

**DEPARTEMENT COMMUNICATIONS, IMAGES ET
TRAITEMENT DE L'INFORMATION- CITI**

<http://citi.telecom-sudparis.eu/>

Institut Telecom

Telecom SudParis

9, rue Charles Fourier
91 000 Evry

http://www.telecom-sudparis.eu/fr_accueil.html

Rapport d'activité de recherche 2009-2011

DEPARTEMENT COMMUNICATIONS, IMAGES ET TRAITEMENT DE L'INFORMATION- CITI

<http://citi.telecom-sudparis.eu/>

Rapport d'activité de recherche 2009-2011

Les domaines de compétence du Département CITI sont au cœur des technologies de l'information et de la communication. Les recherches s'articulent autour de méthodes de modélisations et traitements du signal et des images. Le positionnement des activités de recherche se situe entre les recherches universitaires et les activités de recherche-développement de type industriel. Certaines études sont ainsi applicatives et d'autres sont de type amont, sans être guidées par des applications immédiates. Les modélisations probabilistes et les méthodes statistiques de traitements font partie des outils privilégiés faisant largement appel aux formalismes mathématiques récents ou innovants. Les activités sont réparties dans deux groupes : Communications sans fil, Images et Optimisation.

Responsable du département : Wojciech PIECZYNSKI

Téléphone : 33 (0) 1 60 76 44 34

Fax : 33 (0) 1 60 76 44 33

Mail générique du département : CITI@it-sudparis.eu

Présentation générale du département

Le département Communications, Images et Traitement de l'Information (CITI) compte au 1^{er} janvier 2012 une assistante de gestion (AG) et 12 enseignants-chercheurs, dont 5 professeurs (P), 1 directeur d'études (DR), 4 maîtres de conférences (MC), et 2 chargés d'enseignement et de recherche (CER) :

Bonnet Julie (AG)

Castella Marc (MC)

Delmas Jean-Pierre (P)

Desbouvries François (P)

Douc Randal (P)

Lamberti Roger (MC)

Leclère Luc (CER)

Lehmann Frédéric (MC)

Letrou Christine (P)

Monfrini Emmanuel (MC)

Pieczynski Wojciech (P)

Regalia Phillip (P, temps partiel jusqu'à novembre 2010)

Simon François (DR)

Uro Marc (CER)

Le département accueille également, en début de 2012, 10 doctorants et une post-doc. Ses activités poursuivent des objectifs s'inscrivant dans les deux missions principales de l'INSTITUT TELECOM, que sont l'enseignement et la recherche.

En matière d'enseignement, les membres de CITI assurent la coordination des Domaines « Mathématiques » et « Signal », couvrant les modules de mathématiques, probabilités, statistiques, analyse numérique, communications numériques, traitement du signal, traitement d'images, électromagnétisme, antennes, propagation, Les enseignants-chercheurs de CITI ont également mis en place, à la rentrée 2009, une nouvelle voie d'approfondissement de troisième année « Méthodes Statistiques et Applications » (voir http://www.telecom-sudparis.eu/archive/TINT/1094/VAP_MSA-F-2010_2011.pdf), dont une partie des enseignements est directement issue des activités de recherche des membres de CITI. En matière de recherche, CITI poursuit classiquement un triple objectif :

(i) irriguer les enseignements et perfectionner leur niveau, notamment ceux des voies d'approfondissement ;

(ii) contribuer à l'accroissement général des connaissances et assurer la formation par la recherche ; et

(iii) assurer des activités de veille et de transfert technologiques vers l'industrie.

En matière de valorisation des résultats obtenus l'accent est mis sur les publications en revues internationales.

Au plan des rattachements institutionnels, CITI est lié au CNRS par le biais de l'Unité Mixte de Recherche « SAMOVAR » (UMR 5157), qui fait partie des Laboratoires de l'Ecole Doctorale « Sciences Mathématiques de Paris Centre » (SMPC). Huit enseignants-chercheurs du département CITI appartiennent à l'équipe TIPIC de cette UMR, dont les résultats ont été évalués A+ par l'AERES en Mai 2010. Le nouveau directeur de cette UMR nommé par le CNRS pour le quadriennal 2011-2014 est Jean Pierre Delmas, professeur dans le département CITI.

CITI entretient différentes collaborations institutionnelles (Universités Paris VI, Université Catholique de Washington, Telecom ParisTech, Telecom Bretagne, ...), industrielles (Thales, EADS)...

CITI a également participé au contrat européen « Newcom », et a été impliqué dans le Pôle de Compétitivité « Systematic ».

Recherches

Les activités de recherche de CITI s'effectuent au sein de deux groupes:

- le groupe *Communications sans fil*, composé de 7 permanents et 5 doctorants;
- le groupe *Images et optimisation*, constitué de 6 permanents et 5 doctorants.

Les thèmes de recherche du groupe «Communications sans fil»

- Déconvolution aux ordres supérieurs, séparation des sources ;
- Etudes théoriques de performances statistiques d'algorithmes en traitement d'antenne RADAR et en communications numériques ;
- Turbo-égalisation, décodage itératif ;
- Filtrage particulaire ;
- Modèles de Markov Couple et Triplet à états continus ;
- Réception Ultra Large Bande Impulsionnelle ;
- Méthodes de modélisation électromagnétique et de modélisation de la propagation d'ondes ;
- Caractérisation de canaux de propagation par lancer de faisceaux gaussiens ;
- Antennes à lentille ou à réflecteurs.

De manière générale, les efforts de recherche du groupe concernent les problèmes de transmission de données. L'objectif général est de transmettre des quantités massives d'informations à hauts débits et de façon fiable, tout en permettant à de multiples

utilisateurs d'accéder simultanément au médium de communication, ce dernier pouvant être une liaison satellite, une boucle radio, un câble dédié, ou encore une fibre optique. De tels problèmes impliquent une synergie entre, d'une part, des outils amont faisant appel à la théorie de l'information, la théorie des systèmes, et la théorie de l'estimation et, d'autre part, des préoccupations plus concrètes ayant trait à l'analyse de complexité, aux équivalences algorithmiques et à la physique pour l'ingénierie.

Plus précisément, les différentes activités du groupe, développées pendant la période 2009-2011 autour des principaux acteurs cités, ont été les suivantes.

Jean-Pierre Delmas :

Le thème de recherche en performances statistiques d'algorithmes de traitements multicapteurs s'est poursuivi. Il a donné lieu à plusieurs contributions, en particulier à :

- une étude comparative de différents algorithmes d'analyse en composante principale et mineure et d'algorithmes d'estimation de sous espaces sous la forme d'un chapitre d'une monographie paru chez Wiley Interscience [L2].
- des propositions de nouveaux algorithmes de beamforming et de détection dans le cadre de signaux non circulaires, ainsi que l'étude de leur performance statistique [R10, R24, R25, R37].
- une extension du célèbre Théorème de Szego sur le comportement des valeurs propres généralisées de matrices structurées multiniveau block Toeplitz [R2] avec une application en filtrage spatio-temporel [R29].
- une extension de la distribution des vecteurs/valeurs propres de matrice de covariance estimée au cas non gaussien, application à l'étude de performance statistique de la détection d'ordre de modèles avec des critères informationnels [R23].

François Desbouvries :

Les travaux s'inscrivent dans le cadre général de la restauration bayésienne non supervisée dans des chaînes de Markov cachées ou de Markov couple, avec en particulier la mise au point d'algorithmes de filtrage et de lissage de type Kalman, ainsi que d'algorithmes de Monte Carlo séquentiels. En particulier, l'article [R16] propose un lisseur particulière à pas fixe appliqué à l'égalisation de canaux sélectifs en temps et en fréquence, donnant de bonnes performances dans un contexte de turbo égalisation. L'article [R34] propose des algorithmes de lissage à intervalle fixe dans le cas où la matrice de covariance du bruit de mesure est semi-définie positive de rang quelconque. La singularité de cette matrice permet de transformer le système d'état originel en un système de Markov couple équivalent, dont la dimension de l'état est diminuée de la nullité de la matrice de covariance singulière originelle ; des lisseurs de Kalman sont développés dans ce modèle couple et donc, de manière équivalente, dans le système d'état originel. Enfin l'article [R35] propose et analyse différents algorithmes indirects de restauration de la densité de filtrage (de type Kalman ou particulière), dérivés d'algorithmes récursifs de prédiction ou de lissage à un pas.

Marc Castella :

La thématique générale centrée sur le problème de la séparation aveugle de sources a été poursuivie au cours de la période 2009-2011. Le but est de reconstruire des signaux originaux à partir de la seule observation d'un mélange de ces derniers et sans aucune connaissance sur le mélange en dehors de sa structure. Souvent une hypothèse forte est faite sur les signaux sources - leur indépendance statistique - pour compenser le manque d'information du cadre aveugle. Les travaux ont concerné les modèles dits convolutifs, où des versions retardées des signaux sources interviennent dans le mélange.

Les approches basées sur l'idée de "signal de référence" ont été étudiées. Un intérêt a été porté d'une part sur l'optimisation des fonctions de contrastes correspondantes, qui, selon le cas, offrent l'avantage d'une dépendance quadratique en leurs paramètres. Une méthode d'optimisation algébrique a permis également l'introduction de nouveaux critères de contraste non quadratiques [R18]. D'autre part, un nouveau point de vue,

inspiré du cadre semi-aveugle a permis d'affaiblir les conditions qui assurent l'identifiabilité d'un mélange et sa séparation [R8].

Enfin, des travaux sont en cours afin d'associer les techniques de traitement des chaînes de Markov au problème de séparation de sources. Une direction poursuivie concerne le traitement de sources qui ne soient pas statistiquement indépendantes.

Frédéric Lehmann :

Les systèmes de transmission d'information, soumis à de fortes contraintes en termes de rapport signal sur bruit ou à des bruits de dynamique élevés, nécessitent des algorithmes d'estimation et de détection performants. Le filtrage non-linéaire, connu pour son efficacité dans de tels contextes, devient une option intéressante malgré sa complexité élevée. Des résultats prometteurs ont été obtenus pour l'égalisation aveugle et la détection des codes spatio-temporels dans les canaux MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) [R7], la turbo-détection aveugle en présence de bruit de phase important dans les communications par satellite [R11, R12], ainsi que pour le codage et l'égalisation 2D pour les mémoires optiques [R36]. De plus une thèse portant sur le traitement bayésien pour le pistage multi-cible en radar passif en collaboration avec THALES Air Systems a été lancée [T4].

Roger Lamberti :

L'étude d'un récepteur Ultra Large Bande Impulsionnel (TR-UWB), en collaboration avec le département EPH de Télécom SudParis, a été poursuivie au cours de la période 2009-2011. Dans une première partie ce projet visait à l'optimisation de paramètres techniques d'un récepteur TDSC (Time Delayed Sampling and Correlation) en fonction des performances attendues en termes de taux d'erreur et à débouché sur une architecture matérielle réalisée en technologie CMOS; une deuxième partie basée sur cette architecture a consisté à définir une procédure de synchronisation rapide utilisable pour des systèmes mobiles. Les développements récents ont été la réalisation d'une carte de test pour le chipset ainsi que la définition et l'étude d'une procédure de localisation appropriée à ce système. Une telle architecture à bas coût et rapide peut être utilisée dans les réseaux d'objets communicants.

Christine Letrou :

L'activité de recherche en propagation s'est développée principalement autour des deux méthodes de simulation électromagnétique rapides que sont le Lancer de Faisceaux Gaussiens (LFG) et l'Optique Physique multiniveaux (MultiLevel Physical Optics: MLPO).

La formulation de LFG à partir de frames de Gabor, développée à CITI, a fait l'objet de développements nouveaux dans le cadre de la thèse d'Ihssan Ghannoum, menée en collaboration avec Thalès et soutenue en septembre 2010. Le LFG dit "de base" [R14] a été complété par une décomposition adaptative des faisceaux gaussiens permettant de traiter de façon plus précise le problème de la diffraction et les effets d'ombre dans la modélisation de canaux de propagation. Cette formulation répond aux besoins de simulations physiques rapides en environnement complexe multi-trajets, en particulier à des besoins spécifiques de simulation de la propagation Radar.

La collaboration avec l'Université de Tel-Aviv autour de l'algorithme d'Optique Physique rapide MLPO (décomposition hiérarchique, multi-niveaux) a été poursuivie avec la simulation d'erreurs liées aux incertitudes dans l'alimentation des éléments de grandes antennes réseaux. Le projet bi-national France-Israël accepté fin 2008 dans le cadre de l'appel à projets « Multicomputing », a permis, en utilisant comme programmes-tests nos programmes basés sur l'algorithme MLPO, d'apporter une contribution au développement de processus de parallélisation semi-automatique de programmes de calcul scientifique. Il a permis également de tester la "scalabilité" de versions parallélisées de programmes mettant en œuvre la méthode MLPO pour la simulation de très grandes antennes à réflecteurs. Ce projet a réuni des partenaires de l'Université de Tel-Aviv, de Ben Gurion University of the Negev et de T&MSP (Départements CITI et INF).

Phillip Regalia :

Le développement des algorithmes itératifs (« turbo ») s'est poursuivi en collaboration avec J. Walsh (Drexel University, Philadelphie), insistant sur l'interprétation de l'algorithme en tant que procédure à maximum de vraisemblance avec contraintes. La caractérisation des points stationnaires ainsi développée s'avère la duale mathématique au problème de minimisation d'une approximation dite de Bethe de l'énergie libre en physique statistique. En parallèle, le projet Newcom s'est achevé avec des tâches de rédaction du rapport final importantes à assumer devant la Commission Européenne.

A travers les diverses recherches menées dans le groupe Communications sans fil, y compris celles mettant en jeu des collaborations industrielles, il se dégage un intérêt pour des sujets clairement identifiés, les modélisations statistiques et numériques pouvant donner lieu à des développements très généraux indépendants de l'application.

Les thèmes de recherche du groupe «Images et Optimisation»

- Maximum de vraisemblance dans les chaînes de Markov cachées ;
- analyse des algorithmes de filtrage et lissage particuliers ;
- algorithmes de Monte Carlo séquentiels ;
- modèles de Markov, ou partiellement de Markov, couples et triplets à états discrets ;
- segmentation statistique non supervisée d'images ;
- filtrage et lissage exacts dans les systèmes linéaires à sauts.

Randal Douc :

Une classe de modèles volontiers utilisée dans des domaines aussi divers que le traitement du signal, la statistique liée aux génomes ou les mathématiques financières est constituée par des modèles à données latentes (ou non observées) tels que les chaînes de Markov cachées ou les modèles autorégressifs à régime markovien. Dans ce cadre, des propriétés de consistance et de normalité asymptotique de l'estimateur du maximum de vraisemblance ont pu être montrées dans le cas où l'espace des états cachés n'est pas nécessairement fini mais reste compact; très récemment, des résultats d'oubli de la distribution initiale pour le filtre ont pu aussi être obtenus, et le comportement asymptotique du maximum de vraisemblance en Chaînes de Markov cachées est maintenant établi sous des conditions très générales incluant le cas non compact.

Des outils généraux d'analyse des algorithmes de filtrage ou de lissage particuliers ont pu être développés dont le principe consiste à faire évoluer une population de particules à travers des étapes très simples de sélection-mutation pour approcher une famille de distributions d'intérêt.

De tels outils ont permis de proposer et d'analyser divers algorithmes de Monte Carlo séquentiels sortant du cadre des chaînes de Markov cachées pour s'attaquer à des problèmes d'estimation d'intégrales, ce qui fournit des alternatives extrêmement attractives aux méthodes MCMC parce que faciles à implémenter et à analyser.

La comparaison de divers algorithmes MCMC a pu être possible aussi à travers des techniques d'optimal scaling, ce qui a donné lieu à deux travaux soumis à publication sur des algorithmes MCMC à choix multiples et des algorithmes MCMC à rejet différé.

Emmanuel Monfrini :

Les recherches centrées sur l'étude de modèles de classification supervisée ou non se sont articulées d'une part autour de l'extension au cas multiclasse de modèles biclasse de machine à Vecteur de Support (SVM) pour la partie apprentissage et autour des modèles markovien couple et triplets (chaînes et arbres) d'autre part.

Les travaux en apprentissage, effectués en collaboration avec Yann Guermeur du LORIA, ont abouti à l'introduction de la première SVM multiclasse "à coût quadratique" : la M-SVM² [R33]. Il s'agit d'une variante de la machine de Lee, Lin et Wahba (LLW) à marge

douce qui est à cette machine ce que la SVM "de norme 2" est à la SVM standard (de norme 1). La borne "rayon-marge" sur l'erreur « leave-one-out » que nous avons établie dans le cas de la M-SVM LLW (voir également *Radius-Margin Bound on the Leave-One-Out Error of the LLW-M-SVM*, ASMDA'09) a ensuite été généralisée afin de s'appliquer à cette nouvelle machine, ce qui permettra, à terme, de l'utiliser pour déterminer les hyperparamètres de la M-SVM² et proposer ainsi une méthode entièrement automatisée d'apprentissage. La M-SVM², initialement destinée à être utilisée dans l'étude de la prédiction de défauts d'épissage dans l'ARN et de l'étude de la structure secondaire des protéines trouve également des champs d'application dans le domaine de la classification supervisée des images.

L'étude des modélisations probabilistes et des traitements statistiques d'images ont été poursuivies. Il y a ainsi eu, d'une part, un travail de comparaison entre les modèles d'arbres de Markov cachés et les arbres de Markov couple et, d'autre part, un travail de modélisation visant à exploiter les ressources des chaînes de Markov triplet. Ces études ont, en particulier, permis de mettre en évidence la robustesse des modélisations markoviennes couple et triplet, en particulier pour la segmentation non supervisée d'images texturées, partiellement altérées ou plus généralement à modèle de bruit complexe.

Dans le cadre des travaux de thèse de Mohamed El Yazid Boudaren nous étudions des modèles de chaînes de Markov triplet appliquées à la segmentation non supervisée d'images non stationnaires que ce soit au niveau du processus caché ou au niveau du bruit. Ces modélisations très prometteuses sont destinées à être étendues aux arbres de Markov, modèles plus robustes en matière de segmentation d'images que les chaînes de Markov.

François Simon :

En janvier 2010, un thème de recherche sur le calcul bruité a été initié. Un objectif est d'étendre le cadre offert par la théorie de l'information pour le domaine de la communication au domaine du calcul. Un premier résultat obtenu est l'extension de la notion de capacité et de théorèmes de codage dans le cas du calcul bruité montrant que la fiabilité asymptotiquement parfaite du calcul (fonction « Turing »-calculable) à l'aide d'un dispositif non-fiable (processus aléatoire) peut être obtenu par l'utilisation de codes correcteurs d'erreur. Un deuxième objectif est d'évaluer la possibilité de concevoir des codes correcteurs d'erreur de calcul à partir de codes connus pour la communication d'information. Cette possibilité a été démontrée (théorème d'existence) ce qui ouvre la perspective de l'identification d'une méthode de conception d'un code pour le calcul à partir d'un code pour la communication.

Wojciech Pieczynski :

Les études des modélisations probabilistes markoviennes et des traitements statistiques d'images et des signaux associés ont été poursuivies au cours de la période 2009-2011. L'exploration des modèles de Markov Couples et Triplets [L1] a permis de valider au plan expérimental, ainsi que valoriser par le biais des publications, différents apports des nouvelles variantes de ces modèles. En particulier, les chaînes semi-markoviennes cachées par du bruit à mémoire longue, qui sont une extension non triviale des modèles classiques, sont des triplets partiellement de Markov particuliers et peuvent être utilisées à des fins de segmentation non supervisée des signaux [R21]. Par ailleurs, l'utilisation des copules a permis la prise en compte, dans les chaînes de Markov couples, des bruits corrélés non gaussiens [R15], [R26]. Enfin, une famille de nouveaux modèles cachés linéaires à sauts Markoviens, qui sont des modèles de Markov triplets particuliers, a été proposée. L'intérêt des nouveaux modèles est de permettre la mise en place de filtrage et de lissage analytiques avec une complexité algorithmique linéaire en nombre d'observations, sachant que dans les modèles classiques les calculs analytiques sont impossibles et l'on est obligé de faire appel à diverses techniques d'approximations, comme le filtrage particulière [R27], [R28]. L'étude des applications des modèles de Markov triplets aux problèmes de l'identification de l'Iris a démarré en novembre 2011,

avec le recrutement d'une post-doc en collaboration avec l'équipe Intermedia (Bernadette Dorizzi).

Bien que le point de départ des recherches menées au sein du groupe soit essentiellement lié aux modélisations utilisées en traitements d'images et du signal au sens large, les modèles et les méthodes proposés sont généraux et peuvent être utilisés dans de nombreux autres domaines où se présentent des problèmes de restauration ou de prédiction, comme l'économie, la finance, la biologie, la santé, la physique,...

Valorisation Contractuelle et Collaborations Industrielles

- participation au projet ANR « DEMAINE » (raDio Evolutive, Mobile, Adaptative et Intelligente) ;
- participation au projet GET sur crédits incitatifs « Décodage des symbologies 2D dans les services m-ticketing » (DECO2D) ;
- collaboration avec Thales permettant le cofinancement de deux thèses CNRS et Thales) ;
- collaboration avec Thales Communications (Colombes) dans le cadre d'une bourse CIFRE ;
- collaboration avec Thales Air Systems (Limours) dans le cadre d'une bourse de thèse BDI ;
- co-encadrement d'une thèse financée par ONERA, centre de Châtillon.

Collaborations extérieures

Collaborations nationales

Sur le plan académique, les collaborations nationales de CITI impliquent :

- les Ecoles de l'INSTITUT TELECOM ;
- l'Universités Paris VI, l'EGIM de Marseille, Université de Toulon et du Var (ISITV) ;
- le CNRS : participation aux activités du GDR-PCR Information Signal-Image-viSion (ISIS) et du GDR Ondes du CNRS ;
- LAAS/CNRS, Toulouse ;
- Laboratoire I3S, Université de Nice Sophia-Antipolis ;
- Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes (IETR, UMR CNRS 6164) ;
- ONERA, centre de Châtillon ;
- le CNAM Paris (laboratoire CEDRIC).

Collaborations internationales

Sur le plan académique, les collaborations internationales de CITI impliquent :

- L'Université Catholique d'Amérique à Washington ;
- L'Université de Tel-Aviv, Israël ;
- Ben Gurion University of the Negev ;
- Instituto Militar en Engenharia, Rio de Janeiro, Brésil ;
- L'Université de Maryland, Baltimore County ;
- Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumedienne, Alger, Algérie ;
- Ecole Militaire Polytechnique, Alger, Algérie.

Formation doctorale

Quatre thèses de doctorat ont été soutenues au cours de la période 2009-11 :

- [T1] Mohamed Ben Mabrouk, Modèles de Markov triplets en restauration des signaux, thèse de Telecom SudParis et de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), soutenue le 26 avril 2011. Encadrant: Wojciech Pieczynski (CITI, Telecom SudParis).
- [T2] Abdelkader Oukaci, « Beamforming et détection pour signaux non circulaires et/ou non gaussiens - algorithmes et performances », thèse Télécom SudParis - Université Paris VI soutenue le 30 Novembre 2010. Thèse financée par le pôle de compétitivité System@tic, dirigée par Jean-Pierre Delmas, CITI.
- [T3] Ihssan Ghannoum, Etudes d'outils de calcul de propagation radar en milieu complexe (milieu urbain, présence de multi-trajets) par des techniques de lancer de faisceaux Gaussiens. Th. doct. : Informatique, Télécommunications et Électronique: Institut Mines-Télécom-Télécom SudParis, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 : septembre 2010, 2010TELE0018. 130 p. URL: <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/58/63/62/PDF/TheseGHANNOUM.pdf>
- [T4] Khalil Jishy, Pistage de cibles manoeuvrantes en radar passif par filtrage à particules gaussiennes. Th. doct. : Traitement du signal: Institut Mines-Télécom-Télécom SudParis, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 : mars 2011.

Les dix doctorants présents au département au 31 décembre 2011 sont :

1. Noufel Abbassi, « Modèles markoviens à sauts et filtrage particulière », dirigée par Wojciech Pieczynski, financée par Telecom SudParis ;
2. Noémie Bardel, « Etudes d'intégration longue par chaînes de Markov triplet. Application à la détection radar de cibles », thèse en collaboration avec Thales Air Systems, financée par la DGA, dirigée par François Desbouvries et co-encadrée par Frédéric Barbaresco ;
3. Igor Francisco Arias Lopez, « Utilisation de frames fenêtres gaussiennes pour la mesure et l'analyse d'antennes », thèse financée par une bourse du gouvernement vénézuélien, dirigée et encadrée par Christine Letrou ;
4. Yohan Petetin, « Algorithmes exacts de restauration Bayésienne dans des modèles de Markov à sauts conditionnellement Markoviens. Application au pistage multicibles – multicapteurs. », thèse DGA, dirigée par F. Desbouvries ;
5. Sallem Soumaya, « Traitements de réception mono et multi-antennes de signaux rectilignes ou quasi-rectilignes pour les liaisons mono et multi-porteuses (OFDM) en présence de multi-trajets de propagation », thèse CIFRE en collaboration avec Thalès Communications, dirigée par Jean-Pierre Delmas ;
6. Selwa Rafi, « Méthodes algébriques et markoviennes en séparation des sources », dirigée par Marc Castilla et Wojciech Pieczynski, financée par Telecom SudParis ;
7. Cyrille Dubarry, « Méthodes de lissage et d'estimation dans des modèles à variables latentes par des méthodes de Monte Carlo séquentielles », thèse dirigée par Randal Douc, financé par Telecom SudParis ;
8. Mohamed El Yazid Boudaren, « Modèles graphiques évidentiels », thèse en co-tutelle avec l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumedienne, Alger, Algérie dirigée par Amar Aissani et Wojciech Pieczynski, co-encadrée par Emmanuel Monfrini, financée Ecole Militaire Polytechnique, Alger, Algérie ;
9. Florian Maire, « Détection et classification multispectrales de cibles en infrarouge », en collaboration avec l'ONERA Châtillon, dirigée par Randal Douc et Eric Moulines, Telecom ParisTech ;
10. Jorge Arturo Pardinás, « Etude et implémentation d'un récepteur pour un réseau ad hoc multi-capteurs pour des applications indoor de localisation ou WBAN », thèse encadrée Par Roger Lamberti, en collaboration avec Claude Gimenez et Muriel Muller, département EPH, Telecom SudParis.

Par ailleurs, Dalila Benboudjema, recrutée en contrat post-doctoral d'un an en novembre 2011, travaille sur les applications des modèles markoviens couples et triplets à la reconnaissance de l'Iris (collaboration avec l'équipe Intermedia de Bernadette Dorizzi, département EPH, Télécom SudParis).

Perspectives

Différents thèmes abordés au cours des années 2009-2011 seront poursuivis en 2012.

Le thème de recherche en performances statistiques d'algorithmes de traitements multicapteurs se poursuivra, en particulier :

- Deux articles tutoriaux sont en préparation : l'un en études de performances statistiques d'algorithmes d'estimation de paramètres dans le cadre complexe non circulaire (Proceeding of the IEEE) et l'autre en études de performances statistiques d'algorithmes d'estimation de DOA (Elsevier E-reference in Signal Processing).
- Dans le cadre de la suite de la thèse d'Oukaci, différents prolongements seront abordés, en particulier l'étude de tests statistiques de rectilinearité, des théorèmes central limite étendus au cas complexe non circulaire, l'étude des performances statistiques de filtres de Volterra complexe...
- Enfin dans le cadre d'une bourse CIFRE et d'une prochaine thèse (rentrée 2012), après des études de robustesses d'algorithmes de beamforming en présence de résidus de porteuses récemment publiées, une étude générale de récepteurs MLSE sous hypothèse de bruit stationnaire ou cyclostationnaire Gaussien noncirculaire a été entreprise.

Le projet ANR « Méthodes de Monte Carlo en Grandes Dimensions » (BigMC), qui réunit des équipes de Dauphine (CEREMADE), des Ponts et Chaussées (CERMICS) et de l'Institut Telecom, à travers le laboratoire LTCI de Télécom Paris Tech et CITI de Télécom SudParis, développe un certain nombre de collaborations notamment entre Telecom SudParis, Telecom Paristech et le CEREMADE, autour des méthodes particulières ainsi que les méthodes MCMC à travers des analyses d'algorithmes de type « optimal scaling ». De nombreux résultats sont déjà obtenus et des travaux sont en cours qui permettrait de lever le verrou scientifique d'un algorithme de lissage computationnellement efficace avec une estimation de la variance peu coûteuse et précise.

L'algorithme MLPO fait l'objet d'une collaboration non seulement avec l'Université de Tel-Aviv mais aussi avec le Special Astrophysical Observatory (RAS) en Russie pour la simulation de la très grande antenne du radiotélescope RATAN600. A cette occasion, la méthode va être enrichie d'une formulation "champ proche" itérative. Le calcul de champs focaux en vue d'applications d'imagerie focale est également en cours d'étude. Une nouvelle formulation de "partition spectrale" devrait permettre de généraliser le Lancer de Faisceaux Gaussiens à partir de frames au cas d'antennes non directives, et de problèmes de diffraction. Une thèse en cours et des projets de collaboration avec Thalès devraient permettre de valider cette approche. La méthode pourrait alors être testée sur des problèmes de propagation en milieu urbain ou semi-urbain.

Les modèles de Markov triplets seront développés dans plusieurs directions. Les premières relations avec la théorie de l'évidence seront étendues aux réseaux bayésiens, avec l'exploration des différentes applications, notamment en biologie. Les nouvelles chaînes de Markov triplets permettant le filtrage et le lissage exacts en présence des sauts, seront étendues aux processus à mémoire longue, d'une part, et aux réseaux bayésiens, d'autre part. On s'attachera à comparer l'efficacité des méthodes utilisant ces modèles avec celle des méthodes utilisant les modèles classiques et les approximations stochastique de type « filtrage particulière ». Un accent particulier sera mis sur la problématique de l'estimation des paramètres des nouveaux modèles triplets, dont les solutions éventuelles permettraient la mise en place des méthodes de traitement non supervisées, d'importance déterminante pour les applications pratiques.

Différents contacts seront pris avec les entreprises SAGEM, EDF, ou encore CEA, afin d'étudier les possibilités de mise en place des collaborations, notamment via les bourses CIFRE. Des représentants de ces entreprises seront également invités pour assurer des interventions dans la VAP « Modélisations statistiques et Applications » en troisième année de Télécom SudParis.

Publications

Au cours de la période 2009-2011 les onze enseignants-chercheurs publiant du département CITI ont fait paraître 3 chapitres de livre, 37 articles de revues, et 70 articles d'actes de congrès.

Chapitres de Livre

- [L3] M. Castella, A. Chevreuil and J.-C. Pesquet, Chapter on "Convulsive Mixtures" in "Handbook of Blind Source Separation, Independent Component Analysis and Applications" / Pierre Comon and Christian Jutten, eds. Academic Press, 2010. ISBN: 978-0-12-374726-6;
- [L2] J. P. Delmas, "Ch.4 Subspace tracking for signal processing," Adaptive Signal Processing : Next Generation Solutions, Editors: T. Adali and S. Haykin, Wiley Interscience, April 2010;
- [L1] W. Pieczynski, Triplet Markov chains and image segmentation, chapter 4 in Inverse problems in Vision and 3D Tomography, A. Mohammed-Djafari ed., Wiley, 2010.

Revues

- [R37] P. Chevalier, A. Oukaci, and J.-P. Delmas, GLRT-based array receivers for the detection of a known signal with unknown parameters corrupted by noncircular interferences, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, December 2011.
- [R36] F. Lehmann, Joint binary image deconvolution and blur identification in the context of two-dimensional storage channels, Signal Processing, Vol.91, No. 10, pp. 2426-2431, October 2011.
- [R35] F. Desbouvries, Y. Petetin and B. Ait-el-Fquih, Direct, Prediction- and Smoothing-based Kalman and Particle Filter Algorithms, Signal Processing, Vol. 91, No. 8, pp. 2064-2077, August 2011.
- [R34] B. Ait-el-Fquih and F. Desbouvries, Fixed-Interval Kalman Smoothing Algorithms in singular state-space systems, The Journal of Signal Processing Systems, Vol. 65, No. 3, pp. 469-478, December 2011.
- [R33] Y. Guermeur and E. Monfrini, A Quadratic Loss Multi-Class SVM for which a Radius-Margin Bound Applies, Informatica, 2011, Vol. 22, No. 1, pp. 73-96.
- [R32] F. Lehmann, Turbo segmentation of textured images, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 33, No. 1, pp. 16-29, January 2011.
- [R31] R. Douc, A. Garivier, E. Moulines, J. Olsson, Scaling analysis of multiple-try MCMC methods, Annals of Applied Probability, Vol. 21, No. 3, pp. 2109-2145, 2011.
- [R30] R. Douc, C. P. Robert, A vanilla Rao-Blackwellisation of Metropolis Hastings algorithms, Annals of Statistics, Vol. 39, No. 1, pp. 261-277, February 2011.
- [R29] R. Douc, E. Moulines, J. Olsson and R. Van Handel, Consistency of the maximum likelihood estimator for general hidden Markov models, Annals of Statistics, Vol. 39, No. 1, pp. 474-513, 2011
- [R28] W. Pieczynski, Exact smoothing in hidden conditionally Markov switching linear models, Communications in Statistics - Theory and Methods, Vol. 40, No. 16, pp. 2823 - 2829, May 2011.
- [R27] W. Pieczynski, Exact filtering in conditionally Markov switching hidden linear models, Comptes Rendus Mathématique, Vol. 349, No. 9-10, pp. 587-590, May 2011.
- [R26] P. Lanchantin, J. Lapuyade-Lahorgue and W. Pieczynski, Unsupervised segmentation of randomly switching data hidden with non-Gaussian correlated noise, Signal Processing, Vol. 91, No. 2, pp. 163-175, February 2011.
- [R25] J.-P. Delmas, A. Oukaci, and P. Chevalier, On the asymptotic distribution of GLR for impropriety of complex signals, Signal Processing, Vol. 91, No. 10, pp. 2259-2267, October 2011.
- [R24] A. Oukaci, J.-P. Delmas, and P. Chevalier, Performance analysis of LRT/GLRT-based array receivers for the detection of a known real-valued signal corrupted by noncircular interferences, Signal Processing (Elsevier), Vol. 91, No. 10, pp. 2323-2331, October 2011.
- [R23] J.-P. Delmas and Y. Meurisse, On the second-order statistics of the EVD of sample covariance matrices - Application to the detection of noncircular or/and nonGaussian components, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 59, No. 8, pp. 4017-4023, August 2011.
- [R22] F. Lehmann, A Gaussian mixture approach to blind equalization of block-oriented wireless communications, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Special Issue on Advanced Equalization Techniques for Wireless Communications, Vol. 2010, 2010.

- [R21] J. Lapuyade-Lahorgue and W. Pieczynski, Unsupervised segmentation of new semi-Markov chains hidden with long dependence noise, *Signal Processing*, Vol. 90, No. 11, pp. 2899-2910, November 2010.
- [R20] J. M. Walsh and P. A. Regalia, On the relationship between belief propagation decoding and joint maximum likelihood detection, *IEEE Trans. Communications*, Vol. 58, pp. 2753-2758, October 2010.
- [R19] J. M. Walsh and P. A. Regalia, Belief propagation, Dykstra's algorithm, and iterated information projections, *IEEE Trans. Information Theory*, Vol. 56, No. 8, pp. 4114-4128, August 2010.
- [R18] R. Dubroca, C. De Luigi, M. Castella and E. Moreau, A general algebraic algorithm for blind extraction of one source in a MIMO convolutive mixture. *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol. 58, No. 5, pp. 2484-2493, May 2010.
- [R17] R. Douc, E. Gassiat, B. Landelle, E. Moulines, Forgetting of the initial condition for the filter in general state-space hidden Markov chain: a coupling approach, *Probability and Mathematical Statistics*, Vol. 20, No. 5, pp. 1638-1662, May 2010.
- [R16] A. Guimaraes, B. Ait-El-Fquih, and F. Desbouvries, A Fixed-Lag Particle Smoother for Blind SISO Equalization of Time-Varying Channels, *IEEE trans. on Wireless Communications*, Vol. 9, No. 2, pp. 512-516, February 2010.
- [R15] N. Brunel, J. Lapuyade-Lahorgue, and W. Pieczynski, Modeling and unsupervised classification of multivariate hidden Markov chains with copulas, *IEEE Trans. on Automatic Control*, Vol. 55, No. 2, pp. 338-349, February 2010.
- [R14] A. Fluerau and C. Letrou, Gaussian beam launching for 3D physical modeling of propagation channels, *Annals of Telecommunications*, Vol. 64, No. 11-12, pp. 763-776, December 2009.
- [R13] F. Lehmann, Deterministic particle filtering for GPS navigation in the presence of multipath, *International Journal of Electronics and Communications (AEU)*, Vol. 63, No. 11, pp. 939-949, November 2009.
- [R12] F. Lehmann, A Gaussian sum approach to blind carrier phase estimation and data detection in turbo coded transmissions, *IEEE Trans. on Communications*, Vol. 57, No. 9, pp. 2619-2632, September 2009.
- [R11] F. Lehmann, A. Kazem and G. Salut, Blind turbo detection in the presence of phase noise, *IET Communications*, Vol. 3, No. 8, pp. 1343-1353, August 2009.
- [R10] J.-P. Delmas, H. Abeida, Asymptotic distribution of circularity coefficients estimate of complex random variables, *Signal Processing (Elsevier)*, Vol. 89, No. 12, pp. 2311-2698, December 2009.
- [R9] M. Oudin, J.P. Delmas, Asymptotic optimal SINR performance bound for space-time beamforming, *Signal Processing (Elsevier)*, Vol. 89, No. 10, pp. 1990-1997, October 2009.
- [R8] M. Castella and E. Moreau, Generalized identifiability conditions for blind convolutive MIMO separation, *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 57, No. 7, pp.2846-2852, July 2009.
- [R7] F. Lehmann, Blind soft-output decoding of space-time trellis coded transmissions over time-varying Rayleigh fading channels, *IEEE Trans. on Wireless Communications*, Vol. 8, No. 4, pp. 2088-2099, April 2009.
- [R6] R. Douc, G. Fort, E. Moulines and P. Priouret, Forgetting of the initial distribution for Hidden Markov Models, *Stochastic Processes and their Applications*, Vol. 119, No. 4, pp. 1235-1256, 2009.
- [R5] R. Douc, G. Fort and A. Guillin, Subgeometric rates of convergence of f-ergodic strong Markov processes, *Stochastic Processes and their Applications*. Vol. 119 No. 3, pp. 897-923, 2009.
- [R4] R. Douc, E. Moulines and J. Olsson, Optimality of the auxiliary particle filter, *Probability and Mathematical Statistics*, Vol. 29, No. 1, pp. 1-28, 2009.
- [R3] J.-P. Delmas, P. Comon and Y. Meurisse, Performance limits of alphabet diversities for FIR SISO channel identification, *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 57, No. 1, pp. 73-82, January 2009.
- [R2] M. Oudin and J.-P. Delmas, Asymptotic generalized eigenvalue distribution of block multilevel Toeplitz matrices, *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 57, No. 1, pp. 382-387, January 2009.
- [R1] R. Douc, E. Moulines, and Y. Ritov, Forgetting of the initial condition for the filter in general state-space hidden Markov chain: a coupling approach, *Electronique Journal of Probability*, Vol. 14, January 2009.

La liste des 70 articles dans les Actes des Conférences peut être consultée au

<http://citi.telecom-sudparis.eu/publications/>