières).

Il a été ainsi mis en évidence que les indices lexicaux permettent une détection de deux classes d'émotions positives vs négatives avec un taux de réussite d'environ 80%. L'analyse des paramètres acoustiques, notamment ceux liés aux variations de fréquence fondamentale, a montré également une corrélation entre une forte variation de ce paramètre et la présence d'émotions négatives dans le dialogue. Il en est de même pour d'autres phénomènes liés au spontané, tel que les pauses silencieuses et les hésitations autonomes. Plus encore, certains paramètres acoustiques (les pauses silencieuses) sont plus fiables dans les distinctions plus fines entre des émotions négatives (en l'occurrence peur vs colère) [231, 232, 229].

Plus récemment, un travail de recherche a débuté au sujet de l'analyse et de la détection des manifestations d'états émotionnels liés à la peur qui sont pertinentes pour des applications de sécurité civile destinées à la protection des grands groupements humains [486].

**Identification perceptive des langues et étude des phénomènes non verbaux dans la parole spontanée**

L'identification automatique de la langue, qui consiste à identifier la langue à partir d'un échantillon de parole d'un locuteur inconnu, est un domaine de recherche actif depuis plus de 25 ans. Le travail cité ici est réalisé dans le cadre d'un projet interdisciplinaire (Programme interdisciplinaire STIC-SHS du CNRS) qui réunit des partenaires travaillant dans le domaine de l'identification des langues par la machine ou par les humains. En perception, les travaux ont montré d'abord des performances comparables de l'homme par rapport aux systèmes automatiques pour des stimuli très courts en parole naturelle (2 secondes). Par la suite, l'étude des hésitations dépendant de la langue montre que ces items souvent traités comme des silences sans contenu linguistiques représentent des indices fiables pour la reconnaissance d'une langue, du moins lors de

tests perceptifs menés auprès de sujets francophones. Une étude acoustique met en évidence des différences inter-langues importantes, notamment en ce qui concerne le timbre de la voyelle d'appui des hésitations. Cette étude nous encourage à poursuivre les travaux consacrés à ce sujet, en vue d'une amélioration des approches automatiques [439].

## 2 Couleur

### 2.1 Modélisation de la perception des couleurs

#### Hans Brettel.

Cette recherche porte sur la caractérisation physique de la stimulation lumineuse et sur les mécanismes physiologiques et psychologiques qui permettent de percevoir les couleurs.

La colorimétrie est fondée sur l'égalisation visuelle d'un stimulus coloré par un mélange additif de trois couleurs primaires. En 1931, la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) a adopté un système colorimétrique conventionnel CIE 1931, applicable aux champs visuels d'environ 2 degrés, qui a été complété en 1964 par un système colorimétrique supplémentaire CIE 1964, applicable aux champs visuels plus larges, d'environ 10 degrés. Les fonctions colorimétriques de ces systèmes conventionnels permettent bien de quantifier des couleurs par des moyens physiques, mais ne représentent pas les sensibilités spectrales des cellules photoréceptrices, les cônes.

En effet, ce n'est que depuis quelques années que les sensibilités spectrales des trois types des cônes rétinien sont connues. Ces trois fonctions culminent respectivement dans les longues, moyennes et courtes longueurs d'onde du spectre visible, d'où vient l'appellation LMS (long, middle et short) pour une colorimétrie qui utilise directement les fonctions de sensibilité des cônes. Moyennant ces trois fonctions, on peut calculer les signaux émis par des cônes, pour n'importe quel stimulus visuel, à partir de sa répartition spectrale d'énergie.

L'avantage de la colorimétrie LMS, par rapport à la colorimétrie conventionnelle, est son lien direct avec les trois signaux rétinien qui sont à l'origine des perceptions de la couleur. Compte-tenu des non-linéarités dans les différentes étapes du traitement visuel de l'information, la colorimétrie LMS devient même un outil indispensable pour modéliser précisément la vision des couleurs.

Une application de la colorimétrie LMS est de modéliser les anomalies de la vision des couleurs chez les daltoniens. La fonction de sensibilité spectrale d'un des trois types de cônes est altérée chez les daltoniens (environ huit pour cent de la population masculine), de sorte qu'ils voient les couleurs différemment d'un observateur normal. Chez les dichromates (environ deux pour cent de la population masculine) n'existent que deux types de cônes. Selon le type spectral (L, M ou S) du photopigment manquant, on classe les dichromates en trois catégories : protanope (L manquant), deutranope (M manquant), et tritanope (S manquant).

Parmi des débouchés les plus forts de ce thème de recherche figurent des applications qui permettent de simuler pour l'observateur normal l'apparence des couleurs perçues par les dichromates, notamment dans l'objectif de l'accessibilité de l'information sur le Web pour tous les utilisateurs [184].

### 2.2 Imagerie multispectrale couleur

#### Alejandro Ribés, Hans Brettel, Francis Schmitt.

Les trois objectifs majeurs de l'imagerie multispectrale sont :

- l'acquisition des images de haute qualité colorimétrique [168],
- la simulation d'un changement d'illuminant [84],
- la détermination de la réflectance spectrale en chaque point d'une surface.

Notre système d'imagerie multispectrale est construit autour d'une caméra CCD refroidie et d'un filtre spectral accordable à cristaux liquides. Ce système est opérable à travers l'internet. Une

technique de calibrage spectroradiométrique a permis de le valider expérimentalement [84]. En sélectionnant et combinant un nombre réduit de canaux spectraux nous avons obtenu une caméra de qualité colorimétrique fournissant trois réponses XYZ dont les sensibilités spectrales approchent les fonctions colorimétriques de l'observateur de référence CIE-XYZ 1931 [10]. Nous avons par ailleurs étudié la reconstruction de la réflectance spectrale de la surface imagée en chaque pixel à partir de la réponse d'un système multispectral à N canaux. Nous avons comparé et classifié les diverses approches linéaires (Wiener, pseudo inverse, SVD, moindres carrés non-négatifs,...). Leur manque de robustesse en présence de bruit nous a conduits à étudier d'autres techniques de reconstruction non-linéaires par réseaux de neurones [318]. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des réseaux reconstruisant la densité de probabilité conditionnelle entre les fonctions de réflectance spectrale et les réponses de la caméra (*mixture density networks* de C. Bishop) [109]. Nous avons appliqué l'imagerie multispectrale pour la recherche dans le domaine muséologique pour la reproduction couleur haute fidélité et le dévernissage virtuel de tableaux [272, 271]. Nous avons caractérisé les propriétés spectroradiométriques d'un système d'acquisition d'image multispectrale composé d'une caméra haute définition (12000 x 30000 pixels, 13 canaux) et de deux projecteurs à balayage synchronisés avec le mouvement de la barrette CCD de la caméra [317]. Nous avons développé une technique d'étalonnage automatique du système [383].

**Réalisations :** Thèse d'Alejandro Ribès [383], projet européens CRISATEL (2001 - 2003 ; imagerie multispectrale très haute résolution pour l'archivage numérique, la conservation et la restauration des peintures de musées).

### 3 Perception et commande du mouvement

**Christian Darlot, Mohamad-Mehdi Ebadzadeh.**

**Etude des cinétoses** Les variables cinématiques des mouvements du corps sont estimées par le Système Nerveux et codées dans les activités de divers groupes de neurones. Dans des circonstances inhabituelles, comme les transports, certains organes sensoriels peuvent être stimulés sans que d'autres le soient, ou bien sont stimulés dans des plages d'intensité ou de fréquence exceptionnelles. Les signaux neuronaux qui codent les variables cinématiques peuvent être alors incohérents, et cette incohérence est corrélée au mal des transports (cinétose).

Un modèle, que nous avons établi en 1989 et repris en 1995 pour décrire la fusion des informations sensorielles, a donc été utilisé pour prédire les conditions d'occurrence et l'intensité des désorientations et du mal des transports [119]. Cette méthode a été appliquée aux cinétoses induites par la pendulation à bord des trains. La sensibilité des personnes à des situations expérimentales, et leur réactions motrices et végétatives mesurées, sont comparées à leur expérience personnelle dans divers moyens de transport, ainsi qu'aux résultats de simulations numériques.

**Modélisation de la commande et du contrôle des mouvements par le Cervelet, perception, commande et contrôle du mouvement** La préparation des ordres moteurs dans les voies cérébelleuses est simulée par un modèle mathématique qui décrit aussi l'apprentissage sensori-moteur. Des réflexes et réactions sensori-motrices atténuent les effets des perturbations extérieures. Ce modèle est validé par des simulations et des expérimentations robotiques et physiologiques. Une fonction inverse approchée peut être calculée par un circuit composé de deux boucles de rétroaction en parallèle : une boucle positive ayant un gain proche de l'unité, qui mémorise à court terme l'ordre moteur en cours, et une boucle négative contenant un élément prédictif, qui compare le mouvement attendu au mouvement voulu [71, 70]. Selon l'interprétation anatomique de ce circuit, le Cortex Cérébelleux prédirait les conséquences des ordres moteurs, et les signaux issus des deux boucles parallèles seraient additionnés dans les Noyaux Cérébelleux. Anticiper en extrapolant



serait la fonction du Cortex Cérébelleux, et celle de tout le Cervelet serait de calculer des inversions approchées.

**Apprentissage moteur permettant l'adaptation fonctionnelle** Les caractéristiques dynamiques et géométriques des muscles et des membres doivent être apprises pour que les ordres moteurs soient correctement préparés. Or elles changent à chaque instant au cours du mouvement, ou lorsqu'une perturbation se produit, et sont modifiées au cours de la croissance et du vieillissement ou en cas de lésion. Un apprentissage est donc nécessaire pour que des modèles internes des fonctions bimécaniques s'établissent dans le Cortex Cérébelleux et anticipent correctement les conséquences des ordres moteurs. Le modèle établi a été utilisé pour commander un robot simple, un segment mobile mû par deux muscles pneumatiques, qui mime les mouvements de l'avant-bras. Les muscles artificiels utilisés sont des muscles pneumatiques de McKibben, dont l'intérêt vient de ce que les équations qui décrivent leur fonctionnement mécanique sont très semblables à celles qui décrivent la contraction des muscles biologiques. L'apprentissage moteur a d'abord été simulé par ordinateur, puis a réellement eu lieu jusqu'à ce que des mouvements pilotés simultanément en vitesse et en position soient effectués avec précision. Le signal de sortie du réseau prédictif anticipe alors la vitesse angulaire du segment mobile. Ainsi, les ordres moteurs codent une « trajectoire virtuelle » qui n'est pas calculée explicitement mais résulte du fonctionnement de boucles de rétroaction comparables aux voies anatomiques du Tronc Cérébral et du Cervelet [71]. Ce modèle a été aussi appliqué à la commande des mouvements de l'œil [70]. Par l'apprentissage sensori-moteur se construit donc, dans le Système Nerveux Central, un modèle interne du corps, cohérent parce qu'il reproduit les relations géométriques et physiques entre les parties du corps. Pour chaque segment corporel sont calculées son orientation par rapport aux segment adjacents et son orientation par rapport à la gravité. En même temps apparaît une propriété fonctionnelle émergente des voies cérébelleuses : le calcul des fonctions inverses des fonctions bio-mécaniques des récepteurs sensoriels et des membres, qui assure la justesse des perceptions et l'exactitude des mouvements.

**Réflexes et réactions sensorimotrices** Le Cervelet non seulement ajuste les ordres moteurs à l'état présent du corps, mais reçoit des informations sensorielles et, en cas de perturbations importantes, déclenche des réactions de stabilisation qui complètent les réflexes médullaires. Il participe aussi au traitement des copies efférentes produisant les signaux envoyés aux centres sensoriels, où ils annulent les messages sensoriels résultant des mouvements volontaires et évitent ainsi que les réflexes ne contrecarrent les ordres moteurs. Le modèle inclut désormais les réflexes myotatiques et tendineux et les réactions sensori-motrices qui adaptent à court terme les ordres moteurs aux perturbations. Il précise la fonction des voies anatomiques descendantes, et rend compte en détail des résultats décrits globalement par la théorie du point d'équilibre [70]. Ce modèle est étendu aux réflexes [446].

**Réalisations et collaborations :** Collaborations avec le Laboratoire de Psychologie expérimentale de l'Université Joseph Fourier de Grenoble (Professeur Théophile Ohlmann), avec le CHU de Caen (Professeur Pierre Denise), avec le CNRS UMR 5015, Lyon-Bron (Madame Jocelyne Ventre-Dominey) avec l'Université Charles de Gaulle - Lille 3 (Madame Marion Luyat). Contrat de recherche avec la société ALSTHOM.

Nombre de permanents (GET et CNRS)	10
Nombre de thèses soutenues en 2002 et 2003	3
Livres et chapitres de livres	–
Articles de revues et articles dans des collections	9
Communications à des congrès avec actes	54
Chiffre d'affaires sur contrat en 2002-2003 (en kEuros)	446

TAB. 3.1 – Quelques chiffres de la production scientifique du groupe PAM en 2002 et 2003.

## 4. Groupe Traitement et Interprétation des Images (TII)

**Responsable :** Francis Schmitt (professeur).

**Enseignants-chercheurs :** Dominique Asselineau (Ing. Etude) à 25%, Isabelle Bloch (Prof.), Yann Gousseau (MdC), Said Ladjal (CER), Henri Maître (Prof.), Jean-Marie Nicolas (Prof.), Michel Roux (MdC), Francis Schmitt (Prof.) à 75%, Florence Tupin (MdC).

**Doctorants :** Stéphane Amami : reconstruction 3D et modélisation du milieu urbain (avec Alcatel), Frédéric Bretar : modélisation du bâti à partir de données laser aéroporté (à l'IGN), François Cellier (avec l'ONERA), Ferdaous Chaabane : suivi multi-temporel en interférométrie radar et prise en compte des perturbations atmosphériques, Dalila Cherifi : détection du réseau routier en imagerie radar, Gaspar Delso : recalage élastique d'images médicales CT et TEP : applications en oncologie (thèse de l'université de Barcelone), Daniel Girardeau-Montaut : fusion de données radar et laser aéroporté pour la cartographie de zones à risque, Carlos Hernandez Esteban : modélisation d'objets 3D, Saeid Homayouni : caractérisation de scènes urbaines par analyse conjointe de reconstructions tridimensionnelles et de données multispectrales ou hyperspectrales, Antonio Moreno : recalage non linéaire d'images TDM et TEP (avec Areall puis avec Segami), Gero Peters : traitement d'images de mammographie numérique 3D pour l'aide au diagnostic (avec General Electric Medical Systems), Eve Rousseau : représentation et communication de connaissances spatiales, application aux transports et aux bases de données géographiques, Pau Soler : 3D compounding improvement for 3D ultrasound imaging avec Philips), Céline Tison : reconstruction tridimensionnelle en interférométrie radar haute résolution (avec le CNES et EADS S&DE), Tony Tung : indexation de bases de données d'objets 3D muséologiques, Cédric Valade : compression d'images complexes, application à l'imagerie radar (avec le CTA), Svetla Zinger : interpolation de points 3D : application à la cartographie urbaine et à la détermination du fond cosmologique.

**Post-docs et sabbatiques :** Riadh Abdelfattah (1 an), Azeddine Beghdadi (1 an), Jasmine Burguet (1 an), Roberto Cesar (1 mois), Qing Chen (18 mois), Najib Gadi (2 ans), Bede Liu (3 mois), Elena Martinez (1 an), Ramon Pino Perez (2 semaines), Hong Sun (1 mois), Alexander Tuzikov (3 mois), Yong Yu (2 ans).

**Thèses soutenues dans le groupe en 2002 et 2003 :** Séverine Baudry (janvier 2002), Hassan Jibrini (avril 2002), Anne-Catherine Carrilero (2002), Gael Neuez (juin 2002), Valérie Bouland (novembre 2002), Gouenou Coatrieux (novembre 2002), Valérie Letournel (décembre 2002), Endika Bengoetxea (décembre 2002), Réda Dehak (décembre 2002), Wirawan (janvier 2003), Olivier Colliot (septembre 2003), Arnaud Cachia (novembre 2003), François Cayre (décembre 2003), Alejandro Ribes (décembre 2003), Charles Beumier (décembre 2003), Oscar Camara (décembre 2003).

Le groupe TII poursuit une double mission : d'une part faire progresser les outils théoriques de traitement et d'interprétation des images et des objets tridimensionnels, d'autre part approfondir, à travers des partenariats choisis, quelques domaines privilégiés d'application du traitement de l'image à la société de l'information. Ces deux missions sont intimement mêlées dans notre quotidien, mais nous en avons fait ressortir la séparation pour aider la lecture.

# 1 Outils théoriques et méthodologiques du traitement d'images

## 1.1 Reconnaissance structurelle des formes et raisonnement spatial sous incertitude

**Isabelle Bloch, Henri Maître, Endika Bengoetxea, Olivier Colliot, Reda Dehak, Eve Rousseau, Yong Yu, Roberto Cesar, Ramón Pino-Pérez, Alexander Tuzikov.**

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 dans ce domaine. Nous avons contribué de manière notable au développement de la théorie des ensembles flous pour le traitement et l'interprétation des images [9] et au développement de la fusion d'informations [6, 20]. En particulier nous avons développé un formalisme de modélisation et de calcul de relations spatiales entre objets flous [163, 45]. Ces relations comprennent des extensions au flou de relations bien définies dans le cas binaire (relations ensemblistes, adjacence, distances) ainsi que des relations intrinsèquement vagues et mal définies telles que des relations directionnelles (à gauche de, etc.). Nous avons montré que la morphologie mathématique floue constituait un cadre unifié pour toutes ces relations [21, 22], leur garantissant de bonnes propriétés, dans des cadres aussi bien quantitatif, semi-quantitatif (flou) que purement qualitatif (logiques formelles) [43, 160]. De nouvelles formes de distances [24] ainsi que des relations de symétrie [217, 347, 117, 436] ont été développées récemment.

Ces développements formels ont été appliqués en reconnaissance structurelle des formes, à partir de modèles représentant les connaissances sur la scène, en particulier sur les relations entre objets. Deux directions ont été explorées : l'une s'appuie sur les évaluations de relations entre régions ou objets et sur des représentations par graphes du modèle et de l'image. Le problème de la reconnaissance est alors exprimé comme la recherche d'un morphisme entre graphes [106], optimisant une fonction objectif réalisant la fusion des similarités entre attributs des nœuds (respectivement des arcs) du modèle et des données. L'optimisation du morphisme a été réalisée par des techniques d'algorithmes génétiques, d'algorithmes d'estimation de distributions [42], de recherches arborescentes ou de méta-heuristiques [167]. Nous avons appliqué ces techniques à la reconnaissance d'éléments du visage [207, 253, 252]. La seconde direction de recherche s'appuie sur des représentations spatiales des relations, définissant des zones d'intérêt floues dans lesquelles des relations à un objet de référence sont satisfaites (avec certains degrés). Les procédures de reconnaissance associées sont alors de type focalisation d'attention, où les zones de recherche se restreignent au fur et à mesure que les différentes informations disponibles sont prises en compte. Cette méthodologie a été appliquée à la reconnaissance de structures internes du cerveau dans des images IRM 3D à partir de connaissances anatomiques. Dans des travaux antérieurs, nous avons utilisé un atlas anatomique [44]. Récemment, nous avons développé une approche se passant de l'atlas et n'utilisant que des descriptions linguistiques classiquement utilisées par des neuro-anatomistes. Ces descriptions fournissent directement les relations pertinentes, qui sont intégrées dans la procédure de reconnaissance d'une part pour définir les zones de recherche, et d'autre part dans l'étape de segmentation sous forme d'énergie dans des modèles déformables [434, 435] (figure 4.1).

Les aspects de raisonnement sur des relations spatiales ont également été abordés par des formalismes probabilistes [440] : à partir de distributions de points dans l'espace, la direction dans laquelle se trouve un objet  $C$  par rapport à un objet de référence  $A$  est estimée en fonction de la connaissance de la position relative directionnelle d'un objet  $B$  par rapport à  $A$  et de  $C$  par rapport à  $B$ . Cette approche s'applique pour l'instant à des objets de faible extension spatiale dans des problèmes tels que la localisation de téléphones mobiles ou le positionnement dans une ville.

Les travaux sur la fusion ont également donné lieu à des développements dans le cadre de la théorie des fonctions de croyance, avec des applications au déminage humanitaire dans le cadre du projet SMART [99, 101].

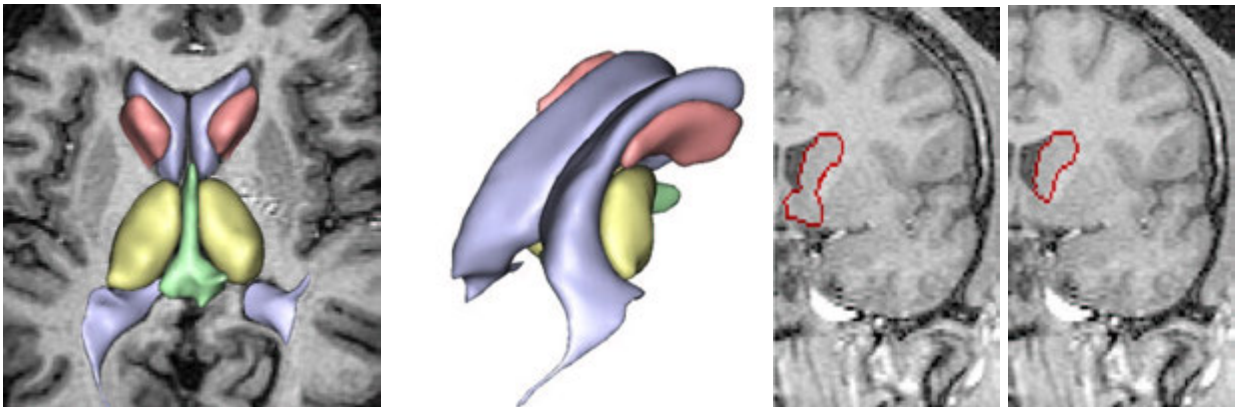


FIG. 4.1 – Résultats de segmentation et reconnaissance obtenus pour les ventricules latéraux, le troisième ventricule, les noyaux caudés et les thalami par intégration de relations spatiales dans des modèles déformables 3D. Illustration de l'importance des relations spatiales dans le modèle déformable : dans le cas du noyau caudé, la force issue des relations spatiales empêche le modèle de progresser au-delà de la limite inférieure de la structure (à gauche : résultat obtenu sans la force de relation spatiale ; à droite : avec cette force). Thèse d'Olivier Colliot.

Des travaux sur le raisonnement spatial dans le domaine des transports ont été initialisés récemment.

**Réalisations :** Soutenances de thèse de Reda Dehak [376], d'Endika Bengoetxea (en collaboration avec l'université de San Sebastian en Espagne) [360], d'Olivier Colliot (en collaboration avec Alexander Tuzikov, professeur sabbatique et Dominique Hasboun, professeur à la Pitié-Salpêtrière) [375].

Contrat européen SMART sur le déminage humanitaire, projet européen ECVision<sup>1</sup>.

Collaboration avec le département EGS (Emmanuel Souchier dans le cadre de la thèse d'Eve Rousseau), collaboration avec l'ISEP (Florence Rossant) sur la modélisation floue de connaissances et leur fusion pour la reconnaissance de partitions musicales [321, 110], collaborations avec les universités de Rio de Janeiro (Brésil) [167], de Sao Paulo (Brésil) [207, 252, 253] (sabbatique de Roberto Cesar) sur les aspects de mise en correspondance inexacte de graphes, avec les universités de Merida (Vénézuéla) [415], d'Orebro (Suède) [166, 164, 27] et l'IRIT [25] sur les aspects logiques et de raisonnement spatial.

## 1.2 Problèmes inverses et restauration

**Henri Maître, Wirawan, Mila Nikolova, Karim Abed-Meraim, Hong Sun.**

**Restauration autodidacte d'images multi-canaux** La thèse de Wirawan s'est achevée en 2003. Son objectif était le développement de méthodes inspirées des techniques d'identification et d'égalisation autodidacte pour la restauration des images. Des techniques nouvelles de restauration aveugle d'images multi-canaux ont ainsi été proposées et testées, selon les deux schémas SIMO (*single input, multiple output*) où une seule image est observée à travers plusieurs capteurs, et MIMO (*multiple input, multiple output*) où plusieurs images sont disponibles à l'entrée d'un système multi-capteurs. Dans les deux cas, on s'est intéressé à la reconstruction d'images à haute résolution à partir d'images dégradées à basse résolution.

<sup>1</sup><http://www.ecvision.info/education/>

Cinq méthodes ont été proposées et comparées pour l'approche SIMO, relevant de trois familles différentes :

1. l'identification de canal qui peut se décliner en des méthodes de sous-espace ou des méthodes de sous-espace de bruit minimum, ainsi qu'en une méthode « à références croisées » que nous avons étendue au cas bidimensionnel ;
2. l'estimation directe des filtres de restauration en étendant aux images la méthode des égaliseurs mutuellement référencés ;
3. l'estimation directe de l'image d'entrée et pour cela nous avons développé une méthode de projections obliques.

Dans le cas d'une approche MIMO, nous proposons de fonctionner en deux étapes : tout d'abord une approche par égaliseurs mutuellement référencés, puis une étape de séparation de sources pour laquelle nous avons développé une méthode d'identification de mélange instantané de matrice inconnue. Comme les composantes polyphases de l'image sont corrélées par nature, il nous a fallu proposer une nouvelle méthode de séparation d'un mélange polyphase.

Nous avons examiné avec attention les performances et les contraintes de chacune de ces méthodes et déterminé leurs domaines d'intérêt [386].

**Restauration bayésienne sous contraintes faibles** Nous avons poursuivi notre étude sur le rôle des fonctions de coût dans la détermination des propriétés manifestées par ces minimiseurs locaux et donc globaux. L'objectif de cette étude est de vérifier que des minimiseurs locaux d'une fonction de coût sans contrainte satisfont différents sous-ensembles de contraintes selon les données. C'est ce que nous appelons des contraintes « faibles ». Nous avons trouvé les conditions générales sur ces fonctions de coût pour que leurs minimiseurs satisfassent des contraintes faibles lorsque les données bruitées appartiennent à un ouvert. Ces fonctions de coût sont non-lisses en chaque point qui satisfait la contrainte faible. A l'opposé, un minimiseur local d'une fonction de coût lisse ne peut presque jamais vérifier des contraintes faibles. Ces propriétés sont appliquées à des fonctions de coût comprenant un terme d'attache aux données et un terme de régularisation. On explique ainsi des résultats bien connus obtenus avec la régularisation sous contrainte de variation totale [303, 471].

**Turbo-restauration** Lors d'une collaboration avec l'Université de Wuhan, nous avons proposé un modèle original de déconvolution de signaux : la turbo-déconvolution. Les techniques de filtrage itératives sont très classiques en restauration. Dans la nouvelle proposition que nous faisons, deux filtres différents sont cascades, chacun fonctionnant selon un critère d'optimisation qui lui est propre. Nous nous inspirons en cela du turbo-décodage dont les performances sont très proches de l'optimum théorique. Dans le cas de la restauration de signaux affectés de bruit additif, nous avons choisi d'alterner un filtre au Maximum a Posteriori (MAP) et un filtre par réduction des coefficients d'ondelettes. D'excellents résultats en découlent. Ces travaux ont été appliqués également avec succès aux images radar à bruit multiplicatif [333, 334].

### 1.3 Analyse et modélisation stochastique des images naturelles

Ce domaine d'activité s'inscrit dans le cadre général de l'étude et du développement de modèles mathématiques de représentation des images naturelles. Deux caractéristiques importantes des approches retenues sont la représentation des images par leur carte topographique (leurs lignes de niveau) d'une part, et l'utilisation de modèles issus de la géométrie stochastique d'autre part.

### **Régularité des images naturelles - Modélisation aléatoire**

**Yann Gousseau, François Roueff.**

Dans de nombreuses applications du traitement des images, un modèle mathématique (explicité ou non) suppose une certaine régularité des objets étudiés. Évoquons à titre d'exemple les méthodes de restauration du type Rudin-Osher, qui supposent les images à variation bornée, ou les algorithmes de débruitage par seuillage de coefficients d'ondelettes et l'appartenance des images à certains espaces de Besov. Un des objectifs de nos travaux est d'étudier la pertinence de ces notions, d'une part dans le cadre de modèles multi-échelles, d'autre part d'un point de vue expérimental. Cette étude a bénéficié d'un soutien du GDR ISIS sous la forme d'un projet jeunes chercheurs en 2003.

Nous nous sommes particulièrement intéressés à la modélisation jointe du phénomène d'occlusion et des lois d'échelles dans les images. D'une part, nous avons mené une étude théorique systématique du modèle de feuilles mortes de la morphologie mathématique, grâce aux outils de la théorie des processus ponctuels, en particulier du calcul de Palm. D'autre part, nous avons introduit un modèle nouveau de champ aléatoire, obtenu comme limite de modèles de feuilles mortes, et qui permet de rendre compte des propriétés d'échelles des images [393], sans imposer d'échelle de coupure. Des travaux en cours concernent l'utilisation de ce modèle comme *a priori* dans le cadre du débruitage d'image. Le modèle a également été utilisé comme *a priori* dans un contexte de comparaison de la composition d'images par des outils de la géométrie stochastique [250].

### **Représentations géométriques des images et mise en correspondance**

**Yann Gousseau, Saïd Ladjal - Collaborateurs extérieurs : Frédéric Cao (IRISA, Rennes), Jean-Michel Morel, Pablo Musé, Frédéric Sur (CMLA, ENS-Cachan).**

Cette direction de recherche concerne divers problèmes de mise en correspondance ou d'indexation, dans le cadre de représentations géométriques des images obtenues sous forme de carte topographique, constituée de l'ensemble des lignes de niveau. Cette carte fournit une description complète d'une image par un ensemble de courbes organisées hiérarchiquement. Plusieurs avancées récentes, aussi bien dans la compréhension de la structure de cette carte (travaux de P. Monasse), que dans l'extraction de ses constituants « significatifs » (travaux de A. Desolneux et al.) ont permis d'envisager de nouvelles perspectives, dans une voie qui avait été ouverte par l'école de Morphologie Mathématique.

Une première réalisation concerne la mise en correspondance de formes, et en particulier l'établissement de critères de significativité. L'idée est de fixer les seuils autorisant la mise en correspondance en contrôlant un nombre de fausses alarmes, ce qui permet de développer une méthode robuste et automatique [296]. Ce pôle de recherche fait partie du réseau d'excellence européen MUSCLE. Dans le cadre du projet européen SCULPTEUR, nous nous intéressons à l'indexation de bases de données d'objets tri-dimensionnels de divers musées européens. Les méthodes citées ci-dessus ont été adaptées pour une intégration dans le système de recherche de ce projet (recherche de motifs sur des objets 3D). Dans une direction connexe, nous avons développé et implanté des méthodes de classification des cadres et des parquages de tableaux, qui ont été intégrées, au C2RMF (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France), dans le système de recherche ARTISTE, issu d'un précédent projet européen.

## **2 Traitement de l'image et société de l'information**

### **2.1 Culture, patrimoine et STIC**

**Francis Schmitt, Henri Maître, Yann Gousseau, Saïd Ladjal, Charles Beumier, Thomas Chaperon, Carlos Hernandez, Gaël Neuez, Tony Tung, Yucel Yemez.**

Nous nous intéressons depuis de nombreuses années à l'acquisition, la modélisation et la reproduction couleur de haute fidélité de scènes ou d'objets réels complexes. Nous avons en particulier

appliqué des techniques d'imagerie numérique et de traitement d'image pour la recherche dans les domaines muséologiques (archéologie, peintures, statues), notamment lors de projets nationaux et européens. Nous avons développé une plate-forme « Imagerie Haute Qualité » pour nos travaux de recherche en imagerie multispectrale (cf. section 2.2 du chapitre 3) et en reconstruction d'objets 3D qui sont actuellement appliqués respectivement à l'archivage numérique des peintures sur chevalet (2D multispectral) [271] et des sculptures (3D couleur), pour la préservation du patrimoine muséologique et la constitution de bases de données interconnectées entre musées [272]. Cette plate-forme est composée d'un ensemble de systèmes d'acquisition contrôlés numériquement (optiques, optoélectroniques et mécaniques), d'appareils de mesure et d'outils informatiques (calcul, visualisation, impression couleur). Elle nous permet d'acquérir et de traiter des images numériques de haute résolution, calibrées radiométriquement et colorimétriquement, obtenues dans des configurations géométriques contrôlées.

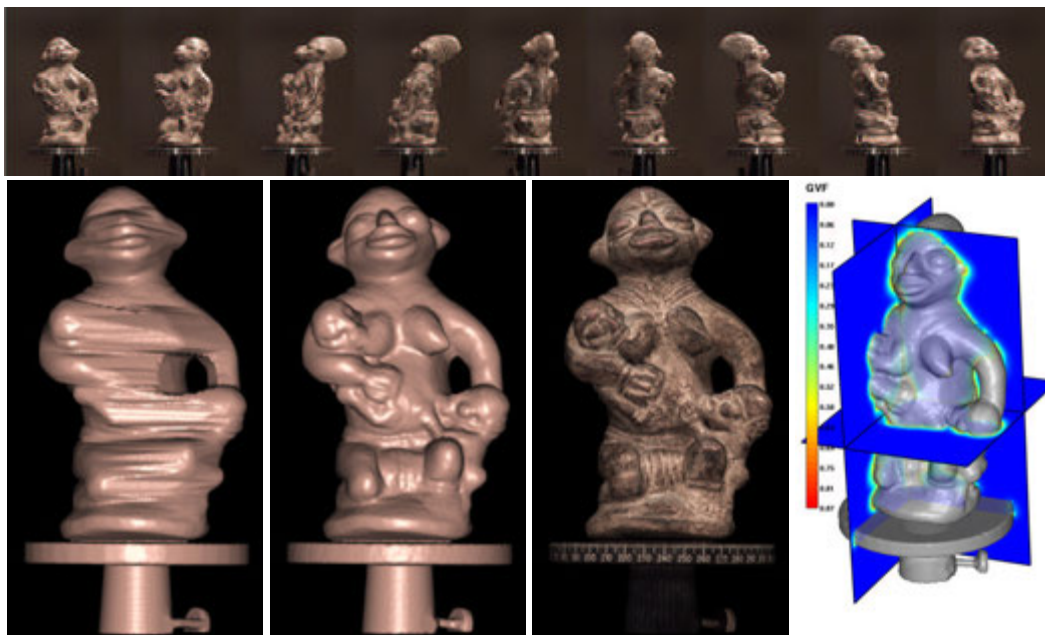


FIG. 4.2 – Plusieurs étapes de la reconstruction de l'objet Twins. En haut : quelques unes des images utilisées. En bas : de gauche à droite, enveloppe visuelle, modèle final, placage de texture et superposition de la force stéréo avec le modèle déformable après convergence. Le modèle résultant a 83241 sommets. Thèse de Carlos Hernandez.

Les techniques de numérisation 3D que nous avons précédemment étudiées nécessitent des équipements spécialisés et procurent des modèles avec une bonne géométrie mais des textures couleurs de qualité réduite. Pour obtenir des modèles texturés plus élaborés nous avons opté pour une technique passive de reconstruction 3D à partir de séquences d'images numériques calibrées [235]. Cette technique est multimodale et exploite les informations complémentaires des silhouettes et des textures sous la forme respectivement d'une enveloppe visuelle et d'un volume numérique dans lequel sont cumulées les corrélations multistéréo [237]. Ces données sont fusionnées sous la forme de deux forces qui vont guider au cours d'un processus itératif l'évolution d'un modèle déformable et lui permettre de récupérer les contours et les concavités de l'objet tout en respectant la contrainte des silhouettes [236, 238, 450, 451] (figure 4.2). Des modèles numériques texturés de haute résolution d'une cinquantaine d'objets muséologiques ont été reconstruits. Un nouveau critère très sensible de cohérence des silhouettes a également été proposé. Il permet d'autocalibrer une séquence d'images d'un objet en rotation pure et de mettre en correspondance des séquences d'un même objet [396]. La création de bases de données d'objets 3D devenant importante, nous développons des techniques de recherches par le contenu s'appuyant sur les informations de topologie, géométrie, texture et couleur (cf. section 1.3). Nous avons étendu l'approche purement topo-



logique par graphe de Reeb multi-échelles en l'enrichissant avec des informations géométriques et de textures [404, 343, 481].

Pour le stockage, la transmission progressive et la visualisation de modèles 3D texturés d'objets réels nous avons développé une technique de représentation multi-échelles originale. La géométrie et les attributs de l'objet (couleur, normale ...) sont encodés sous la forme de particules de surface associées à une partition hiérarchique de l'espace fondée sur un octree [351, 118]. Pour la visualisation interactive nous avons proposé une amélioration très efficace de la qualité visuelle d'un maillage 3D en fonction du point de vue en utilisant une approche de type SQRT(3)-subdivision pour le raffinement [35]. Nous avons poursuivi nos travaux sur le traitement de données de profondeurs correspondant à des ensembles de points 3D échantillonnés sur les surfaces d'une scène 3D avec différents types de capteurs actifs. La complexité des scènes nécessite d'acquérir des données depuis de multiples points de vue qu'il faut mettre en correspondance. Nous avons proposé une technique de recalage global de  $N$  ensembles de points se recouvrant partiellement. Elle est fondée sur la représentation des rotations par les quaternions unitaires et garantit une bonne distribution des erreurs résiduelles [4]. Certaines bases de données correspondant à des sites archéologiques ou industriels peuvent contenir des dizaines de millions de points. La compréhension de ces données extrêmement complexes soulève des problèmes spécifiques. Des images numériques 2D prises avec des caméras calibrées sont souvent associées aux données 3D pour en faciliter l'interprétation. Pour exploiter ces données 2D et 3D nous avons développé des outils multi-échelles de visualisation et de navigation interactive utilisant en mémoire une structure de données volumiques de type octree associée à une structure spécifique des fichiers archivés sur disque [382]. Un capteur actif en lumière structurée pour l'acquisition 3D de visages a également été développée ainsi que des algorithmes de reconnaissance pour la vérification biométrique de l'identité [361] (cf section 1.1 du chapitre 3).

**Réalisations :** Les réalisations sur ce thème sont les thèses de Charles Beumier [361] (en collaboration avec l'Ecole Royale militaire de Belgique), de Gaël Neuez [382] (en collaboration avec l'université Chalmers à Göteborg, Suède), et de Alejandro Ribés [383], des conventions de recherche avec EDF et Mensi, les projets européens CRISATEL (2001-2004 ; imagerie multispectrale très haute résolution pour l'archivage numérique, la conservation et la restauration des peintures de musées) et SCULPTEUR (2002-2005 ; constitution de base de données d'objets 3D muséologiques et recherche par le contenu) effectués en collaboration avec le Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF).

## 2.2 Imagerie médicale et 3D

**Isabelle Bloch, Francis Schmitt, Olivier Colliot, Oscar Camara, Arnaud Cachia, Gaspar Delso, Antonio Moreno, Gero Peters, Pau Soler, Jasmine Burquet, Najib Gadi, Elena Martinez.**

La complexité des données 3D, en imagerie médicale mais également dans le traitement d'objets de musées par exemple (voir section 2.1) nécessite le développement de modèles intégrant de multiples connaissances et de grandes quantités d'informations. Nous avons ainsi proposé de nouveaux modèles déformables intégrant des relations spatiales (voir section 1.1), ainsi que des modèles intégrant des contraintes topologiques ou encore géométriques.

L'application de ces modèles en imagerie médicale a porté essentiellement sur l'imagerie cérébrale, pour l'étude des structures internes et corticales du cerveau. Nous avons contribué à l'étude du cortex et de son évolution au cours de la croissance par une approche originale reposant sur l'étude du primal sketch de la courbure moyenne [49] (figure 4.3). De nouvelles méthodes pour la parcellisation du cortex ont été proposées à partir d'approches géodésiques [191, 50] (figure 4.3). Enfin notons des contributions à la morphométrie [192]. Nos travaux sur la segmentation des structures anatomiques de têtes d'adultes [68] sont actuellement étendus aux têtes d'enfants (projet RNRT ADONIS), toujours par morphologie mathématique. A partir de ces segmentations, des maillages sont réalisés sous contraintes topologiques, afin de respecter l'agencement topologiques

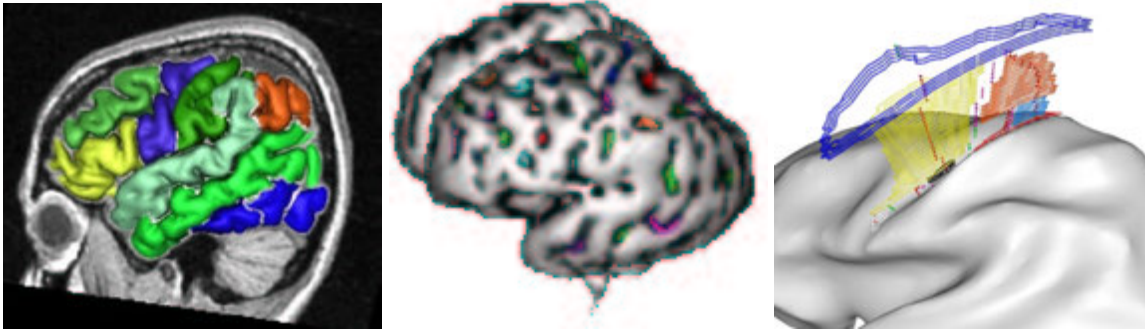


FIG. 4.3 – Parcellisation du cortex en gyri. Racines sulcales calculées sur un cerveau de fœtus. Primal sketch de la courbure moyenne du cortex. Thèse d'Arnaud Cachia.

des différentes structures de la tête et du cerveau, et constituent des modèles individuels servant à étudier la propagation des ondes électromagnétiques dans les tissus anatomiques (projets ADONIS et ARC HEADEXP) [416, 398].

Si les applications cérébrales restent un point fort et central de nos activités en imagerie médicale, d'autres domaines ont donné lieu à des contributions importantes. Ainsi les travaux entrepris récemment sur le recalage non linéaire d'images TEP et d'images anatomiques (CT ou IRM) en oncologie ont abouti au développement d'une méthodologie originale intégrant des contraintes sur la morphologie du patient et sur les fortes déformations des régions thoraciques et abdominales [195, 228, 193, 194, 426] (figure 4.4). Cette méthodologie a été valorisée industriellement [387] et évaluée par trois sites cliniques.

Des travaux sur la fusion de données ultrasonores acquises sous différents angles ont démarré récemment.

**Réalisations :** Les réalisations sur ce thème se concrétisent par les soutenances de thèse d'Oscar Camara en convention CIFRE avec la société Segami [368], d'Arnaud Cachia (avec le CEA-SHFJ) [367] et d'Olivier Colliot (en collaboration avec A. Tuzikov et D. Hasboun) [375], par les thèses de Gaspar Delso (en collaboration avec l'université de Barcelone), d'Antonio Moreno (avec la société Areall puis avec la société Segami), de Pau Soler (en collaboration avec Philips), de Gero Peters sur la mammographie (en collaboration avec General Electric Medical Systems), les séjours post-doctoraux d'Elena Martinez (bourse Marie Curie), de Jasmine Burguet (ARC HEADEXP avec l'INRIA) et Najib Gadi (projet RNRT ADONIS coordonné par Joe Wiart, FT R&D), l'ACI Santé Oncomatching (thèses d'Oscar Camara et Gaspar Delso, en collaboration avec Segami, le CEA-SHFJ, le service de médecine nucléaire du Val de Grâce, des hôpitaux de Lille, Liège et Monaco).

## 2.3 Imagerie aérienne et satellitaire

### Téledétection et cartographie

**Henri Maître, Michel Roux, Jean-Marie Nicolas, Florence Tupin, Stéphane Amami, Frédéric Bretar, Anne-Catherine Carrilero, Daniel Girardeau-Montaut, Saeid Homayouni, Hassan Jibrini, Sveta Zinger, Najib Gadi, Yong Yu.**

Notre activité principale dans le domaine de la téledétection porte sur l'analyse et l'interprétation du milieu urbain. Notre objectif est de fournir aux utilisateurs (cartographes, urbanistes, réalisateurs de films, planificateurs, organismes de défense) des représentations aussi fidèles et complètes que possible par une analyse automatique d'images. Cette analyse a principalement porté sur trois thèmes qui sont la reconstruction 3D de scènes urbaines, l'extraction d'objets cartographiques tels que les routes et les bâtiments et l'identification des matériaux qui les composent.

Après des travaux intensifs sur la construction de modèles 3D à partir d'images multiples, nous

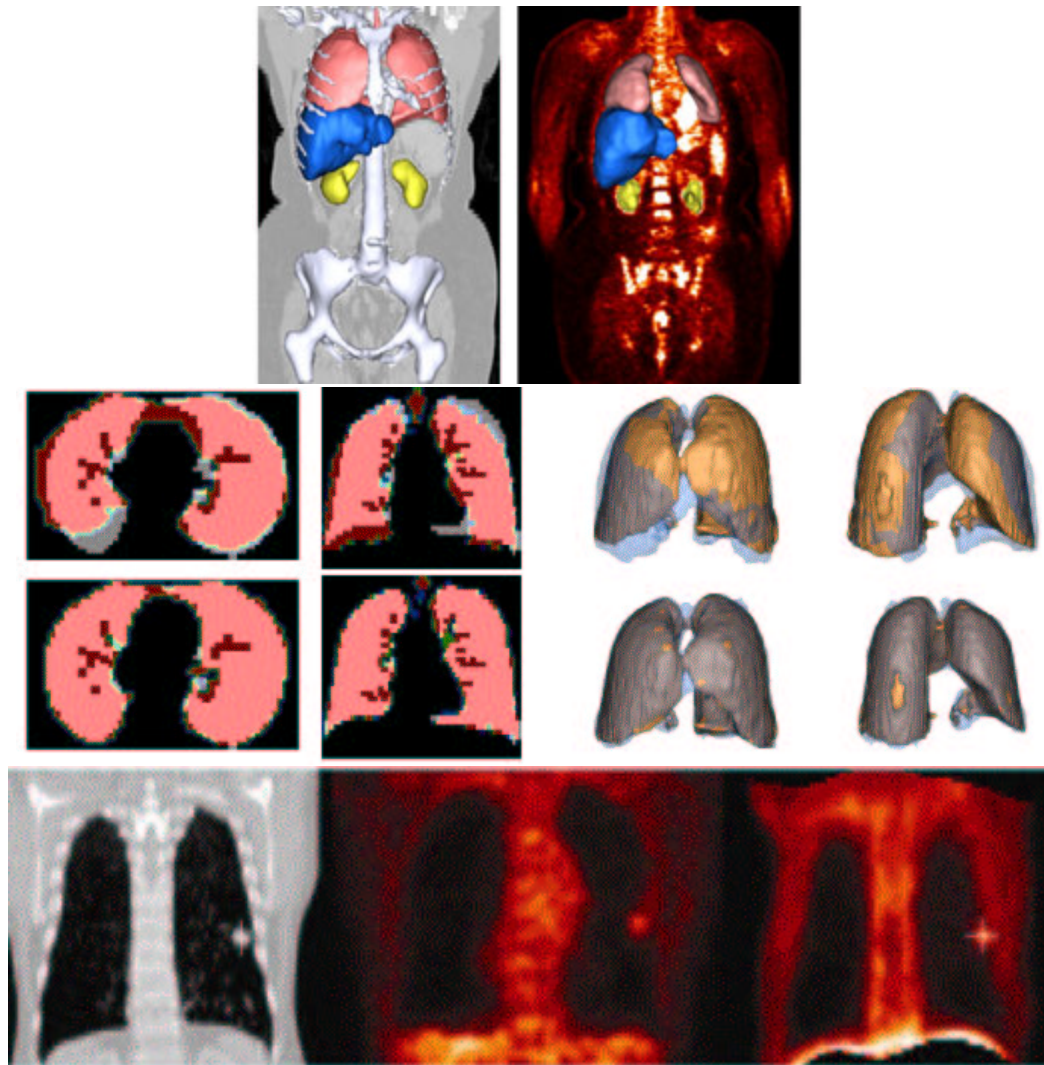


FIG. 4.4 – En haut : structures thoraciques et abdominales segmentées en CT (à gauche) et en TEP (à droite). Au milieu : résultat du recalage des structures (poumons) illustré sur une coupe axiale, sur une coupe coronale et en 3D (recalage rigide en haut et non linéaire en-dessous). En bas : image CT, image TEP après un recalage linéaire, image TEP après le recalage non linéaire. Thèse d'Oscar Camara.

avons porté nos efforts sur l'extraction de primitives cartographiques en milieu urbain dense. Ainsi, les routes sont obtenues par détection probabiliste des principaux alignements directement dans une image aérienne de la scène traitée, alors que les bâtiments sont détectés par une approche stochastique de génération, évolution et compétition de formes rectangulaires dans un modèle numérique de surface (MNS).

Nous nous sommes également intéressés à d'autres sources de données, telles que les nuages de points acquis par les capteurs laser aéroportés. Nos études ont tout d'abord porté sur le rééchantillonnage de ces points 3D irréguliers sur des grilles carrées géoréférencées afin d'obtenir des modèles numériques de surface. La prise en compte des caractéristiques du milieu urbain nous a conduits à proposer une approche par minimisation d'énergie qui intègre un terme d'attache aux données et un terme de régularisation qui favorise les surfaces localement planes avec présence de fortes discontinuités [354, 355] (figure 4.5). Une autre étude a porté sur l'extraction de la végétation et des bâtiments directement sur le nuage de points 3D. La méthode d'extraction que nous propo-

sons tire profit de la présence d'échos multiples à l'intérieur de la végétation et sur les bords des bâtiments [89]. Ces échos multiples servent de germes de détection, et une technique de propagation permet ensuite de segmenter l'objet cartographique. Nos algorithmes ont été confrontés à des données acquises par des capteurs laser très différents en termes de densité des points et de trace au sol du balayage.

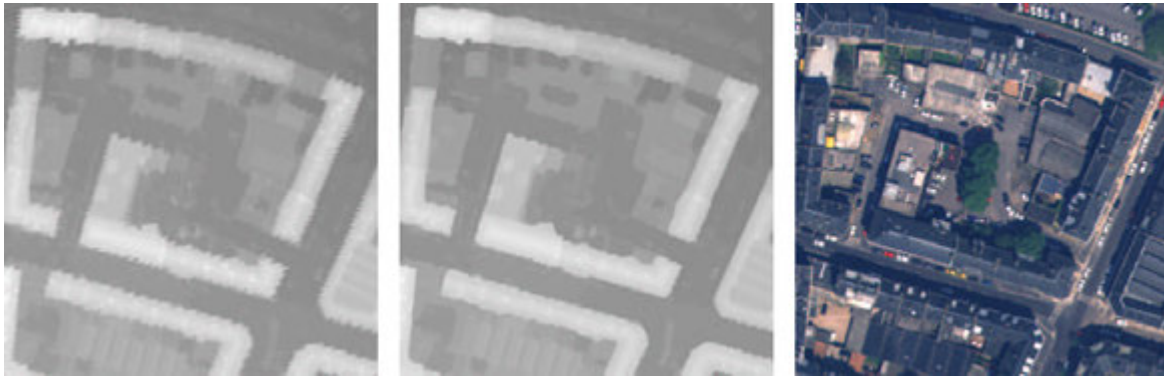


FIG. 4.5 – Rééchantillonnage de points 3D acquis par un capteur laser aéroporté. Image de gauche : MNS calculé à partir d'une triangulation de Delaunay sur les données brutes fournies par le capteur. Image centrale : MNS calculé à partir des données rééchantillonnées sur une grille régulière. Image de droite : ortho-image obtenue par projection des point rééchantillonnés sur une image aérienne. Thèse de Svetla Zinger.

Nous avons par ailleurs poursuivi nos études sur l'identification des matériaux de scènes urbaines par l'analyse d'images hyper-spectrales à haute résolution. Nos travaux ont porté principalement sur la fusion de techniques de classification afin d'en améliorer les performances globales [266].

L'utilisation conjointe d'informations provenant de sources ou de capteurs différents nous a amenés à porter une attention particulière au problème du recalage de ces données : recalage pyramidal d'images satellitaires dans différentes configurations, la bande spectrale et la résolution des images pouvant être différentes, recalage d'une image à haute résolution et d'une base de données cartographiques, et recalage d'un nuage de points 3D acquis par un capteur laser aéroporté et d'un modèle numérique de surface [183, 424] ou d'une seule image aérienne. La méthode proposée dans ce dernier cas repose sur la qualité de la reconstruction 3D de la scène calculée avec les deux jeux de données. Celle-ci est obtenue par estimation d'une surface plane pour chaque sous-ensemble de points 3D qui, pour un recalage donné, se projettent dans une même région de l'image segmentée.

**Réalisations :** Soutenance de thèse de Hassan Jibrini [379] en avril 2002, d'Anne-Catherine Carriero [370] en juin 2002.

Collaboration avec le laboratoire MATIS de l'IGN (thèse de Frédéric Bretar), collaboration avec EDF (thèse de Daniel Girardeau-Montaut).

Projets RECALAGE (post-doc de Najib Gadi) et APPARIEMENT pour le CNES respectivement sur le recalage d'une image satellitaire et d'une base de données cartographiques et sur le recalage d'images satellitaires de bande spectrale et de résolution différentes ; projet européen SMART sur le déminage humanitaire par fusion et classification multi-sources d'images optiques et radar (post-doc de Yong Yu) [352, 353].

## Imagerie radar

**Jean-Marie Nicolas, Florence Tupin, Henri Maître, Michel Roux, Dalila Cherifi, Ferdaous Chaabane, Céline Tison.**

L'analyse des images RSO fondée sur les « statistiques de deuxième espèce » (ou « log-statistiques ») [103] a été un thème de recherche soutenu qui a débouché sur un formalisme simple pour la caractérisation d'images RSO du tissu urbain. En effet, ce type d'image peut se modéliser par une loi de Fisher qui est un exemple particulièrement simple de lois statistiques « à queue lourde » et qui semble bien adaptée aux forts réflecteurs isolés présents sur ce type d'images. Si l'estimation des paramètres d'une telle loi est en pratique vouée à l'échec avec les statistiques traditionnelles, l'utilisation des « log-cumulants » débouche sur des méthodes aisées à mettre en œuvre. Un tel modèle permet tout d'abord de proposer une méthode de filtrage statistique analogue au filtre « Gamma-MAP » : le filtre « Fisher-MAP » [299].

Parallèlement, un axe de recherche sur l'obtention de Modèles Numériques d'Elevation en milieu urbain avec des données RSO de haute résolution a été développé, d'une part dans un contexte interférométrique, d'autre part dans un contexte radargrammétrique. Dans ce cadre, une étude approfondie du signal radar a été menée. Tout d'abord l'intérêt des lois de Fisher et des statistiques de deuxième espèce pour le milieu urbain à haute résolution a été mis en évidence et utilisé pour définir une classification markovienne adaptée à ce type de milieu [479]. Ensuite, un outil d'étude du signal radar, le découpage en sous-bandes et la mesure entropique entre sous-bandes, a été proposé [483]. Les résultats obtenus par ces différentes méthodes ont finalement été intégrés dans la définition d'une chaîne de reconstruction 3D complète à partir des données interférométriques [480]. Couplés à un filtrage de la phase et des contours actifs polygonaux, ils permettent d'obtenir un premier MNE très amélioré par rapport aux données interférométriques brutes. Concernant les couples radargrammétriques, nous avons proposé une approche figurale pour la reconstruction 3D qui donne des résultats épars, puis nos travaux se sont concentrés sur une étape de fusion avec des données optiques afin de retrouver la forme des bâtiments [116].

Pour aider ces étapes de reconstruction 3D, les travaux de détection du réseau routier [115] se sont poursuivis notamment dans le cadre d'une collaboration avec l'Université de Pavie (thésard G. Lisini). Par ailleurs, une méthode de recherche de chemin optimal en utilisant la programmation dynamique [433] à partir d'une détection grossière pouvant provenir de différentes sources (définition manuelle, analyse de données exogènes comme une carte, sortie d'un autre détecteur) a montré un comportement très satisfaisant même sur ces données très bruitées.

Dans le cadre de l'interférométrie différentielle en imagerie satellitaire, une chaîne de correction des effets troposphériques a été finalisée et testée sur une série multi-temporelle d'images du Golfe de Corinthe [57]. Celle-ci repose sur la détection de « réflecteurs permanents » au sens de leur adéquation avec un modèle de perturbation atmosphérique fondé sur la topographie. Une analyse locale par corrélation des interférogrammes permet ensuite de corriger les perturbations relatives à une image radar particulière. La correction de la base de données sur le Golfe de Corinthe par cette approche a permis d'améliorer la mesure interférométrique du mouvement de terrain sismique qu'a subi cette région (figure 4.6). De plus, un cadre théorique pour la détection des mouvements de terrain à partir d'un ensemble de dates d'acquisition a également été mis au point. Il s'appuie sur une modélisation statistique de la phase en fonction de la base et de l'écart temporel d'un interférogramme et procède par tests d'hypothèses. Cette démarche a été validée sur un ensemble d'interférogrammes simulés.

**Réalisations :** Ferdaous Chaabane soutiendra sa thèse en avril 2004. Celle-ci a été effectuée en collaboration avec Pierre Briole de l'IPG (Institut de Physique du Globe). L'équipe TII est impliquée dans des contrats DGA sur l'imagerie RSO haute résolution : « paramètre de qualité image SAR pour la reconnaissance » (DGA-SPOTI avec EADS-S&DE), Esprisar (DGA-CELAR avec CS), ou la reconstruction 3D par radargrammétrie dans MNE-3.



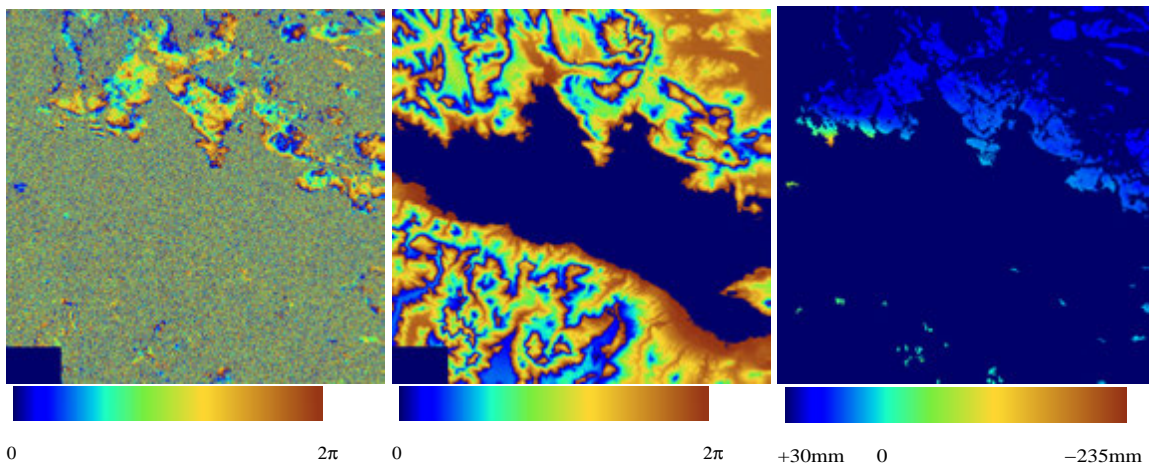


FIG. 4.6 – Suivi du tremblement de terre du Golfe de Corinthe de juin 1995. A gauche, un interférogramme différentiel obtenu avec un triplet dont deux images encadrent le séisme. Au centre, les franges additionnelles dues au modèle atmosphérique global. A droite la carte de déformation résiduelle due au séisme après suppression des franges atmosphériques (cette carte est obtenue comme la moyenne des cartes de déformation de 22 interférogrammes comme celui de gauche, corrigés des perturbations atmosphériques comme au centre, et développés). Thèse de Ferdaous Chaabane.

## 2.4 Tatouage et sécurité des systèmes d'imagerie

**Henri Maître, Béatrice Pesquet, Francis Schmitt, Gouenou Coatrieux, François Cayre, Benoît Macq (Université de Louvain la Neuve).**

Notre activité en tatouage des images s'est achevée fin 2003. Elle avait débuté en 1998 et nous avait permis de fédérer un important potentiel national autour de quelques projets nationaux et européens. Ceux-ci s'achèvent aujourd'hui, ainsi que les travaux plus académiques que nous leur avons associés et nous ne renouvelerons pas notre potentiel de recherche sur ce thème. Notre investissement en tatouage restera consacré au tatouage des signaux audio (cf. section 2 du chapitre 2) ainsi qu'au tatouage conjoint audio-vidéo. Notre activité de ces deux dernières années a concerné les deux domaines du tatouage des objets tridimensionnels et de l'imagerie médicale.

**Sécurité des images en imagerie médicale** Dans une étude menée en collaboration avec le LTSI de Rennes, nous avons abordé le problème de sécurité du dossier médical futur, et en particulier des documents iconiques associés (radiographies, IRM, images ultrasonores, etc.). Partant de l'hypothèse que le dossier médical sera dorénavant conservé par le patient lui-même, il devient important d'associer à chaque image les éléments de sécurité qui l'accompagneront de façon inséparable et attesteront de son authenticité et de son intégrité. Nous avons choisi de tatouer des zones de l'image non-indispensables au diagnostic avec des résumés de l'image permettant d'attester de l'intégrité du document, ou, en cas de modification, de témoigner de la localisation, de l'étendue et de l'intensité de la modification [61]. Menée en étroite collaboration avec le milieu hospitalier, cette étude nous assure d'une compatibilité excellente des documents ainsi créés avec les pratiques médicales [216]. Ce travail a fait l'objet de la thèse de Gouenou Coatrieux [373].

**Tatouage des objets tridimensionnels** Cette étude a été conduite lors d'une thèse en cotutelle avec l'Université catholique de Louvain, thèse de François Cayre [371]. L'objectif de ce travail était d'apporter, dans le domaine des objets tridimensionnels, les éléments de sécurité que l'on connaît aujourd'hui pour les images. Notre contribution a concerné uniquement les représentations par maillages triangulés, elle s'est faite à deux niveaux : tout d'abord pour le tatouage robuste (c'est-

à-dire capable de supporter des transformations : découpe de l'objet, compression, transformation géométrique), d'autre part dans le cadre du tatouage fragile (c'est-à-dire permettant de témoigner des altérations subies par l'objet).

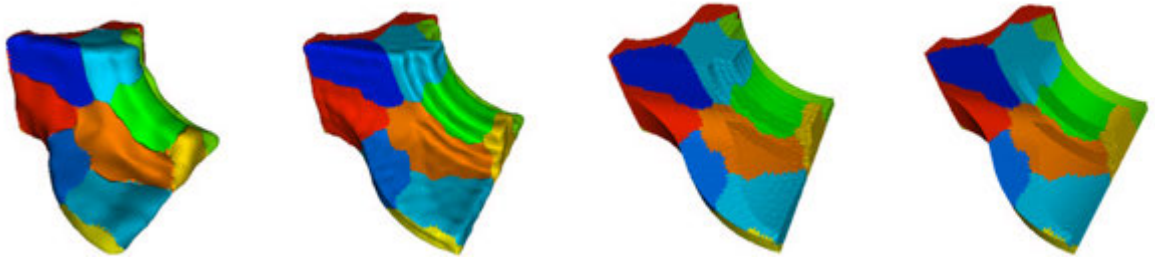


FIG. 4.7 – Une pièce mécanique, représentée par une surface maillée, est tatouée par marquage des coefficients spectraux (à gauche). En raison de la grande dimension de l'objet, nous le décomposons en sous-domaines (représentés ici par des nappes de différentes couleurs). Les 3 autres images montrent le raffinement de la représentation au fur et à mesure de l'arrivée des coefficients du codage. Thèse de François Cayre.

Dans le premier cas, nous avons utilisé une approche fondée sur la décomposition spectrale de surfaces maillées proposée par Taubin (1995). Pour les objets de grande taille, confrontés aux problèmes de dimensionnement dans cette approche algébrique, nous avons étendu la méthode de partitionnement de Karypis and Kumar (1995) à des partitionnements avec recouvrement (ce qui limite les effets de bord lors de la reconstruction) et choisi des approches par base fixe en utilisant des maillages de valence 6 obtenus par la méthode de Tutte. Le codeur choisi utilise une technique de substitution sur les coefficients spectraux (figure 4.7). Il conduit à une très bonne robustesse du schéma de tatouage même pour des signatures de 64 bits [11, 315].

Dans le second cas, nous avons choisi de modifier des « invariants » du maillage en exploitant des techniques de parcours optimal du maillage et en utilisant des tatouages indexés plus volumineux mais plus sûrs que les tatouages sans indexation. Nous avons ainsi montré qu'il était possible d'utiliser plus de 95 % de la capacité d'un maillage avec une excellente dispersion de l'information tatouée [206].

Nombre de permanents (GET et CNRS)	8
Nombre de thèses soutenues en 2002 et 2003	16
Livres et chapitres de livres	10
Articles de revues et articles dans des collections	43
Communications à des congrès avec actes	70
Chiffre d'affaires sur contrat en 2002-2003 (en kEuros)	625

TAB. 4.1 – Quelques chiffres de la production scientifique du groupe TII en 2002 et 2003.





# 5. Groupe Traitement du Signal et Applications aux Communications (TSAC)

**Responsable :** Eric Moulines (professeur).

**Permanents :** Karim Abed Meraim (MdC), Gérard Blanchet (DE), Olivier Cappé (CR CNRS), Jean-François Cardoso (DR CNRS), Maurice Charbit (Prof.), Ghassan Kawas Kaleh (Prof.), Denis Maignon (MdC), Eric Moulines (Prof.), Jamal Najim (CR CNRS), Mila Nikolova (CR CNRS) [départ nov. 2003], François Roueff (MdC), Marc Sigelle (MdC).

**Associés :** P. Soulier (Pr. Paris X), R. Douc (MdC, Ecole Polytechnique), G. Faÿ (Univ. Lille), Philippe Loubaton (Pr. UMLV).

**Sabbatiques :** C. Barkat (NTU, Singapore, Juillet 2003), B. Boashash (QUT, Australia, Juillet-Septembre 2002) A. Belouchrani (Ecole Polytechnique, Alger, Juillet-Septembre 2003).

**Doctorants :** L. Berriche : estimation de canal et codes espace-temps, R. Chavanne : déconvolution pour Radar trans-horizon (ONERA), K. Hallouli : reconnaissance de noms propres dans les documents dégradés, W-P. Hong : identification aveugle, : evaluation de l'approche semi-paramétrique, R. Gallego : amélioration de la mobilité pour le GSM, M. Karray (FTRD-thèse externe), B. Mouhouche : amélioration de la détection et de l'estimation du canal dans l'UMTS-FDD, G. Picard : méthodes de restauration audio pour les distributions non-linéaires (INA), L. Rigouste : méthodes statistiques pour l'analyse exploratoire de données textuelles (FT R&D), M. Sahmoudi : séparation de sources pour signaux impulsifs, E. Sanchez-Soto : reconnaissance segmentale de la parole et réseaux bayésiens, W. Soudène : restauration d'image orientée qualité (Institut Galilée, thèse externe), T. Trigano : Estimation de densité de probabilité pour la spectroscopie (CEA).

**Doctorants ayant soutenu depuis 2002 :** M. Abdi (Nortel) [2002], E. Bratsolis [2003], S. Burykh [2002], J-M Chaufray (UMLV), P. Cheung (Thalès) [2003], M. Debbah (UMLV) [2002], E. Grosicki (FTRD) [2003], A. Saffari [2002].

**Postdocs :** M-A. Khalighi (octobre 2003-octobre 2004), J.M. Chaufray (juin 2003-décembre 2003).

**Recherche :** L'activité de recherche est aujourd'hui articulée autour de deux grands thèmes qui ont acquis, au cours des deux dernières années, une certaine indépendance :

**Méthodes d'inférence statistique pour le traitement de l'information** qui se décline autour de trois sous-thèmes : **données dépendantes et séries chronologiques**, **méthodes numériques d'inférence** et **séparation de sources**. Ce thème fédère l'ensemble des recherches menées à l'Ecole dans le domaine du traitement statistique de l'information. Les thèmes choisis, volontairement restreints pour éviter la dispersion, ont permis à notre travail d'être visible et reconnu, tant

dans la communauté du traitement du signal, que des statistiques et des probabilités appliquées (ce qui est nouveau). Nous nous proposons dans un avenir proche d'ouvrir nos thématiques vers les méthodes d'apprentissage statistique, en particulier pour les applications de fouille dans des grands ensembles de données et d'indexation automatique, pour lesquelles une demande forte est en train d'émerger.

**Traitement du signal pour les communications** qui s'articule autour de deux sous thèmes : **systèmes multi-antennes** et **systèmes à accès multiples**. Ce thème, également au cœur de l'histoire de TSAC, couvre un domaine dorénavant clairement identifié dans la communauté « signal » avec ses propres comités et groupes de travail. L'équipe a un savoir-faire reconnu dans ce domaine, relativement unique dans le monde académique français. Les travaux de recherche sur ce thème ont pleinement bénéficié, au cours des deux années écoulées, de l'association avec le laboratoire Syscom de l'Université de Marne la Vallée (UMLV).

L'équipe TSAC maintient, en marge de ces thèmes principaux, une activité en **systèmes fractionnaires et représentations diffusives**. Enfin, plusieurs enseignants-chercheurs de TSAC (M. Sigelle et, dans une moindre mesure, M. Charbit) ont développé au cours des deux dernières années un thème de recherche autonome autour du **traitement automatique de la parole** et de **l'interaction homme-machine**. Cette activité est réalisée en étroite synergie avec plusieurs membres de l'équipe PAM, et a vocation à évoluer vers un projet de recherche autonome dans le cadre de la réforme en cours de l'organisation de la recherche. Ces activités sont présentées dans le rapport d'activité du groupe PAM, page 26.

**Ecole doctorale :** Nous avons privilégié, au cours des dernières années, l'encadrement d'étudiants à fort potentiel (principalement, des élèves ingénieurs de Télécom Paris ou d'autres Ecoles, souvent financés par des contrats industriels ou des bourses CIFRE). Nous maintenons cette option, tout en ayant conscience que nous souffrons aujourd'hui de la désaffection des élèves de l'Ecole pour les études doctorales et de notre éloignement des viviers naturels d'étudiants de valeur (Ecole Normale, grandes universités parisiennes). Nous avons tenté, en nous associant avec l'Université de Paris 7 dans le cadre de la réforme LMD, de remédier à ce problème. Nous avons, en revanche, la chance de bénéficier de la présence de chercheurs invités d'autres universités ou écoles parisiennes, qui enrichissent notre potentiel de recherche.

**Valorisation :** Nous avons choisi de nous consacrer en priorité à des programmes comportant une part significative de recherche méthodologique. Cela s'est traduit par la participation à des projets de grand intérêt scientifique (actions spécifiques du CNRS, actions incitatives du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, collaboration avec le département IN2P3) mais dont la dotation financière est souvent faible. Nous avons également au cours de l'année 2003 souffert de la diminution significative du financement provenant des réseaux R2IT). D'un point de vue thématique, les applications en traitement du signal pour les communications (qui font partie de l'histoire de l'équipe) restent encore aujourd'hui une source importante de financement contractuel : nos contacts avec le tissu industriel sont encore très nombreux et notre notoriété y est clairement établie. Nos recherches en statistique pour les TIC commencent à atteindre un degré de maturité permettant d'espérer une croissance importante des revenus de notre recherche contractuelle dans ces domaines : nous menons actuellement des actions en métrologie des réseaux (projet RNRT Métropolis), fouille de textes (convention CRE avec FT R&D), indexation de bases de données d'images (contrat avec le CNES, en collaboration avec l'équipe T11), astrophysique et spectroscopie.

**Rayonnement :** Au cours de ces deux dernières années, nous avons poursuivi de nombreuses collaborations scientifiques avec différents organismes en France et dans le monde. Nous entretenons des relations suivies en particulier avec le Centre de Recherche en Economie et Statistique (CREST), le Centre de Mathématiques Appliquées de l'Ecole Polytechnique (CMAPX), le Centre de Mathématiques et de leurs Applications de l'ENS de Cachan (CMLA), l'équipe Pcc (Physique Corpusculaire et Cosmologie) du Collège de France, le laboratoire de Statistique et de recherche

opérationnelle de New York University (NYU) et le département de Statistique de l'Université de Bristol. Plusieurs membres de l'équipe sont impliqués dans des actions d'animation de la communauté scientifique au niveau national (AS et RTP CNRS) et international (comités techniques et éditoriaux IEEE).

## 1 Méthodes d'inférence statistique pour le traitement de l'information

L'objet principal des méthodes d'inférence statistique est d'extraire l'information de données. Il s'agit d'une tâche universelle et complexe, qui recouvre de nombreux domaines et qu'il serait illusoire de vouloir aborder dans son intégralité. Nous l'abordons sous trois angles complémentaires différents :

- données dépendantes (séries chronologiques) ;
- méthodes algorithmiques d'inférence ;
- analyse en composantes indépendantes.

### 1.1 Données dépendantes

**E. Moulines, F. Roueff, G. Faÿ, P. Soulier.**

L'inférence statistique pour les séries chronologiques est un domaine important, recouvrant les problématiques traditionnelles de traitement du signal (mesure physique, audio, parole) mais aussi des applications variées, que nous sommes loin de couvrir de façon exhaustive (économétrie, finance quantitative, trafic).

Nous avons poursuivi notre effort de recherche sur la caractérisation et l'inférence pour les processus à mémoire longue, en collaboration avec le Pr. P. Soulier (Paris X- associé), G. Faÿ (Lille-associé) et le Pr. C. Hurvich (New York University). Nous nous sommes intéressés en particulier à l'inférence semi-paramétrique du coefficient de mémoire longue dans le domaine de Fourier, en nous attachant particulièrement aux méthodes d'estimation robustes à différentes sources de contamination des données : tendance déterministe, bruit additif [88]. Nous avons ensuite entrepris l'étude des méthodes fréquentielles dans certaines classes de modèles non-linéaires et les modèles de volatilité stochastiques à mémoire longue (FIGARCH, FIEGARCH). Ces modèles, extensions naturelles des processus ARCH et GARCH, s'avèrent particulièrement intéressants pour modéliser les séries financières et les trafics [457].

L'analyse asymptotique des algorithmes d'inférence fréquentiels a rendu nécessaire l'analyse du processus empirique spectral des processus à mémoire longue. Nous nous sommes concentrés tout d'abord sur les processus gaussiens puis nous avons entrepris d'étendre ces résultats au cas linéaire non gaussien [73]. Cette extension s'est avérée beaucoup plus difficile que prévue : elle nous a conduit à développer de nouveaux résultats sur les développements asymptotiques de loi de tableau infini de variables aléatoires indépendantes [452].

Sous l'impulsion du Pr. R. Dahlhaus (Univ. Heidelberg) [séjour sabbatique E. Moulines Avril 2002], nous avons entrepris l'étude des processus localement non-stationnaires : nous nous sommes en particulier intéressés aux problèmes liés à l'estimation récursive de modèles autorégressifs localement stationnaires, obtenant des résultats originaux sur la capacité de poursuite de ces algorithmes dans un cadre peu ou pas étudié jusqu'alors ainsi que des méthodes de réduction du biais [294, 467]. La modélisation localement stationnaire est un domaine encore largement ouvert et prometteur dans lequel nous souhaitons poursuivre notre effort à l'avenir.

Dans le cadre d'une collaboration naissante avec le groupe TII, nous avons introduit et étudié (travail en cours) des nouveaux modèles de champs aléatoires obtenus comme limite d'un modèle feuilles mortes (voir page 38 du rapport).

Nous avons poursuivi l'étude des liens entre les notions de régularité introduits par la physique

(dimension de Hausdorff, autosimilarité) et celles, plus simples, de régularité fonctionnelle telles que les normes de coefficients d'ondelettes dans un cadre déterministe [112] et aléatoire [111]. Ces résultats ont ensuite été étendus à des processus aléatoires plus généraux dans [38]. Nous envisageons, dans le cadre d'une collaboration avec A. Ayache (sabbatique CNRS ENS Cachan) d'appliquer ces techniques aux graphes de processus  $\alpha$ -stables autosimilaires (définis à partir des mesures  $\alpha$ -stables) pour lesquels un intérêt croissant s'est manifesté aussi bien d'un point de vue théorique qu'appliqué ces dernières années.

**Rayonnement :** Nous avons poursuivi l'application de ces méthodes pour l'analyse et la caractérisation des mesures passives de trafic dans les réseaux haut-débit (voir [475, 51]) et contribué au projet METROPOLIS; thèse de M. Karray (FT R%D) - septembre 2003).

Un travail est en cours avec le CEA sur les méthodes de désempilement de processus de Poisson pour la spectroscopie Gamma (thèse de T. Trigano, début décembre 2002).

L'analyse de la régularité dans les images a été soutenue par un projet jeune chercheur du GdR Isis (septembre 2001-septembre 2003).

Les travaux sur la mémoire longue, la dépendance et les extrêmes ont été soutenus dans le cadre de l'ACI (Action Coordonnée Incitative) « Nouvelles Interfaces des Mathématiques » (ACI « Extrêmes et dépendance », responsable P. Soulier).

Nous avons poursuivi la collaboration avec New York University sur la modélisation des processus à mémoire longue (plusieurs séjours), en particulier, dans les processus hétéroscédastiques.

Nous avons débuté une collaboration avec l'Université d'Heidelberg (séjour) sur les processus localement stationnaires.

## 1.2 Méthodes algorithmiques d'inférence

**O. Cappé, M. Charbit, E. Moulines, J. Najim, R. Douc, P. Soulier, P. Cheung, G. Picard, L. Rigouste, T. Trigano.**

Le premier axe de recherche sur ce thème concerne les algorithmes numériques d'inférence, en particuliers les méthodes de simulation de données manquantes ou de lois a posteriori (Monte-Carlo par Chaînes de Markov, échantillonnage d'importance séquentiel, filtrage particulaire) ainsi que les méthodes associées d'optimisation (approximation stochastique notamment).

Nous avons poursuivi l'étude des méthodes de Monte Carlo par Chaînes de Markov (MCMC), tant du point de vue théorique que pratique. D'un point de vue théorique, nous nous sommes intéressés à la modélisation du mélange des chaînes de Markov à espace d'états généraux, étendant l'étude entreprise dans des travaux de thèse antérieurs [77, 78] sur le mélange riemanien des chaînes. Nous avons obtenu une extension importante des conditions de dérive de Foster-Lyapounov qui permet de déterminer la vitesse de mélange des chaînes, pour des taux non-exponentiels [441]. Nous avons complété ce travail en déterminant, à l'aide de ce nouveau critère de dérive, des constantes explicites de mélange de la chaîne, étendant des résultats que nous avons obtenus dans le cas de mélanges exponentiels [443]. Nous nous sommes aussi intéressés aux méthodes de simulation en dimension variable. Nous avons comparé les propriétés de différentes stratégies de simulation en dimension variable - les méthodes MCMC à saut réversible de Green et les méthodes par processus de naissance et de mort de Stephens - dont nous avons montré (sous certaines conditions) l'équivalence [53]. Nous avons poursuivi l'étude des méthodes MCMC adaptatives - optimisation des paramètres des méthodes de simulation en fonction des valeurs simulées - dont nous avons commencé l'étude en 2001 et qui suscitent un intérêt certain dans la communauté. Nous avons proposé différentes méthodes d'adaptation et obtenu des résultats de convergence (loi des grands nombres et théorème de limite centrale) pour certains de ces schémas, permettant de démontrer l'intérêt des algorithmes proposés [405]. Ces travaux sont fondés sur de nouveaux résultats en approximation stochastique [406] (collaboration avec l'Univ. de Bristol).

Nous avons aussi débuté l'étude des méthodes de simulation par particules en interactions. Ces

méthodes sont prometteuses à la fois pour la simulation dans des espaces de grande dimension (comme alternative aux méthodes MCMC classiques) et pour la simulation séquentielle, problème qui se pose naturellement dans les applications de filtrage non-linéaire. Nous avons travaillé (en collaboration avec l'Univ. Paris-Dauphine) sur les méthodes de Monte-Carlo parallèles en interaction, pour lesquelles nous avons obtenu des résultats préliminaires (article soumis au *Journal of Computational and Graphical Statistics*). D'un point de vue plus théorique, nous avons en particulier obtenu des résultats (déviations modérées) [442] sur la convergence des systèmes de particules dans des algorithmes de type *bootstrap filter*. Nous avons aussi proposé de nouvelles méthodes de simulation séquentielles, particulièrement adaptées à la simulation dans des espaces discrets de grande dimension [431]. Ces résultats sont préliminaires et ces études devraient porter de nombreux fruits dans un futur proche.

Parallèlement à ces travaux sur les méthodes numériques, un second thème qui revêt une d'importance au sein de l'équipe est celui des modèles de Markov cachés (mieux connus sous le sigle HMM, pour *Hidden Markov Model*). Ces modèles probabilistes occupent aujourd'hui une place centrale dans des applications aussi variées que la reconnaissance de parole, la poursuite en environnement complexe, la bio-informatique, la modélisation et le contrôle de réseaux, les communications numériques, etc. Nous avons (en collaboration avec T. Rydén, Univ. Lund, Suède) établi la convergence de l'estimateur du maximum de vraisemblance pour les HMM et les modèles autorégressifs à régime markovien, étendant, de façon significative, l'état de l'art dans ce domaine [445]. Nous avons entrepris l'écriture d'un ouvrage de synthèse sur les modèles de Markov cachés. Ce travail de rédaction, dirigé par O. Cappé, E. Moulines et T. Rydén, se fait dans le cadre d'un contrat signé avec l'éditeur Springer pour un livre à paraître en 2004. La version actuelle du texte fait approximativement 350 pages, ce qui correspond à peu près au deux tiers du volume visé.

**Rayonnement** Les travaux sur ce thème ont été fortement soutenus par le CNRS dans le cadre de l'action spécifique « Méthodes particulières » du CNRS, animée par O. Cappé, qui faisait suite au projet MathSTIC « Modèles de Markov cachés et particules », animé par E. Moulines. Ce dernier est par ailleurs co-animateur du RTP CNRS « Mathématiques de l'Information du Signal et des Images ». E. Moulines a également coordonné la proposition de réseau européen de type TMR (actuellement en cours d'examen) « STALKER » autour de l'apprentissage statistique.

### 1.3 Séparation de sources

#### J-F. Cardoso, W-P. Hong.

La séparation de sources (ou analyse en composantes indépendantes : ICA) traite des signaux multicanaux pour en extraire les composantes sous-jacentes (ou « sources ») en ne s'appuyant que sur la seule hypothèse d'indépendance statistique des signaux sources. C'est la généralité de cette approche novatrice qui, depuis plus d'une dizaine d'années, en a permis le développement constant grâce aux applications possibles dans de nombreux domaines : signaux audio (problème de la cocktail-party), signaux bio-médicaux (électro-cardiographie, potentiels évoqués), signaux de communications (antennes intelligentes).

**Avancées théoriques** Nous développons des approches de la séparation de sources incluant des modèles probabilistes permettant une adaptation « automatique » à la distribution des sources sous-jacentes, en particulier, en collaboration avec D.-T. Pham (LMC IMAG) via un partitionnement entropique du plan temps-fréquence (article invité [474] à la conférence SPIE Wavelets-X).

Un autre axe théorique, très instructif, est l'élucidation des liens entre fonctions de contrastes utilisées en ICA, dans le cadre de la géométrie de l'information [54].

**Applications** Nous consacrons désormais une partie très significative de nos efforts aux applications astrophysiques de la séparation de sources et, plus généralement, des méthodes modernes de

traitement statistique de l'information, à travers une collaboration avec l'équipe ADAMIS (Analyse de Données en Astroparticules, Modélisation, Interprétation, Simulation) récemment créée par J. Delabrouille au sein de la fédération APC (Astroparticules et cosmologie) de Paris 7, étendant ainsi notre collaboration avec l'équipe de cosmologie observationnelle du laboratoire PCC de l'IN2P3/Collège de France.

Notre application principale est la séparation de sources en imagerie astrophysique multi-canaux [66, 105], en vue de l'exploitation des mesures obtenues lors de la mission Planck d'étude du rayonnement fossile (lancement du satellite en 2007). D'autres applications, en cours de développement, concernent la détection de sources ponctuelles ou la détection de non-gaussianité dans le rayonnement cosmologique.

**Rayonnement** J.-F. Cardoso a participé comme enseignant à deux écoles d'été sur des thèmes de traitement statistique, de séparation de sources, et de géométrie de l'information : École d'été de Mathématiques Appliquées au CEMRACS en 2002 et à la *Machine Learning Summer School* à Tubingen en 2003. Il a aussi été *keynote speaker* dans plusieurs conférences internationales : EUSIPCO 2002, Journées de Statistiques de Bruxelles (mai 2002), International workshop on independent component analysis (Japon, 2003).

J.-F. Cardoso a reçu à l'automne 2003 le prix Michel Monpetit, décerné par l'Académie des Sciences.

Nous avons créé et maintenons le site web *Ica Central*, hébergé à Télécom Paris<sup>1</sup> qui fédère sur l'Internet la recherche internationale en séparation de sources.

## 2 Traitement du signal pour les communications

**K. Abed-Meraim, Ph. Loubaton (UMLV), E. Moulines, G. Kawas Kaleh, M. Abdi, J.M. Chaufray, M. Debbah (UMLV), P. Cheung Mon Chan, S. Burykh, A. Safavi, R. Chavanne, L. Berriche, E. Grosicki, B. Mouhouche, A. Khalighi, M. Sahnoudi, C. Barkat, B. Boashash, A. Belouchrani.**

Le traitement du signal pour les communications a pour objectif des algorithmes et des méthodes d'analyse pour résoudre les problèmes rencontrés au niveau de la couche physique (éventuellement la couche MAC) d'un système de communications numériques. Notre recherche s'articule autour de 2 sous-thèmes principaux qui sont les systèmes multi-canaux et les systèmes à accès multiple.

### 2.1 Systèmes multi-canaux

On retrouve sous ce thème 3 axes de recherche fondamentaux dans lesquels nous nous sommes investis durant les 5 dernières années :

**Egalisation autodidacte pour systèmes SIMO et MIMO** L'identification et l'égalisation autodidacte a été longtemps le thème fédérateur de l'équipe. Au cours des 2 dernières années, nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux problèmes liés à la robustesse des méthodes de déconvolution autodidacte multicapteurs [81, 80, 329, 127], à la mise en œuvre de ces méthodes pour des systèmes à grande dimension (travail en collaboration dans le cadre d'un projet CNRS MathSTIC), et à la séparation aveugle des signaux pour les systèmes MIMO [123, 325, 409, 1, 3].

Nous développons actuellement des techniques de déconvolution autodidacte pour des canaux spéculaires et variables dans le temps suivant un modèle de variation connu a priori (obtenu par des modèles physiques de propagation) [212].

---

<sup>1</sup><http://www.tsi.enst.fr/icacentral>

**Codage spatio-temporel** Les codes espace-temps sont des codes dont les mots sont définis à partir de symboles émis sur plusieurs antennes. Lorsque ces antennes sont suffisamment espacées, ce type de code permet d'exploiter la diversité d'espace ce qui permet d'augmenter de façon très significative la capacité des systèmes : idéalement, si on utilise, à la réception un nombre  $n$  d'antennes égal au nombre d'antennes à l'émission, alors la capacité du canal MIMO est égale à  $n$  fois la capacité d'un canal élémentaire. Nous avons travaillé principalement sur les deux aspects suivants :

- les codes en blocs linéaires à rendement plein ( $n$  symboles par utilisation du canal) utilisant des rotations algébriques [62],
- l'utilisation de codes algébriques avec un système d'accès multiples DS-CDMA [63].

Ces familles de codes nous permettent d'atteindre d'excellentes performances avec des décodeurs de complexité raisonnable. De plus, nous travaillons aussi sur le décodage conjoint à l'estimation des coefficients du canal qui nous permettent d'éviter d'envoyer des séquences d'entraînement trop longues qui diminuent l'efficacité spectrale [412].

**Localisation de mobile et traitement d'antennes** Il s'agit ici d'estimer la position du mobile dans un système cellulaire à partir des signaux reçus (et éventuellement, transmis) au niveau d'une ou plusieurs stations de bases (SB). Nous avons dans ce cadre développé et évalué plusieurs stratégies de localisation utilisant, dans un premier temps, les estimées des temps de retards. Un des problèmes majeurs à résoudre ici est celui de la perception du mobile par les SB lointaines (non-serveuses). Les solutions proposées (pour les systèmes UMTS) sont fondées sur l'utilisation de schémas de suppression d'interférence parallèle en liaison montante et d'estimation robuste du canal (exploitant la structure du canal et le caractère pseudo-aléatoire des codes de brouillage) en liaison descendante [256, 295].

Nous nous sommes intéressés à des stratégies de localisation utilisant conjointement les angles et retards d'arrivée. Nous avons proposé une méthode d'estimation (des angles et retards) combinant la technique RAKE et des méthodes haute-résolution [257].

Un autre problème majeur de la localisation de mobile est celui de l'absence de trajet direct (NLOS). En effet, dans le cas où le mobile est reçu par un grand nombre de SB (ce qui est typique du cadre urbain), nous avons développé des critères de « cohérence des mesures » permettant de sélectionner pour la localisation les SB les « plus fiables » et ainsi atténuer significativement l'effet NLOS [449].

Finalement, dans le cadre d'une collaboration avec FT R&D, nous avons réalisé une étude sur la modélisation et l'estimation des paramètres de canaux mobile par des méthodes haute-résolution de type ESPRIT multi-dimensionnelle et multi-résolution ESPRIT .

## 2.2 Systèmes à accès multiple

Nous nous sommes intéressés ici essentiellement aux systèmes d'accès multiple à répartition par code (CDMA). Nos travaux de recherches dans ce domaine se sont articulés autour des 3 axes suivants :

**Communication multi-utilisateurs** De nombreux systèmes de communication souffrent d'interférences entre utilisateurs qui limitent le débit de l'information transmise.

- Dans un cadre mono-utilisateur, la transmission à un débit proche de la capacité impose au signal émis une densité spectrale déterminée par le théorème de *water-filling*. Nous étudions son extension au cas d'utilisateurs multiples pour la DSL. Pour le canal radioélectrique, il convient d'inclure le cas d'antennes multiples qui permet d'accroître sensiblement la capacité du canal.
- L'idée de mettre en œuvre des méthodes non-linéaires de détection conjointe des symboles des différents utilisateurs fait l'objet de nombreuses recherches dans le monde. La détection multi-utilisateurs permet de combattre efficacement l'effet d'éblouissement. Nous avons étudié des méthodes d'annulation d'interférences autodidactes [187, 189, 389].

**Filtrage à rang réduit** Le filtrage adaptatif reste une des techniques les plus populaires en traitement du signal, pour la détection, l'égalisation et le débruitage des signaux.

Le paramètre important d'un filtre adaptatif est la longueur de sa réponse impulsionnelle. Généralement, plus le filtre est long, plus il dispose de degrés de liberté pour s'approcher des caractéristiques du système modélisé. D'un autre côté, la longueur a ses inconvénients : la complexité (et, donc, le coût) de l'implantation croît avec la taille du filtre tandis que la vitesse de convergence diminue. Le filtrage adaptatif à rang réduit est une réponse pratique à ce dilemme. Cette technique permet des économies substantielles en termes de complexité, tout en apportant des gains significatifs en vitesse de convergence. Nos travaux sur ce thème nous ont d'abord permis de développer une représentation unifiée des méthodes existantes ainsi que de proposer un nouvel algorithme plus rapide exploitant la technique du gradient conjugué [188, 48]. Celui-ci a été appliqué à la détection multi-utilisateurs en DS-SS et à l'égalisation au rythme-chip en UMTS-FDD [291, 290].

**Évaluation de performances** L'enjeu est de développer un cadre méthodologique permettant d'analyser les performances des systèmes en mettant en évidence l'impact des différents paramètres d'ingénierie (charge du système, politique de contrôle de puissance, antennes adaptatives, compromis entre codage et étalement).

Quelques travaux récents ont montré l'apport des techniques issues de la théorie des matrices aléatoires pour déterminer des expressions asymptotiques simples de la performance quand le nombre d'utilisateurs et le facteur d'étalement convergent vers l'infini à la même vitesse. L'essentiel de ces travaux ont été effectués toutefois sur la liaison montante dans un cadre asynchrone, où l'approximation des codes par des séquences pseudo-aléatoires est satisfaisante [256, 295].

Ce modèle est inapproprié pour décrire les liaisons descendantes synchrones, les codes étant toujours quasiment orthogonaux. Nous nous sommes donc intéressés à étendre ce type de résultats, en remplaçant les matrices aléatoires à coefficients indépendants par les matrices aléatoires orthogonales. Dans ce contexte, les outils sont d'une nature tout à fait différente, et nous avons utilisé des résultats issus de la théorie des probabilités libres afin de parvenir à expliciter la performance asymptotique [211, 278, 432].

**Rayonnement** L'équipe a valorisé ces différentes recherches par de nombreuses collaborations industrielles, qui se matérialisent le plus souvent par des co-encadrements de thèse ou des participations dans des consortiums RNRT ou européens. Citons en particulier :

- Projet européen IST ANTIUM : analyse des scénarios de brouillage dans les réseaux cellulaires de troisième génération, et leurs impacts sur les performances (coordonnateur Thalés Communications). Notre rôle est la mise en place des algorithmes correspondants au mode FDD de l'UMTS.
- contrat DGA LOLITA2 : algorithmes de démodulation aveugle des modulations de fréquence à phases continues.
- Projet RNRT DOLIE : faisabilité du CDMA pour la transmission haut débit sur le réseau électrique domestique.
- RNRT OPERA2 : définition d'outils de planification cellulaire pour les réseaux UMTS avec antennes adaptatives.
- Projet avec FT R & D sur l'apport du traitement d'antennes en localisation de mobile.
- Projet RNRT FESTIVAL : « Techniques applicables à l'OFDM pour l'estimation semi-aveugle de canal ».
- Projet avec FT R & D sur les méthodes haute-résolution pour l'estimation des paramètres de propagation de canaux radio-mobile.
- Collaboration avec l'ONERA dans le cadre de la thèse de R. Chavanne sur le thème « Traitement d'antennes et déconvolution aveugle pour les radars trans-horizon ».
- Projet CNRS MathSTIC en collaboration avec le département de mathématiques appliquées de l'université d'Orsay intitulé « Exploitation des structures Hankel / Töplitz pour le développement de méthodes efficaces pour la déconvolution de systèmes de grandes dimensions ».



- Projet CNRS MathSTIC en collaboration avec le LSS et le département de mathématiques appliquées de l'université d'Orsay intitulé « Techniques d'Estimation et de Détection pour les Signaux Impulsifs et Applications ».

L'équipe a développé de nombreuses actions de recherche avec Thalès Communications. Des collaborations plus ponctuelles ont été entreprises avec France-Télécom R&D, Nortel Networks et Motorola.

Aussi, l'équipe a co-organisé avec l'institut Galilée de l'université Paris-XIII le colloque international ISSPA 2003 (*International Symposium on Signal processing and its Applications*, Juillet, Paris, 2003) qui a regroupé plus de 300 chercheurs de 52 pays.

### 3 Opérateurs différentiels fractionnaires et représentations diffusives

#### D. Matignon.

Les représentations diffusives d'opérateurs différentiels fractionnaires et plus généralement pseudo-différentiels offrent un formalisme général et efficace pour l'analyse, la synthèse et l'approximation numérique d'une large famille de phénomènes non-standard [16]. Les recherches ont été engagées selon 6 axes :

- l'étude du diffusif à temps discret [222, 438, 437] ;
- la preuve d'existence et d'unicité des solutions d'une famille de systèmes couplés à du diffusif en temps continu (théorème de Lumer-Phillips) [258] ;
- l'établissement et la preuve de convergence de schémas numériques ad hoc, illustrés par des simulations [395] ;
- la preuve du caractère asymptotique de la stabilité interne de tels systèmes, sans utiliser (comme proposé par erreur dans [285]) le principe d'invariance de LaSalle qui, en dimension infinie, requiert l'hypothèse de précompacité des trajectoires : c'est une analyse spectrale fine du générateur du semigroupe qui autorise l'utilisation du résultat de stabilité de Arendt-Batty ou Lyubich-Vu Quoc Phong [463, 462] ;
- l'établissement de la relation entre les systèmes diffusifs standard et la classe des *well-posed systems* introduite par Weiss [465, 464] ;
- l'étude des représentations diffusives de seconde espèce et de leur approximation numérique [264, 456].

Nous poursuivons actuellement ces travaux sur des systèmes non-linéaires [455].

**Rayonnement** D. Matignon a bénéficié, de Septembre 2002 à Mars 2003, d'un séjour d'études au sein du projet Sosso de l'INRIA Rocquencourt. Th. Hélie, doctorant co-encadré avec X. Rodet de l'IRCAM, a obtenu le prix des meilleures thèses en automatique décerné par le club EEA avec la participation du GdR Automatique du CNRS. Des collaborations effectives ont été engagées avec l'INRIA (projets Sosso, Ondes et action Corrida), l'ENS de Cachan (laboratoire Satie), l'IRCAM (équipe Analyse-Synthèse), le Laboratoire des Signaux et Systèmes, le département de Mathématiques de l'Université de Twente aux Pays-Bas, le Laboratory for Nonlinear Systems de l'EPFL de Lausanne en Suisse.

Nombre de permanents (GET et CNRS)	12
Nombre de thèses soutenues en 2002 et 2003	8
Livres et chapitres de livres	5
Articles de revues et articles dans des collections	38
Communications à des congrès avec actes	65
Chiffre d'affaires sur contrat en 2002-2003 (en kEuros)	250

TAB. 5.1 – Quelques chiffres de la production scientifique du groupe TSAC en 2002 et 2003.

## **6. Publications depuis 2002**

Nous présentons ici une sélection des publications les plus significatives de notre activité de recherche depuis 2002. Une liste exhaustive et à jour peut être consultée sur notre site : <http://www.tsi.enst.fr/>.

# Bibliographie

## 1 Livres et chapitres de livres

- [1] K. Abed-Meraim, A. Belouchrani, and R. Leyman. *Blind Source Separation Using Time-Frequency Distributions*. Elsevier (Editor : B. Boashash), 2003.
- [2] K. Abed-Meraim, Y. Hua, and M. Haardt. Joined schur decomposition : Algorithms and applications. *Book Chapter*, 2002.
- [3] K. Abed-Meraim, L.T. Nguyen, and A. Belouchrani. *Underdetermined Blind Separation of FM-like Signals*. Elsevier (Editor : B. Boashash), 2003.
- [4] R. Ben-Jemaa and F. Schmitt. Recalage 3d. In Jean Gallice, editor, *Images de profondeur*, chapter 3, pages 127–180. Hermes Lavoisier, Paris, France, 2002.
- [5] G. Blanchet. *Commande et temps discret*. Hermès, Paris, France, 2003.
- [6] I. Bloch (Sous La Direction De). *Fusion d'informations en traitement du signal et des images*. Hermès, Traité IC2, Paris, France, 2003.
- [7] I. Bloch. Morphologie mathématique. In H. Maître, editor, *Le traitement des images*, chapter 5, pages 111–155. Hermes-Lavoisier, Collection IC2, Paris, 2003.
- [8] I. Bloch. Représentations discrètes. In H. Maître, editor, *Le traitement des images*, chapter 3, pages 55–88. Hermes-Lavoisier, Collection IC2, Paris, 2003.
- [9] I. Bloch. Traitement d'images. In B. Bouchon-Meunier and C. Marsala, editors, *Traitement de données complexes et commande en logique floue*, chapter 3, pages 95–152. Hermes, Paris, France, 2003.
- [10] H. Brettel, J. Y. Hardeberg, and F. Schmitt. Webcam for interactive multispectral measurements. In Lindsay W. MacDonald and M. Ronnier Luo, editors, *Colour Image Science : Exploiting Digital Media*, chapter 7, pages 132–150. John Wiley & Sons, Chichester, UK and New York, USA, 2002.
- [11] F. Cayre, B. Macq, H. Maître, and F. Schmitt. Tatouage des objets à 3d. In F. Davoine and S. Pateux, editors, *Tatouage de documents audiovisuels numériques*. Lavoisier-Hermes - Collection IC2, Paris, 2003.
- [12] G. Coatrieux and H. Maître. Images médicales, sécurité et tatouage. In F. Davoine and S. Pateux, editors, *Tatouage de documents audiovisuels numériques*. Lavoisier-Hermes - Collection IC2, Paris, 2003.
- [13] Y. Gousseau. Les équations aux dérivées partielles en traitement d'images. In H. Maître, editor, *Le traitement des images*, chapter 8, pages 215–239. Hermes-Lavoisier, Collection IC2, Paris, 2003.
- [14] J.-P. Guillois, M. Charrier, C. Lambert, and B. Paucard. Standarts de compression d'images fixes. In M. Barlaud and C. Labit, editors, *Compression et codage des images et des vid ?os*, chapter 4, pages 97–131. Lavoisier-Hermes - Collection IC2, Paris (France), 2002.
- [15] H. Maître (Sous La Direction De). *Le traitement des images*. Hermès, Traité IC2, Paris, France, 2003.

- [16] D. Matignon. Introduction au calcul fractionnaire. In P. Abry, P. Gonçalves, and J. Lévy-Véhel, editors, *Fractals et Lois d'Echelle*, chapter 4. Hermès, Paris (France), 2002.
- [17] E. Moulines, J. Najim, and P. Priouret. Introduction aux probabilités et éléments de calcul stochastique. In J.-P. Richard, editor, *Mathématiques pour les systèmes dynamiques*, pages 1–80. Hermès Science Publication, Paris, 2002.
- [18] B. Pesquet-Popescu and J. C. Pesquet. Ondelettes et traitement d'images. In H. Maitre, editor, *Le traitement des images*, chapter 7, pages 193–212. Hermes-Lavoisier, Collection IC2, Paris, 2003.
- [19] F. Tupin and M. Sigelle. Les champs de Markov. In H. Maitre, editor, *Le traitement des images*, chapter 6, pages 155–190. Hermes-Lavoisier, Collection IC2, Paris, 2003.

## 2 Collections d'articles

- [20] I. Bloch. Fusion of Information under Imprecision and Uncertainty, Numerical Methods, and Image Information Fusion. In A. K. Hyder et al., editor, *Multisensor Data Fusion*, pages 267–294. NATO Science Series, Kluwer, 2002.
- [21] I. Bloch. Mathematical Morphology and Spatial Relationships : Quantitative, Semi-Quantitative and Symbolic Settings. In L. Sztandera and P. Matsakis, editors, *Applying Soft Computing in Defining Spatial Relationships*, pages 63–98. Physica Verlag, Springer, 2002.
- [22] I. Bloch. Unifying Quantitative, Semi-Quantitative and Qualitative Spatial Relation Knowledge Representations using Mathematical Morphology. In T. Asano, editor, *LNCS 2616 Theoretical Foundations of Computer Vision*, pages 153–164. Springer, 2002.
- [23] I. Bloch. Méthodes numériques en fusion de données. In N.-E. El Faouzi, editor, *Recueil multiforme et fusion de données en circulation routière*, pages 59–90. Lavoisier, collection de l'INRETS, Arcueil, Paris, 2003.
- [24] I. Bloch. On Fuzzy Spatial Distances. In P. Hawkes, editor, *Advances in Imaging and Electron Physics, Volume 128*, pages 51–122. Elsevier, Amsterdam, 2003.
- [25] I. Bloch and J. Lang. Towards Mathematical Morpho-Logics. In B. Bouchon-Meunier, J. Gutierrez-Rios, L. Magdalena, and R. Yager, editors, *Technologies for Constructing Intelligent Systems*, pages 367–380. Springer, 2002.
- [26] I. Bloch and H. Maître. Fusion d'informations en traitement d'images : spécificités, modélisation et combinaison par des méthodes numériques. *Techniques de l'Ingénieur*, TE 5 230 :1–26, 2002.
- [27] I. Bloch and A. Saffiotti. On the Representation of Fuzzy Spatial Relations in Robot Maps. In B. Bouchon-Meunier, L. Foulloy, and R. R. Yager, editors, *Intelligent Systems for Information Processing : From Representation to Applications*, pages 47–57. Elsevier, Amsterdam, 2003.
- [28] E. Bratsolis. Automated data analysis in astronomy. In H.P. Singh R. Gupta and C.A.L. Bailer-Jones, editors, *Automatic Detection, Extraction and Classification of Low-dispersion Objective Prism Stellar Spectra in Star-forming Regions of SMC*, pages 99–114. Narosa Publishing House, New Delhi, India, 2002.
- [29] R. Carré and J.M. Hombert. Variabilité phonétique en production et perception de parole : stratégies individuelles. In J. Lautrey, B. Mazoyer, and P. van Geert, editors, *Invariants et Variabilité dans les Sciences Cognitives*. Presses de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 2002.
- [30] P. Denieul, H. Brettel, A. Monot, and F. Viénot. Vision et visualisation, doi :10.1051/bib-sfo :2002027. In G. Roblin, editor, *Collection de la Société Française d'Optique (SFO), version électronique*, pages 315–337. EDP Sciences, <http://www.bibsciences.org/>, Les Ulis, France, 2002.

- [31] E. Moulines and P. Soulier. Semiparametric estimation for fractional processes. In P. Doukhan, G. Oppenheim, and M. Taquq, editors, *Long range dependence : Theory and Applications*. Birkhauser, Boston, 2002.
- [32] D. Petrovska and G. Chollet. Searching through a speech memory for efficient coding, recognition and synthesis. In A. Braun, editor, *Festchrift for Prof. Dr J-P. Koester*, pages 453–464. Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 2002.

### 3 Articles de revue

- [33] R. Abdelfattah and J.M. Nicolas. Topographic SAR interferometry formulation for high-precision DEM generation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40(11) :2415–2426, nov 2002.
- [34] F. Alberge, P. Duhamel, and M. Nikolova. Adaptive solution for blind identification / equalization using deterministic maximum likelihood. *IEEE Trans. on Signal Processing*, 50(4) :923–936, apr 2002.
- [35] P. Alliez, N. Laurent, H. Sanson, and F. Schmitt. Efficient view-dependent refinement of 3d meshes using sqrt(3)-subdivision. *The Visual Computer*, 19(4) :205–221, 2003.
- [36] A. Almansa, F. Cao, Y. Gousseau, and B. Rougé. Interpolation of digital elevation model using amle and related methods. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, 40(2) :314–326, feb 2002.
- [37] S. Attallah and K. Abed-Meraim. Low-cost Adaptive Algorithm for Noise Subspace Estimation. *Electronics Letters*, 38(12), jun 2002.
- [38] A. Ayache and F. Roueff. A Fourier formulation of the Frostman criterion for random graphs and its applications to wavelet series. *Applied and Computational Harmonic Analysis*, 14(1) :75–82, jan 2003.
- [39] R. Badeau, G. Richard, and B. David. Sliding window adaptive svd algorithms. *IEEE transactions on signal processing*, 52(1) :1 – 10, jan 2004.
- [40] S. Baudry, P. Nguyen, and H. Maître. Optimal decoding for watermarks subject to geometrical attacks. *Signal Processing : Image Communication*, 18(4) :297–307, apr 2003.
- [41] A. Benazza-Benyahia, and J-C. Pesquet. A unifying framework for lossless and progressive image coding. *Pattern Recognition*, 35 :627–638, 2002.
- [42] E. Bengoetxea, P. Larranaga, I. Bloch, A. Perchant, and C. Boeres. Inexact Graph Matching by Means of Estimation of Distribution Algorithms. *Pattern Recognition*, 35 :2867–2880, 2002.
- [43] I. Bloch. Modal Logics based on Mathematical Morphology for Spatial Reasoning. *Journal of Applied Non Classical Logics*, 12(3-4) :399–424, 2002.
- [44] I. Bloch, T. Géraud, and H. Maître. Representation and Fusion of Heterogeneous Fuzzy Information in the 3D Space for Model-Based Structural Recognition - Application to 3D Brain Imaging. *Artificial Intelligence Journal*, 148 :141–175, 2003.
- [45] I. Bloch and A. Ralescu. Directional Relative Position between Objects in Image Processing : A Comparison between Fuzzy Approaches. *Pattern Recognition*, 36 :1563–1582, 2003.
- [46] L.-J. Boë, J.-L. Heim, K. Honda, and S. Maeda. The potential neandertal vowel space was as large as that of modern humans. *Journal of Phonetics*, 30(1) :465–484, jan 2002.
- [47] A.-O. Boudraa, A. Beghdadi, S. M. R Dehak, and R. Iordache. Fuzzy block truncation coding. *Optical Engineering*, 41(12) :3161–3167, dec 2002.
- [48] S. Burykh and K. Abed-Meraim. Reduced-rank adaptive filtering using krylov subspace. *EUR-ASIP JASP (special issue on Multiuser detection and blind estimation)*, (12) :1387–1400, dec 2002.

- [49] A. Cachia, J.-F. Mangin, D. Rivière, F. Kherif, N. Boddaert, A. Andrade, D. Papadopoulos-Orfanos, J.-B. Poline, I. Bloch, M. Zilbovicius, P. Sonigo, F. Brunelle, and J. Régis. A Primal Sketch of the Cortex Mean Curvature : A Morphogenesis Based Approach to Study the Variability of the Folding Patterns. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 22(6) :754–765, jun 2003.
- [50] A. Cachia, J.-F. Mangin, D. Rivière, D. Papadopoulos-Orfanos, F. Kherif, I. Bloch, and J. Régis. A Generic Framework for Parcellation of the Cortical Surface into Gyri using Geodesic Voronoi Diagrams. *Medical Image Analysis*, 7 :403–416, dec 2003.
- [51] O. Cappé. A Bayesian approach for simultaneous segmentation and classification of count data. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 50(2) :400–410, feb 2002.
- [52] O. Cappé, E. Moulines, J.C. Pesquet, A. Petropulu, and X. Yang. Long range dependence and heavy tails models for statistical analysis and representation of teletraffic data. *IEEE Signal Processing Magazine*, 19 :14–27, 2002.
- [53] O. Cappé, C. Robert, and T. Rydén. Reversible jump, birth-and-death and more general continuous time Markov chain Monte Carlo samplers. *J. Royal Statist. Soc. Ser. B*, 65(3) :679–700, 2003.
- [54] J.F. Cardoso. Dependence, correlation and non gaussianity in independent component analysis. *Journal of Machine Learning Research*, 4 :1177–1203, dec 2003.
- [55] R. Carré. Emergence des systèmes phonologiques. *Langages*, 146 :70–79, 2004.
- [56] F. Cayre, P. Rondao Alface, F. Schmitt, and H. Maître. Application of spectral decomposition to compression and watermarking of 3d triangle mesh geometry. *Signal Processing : Image Communications*, 18(4) :309–319, apr 2003.
- [57] F. Chaabane, A. Avallone, F. Tupin, and H. Maître. Méthode de correction des effets troposphériques en interférométrie différentielle multirate. *Bulletin SFPT*, (2) :3–13, dec 2003.
- [58] P. Ciblat, P. Loubaton, E. Serpedin, and G. Giannakis. Asymptotic analysis of blind cyclic correlation based symbol rate estimation. *IEEE Transactions on Information Theory*, 48(7) :1922–1934, jul 2002.
- [59] P. Ciblat, P. Loubaton, E. Serpedin, and G. Giannakis. Performance analysis of blind carrier offset estimation for non-circular transmissions through frequency selective channels. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 50(1), jan 2002.
- [60] P. Ciblat, Y. Wang, E. Serpedin, and P. Loubaton. Performance analysis of a class of non-data aided carrier frequency offset and symbol timing delay estimators for flat fading channels. *IEEE Transactions on Signal Processing*, sep 2002.
- [61] G. Coatrieux and H. Maître. Images médicales, sécurité et tatouage. *Annales des Télécommunications*, 58(5/6) :782–800, may 2003.
- [62] M. Damen, K. Abed-Meraim, and J.C. Belfiore. Diagonal Algebraic Space-Time Block Codes. *IEEE Trans. on Inf. Theory*, mar 2002.
- [63] M. O. Damen, A. Safavi, and K. Abed-Meraim. On CDMA with Space-Time Codes Over Multipath Fading Channel. *IEEE Tr. on wireless communications*, 2(1) :11–19, jan 2003.
- [64] F. Davoine, S. Baudry, and P. Nguyen. Data hiding and digital watermarking. *Eurasip News Letter*, 13(1) :4–8, jan 2002.
- [65] M. Debbah, W. Hachem, P. Loubaton, and M. De Courville. Mmse analysis of certain large isometric random precoded systems. *IEEE Transactions on Information Theory*, 49(5) :1293–1311, may 2003.
- [66] J. Delabrouille, J.-F. Cardoso, and G. Patanchon. Multi-detector multi-component spectral matching and applications for CMB analysis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 346(4) :1089–1102, dec 2003.
- [67] A. Desolneux, S. Ladjal, L. Moisan, and J.-M. Morel. Dequantizing Image Orientation. *IEEE Transactions on Image Processing*, 11(10) :1129–1140, oct 2002.

- [68] P. Dokladal, I. Bloch, M. Couprie, D. Ruijters, R. Urtasun, and L. Garnero. Topologically Controlled Segmentation of 3D Magnetic Resonance Images of the Head by using Morphological Operators. *Pattern Recognition*, 36(10) :2463–2478, oct 2003.
- [69] R. Douc, O. Cappé, E. Moulines, and C. P. Robert. On the convergence of the monte carlo maximum likelihood method for latent variable models. *Scandinavian Journal of Statistics*, 29(4) :615–635, 2002.
- [70] M. Ebadzadeh and C. Darlot. Cerebellar learning of bio-mechanical functions of extra-ocular muscles : modeling by artificial neural networks. *Neuroscience*, (122) :941–966, dec 2003.
- [71] S. Eskiizmirli, N. Forestier, B. Tondu, and C. Darlot. A model of the cerebellar pathways applied to the control of a mobile mechanical segment. *Biol. Cybern.*, 86(5) :379–394, may 2002.
- [72] C. Faure. Un modèle de lecture pour la conception interactive de diagrammes en réseaux. *revue d'Interaction Homme-Machine (RIHM)*, 3(1) :1–18, jan 2002.
- [73] G. Fay, E. Moulines, and P. Soulier. Central limit theorem for non-linear functionals of the periodogram of a stationary non-gaussian linear time-series. *Journal of Time Series Analysis*, 23 :523–554, 2002.
- [74] T. Fillon and J. Prado. Evaluation of an ERB frequency scale noise reduction for hearing aids : a comparative study. *Speech Communication*, 39(1) :23–32, jan 2003.
- [75] R. Fjorthoft, Y. Delignon, W. Pieczynski, M. Sigelle, and F. Tupin. Unsupervised segmentation of radar images using hidden markov chains and hidden markov random fields. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, pages 675–686, mar 2003.
- [76] G. Fort and E. Moulines. Convergence of the Monte-Carlo EM for curved exponential families. *The Annals of Statistics*, 31 :1220–1259, aug 2003.
- [77] G. Fort and E. Moulines. Polynomial ergodicity of Markov transition kernels. *Stochastic Processes and Their Applications*, 103 :57–99, 2003.
- [78] G. Fort, E. Moulines, G. Roberts, and J. Rosenthal. On the geometric ergodicity of the hybrid sampler. *Journal of Applied Probability*, 40 :123–146, 2003.
- [79] F. Fuchs, H. Jibrini, G. Maillet, N. Paparoditis, M. Pierrot-Deseilligny, and F. Taillandier. Trois approches pour la construction automatique de modèles 3d de batiments en imagerie aerienne haute résolution. *Bulletin de la SFPT*, (166) :10–18, may 2002.
- [80] H. Gazzah and K. Abed-Meraim. Blind SOS-based ZF Equalization with Controlled Delay Robust to Order Over Estimation. *IEEE Trans. on S.P.*, jul 2003.
- [81] H. Gazzah, Ph. A. Regalia, J-P. Delmas, and K. Abed-Meraim. A blind multichannel identification algorithm robust to order over estimation. *IEEE Trans. on S.P.*, jun 2002.
- [82] L. de C. T. Gomes, M. Mboup, M. Bonnet, and N. Moreau. Tatouage audio exploitant des propriétés de cyclostationnarité. *Traitement du Signal, Numéro spécial "Sécurité Information"*, mar 2002.
- [83] W. Hachem, F. Desbouvries, and P. Loubaton. A Mimo channel blind identification algorithm in the presence of spatially correlated noise. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 50(3) :651–661, mar 2002.
- [84] J. Hardeberg, F. Schmitt, and H. Brettel. Multispectral color image capture using a liquid crystal tunable filter. *Optical Engineering*, 41(10) :2532–2548, oct 2002.
- [85] A. Herment, E. Roullot, I. Bloch, O. Jolivet, A. De Cesare, F. Frouin, and J. Bittoun. Local Reconstruction of Stenosed Sections of Artery using Multiple MRA Acquisitions. *Magnetic Resonance in Medicine*, 49 :731–742, 2003.
- [86] S. Houcke, A. Chevreuil, and P. Loubaton. Blind equalization : case of an unknown symbol period. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 51(3) :781–793, mar 2003.



- [87] S. Houcke, A. Chevreuil, and P. Loubaton. Blind source separation of a mixture of communication sources emitting at various baud rates. *Transactions of IEICE*, E86-A(3) :564–572, mar 2003.
- [88] C. Hurvich, E. Moulines, and P. Soulier. The FEXP estimator for potentially non-stationary linear time. *Stochastic Processes and Their Applications*, 97(2) :307–340, 2002.
- [89] O. De Joinville, B. Ferrand, and M. Roux. Levé laser aéroporté : état de l'art, traitement des données, évaluation et comparaison avec des corrélations d'images. *Bulletin de la SFPT*, (166) :72–81, mar 2002.
- [90] M.A. Khalighi and M.M. Nayebi. CFAR adaptive threshold for ESM receiver with logarithmic amplification. *EURASIP journal of Signal Processing*, 84(1) :41–53, jan 2004.
- [91] S. Lasaulce, P. Loubaton, and E. Moulines. A semi-blind estimation technique based on second-order blind method for cdma systems. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 51(7) :1894–1904, jul 2003.
- [92] C. Leonard and J. Najim. An extension of Sanov's theorem : application to the Gibbs conditioning principle. *Bernoulli*, 8(6) :721–743, dec 2002.
- [93] I.V. Lyuboshenko, H. Maître, and A. Maruani. Least mean-squares phase unwrapping by use of an incomplete set of residue branch cuts. *Applied Optics*, 41(11) :2129–2148, apr 2002.
- [94] J.-F. Mangin, C. Poupon, C. Clark, D. Le Bihan, and I. Bloch. Eddy-Current Distorsion Correction and Robust Tensor Estimation for MR Diffusion Imaging. *Medical Image Analysis*, 6(191-198), 2002.
- [95] L. Menez, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Bragg thickness criterion for intracavity diffraction gratings. *JOSA B*, 19(5) :965–972, may 2002.
- [96] L. Menez, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Etude expérimentale de la diffraction de bragg intracavité. *Journal de Physique IV*, 12(Pr5) :297, jun 2002.
- [97] L. Menez, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Experimental investigation of intracavity bragg gratings. *Optics Letters*, 27(7) :479–481, apr 2002.
- [98] L. Menez, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Intracavity refractive index bragg gratings in absorbing and amplifying media. *Optics Communications*, 204 :267–275, apr 2002.
- [99] N. Milisavljevic and I. Bloch. Detection of Low-Metal Content Objects by Evidential Fusion of Mine Detection Sensors. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 10(1) :51–61, 2003.
- [100] N. Milisavljevic and I. Bloch. Sensor Fusion in Anti-Personnel Mine Detection Using a Two-Level Belief Function Model. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 33(2) :269–283, 2003.
- [101] N. Milisavljevic, I. Bloch, S. Van Den Broek, and M. Acheroy. Improving Mine Recognition through Processing and Dempster-Shafer Fusion of Ground-Penetrating Radar Data. *Pattern Recognition*, 36 :1233–1250, 2003.
- [102] J. Najim. A Cramer type theorem for weighted random variables. *Electronic Journal of Probability*, 7(4) :1–32, 2002.
- [103] J.M. Nicolas. Introduction aux statistiques de deuxième espèce : applications des log-moments et des log-cumulants à l'analyse des lois d'image radar. *Traitement du signal*, 19(3) :139–167, 2002.
- [104] M. Nikolova. Minimizers of cost-functions involving non-smooth data-fidelity terms. application to the processing of outliers. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 40(3) :965–994, mar 2002.
- [105] G. Patanchon, H. Snoussi, Jf Cardoso, and J. Delabrouille. Séparation de composantes pour la mesure des anisotropies du fond diffus cosmologique. une approche en aveugle basée sur la diversité spectrale. *Revue de l'Électricité et de l'Électronique*, (6), jun 2003.
- [106] A. Perchant and I. Bloch. Fuzzy Morphisms between Graphs. *Fuzzy Sets and Systems*, 128(2) :149–168, 2002.

- [107] B. Pesquet-Popescu and J. Lévy Véhel. Stochastic fractal models for image processing. *IEEE Signal Processing Magazine*, 19(5) :48–62, sep 2002.
- [108] G. Piella, B. Pesquet-Popescu, and H. Heijmans. Adaptive update lifting with a decision rule based on derivative filters. *IEEE Signal Proc. Letters*, oct 2002.
- [109] A. Ribes and F. Schmitt. A fully automatic method for the reconstructing spectral reflectances curves by using mixture density networks. *Pattern Recognition Letter*, 24(11) :1691–1701, jul 2003.
- [110] F. Rossant and I. Bloch. A Fuzzy Model for Optical Recognition of Musical Scores. *Fuzzy Sets and Systems*, 141 :165–201, 2004.
- [111] F. Roueff. Almost sure Hausdorff dimensions of graphs of random wavelet series. *Journal of Fourier Analysis and Applications*, 9(3) :237–260, aug 2003.
- [112] F. Roueff. New upper bounds of the Hausdorff dimensions of graphs of continuous functions. *Math. Proc. of the Cambridge Phil. Society*, 135(2), sep 2003.
- [113] C. Touzé, O. Thomas, and A. Chaigne. Asymmetric non-linear forced vibrations of free-edge circular plates, part 1 : theory. *Journal of Sound and Vibration*, 258(4) :649–676, 2002.
- [114] F. Tupin. Développement d'une approche figurale pour la radargrammétrie haute résolution en zone urbaine. *Bulletin de la SFPT*, (166) :64–71, feb 2002.
- [115] F. Tupin, B. Houshmand, and M. Datcu. Road detection in dense urban areas using SAR imagery and the usefulness of multiple views. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40(11) :2405–2414, nov 2002.
- [116] F. Tupin and M. Roux. Detection of building outlines based on the fusion of SAR and optical features. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58(1-2) :71–82, jun 2003.
- [117] A. Tuzikov, O. Colliot, and I. Bloch. Evaluation of the Symmetry Plane in 3D MR Brain Images. *Pattern Recognition Letters*, 24(14) :2219–2233, oct 2003.
- [118] Y. Yemez and F. Schmitt. Multilevel representation and transmission of real objects with progressive octree particles. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 9(3) :551–569, jul 2003.
- [119] L. Zupan, D. Merfeld, and C. Darlot. Using sensory weighting to model the influence of canal, otolith and visual cues on spatial orientation and eye movements. *Biological Cybernetics*, 86 :209–230, mar 2002.

## 4 Actes de conférences

- [120] R. Abdelfattah, F. Chaabane, J.M. Nicolas, and F. Tupin. Une nouvelle approche sur le choix d'une base en interférométrie. In *TAIMA2003*, pages 391–398, Hammamet, Tunisie, sep 2003.
- [121] R. Abdelfattah and J.M. Nicolas. InSAR coherence optimisation using second kind statistics. In *IGARSS*, Toulouse, France, jul 2003.
- [122] R. Abdelfattah, J.M. Nicolas, and F. Tupin. Interferometric SAR image coregistration based on the Fourier-Mellin Invariant descriptor. In *IGARSS*, pages 1334–1336, Toronto-Canada, jul 2002.
- [123] K. Abed-Meraim, L.T. Nguyen, V. Sucis, F. Tupin, and B. Boashash. An Image Processing Approach for Underdetermined Blind Separation of Nonstationary Sources. In *Int. Symp. on Sig. & Image Proc. And Analysis*, Rome, sep 2003.
- [124] G.C.K. Abhayaratne, H. Heijmans, B. Pesquet-Popescu, and G. Piella. Integer to integer adaptive wavelet transforms using adaptive update lifting. In *Special Conference X-Wavelets of SPIE*, San Diego, USA, aug 2003.
- [125] M. Adda-Decker, F. Antoine, P. Boula De Mareuil, I. Vasilescu, L. Lamel, J. Vaissière, E. Geoffrois, and Js. LiÉnard. Phonetic knowledge, phonotactics and perceptual validation for automatic language identification. In *15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelone, Espagne, jul 2003.

- [126] M. Adjrard, A. Belouchrani, and K. Abed-Meraim. Parameter estimation of multicomponent polynomial phase signals impinging on a multi-sensor array using extended kalman filter. In *Int. Symp. on Sig. Proc. and Inf. Tech. (ISSPIT)*, Darmstadt, Germany, dec 2003.
- [127] A. Aissa-El-Bey, M. Grebici, K. Abed-Meraim, and A. Belouchrani. Blind System Identification Using Cross-Relation Methods : Further Results And Developments. In *ISSPA*, Paris, France, jul 2003.
- [128] M. Alonso, R. Badeau, B. David, and G. Richard. Musical tempo estimation using noise subspace projections. In *IEEE WASPAA '03*, pages 95–98, New Paltz, New York, oct 2003.
- [129] M. Alonso, B. David, and G. Richard. A study of tempo tracking algorithms from polyphonic musics signals. In *conférence COST'276*, Bordeaux, apr 2003.
- [130] A. Amelot, L. Crevier-Buchman, and S. Maeda. Observations of velopharyngeal closure mechanism in horizontal and lateral directions from fiberoptic data. In *The 15-th International Congress of Phonetic Sciences*, pages 3021–3024, Barcelona, Spain, aug 2003.
- [131] J. Ashimine, R. De Campos, R. Cesar, and I. Bloch. Person Recognition through Eigeneyes Selection based on Fuzzy Distance to Multiple Class Prototype. In *Sibgrapi*, page 407, Fortaleza, Brazil, 2002.
- [132] G. Aversano, A. Esposito, and G. Chollet. A java interface for speech analysis and segmentation. In *NOLISP*, Le Croisic, may 2003.
- [133] Y. Ben Ayed, D. Fohr, J-P. Haton, and G. Chollet. Keyword spotting using support vector machines. In *Proc. of Text, Speech and Dialog Workshop*, Brno, Czech Republic, sep 2002.
- [134] Y. Ben Ayed, D. Fohr, J-P. Haton, and G. Chollet. Recognition and rejection performance in wordspotting systems using support vector machines. In *Proc. of 2nd WSEAS-ICOSSIP*, Grece, sep 2002.
- [135] Y. Ben Ayed, D. Fohr, J-P. Haton, and G. Chollet. Support vector machines for keyword spotting. In *Proc. of Int. Workshop SPECOM*, St Petersburg, Russia, sep 2002.
- [136] Y. Ben Ayed, D. Fohr, J-P. Haton, and G. Chollet. Confidence Measure for Keyword Spotting using Support Vector Machines. In *ICASSP*, Hong-Kong, apr 2003.
- [137] Y. Ben Ayed, D. Fohr, J-P. Haton, and G. Chollet. A new keyword spotting approach base on reward function. In *IAAPA*, Paris, France, jul 2003.
- [138] R. Badeau, K. Abed-Meraim, G. Richard, and B. David. Sliding window orthonormal PAST algorithm. In *IEEE ICASSP 03*, volume V, pages 261–264, Hong-Kong (Chine Populaire), apr 2003.
- [139] R. Badeau, R. Boyer, and B. David. Eds parametric modeling and tracking of audio signals. In *5th Int. Conf. on Digital Audio Effects (DAFx-02)*, pages 139–144, Hambourg, Allemagne, sep 2002.
- [140] R. Badeau, G. Richard, and B. David. Adaptive esprit algorithm based on the past subspace tracker. In *IEEE ICASSP 03*, volume VI, pages 229–232, Hong Kong, Chine, apr 2003.
- [141] R. Badeau, G. Richard, and B. David. Suivi d'espace dominant par la méthode des puissances itérées. In *GRETSI*, volume 1, pages 137–140, Paris, sep 2003.
- [142] R. Badeau, G. Richard, B. David, and K. Abed-Meraim. Approximated power iterations for fast subspace tracking. In *ISSPA*, volume II, pages 583–586, Paris, France, jul 2003.
- [143] C. Baras, P. Dymarski, and N. Moreau. Système de tatouage audio en boucle fermée. In *Dix-neuvième colloque sur le Traitement du Signal et des Images*, Paris, aug 2003.
- [144] C. Baras, P. Dymarski, and N. Moreau. Spread spectrum modulations and alternative receiver scheme in an audio watermarking system. In *COST276*, Bordeaux, apr 2003.
- [145] B. Barkat and K. Abed-Meraim. A Blind Components Separation Procedure For FM Signal Analysis. In *ICASSP*, 2002.

- [146] B. Barkat and K. Abed-Meraim. Blind Source Separation Using the Time-Frequency Distribution of the Mixture Signal. In *Int. Symp. on Sig. Proc. and Inf. Technology (ISSPIT)*, Marrakech, Morocco, dec 2002.
- [147] B. Barkat and K. Abed-Meraim. An effective technique for the if estimation of fm signals in heavy tailed noise. In *The 3rd International Symposium on Signal Processing and Information Technology*, Darmstadt, Germany, dec 2003.
- [148] B. Barkat, K. Abed-Meraim, and J. Yingtuo. Detection of known fm signals in known heavy-tailed noise. In *3rd Int. Symp. on Sig. Proc. and Inf. Tech. (ISSPIT)*, Darmstadt, Germany, dec 2003.
- [149] G. Baudoin, J. Cernocky, F. El Chami, M. Charbit, D. Petrovska, and G. Chollet. Advances in very low bit rate speech coding using recognition and synthesis techniques. In *Text, Speech and Dialog workshop*, Brno, Czech Republic, sep 2002.
- [150] S. Baudry, P. Nguyen, and H. Maître. Estimation of geometric distorsions in digital watermarking. In *IEEE- ICIP 2002*, Rochester (USA), sep 2002.
- [151] S. Baudry, P. Nguyen, and H. Maître. Use of synchronisation patterns to estimate geometric distorsions in digital watermarking. In *Eusipco 2002*, Toulouse (France), oct 2002.
- [152] L. Beaudoin and J.M. Nicolas. Estimation of the revisiting time of an observed site by a remote sensing satellite. In *9th International Symposium on Remote Sensing*, Aghia Pelagia, Crète, Grèce, sep 2002.
- [153] A. Beghdadi and B. Pesquet-Popescu. A new image distortion measure based on wavelet decomposition. In *IEEE ISSPA2003*, Vol.I, pages 485-488, Paris, France, jul 2003.
- [154] B. Benmosbah, M. Charbit, and M. Sigelle. Systeme d'adaptation dynamique d'un systeme de reconnaissance statistique de la parole a des personnes handicapées. In *JSF'2003*, Tozeur, Tunisie, dec 2003.
- [155] B. Benmosbah, M. Charbit, and M. Sigelle. Vers un système dynamique de reconnaissance de parole pour les personnes handicapées. In *MAJECSTIC'03*, Toulouse, oct 2003.
- [156] P. Bianchi, P. Loubaton, and F. Sirven. Performance of non data-aided estimator of the modulation index of continuous-phase modulations. In *ICASSP*, Orlando, USA, may 2002.
- [157] P. Bianchi, Ph. Loubaton, and F. Sirven. On the blind equalization of continuous phase modulated signals using a constant modulus algorithm. In *SPAWC*, Rome, jun 2003.
- [158] P. Bianchi, Ph. Loubaton, and F. Sirven. Performances of a non data aided joint estimator of the technical parameters of continuous phase modulated signals. In *Globecom Communication Theory Symposium*, San Francisco, dec 2003.
- [159] D. Bitauld, C. Martins, I. Zaquine, A. Maruani, R. Frey, R. Chevallier, and L. Dupont. Filtrage fréquentiel par un dispositif à réseau intracavité inscrit sur cristaux liquides. In *COLOQ 8*, page 99, Toulouse France, sep 2003.
- [160] I. Bloch. Logique modale et relations spatiales qualitatives à partir de dilatations et érosions algébriques et morphologiques. In *RFIA 2002*, volume 3, pages 1003–1012, Angers, France, jan 2002.
- [161] I. Bloch. Fuzzy Spatial Relationships for Model-Based Pattern Recognition in Images and Spatial Reasoning under Imprecision. In *WILF'03*, Naples, Italy, oct 2003.
- [162] I. Bloch. Fusion of Spatial Relationships for Guiding Recognition, with Examples in Brain Structure Recognition. In *International Conference on Advances in Pattern Recognition ICAPR 2003*, pages 25–30, Calcutta, India, dec 2003.
- [163] I. Bloch. Fuzzy Spatial Relationships from Mathematical Morphology for Model-Based Pattern Recognition and Spatial Reasoning. In *Discrete Geometry for Computer Imagery DGCI 2003*, volume LNCS 2886, pages 16–33, Naples, Italy, nov 2003.
- [164] I. Bloch and A. Saffiotti. Les robots et la morphologie mathématique floue. In *LFA'02*, pages 145–152, Montpellier, France, oct 2002.

- [165] I. Bloch and A. Saffiotti. On the Representation of Fuzzy Spatial Relations in Robot Maps. In *IPMU 2002*, volume III, pages 1587–1594, Annecy, France, jul 2002.
- [166] I. Bloch and A. Saffiotti. Why Robots should use Fuzzy Mathematical Morphology. In *Neuro Fuzzy Technologies NF2002*, La Havana, Cuba, jan 2002.
- [167] M. C. Boeres, C. C. Ribeiro, and I. Bloch. Randomized Heuristics for Scene Recognition by Inexact Graph Matching. In *IV ALIO/EURO Workshop on Applied Combinatorial Optimization*, pages 15–18, Pucon, Chile, nov 2002.
- [168] C. Boust, H. Chahine, F. Viénot, H. Brettel, M. Ben Chouikha, and G. Alquié. Color correction judgements of digital images by experts and naive observers. In *IS&T's 2003 PICS, The Digital Photography Conference*, pages 4–9, Rochester, USA, may 2003.
- [169] R. Boyer and K. Abed-Meraim. Audio transients modeling by damped and delayed sinusoids (dds). In *IEEE ICASSP*, Orlando (USA), may 2002.
- [170] R. Boyer and S. Essid. Transient modeling with a frequency-transform subspace algorithm and transient + sinusoidal scheme. In *14th IEEE Int. Conf. on Digital Signal Proc.*, Santorini (Grece), jul 2002.
- [171] R. Boyer, S. Essid, K. Abed-Meraim, and N. Moreau. Modèles sinusoidaux étendus pour le codage audio. In *Dix-neuvième colloque sur le Traitement du Signal et des Images*, Paris, sep 2003.
- [172] R. Boyer, S. Essid, and N. Moreau. Dynamic temporal segmentation in parametric non-stationary modeling for percussive musical signals. In *IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo*, Lausanne (Suisse), aug 2002.
- [173] R. Boyer, S. Essid, and N. Moreau. Non-stationary signal parametric modeling techniques with an application to low bitrate audio coding. In *6th IEEE Int. Conf. Signal Processing*, Beijing (Chine), aug 2002.
- [174] R. Boyer and N. Moreau. Fast algorithm and non-stationary model for high-resolution audio signal modeling. In *Eusipco*, Toulouse, sep 2002.
- [175] R. Boyer and K. Abed-Meraim. Efficient parametric modeling for audio transients. In *5th Int. Conf. on Digital Audio Effects (DAFx-02)*, Hamburg, Germany, sep 2002.
- [176] R. Boyer and J. Rosier. Iterative method for harmonic/exponentially damped sinusoidal model. In *5th Int. Conf. on Digital Audio Effects (DAFx-02)*, Hamburg, Germany, sep 2002.
- [177] E. Bratsolis and M. Sigelle. Despeckling and detection of high reflectance regions from sar images. In *6th International Conference on Signal Processing*, Beijing, China, aug 2002.
- [178] E. Bratsolis and M. Sigelle. Detection of high reflectance regions from sar images. In *4th European Conference on Synthetic Aperture Radar*, Cologne, Germany, jun 2002.
- [179] E. Bratsolis and M. Sigelle. A generalized gaussian model for sar image restoration. In *SPIE's 9th Annual International Symposium on Remote Sensing*, Agia Pelaghia Crete, sep 2002.
- [180] E. Bratsolis and M. Sigelle. A fast segmentation method for sar images. In *International Symposium on Optical Science and Technology*, Seattle, Washington USA, jul 2002.
- [181] E. Bratsolis and M. Sigelle. Kullback-leibler divergence and markov random fields for speckled image restoration. In *Seventh International Symposium on Signal Processing and its Applications (ISSPA 2003)*, Paris France, jul 2003.
- [182] E. Bratsolis and M. Sigelle. Mean field relaxation and sar image segmentation. In *SPIE 10th International Symposium*, Barcelone. Espagne, sep 2003.
- [183] F. Bretar, M. Pierrot-Deseilligny, and M. Roux. Estimating intrinsic accuracy of airborne laser data with local 3d-offsets. In *Workshop ISPRS on "3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSar data"*, volume XXXIV, PART 3/W13, Dresden, Germany, oct 2003.
- [184] H. Brettel. Barrierefreies Internet (Internet sans barrières). In *Tagung des Bayerischen SeniorenNetzForums*, Pöcking, RFA, 5 avril 2003 (Conférence invitée).

- [185] H. Brettel. Perceptual model of color blindness. In *II. Sino-German Advanced Workshop in Cognitive Neuroscience and Psychology*, Munich, Allemagne, apr 2002.
- [186] F. Bujor, J. M. Nicolas, E. Trouve, and J. P. Rudant. Application of log-cumulants to change detection in multitemporal SAR images. In *IGARRS03*, Toulouse, sep 2003.
- [187] S. Burykh and K. Abed-Meraim. Blind channel estimation in presence of carrier offsets for ds/cdma. In *ICOSSIP*, Skiathos, Grece, sep 2002.
- [188] S. Burykh and K. Abed-Meraim. Multi-stage reduced-rank adaptive filter with flexible structure. In *Eusipco*, sep 2002.
- [189] S. Burykh and K. Abed-Meraim. Blind Interface Cancellation for DS/CDMA Downlink. In *SPAWC*, Roma, Italy, jun 2003.
- [190] A. Cachia, L. Besret, J.-F. Mangin, F. Boumezbear, F. Vaufray, I. Bloch, P. Hentraye, and V. Lebon. In Vivo Micro-Imaging of Primate Brain for Automatic 3D Segmentation and Rendering of White Matter and Grey Matter Surfaces. In *ISMRM'02*, Honolulu, Hawaii, 2002.
- [191] A. Cachia, J.-F. Mangin, D. Rivière, D. Papadopoulos-Orfanos, I. Bloch, and J. R.Égis. Gyral Parcellisation of the Cortical Surface using Geodesic Voronoï Diagrams. In *MICCAI'02*, number LNCS 2488, pages 427–434, Tokyo, Japan, sep 2002.
- [192] A. Cachia, D. Rivière, Y. Cointepas, S. Robbins, I. Bloch, J. R.Égis, A.C. Evans, D.L. Collins, and J.-F. Mangin. Toward 2D Morphometry of the Cortical Surface. In *Human Brain Mapping*, page 793, 2003.
- [193] O. Camara, O. Colliot, G. Delso, and I. Bloch. 3D nonlinear PET-CT image registration algorithm with constrained Free-Form Deformations. In *3rd IASTED International Conference on Visualization, Imaging, and Image Processing, VIIP 2003*, Balmadena, Espagne, sep 2003.
- [194] O. Camara, G. Delso, and I. Bloch. Free Form Deformations Guided by Gradient Vector Flow : a Surface Registration Method in Thoracic and Abdominal pet-ct Applications. In *Second International Workshop on Biomedical Image Registration, WBIR'03*, Philadelphia, US, jun 2003.
- [195] O. Camara, G. Delso, V. Frouin, and I. Bloch. Improving Thoracic Elastic Registration in Oncology by using Anatomical Constraints. In *Medical Image Understanding and Analysis, MIUA 2002*, pages 205–208, UK, 2002.
- [196] O. Cappé and F. Roueff. Evaluation numérique de l'information de Fisher pour des observations irrégulières de l'état d'une file d'attente. In *GRETSI 2003*, volume 1, pages 289–292, Paris, France, sep 2003.
- [197] J.-F. Cardoso, J. Delabrouille, and G. Patanchon. Independent component analysis of the cosmic microwave background. In *International Symposium on Independent Component Analysis and Blind Source Separation (ICA)*, pages 1111–1116, Nara, Japan, apr 2003.
- [198] J.-F. Cardoso and D.-T. Pham. Séparation de sources par l'indépendance et la parcimonie. In *GRETSI*, Paris, France, sep 2003.
- [199] J.F. Cardoso. Analyse en composantes independantes. In *XXXIV Journees de Statistique*, Bruxelles, 2002.
- [200] J.F. Cardoso. Blind separation of noisy gaussian stationary sources. application to cosmic microwave background imaging. In *EUSIPCO 2002*, volume 1, pages 561–564, TOULOUSE (France), sep 2002.
- [201] J.F. Cardoso. Looking for components in the universe's oldest data set. In *EUSIPCO 2002*, Toulouse (France), sep 2002.
- [202] R. Carré, J.S. Liénard, E. Marsico, and W. Serniclaes. On the role of the "schwa" in the perception of plosive consonants. In *Proc. of the Int. Cong. on Speech and Language Processing*, Denver, 2002.
- [203] R. Carré, E. Marsico, and W. Serniclaes. Formant transition duration versus prevoicing duration in voiced stop identification. In *Proc. of the 15th ICPHS*, Barcelona, 2003.

- [204] F. Cayre. Spatial watermarking for authentication of 3d triangles meshes. In *Workshop on Geometry compression*, Sophia-Antipolis, nov 2003.
- [205] F. Cayre, F. Rondao Alface, F. Schmitt, B. Macq, and H. Maître. Application of spectral decomposition towards compression and watermarking of 3d triangle mesh geometry. In *Allerton Conference*, Urbana-Champaign (Illinois, USA), oct 2002.
- [206] F. Cayre, F. Schmitt, and H. Maître. Tatouage fragile d'objets 3d triangulés. In *GRETSI'03*, volume 2, pages 199–202, apr 2003.
- [207] R. Cesar, E. Bengoetxea, and I. Bloch. Inexact Graph Matching using Stochastic Optimization Techniques for Facial Feature Recognition. In *International Conference on Pattern Recognition ICPR 2002*, volume 2, pages 465–468, Québec, aug 2002.
- [208] F. Chaabane, A. Avallone, F. Tupin, P. Briole, and H. Maître. Correction of local and global tropospheric effects on differential SAR interferograms for the study of earthquake phenomena. In *IGARSS*, Toulouse, France, jul 2003.
- [209] F. Chaabane, A. Avallone, F. Tupin, P. Briole, E. Trouvé, and H. Maître. Improvement of the tropospheric correction by adapted phase filtering. In *EUSAR 2002*, pages 361–364, Cologne, Germany, mar 2002.
- [210] P. Cheung Mon Chan and E. Moulines. Global sampling for filtering over discrete state space. In *IEEE Workshop on Statistical Signal Processing*, Saint Louis, MO, USA, sep 2003.
- [211] J.M. Chaufray, W. Hachem, and Ph. Loubaton. Asymptotic analysis of optimum and sub-optimum cdma downlink mmse receivers. In *ISIT*, Lausanne, jun 2002.
- [212] R. Chavanne, K. Abed-Meraim, and D. Medynski. Application d'une Methode MIMO pour le Traitement des Effets du Canal Ionosherique en Contexte Radar. In *GRETSI*, volume 3, pages 288–291, Paris, France, 2003.
- [213] Q. Chen, H. Maitre, and B. Pesquet-Popescu. Oblivious image watermarking combined with JPEG compression. In *Electronic Imaging 2003, SPIE*, volume 5020, Santa Clara (Ca. USA), jan 2003.
- [214] D. Cherifi, F. Tupin, M. Roux, and H. MaïTre. Road extraction from SAR images by using a graphical sketch of road. In *9th I. Symp. Remote Sensing - SPIE*, volume 4883, Agia Pelagia - Crete (Greece), sep 2002.
- [215] G. Chollet, B. Klein, S. Mclaughlin, B. Petek, G. Kubin, and M. Faundez. Future work in cost action 277 on nonlinear speech processing. In *EUSIPCO*, Toulouse, sep 2002.
- [216] G. Coatrieux, H. Maître, and Y. Rolland. Tatouage d'images médicales : perception de la marque. In *SETIT 2003 : Sciences Electroniques, Technologies de l'Information et des Télécommunications*, Sousse (Tunisie), mar 2003.
- [217] O. Colliot, I. Bloch, and A. Tuzikov. Characterization of Approximate Plane Symmetries for 3D Fuzzy Objects. In *IPMU 2002*, volume III, pages 1749–1756, Annecy, France, jul 2002.
- [218] L. Crevier-Buchman, S. Maeda, D. Brasnu, and J. Vaissière. Perceptual and acoustic correlation in consonant identification after partial laryngectomy. In *The 15-th International Congress of Phonetic Sciences*, pages 2361–2364, Barcelona, Spain, aug 2003.
- [219] L. Crevier-Bushman, S. Hans, J. Vaissière, S. Maeda, and D. Brasnu. Identification des consonnes du français en syllable isolée après laryngectomie partielle supracricoïdienne. In *XXIVèmes Journées d'Etudes sur la Parole, Nancy (France), Juin 2002*, pages 189–192, Nancy, France, jun 2002.
- [220] M. Crucianu, C. Faure, F. Tappa, M. Venet, and N. Vincent. Détection et usage des composantes typographiques dans des pages de documents. In *Conférence Fédérative sur l'Ecrit et le Document*, pages 251–260, Hamamet, Tunisie, oct 2002.
- [221] G. Dauphin and A. Beghdadi. A local directional band-limited contrast. In *ISSPA 2003, Vol.II*, pages 197–200, Paris, jul 2003.

- [222] G. Dauphin and D. Matignon. Positivity and dissipativity of oscillating diffusive filters. application to the stability of coupled systems. In *Mathematical Theory of Networks and Systems*, page 11 p., South Bend, Indiana, aug 2002.
- [223] B. David, R. Badeau, and G. Richard. Sintrack analysis for tracking components of musical signals. In *Forum Acusticum*, Séville, Espagne, sep 2002.
- [224] B. David and X. Boutillon. A guitar in vacuum : How does it sound ? In *144th meeting of the Acoustical Society of America*, volume 1, page 2409, Cancun, Mexico, dec 2002.
- [225] B. David, G. Richard, and R. Badeau. An esd modelling tool for tracking and modifying musical signals. In *Stockholm Music Acoustics Conference*, Stockholm, Sweden, aug 2003.
- [226] M. Debbah, Ph. Loubaton, and M. De Courville. Linear precoders for ofdm wireless communications with mmse equalization : facts and results. In *EUSIPCO*, Toulouse, sep 2002.
- [227] M. Debbah, Ph. Loubaton, and M. De Courville. The spectral efficiency of linear precoders. In *Information Theory Workshop*, pages 90–93, Paris, apr 2003.
- [228] G. Delso, O. Camara, and I. Bloch. Evaluation of a Thoracic Elastic Registration Method Using Anatomical Constraints in Oncology. In *International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society*, Houston, Texas, oct 2002.
- [229] L. Devillers and I. Vasilescu. Prosodic cues for emotion characterization in real-life spoken dialogs. In *Eurospeech*, Genève, Suisse, sep 2003.
- [230] L. Devillers, I. Vasilescu, and L. Lamel. Annotations and detection of emotion in a task-oriented human-human dialog corpus. In *ISLE 2002*, Edinburgh, dec 2002.
- [231] L. Devillers, I. Vasilescu, and L. Lamel. Emotion detection in a task-oriented dialog corpus. In *IEEE International Conference on Multimedia ICME 2003*, Baltimore, USA, jul 2003.
- [232] L. Devillers, I. Vasilescu, and C. Mathon. Acoustic cues for perceptual emotion detection in task-oriented human-human corpus. In *15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelone, Espagne, aug 2003.
- [233] S. Durand and M. Nikolova. Restoration of wavelet coefficients by minimizing a specially designed objective function. In *IEEE Workshop on Variational and Level-Set Methods*, Barcelona (Spain), oct 2003.
- [234] M. Ebadzadeh and C. Darlot. A model of cerebellar and reflex pathways. In *Three-dimensional sensory and motor space*, Acquafreda di Maratea, Italie, apr 2003.
- [235] C. Hernández Esteban and F. Schmitt. Multi-stereo 3d object reconstruction. In *3DPVT - 1st International Symposium on 3D Data Processing Visualization and Transmission*, pages 159–166, Padova, Italy, jun 2002.
- [236] C. Hernández Esteban and F. Schmitt. Silhouette and stereo fusion for 3d object modeling. In *3DIM 2003, 4th International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling*, pages 46–53, Banff, Alberta, Canada, oct 2003.
- [237] C. Hernández Esteban and F. Schmitt. A snake approach for high quality image-based 3d object modeling. In *2nd IEEE Workshop on Variational, Geometric and Level Set Methods in Computer Vision*, pages 241–248, Nice, France, oct 2003.
- [238] C. Hernandez Esteban and F. Schmitt. Silhouette and stereo fusion for 3d object modeling. In *Workshop on Geometry compression*, Sophia-Antipolis, nov 2003.
- [239] C. Faure and N. Vincent. De la mise en page à la mise en écran : le cas des colonnes. In *Colloque International sur le Document Electronique (CIDE)*, Caen, nov 2003.
- [240] G. Fay, E. Moulines, and P. Soulier. Développement d'edgeworth de statistiques linéaires de processus à moyennes ajustées infinies. In *colloque GRETSI du traitement du signal et des images*, volume 2, pages 21–24, PARIS, sep 2003.
- [241] G. Feideropoulou and B. Pesquet-Popescu. A model-based error concealment method for scalable video. In *IEEE Int. Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)*, Darmstadt, Germany, dec 2003.



- [242] G. Feideropoulou and B. Pesquet-Popescu. Model-based quality enhancement of scalable video. In *SPIE VCIP*, San Jose, CA, USA, jan 2004.
- [243] G. Feideropoulou, B. Pesquet-Popescu, J.-C. Belfiore, and G. Rodriguez. Non-linear modelling of wavelet coefficients for a video sequence. In *IEEE Workshop on Nonlinear Signal Processing*, Grado, Italie, jun 2003.
- [244] T. Fillon and J. Prado. Acoustic Feedback Cancellation for Hearing-Aids, using Multi-Delay Filter. In *NORSIG-2002*, on board Hurtigruten, oct 2002.
- [245] T. Fillon and J. Prado. Annulation d'écho acoustique dans les prothèses auditives. In *GRETSI*, Paris France, sep 2003.
- [246] M. Fuentes, D. Mostefa, S. Garcia-Salicetti, B. Dorizzi, and G. Chollet. Identity Verification by Fusion of Biometric Data : On-line Signatures and Speech. In *COST-275 Workshop : The Advent of Biometrics on the Internet*, Rome, nov 2002.
- [247] M. Fuentes, D. Mostefa, J. Kharroubi, S. Salicetti, B. Dorizzi, and G. Chollet. Verification de l'identité par fusion de données biométriques : signatures en-ligne et parole. In *CIFED*, Hammamet, Tunisie, oct 2002.
- [248] O. Gillet and G. Richard. Automatic labelling of tabla signals. In *ISMIR*, Baltimore, MD (USA), oct 2003.
- [249] Y. Gousseau. Texture synthesis through level sets. In *2nd int. workshop on texture analysis and synthesis*, pages 53–59, jun 2002.
- [250] Y. Gousseau. Comparaison de la composition de deux images, et application à la recherche automatique. In *GRETSI 2003*, Paris, France, sep 2003.
- [251] A. Goye, G. Chollet, E. Lecolinet, S.S. Lin, X. Ding, C. Pelachaud, and Y. Ni. Interfaces multimodales pour un assistant au voyage. In *IHM'2003*, Caen, France, nov 2003.
- [252] A. B. Graciano, R. Cesar, and I. Bloch. Homomorfismo entre Grafos para Segmentação e Reconhecimento de Características Faciais em Sequências de Vídeo : Resultados Preliminares. In *WTCDGPI*, Brazil, 2003.
- [253] A. B. V. Graciano, R. Cesar, and I. Bloch. Inexact Graph Matching for Facial Feature Segmentation and Recognition in Video Sequences : Results on Face Tracking. In *Progress in Pattern Recognition, Speech and Image Analysis CIARP 2003*, volume LNCS 2905, pages 71–78, La Havana, Cuba, nov 2003.
- [254] Y. Grenier and B. David. Extraction of weak background transients from audio signals. In *114th Convention of the Audio Engineering Society*, Amsterdam, NL, mar 2003.
- [255] E. Grosicki, and K. Abed-Meraim. A Weighted Linear Prediction Method for Near Field Source Localization. In *ICASSP*, Etats Unis, 2002.
- [256] E. Grosicki, K. Abed-Meraim, Ph. Loubaton, and J-M. Chaufray. Comparison of Downlink Mobile Positioning Methods for the UMTS-FDD Mode Without Using IPLD Periods. In *ISSPA*, Paris, France, jul 2003.
- [257] E. Grosicki, K. Abed-Meraim, and W. Muhammad. Joint Angle and Delay Estimation Using Uniform Circular Array Receiver. In *EUSIPCO*, Toulouse, France, sep 2002.
- [258] H. Haddar, Th. Hélie, and D. Matignon. A Webster-Lokshin model for waves with viscothermal losses and impedance boundary conditions : strong solutions. In *WAVES 2003*, pages 66–71, Jyväskylä, Finlande, jul 2003.
- [259] K. Hallouli, L. Likforman-Sulem, and M. Sigelle. A comparative study between data coupling and decision fusion in markovian printed character recognition. In *ICPR, International Conference on Pattern Recognition*, Quebec Canada, aug 2002.
- [260] K. Hallouli, L. Likforman-Sulem, and M. Sigelle. Réseaux bayésiens dynamiques pour la reconnaissance des caractères imprimés dégradés. In *19ème Colloque GRETSI sur le Traitement du Signal et des Images.*, Paris France, sep 2003.

- [261] A. El Hannani, D. Petrovska, R. Blouet, and G. Chollet. Segmental score fusion for text-independent speaker verification. In *Proc. of MMUA*, Santa Barbara, USA, dec 2003.
- [262] D.M. Hartl, S. Maeda, and L. Crevier-Buchman. Effects of unilateral vocal fold paralysis on formant frequencies : Evidence for vocal tract modifications in severely breathy voice. In *The 15-th International Congress of Phonetic Sciences*, pages 2369–2372, Barcelona, Spain, aug 2002.
- [263] H. Heijmans, G. Piella, and B. Pesquet-Popescu. Building adaptive 2d wavelet decompositions by update lifting. In *IEEE ICIP*, pages 397–400, Rochester, oct 2002.
- [264] Th. Hélié and D. Matignon. Numerical of acoustic waveguides for Webster-Lokshin model using diffusive representations. In *WAVES 2003*, pages 72–77, Jyväskylä, Finlande, jul 2003.
- [265] A. Herment, E. Roullot, I. Bloch, C. Pellot, A. Todd-Pokropek, and E. Mousseaux. Improvement of the SNR-Resolution Compromise in MRA using Spatial Segmented k-Space Acquisitions. In *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging ISBI 2002*, Washington DC, jul 2002.
- [266] S. Homayouni and M. Roux. Material mapping from hyperspectral images using spectral matching in urban area. In *IEEE Workshop on Advances in Techniques for Analysis of Remotely Sensed Data*, Greenbelt, MD, USA, oct 2003.
- [267] C. Du Jeu, M. Charbit, and G. Chollet. Very-low rate speech compression by indexation of polyphones. In *Proc. of Eurospeech*, Geneva, CH, sep 2003.
- [268] R.M. Kalluri, M. Van Der Schaar, and B. Pesquet-Popescu. Differential motion vector coding with application to spatial scalable coding. In *Proc. of Image and Video Communications and Processing*, volume SPIE 5022, Santa Clara, CA, jan 2003.
- [269] Q. Kanafani, A. Beghdadi, and C. Fookes. Segmentation-based image compression using btc-vq technique. In *ISSPA 2003*, Vol.1, pages 113–116, Paris, jul 2003.
- [270] J. Kharroubi and G. Chollet. Nouveau système hybride gmm-svm pour la vérification du locuteur. In *XXIVème JEP*, Nancy, France, jun 2002.
- [271] C. Lahanier, G. Alquié, P. Cotte, C. Christofides, C. De Deyne, R. Pillay, D. Sanders, and F. Schmitt. High definition spectral digital imaging of paintings with simulation of varnish removal. In *ICOM-CC 13th Triennial meeting*, volume 1, pages 295–300, Rio de Janeiro, Brasil, sep 2003.
- [272] C. Lahanier, F. Schmitt, P. Le Boeuf, and G. Aitken. Multi-spectral digitalization and 3d modeling of paintings and objects for image content recognition, image classification and multimedia diffusion. In *Int. Conf. of Museum Digitization, Antiquities, Painting and Calligraphy*, page 30, Taipei, Taiwan, nov 2003.
- [273] S. Larbi and M. JaïDane. Watermarking influence on the stationarity of audio signals. In *ICASSP'03*, Hong Kong (Chine), apr 2003.
- [274] S. Larbi, M. JaïDane, and N. Moreau. Audiowatermark detection for all-pass pirat attack : hybrid blind equalization/wiener deconvolution approach. In *Eusipco*, Toulouse, nov 2002.
- [275] L. De Lathauwer, B. De Moor, J. Vandewalle, and J-F. Cardoso. Independent component analysis of largely underdetermined mixtures. In *International Symposium on Independent Component Analysis and Blind Source Separation (ICA)*, pages 29–33, Nara, Japan, apr 2003.
- [276] V. Letournel, B. Sankur, F. Pradeilles, and H. Maître. Feature extraction for quality assessment of aerial image segmentation. In *ISPRS-02*, volume XXXIV, pages 199–204, Graz (Austria), sep 2002.
- [277] L. Likforman, P. Vaillant, and F. Yvon. Proper names extraction from fax images combining textual and image features. In *ICDAR2003*, Edimbourg (Grande-Bretagne), aug 2003.
- [278] P. Loubaton and W. Hachem. Asymptotic analysis of reduced rank wiener filters. In *Information Theory Workshop*, pages 328–331, Paris, apr 2003.
- [279] B. Ly-Van, R. Blouet, S. Renouard, S. Salicetti, G. Chollet, and B. Dorizzi. Signature with text-dependent and text-independent speech for robust identity verification. In *Proc of MMUA*, Santa Barbara, USA, dec 2003.

- [280] S. Maeda and M. Toda. Mechanical properties of lip movements : How to characterize different speaking styles ? In *The 15-th International Congress of Phonetic Sciences*, pages 189–192, Barcelona, Spain, aug 2003.
- [281] S. Maeda, M. Toda, , and A.J. Carlen & L. Meftahi. Modèle des mouvements du visage durant la production de la parole. In *XXIVèmes Journées d'Etudes sur la Parole*, pages 341–344, Nancy, France, jun 2002.
- [282] S. Maeda, M. Toda, and A.J. Carlen & L. Meftahi. Functional modeling of face movements during speech. In *The 7-th International Conference on Spoken Language Processing*, pages 1529–1532, Denver, USA, oct 2002.
- [283] H. Maître. Towards High Resolution SAR Image Processing. In *Chinese SAR Radar Conference CSAR'03 (Conférence invitée)*, Hefei (Chine), dec 2003.
- [284] J. Marquez Flores, I. Bloch, and F. Schmitt. Base surface definition for the morphometry of the ear in phantoms of human heads. In *25th Annual International IEEE EMBS Conference* :, Cancun, Mexico, sep 2003.
- [285] D. Maignon. Can positive pseudo-differential operators of diffusive type help stabilize unstable systems ? In *Mathematical Theory of Networks and Systems*, page 14 p., South Bend, Indiana, aug 2002.
- [286] L. Menez, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Bragg thickness criterion for intracavity diffraction gratings. In *Conference on Lasers and Electro-Optics*, page 40, Long Beach USA, may 2002.
- [287] L. Menez, I. Zaquine, A. Maruani, and R. Frey. Refractive index bragg gratings in amplifying fabry-perot cavities. In *Conference on Lasers and Electro-Optics*, pages 1–2, Long Beach USA, may 2002.
- [288] S. Messaoud-Galusi, R. Carré, C. Bogliotti, and W. Serniclaes. Origine du déficit de perception catégorielle des dyslexiques. In *Actes des Journées d'Etude sur la Parole*, Nancy, 2002.
- [289] A. Moreno, I. Bloch, J. Dutreuil, and M. Deval. 3D regularized reconstruction from a small number of projections in maxillo-facial imaging : feasibility and first experimental results. In *Forum des Jeunes Chercheurs en GBM*, pages 136–137, Nantes France, may 2003.
- [290] B. Mouhouche, K. Abed-Meraim, N. Ibrahim, and Ph. Loubaton. Chip-Level MMSE Equalization for The Forward Link of UMTS-FDD : A Low Complexity Approach. In *VTC, Etats Unis*, 2003.
- [291] B. Mouhouche, K. Abed-Meraim, N. Ibrahim, and Ph. Loubaton. Reduced Rank Adaptive Chip-level MMSE Equalization for the Forward Link of Long-code DS-CDMA Systems. In *ISSPA*, Paris, France, jul 2003.
- [292] B. Mouhouche, Ph. Loubaton, W. Hachem, K. Abed-Meraim, and N. Ibrahim. Analyse Asymptotique de Certains Filtres de Wiener a Rang Réduit. In *GRETSI*, volume 2, pages 163–166, Paris, France, 2003.
- [293] E. Moulines, P. Priouret, and F. Roueff. Estimation récursive pour les modèles autorégressifs localement stationnaires. In *GRETSI 2003*, volume 1, pages 161–164, Paris, sep 2003.
- [294] E. Moulines, P. Priouret, and F. Roueff. Recursive estimation of a locally stationary process. In *IEEE workshop on statistical signal processing 2003*, Saint Louis, Missouri, USA, sep 2003.
- [295] W. Muhammad, E. Grosicki, K. Abed-Meraim, J.P. Delmas, and F. Desbouvries. Uplink Versus Downlink Wirless Mobile Positioning in Umts Cellular Radio Systems. In *EUSIPCO*, France, sep 2002.
- [296] P. Muse, F. Sur, F. Cao, and Y. Gousseau. Unsupervised thresholds for shape matching. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing*, Barcelona, Spain, sep 2003.
- [297] J.M. Nicolas. alpha-stable positive distributions : a new approach based on second kind statistics. In *EUSIPCO*, Toulouse, France, sep 2002.

- [298] J.M. Nicolas. La loi de Fisher et ses applications aux images de Radar à Synthèse d'Ouverture. In *GRETSI*, volume 3, pages 209–212, Paris, France, sep 2003.
- [299] J.M. Nicolas. A Fisher-MAP filter for SAR image processing. In *IGARRS*, Toulouse, France, jul 2003.
- [300] J.M. Nicolas, A. Maruani, and F. Tupin. Application of second kind statistics to sar image processing. In *EUSAR 2002*, Cologne, Allemagne, jun 2002.
- [301] J.M. Nicolas and F. Tupin. Gamma mixture modeled with “second kind statistics” : Application to SAR image processing. In *IGARSS 2002*, volume 4, pages 2489–2491, Toronto, Canada, jun 2002.
- [302] M. Nikolova. Efficient removing of impulsive noise based on an l1-l2 cost-function. In *IEEE Int. Conf on Image Processing ICIP 2003*, Barcelona (Spain), sep 2003.
- [303] M. Nikolova. Minimization of cost-functions with non-smooth data-fidelity terms to clean impulsive noise. In *Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition 2003, Lectures Notes in Computer Science, Springer Verlag*, pages 391–406, Lisbonne, Portugal, jul 2003.
- [304] M. Nikolova and M. Ng. Comparison of the main forms of quadratic regularization. In *IEEE International Conference on Image Processing ICIP'02*, volume 1, pages 349–352, Rochester - USA, sep 2002.
- [305] G. Patanchon, H. Snoussi, J.-F. Cardoso, and J. Delabrouille. Blind component separation for cosmic microwave background experiments using spectral diversity. In *PSIP 2003*, Grenoble, 2003.
- [306] G. Pau, C. Tillier, and B. Pesquet-Popescu. Optimization of the predict operator in lifting-based motion compensated temporal filtering. In *SPIE VCIP*, San Jose, CA, USA, jan 2004.
- [307] B. Pesquet-Popescu, H. Heijmans, G.C.K. Abhayaratne, and G. Piella. Quantization of adaptive 2d wavelet decompositions. In *IEEE ICIP2003*, Barcelone, Espagne, sep 2003.
- [308] B. Pesquet-Popescu, G. Piella, and H. Heijmans. Adaptive update lifting with gradient criteria modeling high-order differences. In *Proc. IEEE ICASSP*, Orlando, FL, USA, may 2002.
- [309] B. Pesquet-Popescu, G. Piella, and H. Heijmans. Construction of adaptive wavelets using update lifting and quadratic decision criteria. In *EUSIPCO*, Toulouse, France, sep 2002.
- [310] D. Petrovska, M. Abalo, A. El Hannani, and G. Chollet. Data-driven Speech Segmentation for Speaker Verification and Language Identification. In *NOLISP*, Le Croisic, may 2003.
- [311] D. Petrovska, A. El Hannani, and G. Chollet. Searching through a speech memory for text-independent speaker verification. In *AVBPA*, Guilford, UK, jun 2003.
- [312] G. Picard and O. Cappé. Blind identification of Hammerstein nonlinear distortion models. In *IEEE Workshop on App. of Sig. Proc. to Audio and Acoust.*, pages 17–20, New Paltz, New York, oct 2003.
- [313] G. Piella, H. Heijmans, and B. Pesquet-Popescu. Adaptive wavelet decompositions driven by a weighted norm of the gradient. In *Proc. of the 3rd IEEE Benelux Signal Proc. Symposium (SPS-2002)*, Leuven, Belgium, mar 2002.
- [314] J. Y. Ramel, M. Crucianu, N. Vincent, and C. Faure. Detection, extraction and representation of tables. In *Int. Conf. on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*, pages 374–378, Edinbourg - UK, aug 2002.
- [315] P. Randao-Alface, B. Macq, F. Cayre, F. Schmitt, and H. Maître. Lapped Spectral Decomposition for 3D Triangle Mesh Compression. In *IEEE ICIP'03*, volume 1, pages 781–784, Barcelona (Spain), oct 2003.
- [316] S. Renouard, M. Charbit, and G. Chollet. Vocal interface with a speech memory for dependent people. In *Proc. of ICOST*, Paris, France, sep 2003.

- [317] A. Ribes, H. Brettel, F. Schmitt, H. Liang, J. Cupitt, and D. Saunders. Color and spectral imaging with the crisatel acquisition system. In *PICS03 The Digital Photography Conference*, pages 215–219, Rochester, Etats Unis, may 2003.
- [318] A. Ribes and F. Schmitt. Reconstructing spectral reflectances with mixture density networks. In *CGIV'2002 First European Conference on Color in Graphics, Image and Vision*, pages 486–491, Poitiers, France, apr 2002.
- [319] J. Rosier and Y. Grenier. Pitch estimation for the separation of musical sounds. In *112th AES Convention*, Munich, RFA, may 2002.
- [320] J. Rosier and Y. Grenier. Two-pitch estimation for co-channel speakers separation. In *ICASSP*, Orlando, USA, may 2002.
- [321] F. Rossant and I. Bloch. Modélisation floue pour la reconnaissance de partitions musicales. In *LFA'02*, pages 253–260, Montpellier, France, oct 2002.
- [322] F. Roueff. Random wavelet series with asymptotically self-similar moments. In *Autosimilarité et Applications*, Clermont-Ferrand, France, mar 2002.
- [323] A. Safavi and K. Abed-Meraim. Symmetric Minimum Noise Subspace for Multi-Input Multi-Output System Identification. In *GRETSI*, Paris, France, 2003.
- [324] M. Sahmoudi, K. Abed-Meraim, and M. Benidir. Blind Separation of alpha-stable Sources : A New Fractional Lower-Order Moments (FLOM) Approach. In *Int. Symp. on Sig. Proc. and Inf. Technology (ISSPIT)*, Marrakech, Morocco, dec 2002.
- [325] M. Sahmoudi, K. Abed-Meraim, and M. Benidir. Blind Separation of Instantaneous Mixtures of Impulsive alpha-stable Sources. In *Int. Symp. on Sig. & Image Proc. and Analysis*, Rome, sep 2003.
- [326] M. Sahmoudi, K. Abed-Meraim, and M. Benidir. Estimation de Signaux Chirp Multicomposantes Affecte par un Bruit Impulsif Alpha-stable. In *GRETSI*, volume 2, pages 80–83, Paris, France, 2003.
- [327] S. Salicetti, C. Beumier, G. Chollet, B. Dorizzi, J. Leroux, J. Lunter, Y. Ni, and D. Petrovska. Biomet : a multimodal person authentication database including face, voice, fingerprint, hand and signature modalities. In *AVBPA*, Guilford, UK, jun 2003.
- [328] E. Sanchez-Soto, R. Blouet, G. Chollet, and M. Sigelle. Speaker verification with bayesian networks. In *Proc. of MMUA*, Santa Barbara, USA, dec 2003.
- [329] A. Safavi and K. Abed-Meraim. Blind channel identification robust to order overestimation : A constant modulus approach. In *ICASSP'03*, Hong Kong (Chine), apr 2003.
- [330] W. Serniclaes, C. Bogliotti, and R. Carré. Perception of consonant place of articulation : phonological categories meet natural boundaries. In *Proc. of the 15th ICPHS*, Barcelona, jan 2003.
- [331] W. Serniclaes and R. Carré. Contextual effects in the perception of fricative place of articulation : a rotational hypothesis. In *Proc. of the Int. Cong. on Speech and Language Processing*, Denver, jan 2002.
- [332] V. Sucic, B. Boashash, and K. Abed-Meraim. A Normalized Performance Measure for Quadratic Time-Frequency Distribution. In *Int. Symp. on Sig. Proc. and Inf Technology (ISSPIT)*, Marrakech, Morocco, dec 2002.
- [333] H. Sun, H. Maître, and B. Guan. Turbo Image Restoration. In *ISSPA'2003*, Vol. 1, pages 417–420, Paris, France, may 2003.
- [334] H. Sun, H. Maître, and B. Guan. Turbo iterative technique for SAR image processing. In *ISITA2002, International Symposium on Information Theory and its Applications*, pages 395–398, Xi'an (China), oct 2002.
- [335] C. Tillier and B. Pesquet-Popescu. 3d, 3-band, 3-tap temporal lifting for scalable video coding. In *IEEE ICIP2003*, Barcelone, Espagne, sep 2003.

- [336] C. Tillier, B. Pesquet-Popescu, Y. Zhan, and H. Heijmans. Scalable video compression with temporal lifting using 5/3 filters. In *Picture Coding Symposium*, St. Malo, France, apr 2003.
- [337] C. Tison, J.M. Nicolas, and F. Tupin. Accuracy of fisher distributions and log-moment estimation to describe amplitude distributions of high resolution SAR images over urban areas. In *IGARSS03*, volume 3, pages 1999–2001, Toulouse, France, jul 2003.
- [338] C. Tison, J.M. Nicolas, and F. Tupin. Classification of X-Band High Resolution SAR Images over Urban Areas : Markovian Segmentation using Mellin Transform. In *2nd GRSS/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas*, pages 110–114, Berlin - Allemagne, may 2003.
- [339] M. Toda, S. Maeda, A.J. Carlen, and L. Meftahi. Dissociation de la protrusion et de l'arrondissement dans la production des consonnes labialisées de l'anglais. In *Journées d'Etudes sur la Parole*, pages 345–348, Nancy, France, jun 2002.
- [340] M. Toda, S. Maeda, A.J. Carlen and L. Meftahi. Lip gestures in english sibilants : articulatory - acoustic relationship. In *The 7-th International Conference on Spoken Language Processing*, pages 2165–2168, Denver, Colorado, USA, oct 2002.
- [341] M. Toda, S. Maeda, A.J. Carlen and L. Meftahi. Lip protrusion/rounding dissociation in french and english consonants : /w/ vs. /s/ and /z/. In *The 15-th International Congress of Phonetic Sciences*, page 1763\_1766, Barcelona, Spain, aug 2002.
- [342] M. Tomokiyo and G. Chollet. Voiceunl : a proposal to represent speech control mechanisms within the universal networking digital language. In *CONVERGENCES'03*, Alexandria, Egypt, dec 2003.
- [343] T. Tung and F. Schmitt. 3d object indexing using multiresolutional reeb graph. In *Workshop on Geometry compression*, Sophia-Antipolis, nov 2003.
- [344] F. Tupin. Matching criteria for radargrammetry. In *IGARSS 2002*, volume 5, pages 2608–2610, Toronto, Canada, mar 2002.
- [345] F. Tupin. Extraction of 3D information using overlay detection on SAR images. In *URBAN 2003, IEEE/ISPRS Joint Workshop*, Berlin, Germany, mar 2003.
- [346] D. Turaga, M. Van Der Schaar, and B. Pesquet-Popescu. Temporal prediction and differential coding of motion vectors in the mctf framework. In *IEEE ICIP2003*, Barcelone, Espagne, sep 2003.
- [347] A. Tuzikov, O. Colliot, and I. Bloch. Brain Symmetry Computation in MR Images using Inertia Axes and Optimization. In *International Conference on Pattern Recognition ICPR 2002*, Québec, aug 2002.
- [348] P. Vaillant, L. Likforman-Sulem, and F. Yvon. Exploitation d'informations spatiales et textuelles en analyse de documents : le cas des telecopies. In *Conference Federative sur le Document-CFD-CIFED'03*, pages 255–264, Hammamet-Tunisie, oct 2002.
- [349] Wirawan, K. Abed-Meraim, H. Maître, and P. Duhamel. Blind Multichannel Image Restoration Using Oblique Projections. In *SAM Workshop*, Etats Unis, 2002.
- [350] Wirawan, K. Abed-Meraim, H. Maître, and P. Duhamel. Blind Multichannel Image Restoration using Subspace Based Method. In *IEEE ICASSP 2003*, Hong-Kong, apr 2003.
- [351] Y. Yemez and F. Schmitt. 3d progressive compression with octree particles. In *VISION, MODELING, AND VISUALIZATION 2002 (VMV2002)*, Erlangen, Germany, nov 2002.
- [352] Y. Yu, I. Bloch, and A. Trouvé. A Unified Unsupervised Clustering Algorithm and its First Application to Landcover Classification. In *ICASSP'03*, volume III, pages 689–692, Hong-Kong, China, 2003.
- [353] Y. Yvinec, D. Borghys, M. Acheroy, H. Suess, M. Keller, M. Bajic, E. Wolff, S. Vanhuyse, I. Bloch, Y. Yu, and O. Damanet. SMART : Space and Airborne Mined Area Reduction Tools, Presentation. In *EUDEM'03*, Brussels, Belgium, 2003.

- [354] S. Zinger, M. Nikolova, M. Roux, and H. Maître. 3D resampling for airborne Laser data of urban areas. In *ISPRS 02*, volume XXXIV, pages 418–423, Graz (Austria), sep 2002.
- [355] S. Zinger, M. Nikolova, M. Roux, and H. Maître. Rééchantillonnage de données 3d laser aéroporté en milieu urbain. In *ORASIS 2003, Congrès Francophone de Vision par Ordinateur*, pages 75–82, Gérardmer (France), may 2003.

## 5 Thèses

- [356] M. Abdi. *Détection multi-utilisateurs en mode CDMA*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST02..., dec 2002.
- [357] M. Amar. *Optimisation d'un schéma de codage à partir d'un TCD*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST02..., jan 2002.
- [358] Y. Ben Ayed. *Détection de mots clés dans un flux de parole*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03E..., dec 2003.
- [359] S. Baudry. *Stratégie de codage de canal pour le tatouage de vidéo*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST02E006, jan 2002.
- [360] E. Bengoetxea. *Inexact Graph Matching Using Estimation of Distribution Algorithms*. PhD thesis, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, dec 2002.
- [361] C. Beumier. *Authentification d'identité par analyse tridimensionnelle du visage*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, dec 2003.
- [362] V. Bouland. *Caractérisation électromagnétique des milieux urbains en imagerie de télédétection par radar à synthèse d'ouverture*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST02..., nov 2002.
- [363] V. Boulanger. *Prise en compte des textures photométriquement et colorimétriquement réalistes dans les simulations d'éclairage*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST2001E003, mar 2002.
- [364] R. Boyer. *Modélisation et codage des signaux audio par extension du modèle sinusoidal*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST, dec 2002.
- [365] E. Bratsolis. *Restauration et segmentation d'images de télédétection : une étude de méthodes accélérées*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03E..., jun 2003.
- [366] S. Burykh. *Détection multi-utilisateurs et estimation aveugle du canal pour les systèmes DS-CDMA*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03E..., mar 2003.
- [367] A. Cachia. *Modèles statistiques morphométriques et structurels du cortex pour l'étude du développement cérébral*. PhD thesis, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, nov 2003.
- [368] O. Camara. *Non-Linear Registration of Thoracic and Abdominal CT and PET Images : Methodology Study and Application in Clinical Routine*. PhD thesis, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, dec 2003.
- [369] M. Carré. *Recherche de navigation dans les bases de données multimédia : description de scènes sonores et conception d'outils de recherche de contenus*. PhD thesis, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, jun 2002.
- [370] A.C. Carrilero. *Détermination des matériaux constituant les bâtiments à partir d'images aériennes*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST02..., jun 2002.
- [371] F. Cayre. *Contribution au tatouage des maillages surfaciques 3D*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03, dec 2003.

- [372] P. Cheung Mon Chan. *Les réseaux bayésiens et le filtrage particulière : applications à l'égalisation adaptative et au décodage conjoint*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03E..., dec 2003.
- [373] G. Coatrieux. *Contribution à la sécurité d'images médicales par tatouage*. PhD thesis, Université de Rennes 1 - numero 2748, nov 2002.
- [374] P. Collen. *Stratégie de codage audio à bas débit en radio numérique bande étroite. Adaptation dynamique au canal de transmission et à la nature des signaux codés*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, nov 2002.
- [375] O. Colliot. *Représentation, évaluation et utilisation de relations spatiales pour l'interprétation d'images. Application à la reconnaissance de structures anatomiques en imagerie médicale*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, sep 2003.
- [376] R. Dehak. *Inférence quantitative des relations spatiales directionnelles*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, dec 2002.
- [377] O. Derrien. *Modélisation statistique de la quantification dans le MPEG Advanced Audio Coder. Application à la spatialisation du son en environnement MPEG-4*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST02..., dec 2002.
- [378] E. Grosicki. *Techniques avancées de traitement d'antennes pour la localisation de sources*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03E..., dec 2003.
- [379] H. Jibrini. *Reconstruction automatique des bâtiments en modèles polyédriques 3D à partir de données cadastrales vectorisées 2D et d'un couple d'images aériennes à haute résolution*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST02E010, apr 2002.
- [380] J. Kharroubi. *Étude des techniques de classement (Machines à Vecteurs Supports) pour la vérification automatique du locuteur*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST02..., jul 2002.
- [381] V. Letournel. *Contribution à l'évaluation d'algorithmes de traitement d'images*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, dec 2002.
- [382] G. Neuez. *Range Camera Imaging : from Human Body to Very Large Points Scenes Visualization*. PhD thesis, Chalmers University of Technology, Sweden, techn. report No 425, jun 2002.
- [383] A. Ribés. *Analyse multispectrale et reconstruction de la réflectance spectrale des tableaux de maître*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03E..., dec 2003.
- [384] J. Rosier. *Méthodes d'estimation de fréquences fondamentales multiples pour la séparation de signaux de parole et de musique*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03E..., dec 2003.
- [385] A. Safavi Golpayegani. *Contribution à l'exploitation de la diversité en transmission et en réception dans les systèmes à antennes multiples*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03E..., nov 2003.
- [386] Wirawan. *Restauration autodidacte d'images multicanales : méthodes du second ordre*. PhD thesis, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST03E..., jan 2003.

## 6 Brevets

- [387] I. Bloch, G. Delso, and O. Camara. Registration of Thoracic and Abdominal Imaging Modalities, 2002.
- [388] P. Laurent and J. Prado. Dispositif et procédé perfectionnés de traitement de signaux pour l'annulation de signaux parasites, oct 2002.
- [389] B. Mouhouche, K. Abed-Meraim, N. Ibrahim, and Ph. Loubaton. Procédé de réception d'un signal cdma à annulation d'interférence et récepteur correspondant, sep 2003.



- [390] Jm Nicolas and F. Perlant. Procédé de modélisation d'image numérique affectée de bruit et d'exploitation du modèle obtenu, 2002.

## 7 Rapports

- [391] C. Baras, N. Moreau, A. Lobo Guerrero, and P. Bas. Procédés d'insertion audio basés sur le tatouage. Technical report, dec 2003.
- [392] C. Faure and N. Vincent. Rapport de fin de contrat rntl kenobi, jan 2003.
- [393] Y. Gousseau and F. Roueff. The dead leaves model : general results and limits at small scales. Technical Report 2003D009, TSI, nov 2003.
- [394] Michel Grojnowski, Laurence Likforman-Sulem, Eric Moulines, Jean-Marie Nicolas, François Roueff, Marc Sigelle, and Florence Tupin. Enst - dicitec - ra - 20021220, dec 2003.
- [395] H. Haddar and D. Matignon. Theoretical and numerical analysis of the Webster-Lokshin model. Technical Report RR\*\*\*\*, Institut National de la Recherche en Informatique et Automatique (INRIA), dec 2003.
- [396] C. Hernandez and F.Schmitt. Using silhouette coherence for 3d images-based object modeling under circular motion. Technical Report 2003D011, École Nationale Supérieure des Télécommunications , 2003D010, oct 2003.
- [397] Y. Jingwen. INSAR data compression and denoising study based on wavelet transform. Technical Report ENST 2003D007, École Nationale Supérieure des Télécommunications, aug 2003.
- [398] E. Martinez, L. Garnero, and I. Bloch. Refined Adaptive Meshes for the Localization of Cortical Activity. Technical Report 2003D001, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, jan 2003.
- [399] N. Moreau. Insertion du tatouage audio dans le flux mpeg2 : une proposition. Technical report, feb 2002.
- [400] J.M. Nicolas. Introduction aux statistiques de deuxième espèce : applications aux lois d'images RSO. Technical Report D001, École Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST2002D001, feb 2002.
- [401] B. Pesquet-Popescu and J. Lévy Véhel. Stochastic fractal models for image processing. Technical Report 2002C001, ENST, mar 2002.
- [402] M. Sigelle. Projet incitatif get biomet : vérification biométrique multimodale de l'identité., mar 2002.
- [403] T. Trigano, E. Barat, and T. Dautremer. Etude probabiliste de signaux spectrométriques : Méthode de désempilement de spectre en énergie pour la spectrométrie gamma. Technical report, Rapport Technique CEA, dec 2003.
- [404] T. Tung and F. Schmitt. Augmented reeb graphs for content-based retrieval of 3d mesh models. Technical Report 2003D010, École Nationale Supérieure des Télécommunications, nov 2003.

## 8 Soumis ou à paraître

- [405] C. Andrieu and E. Moulines. On the ergodicity properties of some adaptive mcmc algorithms. *Annals of Applied Probability*, dec 2003.
- [406] C. Andrieu, E. Moulines, and P. Priouret. Stability of stochastic approximation under verifiable conditions. *SIAM Journal on Control and Optimization*, oct 2002.
- [407] A. Antoniadis, D. Leporini, and J-C. Pesquet. Wavelet thresholding for some classes of non-gaussian noise. *Statistica Neerlandica*, 2002.
- [408] N. Azzabou and L. Likforman. Neural network-based proper names extraction in fax images. In *ICPR'04*, Cambridge, Royaume Uni, jan 2004.

- [409] B. Barkat and K. Abed-Meraim. Algorithms for Blind Components Separation and Extraction from the Time-Frequency Distribution of their Mixture. *Journal of Applied Signal Processing (IEE JASP)*, mar 2003.
- [410] A. Belouchrani, K. Abed-Meraim, M. Amin, and A. M. Zoubir. Blind separation of non-stationary sources. *IEEE S.P. letters*, sep 2002.
- [411] E. Bengoetxea, J. Miguel, P. Larranaga, and I. Bloch. Model-based Recognition of Brain Structures in 3D Magnetic Resonance Images using Graph Matching and Parallel Estimation of Distribution Algorithms. *Cybernetics and Systems*, apr 2002.
- [412] L. Berriche, K. Abed-Meraim, and J-C. Belfiore. Cramer-Rao bounds for mimo channel estimation. In *ICASSP2004*, May 2004.
- [413] P. Bianchi, P. Loubaton, and F. Sirven. Non data aided estimation of the modulation index of continuous phase modulations. *IEEE Transactions on Signal Processing*, oct 2003.
- [414] I. Bloch. A Brief Review on Fuzzy Spatial Relationships for Image Processing and Interpretation. *Image and Vision Computing*, dec 2003.
- [415] I. Bloch, R. Pino-Pérez, and C. Uzcategui. A Unified Treatment of Knowledge Dynamics. In *International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning, KR2004*, Canada, 2004.
- [416] I. Bloch, J. Pescatore, and L. Garnero. A New Characterization of Simple Elements in a Tetrahedral Mesh. *Graphical Models*, sep 2003. Technical report, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications ENST 2003D013.
- [417] B. Boashash, A. Belouchrani, K. Abed-Meraim, and N. Trung. *Signal Processing for Wireless Communication handbook : Chapter on "Time Frequency Analysis for Mobile Communications"*. M. Ibnkahla, CRC Press, 2003.
- [418] E. Bordon and P. Vaillant. Le statut du signe iconique entre iconicité et intertextualité. *VISIO*, apr 2002.
- [419] X. Boutillon and B. David. Assessing tuning and damping of historical carillon bells and their changes through restoration. *Applied Acoustics*, 2002.
- [420] R. Boyer and K. Abed-Meraim. Damped & delayed sinusoidal model for fast time-varying signals. *IEEE Trans. on SP*, dec 2002.
- [421] R. Boyer and S. ESSID. Representations of audio signals based on the exponentially damped sinusoidal (eds) model. *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 2003.
- [422] R. Boyer and K. Abed-Meraim. Audio modeling based on delayed sinusoids. *IEEE Transactions On Speech and Audio Processing*, sep 2002.
- [423] E. Bratsolis and M. Sigelle. A fast sar image restoration, segmentation and detection of high reflectance regions. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, jan 2004.
- [424] F. Bretar, M. Pierrot Desseilligny, and M. Roux. Fusion lidar/photogrammétrie : Une mise en cohérence globale. In *RFIA'2004*, Toulouse, jan 2004.
- [425] H. Brettel, L. Shi, and H. Strasburger. Temporal image fusion in human vision. *Vision Research*, 2004.
- [426] O. Camara, O. Colliot, G. Delso, and I. Bloch. Apport de contraintes anatomiques au recalage non linéaire d'images TDM et TEP dans les régions thoraciques et abdominales. In *Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle RFIA'04*, Toulouse, France, jan 2004.
- [427] O. Cappé, A. Guillin, J-M. Marin, and C. P. Robert. Population Monte Carlo. jan 2003.
- [428] R. Carré. From acoustic tube to speech production. *Speech Communication*, 2004.
- [429] R. Carré. Speech gestures by deduction, gesture production, and gesture perception. In G. Meyer and P. Divenyi, editors, *Dynamics of speech production and perception*. IOP Press, Amsterdam, 2004.

- [430] R. Cesar, E. Bengoetxea, I. Bloch, and P. Larranaga. Inexact Graph Matching for Facial Feature Segmentation and Recognition. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 2002.
- [431] P. Cheung Mon Chan and E. Moulines. Global sampling for sequential filtering over discrete state-space. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, dec 2003.
- [432] J.M. Chaufray, W. Hachem, and P. Loubaton. Asymptotic analysis of optimum and sub-optimum cdma downlink mmse receivers. *IEEE Transactions on Information Theory*, 2002.
- [433] D. Cherifi, F. Tupin, M. Roux, and H. Maître. Refined road detection in sar images by using dynamic programming. In *EARSeL*, Dubrovnik 25-27 May, may 2004.
- [434] O. Colliot, O. Camara, and I. Bloch. Combinaison de relations spatiales et de modèles déformables pour la segmentation de structures cérébrales internes en IRM. In *Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle RFIA'04*, Toulouse, France, jan 2004.
- [435] O. Colliot, O. Camara, R. Dewynter, and I. Bloch. Description of Brain Internal Structures by Means of Spatial Relations for MR Image Segmentation. In *SPIE Medical Imaging*, CA, USA, 2004.
- [436] O. Colliot, A. Tuzikov, R. Cesar, and I. Bloch. Approximate Reflectional Symmetries of Fuzzy Objects with an Application in Model-Based Object Recognition. *Fuzzy Sets and Systems*, 2003.
- [437] G. Dauphin and D. Matignon. Study of coupling of diffusive filters and rational filters : external stability, decomposition result, coprime factorization, and asymptotic analysis. In G. Montseny, J. Audounet, P. Bidan, and D. Matignon, editors, *Opérateurs pseudo-différentiels et représentation diffusive en modélisation, contrôle et signal*. 2002.
- [438] G. Dauphin and D. Matignon. Study of coupling of diffusive realizations and finite-dimensional systems : internal asymptotic stability and asymptotic analysis. *System and Control Letters*, apr 2002.
- [439] M. Defradas-Barkat, I. Vasilescu, and F. Pellegrino. Stratégies perceptuelles et identification automatique des langues : application au continuum dialectal arabe. *Parole*, 2003.
- [440] R. Dehak, I. Bloch, and H. Maître. Spatial Reasoning with Incomplete Information about Relative Positioning. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, dec 2003. Technical Report 2003D014, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, 2003.
- [441] R. Douc, G. Fort, E. Moulines, and P. Soulier. Practical drift conditions for subgeometric ergodicity. *Annals of Applied Probability*, jan 2003.
- [442] R. Douc, A. Guillin, and J. Najim. Moderate deviations for particle filtering. *submitted*, pages 1–26, may 2003.
- [443] R. Douc, E. Moulines, and J. Rosenthal. Quantitative bounds for geometric convergence rates of markov chains. *Annals of Applied Probability*, mar 2002.
- [444] R. Douc, E. Moulines, and P. Soulier. Computable bounds for subgeometric ergodic markov chains. *Advances in Applied Probability*, oct 2003.
- [445] R. Douc, E. Moulines, and T. Ryden. Asymptotic properties of the maximum likelihood estimator in autoregressive models with markov regime. *Annals of Statistics*, 2004.
- [446] M. Ebadzadeh, B. Tondu, and C. Darlot. Computation of inverse functions in a model of cerebellar and reflex pathways allows to control a mobile mechanical segment. *Neuroscience*, jan 2004.
- [447] S. Essid, G. Richard, and B. David. Efficient features for musical instrument recognition on solo performances. In *AES 25th conference*, jun 2004.
- [448] S. Essid, G. Richard, and B. David. Musical instrument recognition on solo performances. In *ICASSP*, oct 2004.
- [449] E. Grosicki and K. Abed-Meraim. A novel method to mitigate the Non-Line-of-Sight error in AOA Measurements for Mobile Location. In *ICC*, 2004.

- [450] C. Hernández Esteban and F. Schmitt. Silhouette and stereo fusion for 3d object modeling. *Computer Vision and Image Understanding*, 2004.
- [451] C. Hernández Esteban and F. Schmitt. Une approche par modèle déformable pour la reconstruction 3d de haute qualité d'objets photographiés. In *14ème congrès francophone AFRIF-AFIA de Reconnaissance des Formes et Interprétation des Images*, Toulouse, jan 2004.
- [452] G. Fay, E. Moulines, and P. Soulier. Edgeworth expansions for linear statistics of possibly long-range dependent linear processes. *Statistics and Probability Letters*, jan 2003.
- [453] G. Feideropoulou and B. Pesquet-Popescu. Stochastic modelling of the spatio-temporal wavelet coefficients. application to quality enhancement and error concealment. *EURASIP Journal of Signal Processing and Applications (JASP)*, sep 2003.
- [454] E. Grosicki, K. Abed-Meraim, and Y. Hua. A weighted linear prediction method for near field source localization. *IEEE Tr. on Signal Processing*, sep 2003.
- [455] H. Haddar and D. Matignon. Well-posedness of non-linear conservative systems when coupled with diffusive systems. In *Symposium on Nonlinear Control Systems (NOLCOS)*, page 6, Stuttgart, Germany, sep 2004.
- [456] Th. Hélie and D. Matignon. Diffusive representations for analyzing and simulating flared acoustic pipes with visco-thermal losses. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences (M3AS)*, jan 2004.
- [457] C. Hurvich, E. Moulines, and Ph. Soulier. Estimating long memory in volatility. *Econometrica*, jan 2003.
- [458] H. Jibrini, M. Pierrot-Desseilligny, N. Papanoditis, and H. Maitre. Détermination d'une surface polyédrique continue optimale à partir d'un fouillis de plans. In *RFIA 04*, Toulouse (France), jan 2004.
- [459] H. Kim, K. Honda, and S. Maeda. Stroboscopic cine-mri study on the phasing between the tongue and the larynx in korean three-way phonation contrast. *Journal of Phonetics*, may 2004.
- [460] L. Likforman. Apport du traitement des images à la numérisation des documents anciens. *Hermès*, jan 2004.
- [461] B. Ly-Van, R. Blouet, S. Renouard, S. Salicetti, G. Chollet, and B. Dorizzi. Vérification de l'identité par les données biométriques. In *Proc. of RIVF*, Hanoi, Vietnam, feb 2004.
- [462] D. Matignon and Ch. Prieur. Asymptotic stability of linear conservative systems when coupled with diffusive systems. In *Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS)*, Leuven, Belgique, jul 2004.
- [463] D. Matignon and Ch. Prieur. Asymptotic stability of linear conservative systems when coupled with diffusive systems. *European Series in Applied and Industrial Mathematics : Control, Optimization and Calculus of Variations (ESAIM :COCV)*, jan 2004.
- [464] D. Matignon and H. Zwart. Diffusive systems are well-posed linear systems. In *Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS)*, Leuven, Belgique, jul 2004.
- [465] D. Matignon and H. Zwart. Diffusive systems as well-posed linear systems. *Systems and Control Letters (SCL)*, jan 2004.
- [466] N. Moreau. In S. Pateux F. Davoine, editor, *Tatouage de documents audiovisuels numériques*, chapitre Chapitre iV Tatouage de signaux audio, pages 133–166. Hermès, 2004.
- [467] E. Moulines, P. Priouret, and F. Roueff. On recursive estimation for locally stationary time varying autoregressive processes. *Annals of statistics*, may 2003.
- [468] J. Najim. Large deviations for independent random variables, application to Erdős-renyi functional law of large numbers. *submitted*, pages 1–35, nov 2002.
- [469] L.T. Nguyen, K. Abed-Meraim, A. Belouchrani, and B. Boashash. Separating More Sources Than Sensors Using Time-Frequency Distribution. *IEEE Transaction on Signal Processing*, sep 2002.

- [470] L.T. Nguyen, A. Belouchrani, K. Abed-Meraim, and B. Boashash. Separating More Sources than Sensors Using Time-Frequency Distributions. *IEEE Tr. on Sig. Proc.*, sep 2002.
- [471] M. Nikolova. Weakly constrained minimization. application to the estimation of images and signals involving constant regions. *Journal of Mathematical Imaging and Vision.*, mar 2004.
- [472] G. Pau, C. Tillier, B. Pesquet-Popescu, and H. Heijmans. Motion compensation and scalability in lifting-based video coding. *EURASIP Signal Processing : Image Communication*, jun 2003.
- [473] B. Pesquet-Popescu and J.-C. Pesquet. Synthesis of bidimensional alpha-stable models with long-range dependence. *Signal Processing*, mar 2002.
- [474] D.-T. Pham and J.-F. Cardoso. Source adaptive blind source separation : Gaussian models and sparsity. In *Wavelets X, Proc. of SPIE*, San Diego, Jan. 2004.
- [475] F. Roueff and T. Rydén. Non-parametric estimation of mixing densities in a class of discrete distributions. *The Annals of Statistics*, mar 2002.
- [476] E. Roullot, A. Herment, I. Bloch, A. De Cesare, M. Nikolova, and E. Mousseaux. Modeling Anisotropic Undersampling of Magnetic Resonance Angiographies and Reconstruction of a High-Resolution Isotropic Volume using Half-Quadratic Regularization Techniques. *Signal Processing*, 2004. Technical report, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, ENST 2003D012, jul 2003.
- [477] W. Serniclaes, S. Van Heghe, P. Mousty, R. Carré, and L. Sprenger-Charolles. Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2004.
- [478] C. Tillier, B. Pesquet-Popescu, and M. Van Der Schaar. Highly scalable video coding by bidirectional predict-update 3-band schemes. In *IEEE ICASSP*, Montreal, Canada, may 2004.
- [479] C. Tison, Jm. Nicolas, F. Tupin, and H. Maître. A New Statistical Model of Urban Areas in High Resolution sar Images for Markovian Segmentation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing (IGARSS'03 special issue)*, dec 2003.
- [480] C. Tison, F. Tupin, and H. Maître. Extraction of urban elevation models from high resolution interferometric sar images. In *EUSAR 2004*, Ulm (Allemagne), may 2004.
- [481] T. Tung and F. Schmitt. Indexation d'objets 3d par graphe de reeb multirésolution augmenté. In *Atelier Analyse de données, Statistique et Apprentissage pour la Fouille d'images - RFIA 2004*, pages 1–6, Toulouse, France, jan 2004.
- [482] F. Tupin and M. Roux. 3D extraction by structural matching of SAR and optical features. In *ISPRS 2004*, jul 2004.
- [483] F. Tupin and C. Tison. Sub-aperture decomposition for SAR urban areas analysis. In *EUSAR 2004*, may 2004.
- [484] D. S. Turaga, M. Van Der Schaar, and Beatrice Pesquet-Popescu. Reduced complexity spatio-temporal scalable motion compensated wavelet video encoding. *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, jun 2003.
- [485] P. Vaillant. Gaunerzinken. semiotische Analyse eines Geheimkodes der Einbrecher in Südfrankreich. *Zeitschrift für Semiotik*, 24, jun 2002.
- [486] I. Vasilescu, L. Devillers, and L. Vidrascu. Anger versus fear detection in recorded conversations. In *Speech Prosody 2004*, Nara Japon, mar 2004.





# Annuaire des permanents

Nom	Fonction	Poste	Groupe	Mèl	Centres d'intérêt
Karim Abed-Meraim	MdC	8180	TSAC	abed@tsi.enst.fr	identification de systèmes, traitement d'antennes, communications numériques
Dominique Asselineau	Ing	7891	PAM, TII	asseline@tsi.enst.fr	mèl, site internet
Roland Badeau	CER	7232	AAO	rbadeau@tsi.enst.fr	signal, musique, indexation
Guy Balestrat	IE	7391	COD	balestrat@tsi.enst.fr	télévision numérique
Sophie-Charlotte Barrière	Ing	7460		barriere@tsi.enst.fr	ingénieur système
Gérard Blanchet	DE	7419	COD	blanchet@tsi.enst.fr	automatique, architecture
Isabelle Bloch	Prof	7585	TII	isabelle.bloch@enst.fr	image, flou, raisonnement spatial, fusion, im. médicale, rec. formes
Hans Brettel	CR1	7658	PAM	brettel@tsi.enst.fr	vision, perception, couleur
Olivier Cappé	CR1	7111	TSAC	cappe@tsi.enst.fr	traitement statistique du signal, méthodes de Monte Carlo
Jean-François Cardoso	DR2	7859	TSAC	cardoso@tsi.enst.fr	traitement statistique du signal et de l'image, théorie de l'information
René Carré	DRE	7190	PAM	carre@tsi.enst.fr	parole, linguistique
Maurice Charbit	Prof	7178	TSAC	charbit@tsi.enst.fr	traitement statistique du signal, parole
Gérard Chollet	DR2	7884	PAM	chollet@tsi.enst.fr	parole, multimédia, codage
Christian Darlot	CR1	7231	PAM	darlot@tsi.enst.fr	biologie, neurobiologie, modélisation neuromimétique
Bertrand David	MdC	7102	AAO	bedavid@tsi.enst.fr	musique, acoustique, signal
Claudie Faure	CR1	7145	PAM	cfaure@tsi.enst.fr	reconnaissance des formes, documents, apprentissage
Robert Frey	Prof	7325	AAO	frey@tsi.enst.fr	physique, optique, holographie
Patricia Friedrich	Sec	7640 7642		friedrich@tsi.enst.fr	secrétariat image
Yann Gousseau	MdC	7841	TII	gousseau@tsi.enst.fr	image, texture, géométrie aléatoire, reconnaissance de formes.
Yves Grenier	Prof	7544	AAO	grenier@tsi.enst.fr	signal, acoustique, antennes
Michel Grojnowski	MdC	7301	TSAC	grojno@tsi.enst.fr	formation humaine
Jean-Paul Guillois	IE	7452	COD	guillois@tsi.enst.fr	codages et formats en images et en vidéos
Ghassan Kawas-Kaleh	Prof	7275	TSAC	kaleh@tsi.enst.fr	communications numériques, codage, théorie de l'information
Saïd Ladjal	CER	8145	TII	ladjal@tsi.enst.fr	Reconnaissance des formes, Sculpteur
Daniel Liebeguth	cadre technique	7363	COD	liebengu@tsi.enst.fr	électronique analogique et numérique



Nom	Fonction	Poste	Groupe	Mèl	Thèmes
Laurence Likforman-Sulem	MdC bis	7328	PAM	likforman@tsi.enst.fr	reconnaissance des formes, analyse de documents
Shinji Maeda	DR2	7191	AAO, PAM	maeda@tsi.enst.fr	parole, phonétique
Henri Maître	Prof	7655	TII	henri.maitre@enst.fr	image, im. satellitaire et aérienne, tatouage, fusion, complexité, art et stic, restauration
Alain Maruani	Prof	7641	AAO, PAM	maruani@tsi.enst.fr	physique, optique, systèmes non-linéaires
Denis Maignon	MdC	7560	AAO, TSAC	matignon@tsi.enst.fr	automatique, fractals, acoustique
Nicolas Moreau	MdC	7733	COD	moreau@tsi.enst.fr	signal et son, compression, tatouage
Éric Moulines	Prof	7703	TSAC	moulines@tsi.enst.fr	traitement statistique du signal, séries temporelles, simulations
Bahman Nabati	IE	7643	COD	nabati@tsi.enst.fr	ingénieur système, vidéo numérique
Jamal Najim	CR2	7851	TSAC	najim@tsi.enst.fr	probabilités, grandes déviations, filtrage particulière
Jean-Marie Nicolas	Prof	8129	TII	nicolas@tsi.enst.fr	image, radar, ultra-sons, acoustique
Mila Nikolova	CR1	8171	TSAC	nikolova@tsi.enst.fr	restauration, images
Gilbert Papalia	cadre technique	7645 8006	COD	papalia@tsi.enst.fr	micro-informatique, électronique
Béatrice Pesquet-Popescu	MdC	7192	COD	pesquet@tsi.enst.fr	ondelettes, compression, vidéo, tatouage
Jacques Prado	MdC	7802	AAO	prado@tsi.enst.fr	signal, acoustique, signaux biomédicaux
Gaël Richard	MdC	7365	COD	gael.richard@tsi.enst.fr	parole, musique, indexation, spatialisation
François Roueff	MdC	7859	TSAC	roueff@tsi.enst.fr	traitement statistique des signaux, processus auto-similaires, probabilités appliquées
Michel Roux	MdC	8128	TII	michel.roux@enst.fr	image, imageries aérienne et satellitaire, 3D, urbain
Francis Schmitt	Prof	7657	PAM, TII	francis.schmitt@enst.fr	traitement d'objets 3D, maillages, synthèse d'image, réalité virtuelle, couleur, imagerie multispectrale
Marc Sigelle	MdC	7463	TSAC	sigelle@tsi.enst.fr	probabilités, images, champs de Markov, biométrie
Florence Tupin	MdC	7245	TII	tupin@tsi.enst.fr	imagerie radar, champs de Markov, images
Ioana Vasilescu	CR1	7560	PAM	vasilesc@tsi.enst.fr	reconnaissance des langues
Catherine Vazza	Cadre adm.	8149		vazza@tsi.enst.fr	administration, suivi des contrats, relation avec les entreprises
Isabelle Zaquine	MdC	7839	AAO	zaquine@tsi.enst.fr	physique, optique
Laurence Zelmar	Sec	7327		zelmar@tsi.enst.fr	secrétariat signal

Les numéros de téléphone s'obtiennent en faisant précéder le numéro de poste ci-dessus du préfixe 01 45 81.