

Chapitre 15

Projet Astre

Mots-clés

Techniques aveugles ; déconvolution ; égalisation ; identification de systèmes ; statistiques d'ordre élevé ; tenseurs ; communications numériques ; interception ; analyse en composantes indépendantes ; méthodes algébriques.

15.1 COMPOSITION DE L'ÉQUIPE

		Arrivée	Départ
<i>Responsable du projet</i>			
Pierre COMON	Directeur de recherche CNRS		
<i>Assistante du projet</i>			
Sabine BARRERE		sep 05	
Edith ROCCHI			juil 05
<i>Membres permanents</i>			
Pierre COMON	Directeur de recherche CNRS		
Luc DENEIRE	Maître de conférences		
Gérard FAVIER	Directeur de recherche CNRS		
Sylvie ICART	Maître de conférences		
Jérôme LEBRUN	Chargé de recherche CNRS		
Joël LE ROUX	Professeur		
<i>Membres non permanents</i>			
L. ALBERA	Doctorant CIFRE		juil 04
C. Estevao FERNANDES	Doctorant	fév 04	
C. Alexandre FERNANDES	Doctorant	sep 04	
Luc HAUMONTE	Doctorant CIFRE	oct 04	
Anis KHOUAJA	Doctorant MENESR		juil 05
Alain KIBANGOU	Doctorant Post-doc		mar 06
André LIMA	Doctorant	sep 03	
Myriam RAJIH	Doctorante MENESR	oct 03	nov 06
Ludwig ROTA	Doctorant MENESR		déc 04
Kamel TOURKI	Doctorant MENESR	oct 04	
Vicente ZARZOZO	Post-doc	sep 03	sep 05

15.2 PRÉSENTATION GÉNÉRALE ET OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

Les activités du projet ASTRE (Algorithmes pour le Signal, les Télécommunications et les REseaux) ont été jusqu'à présent surtout centrées sur des applications en télécommunications ; ceci est amené à évoluer dans les années qui viennent. Ces activités ont concerné d'une part la conception d'outils :

- la recherche de solutions algébriques à des systèmes de polynômes en plusieurs variables,
- l'étude des propriétés des tenseurs, notamment des cumulants, et de leur décomposition en somme de termes de rang 1.

Elles ont concerné d'autre part leur utilisation pour le développement d'algorithmes tournés vers des applications :

- la modélisation et l'identification de systèmes de Volterra,
- l'identification et l'égalisation aveugle de systèmes linéaires statiques ou dynamiques en télécommunications numériques, essentiellement MIMO,
- les représentations temps-fréquence,
- les réseaux locaux sans fil.

15.3 RÉSULTATS SCIENTIFIQUES

Techniques aveugles

Les techniques aveugles ont connu un essor considérable en dix ans. On distingue les problèmes d'identification aveugle, consistant à identifier les paramètres d'un système à partir de la seule observation de ses sorties, et les problèmes inverses comme l'égalisation aveugle ou la séparation de sources, consistant à estimer les entrées du système. P. COMON a donné un tutorial de trois heures à la conférence Icassp en 2005 [42] sur ce sujet, ainsi que d'autres conférences invitées dont [118]. Un livre co-édité par P. COMON et C. JUTTEN doit paraître fin 2006 dans la collection IC2 chez Hermes [3].

► Identification.

En ce qui concerne l'identification aveugle, un des challenges est d'identifier des systèmes linéaires non inversibles, ayant plus d'entrées que de sorties. Il s'agit en fait d'identifier un mélange *sous-déterminé* de variables aléatoires. En supposant que ces variables sont statistiquement indépendantes, il est possible de trouver des solutions algébriques dans des cas simples, comme le cas à 3 entrées et 2 sorties [18, 45, 46, 45, 46].

Dans la thèse de M. RAJIH [11], ce problème a été abordé sous un autre angle, à savoir la décomposition de la fonction caractéristique [47, 128]. Ceci a donné lieu à des algorithmes utilisant soit des cumulants multivariés de différents ordres simultanément, soit des dérivées de la fonction caractéristique ailleurs qu'à l'origine [20, 90]. Lorsque les distributions des sources sont connues, il est possible d'inclure cette information dans la décomposition de la fonction caractéristique [87]. Ceci complique l'algorithme, mais améliore les performances théoriques.

Enfin, il est possible de faire le lien entre les techniques d'identification ou de localisation exploitant des statistiques d'ordre supérieur à deux, et les techniques classiques exploitant les statistiques d'ordre deux mais utilisant des capteurs virtuels [17].

Deux autres solutions ont été proposées pour

l'identification aveugle de canaux FIR à l'aide des cumulants d'ordre quatre de la sortie. La première méthode consiste à utiliser la meilleure tranche de cumulants estimés dans un algorithme du type $C(q, k)$ [110]. La deuxième méthode repose sur la décomposition PARAFAC du tenseur d'ordre trois constitué des cumulants d'ordre quatre de la sortie. Contrairement aux méthodes basées sur une diagonalisation conjointe de différentes matrices de cumulants d'ordre quatre, la méthode proposée ne nécessite pas d'opération de préblanchiment. De plus, nous avons montré que, sous des hypothèses peu contraignantes, cette méthode permet d'identifier un canal FIR de façon unique, i.e. sans ambiguïté de permutation et d'échelle, en faisant appel à une simple optimisation du type moindres carrés, alors que les autres méthodes tensorielles nécessitent d'utiliser un algorithme de moindres carrés alternés comportant trois étapes [66, 74].

► Inversion.

Dans les problèmes d'inversion, où on ne cherche pas à estimer le système mais seulement ses entrées, il est plus facile d'imposer certaines propriétés aux sorties d'un filtre inverse, telles que leur indépendance statistique ou leur caractère discret. C'est cette idée qui est mise en oeuvre lorsqu'on maximise un critère de contraste ; mais ceci nécessite que le système soit linéairement inversible, ce qui n'est pas le cas des systèmes sous-déterminés *stricto sensu*. La thèse de L. ROTA [12] a porté sur ce sujet.

Si on utilise le caractère discret, l'indépendance n'est pas nécessaire et le critère d'optimisation peut être déterministe [124, 43, 105]. En réalité, le caractère discret, quel qu'il soit, peut donner lieu à la définition d'un contraste ; nous passons en revue dans [19] un certain nombre de contrastes, et la façon de les combiner entre eux pour en engendrer d'autres.

Dans le cas particulier où l'alphabet discret se réduit aux racines n èmes de l'unité, alors le problème devient plus simple, comme cela avait d'ailleurs déjà été remarqué dans la thèse de O. GRELLIER soute-

nue en janvier 2000. Etant données plusieurs réalisations de l'observation \mathbf{x} , l'algorithme revient à chercher un filtre linéaire \mathbf{f} tel que sa sortie $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ satisfasse $\mathbf{f}(\mathbf{x})^n - 1 = 0$. Cette formulation ressemble beaucoup à l'algorithme dit du *Module Constant*, pour lequel la propriété serait $|\mathbf{f}(\mathbf{x})|^2 - 1 = 0$. Nous avons développé des algorithmes pour minimiser efficacement ces critères [34, 102, 132]. Une des idées utilisée — extrêmement simple — est que calculer le pas optimal (c.à.d. le minimum absolu) selon une coupe arbitraire de dimension 1 se fait sans difficulté puisqu'il suffit de chercher les racines d'un polynôme de degré 1. Ceci s'étend d'ailleurs à des coupes de dimension 2, aux problèmes semi-aveugles, et à tous les critères polynomiaux ou rationnels en \mathbf{f} , dont justement le critère « module constant » [103, 133].

Une autre de nos contributions concerne l'égalisation de mélanges MIMO convolutifs. Dans certains cas, comme celui des entrées non circulaires, un mélange linéaire peut être inversé à l'aide des statistiques d'ordre 2 des observations (cf. thèse de O. GRELLIER). Mais dans le cas général, seule la partie à minimum de phase peut être compensée en utilisant uniquement les statistiques d'ordre 2, de sorte qu'il reste à compenser un mélange « passe-tout », aussi appelé *para-unitaire*. Nous avons proposé deux algorithmes pour égaliser de tels mélanges ; le premier nécessite une diagonalisation conjointe approximative partielle (PAJOD) d'un ensemble de matrices [21, 48, 94]. Un deuxième algorithme utilise cette fois une paramétrisation exacte des filtres para-unitaires [131].

Par ailleurs, de nouveaux algorithmes d'égalisation aveugle dirigés par la décision ont été proposés. Ces algorithmes peuvent être vus comme des améliorations de l'algorithme standard CMA (Constant Modulus Algorithm). Ils utilisent l'information contenue dans le dernier symbole décidé, ce qui permet d'étendre l'algorithme CMA au cas de modulations de module non constant. Le principal algorithme proposé, appelé DDMA (Decision Directed Modulus Algorithm), a été étudié d'un point de vue théorique. Il a été démontré que cet algorithme n'admet pas de minima locaux au niveau de l'optimisation de la réponse impulsionnelle du système global « canal-égaliseur ». Deux familles d'algorithmes ont été dérivées à partir de cet algorithme DDMA : des algorithmes du type gradient stochastique et des algorithmes du type moindres carrés récursifs [109].

D'autres contributions sur les techniques aveugles incluent (i) une comparaison des algorithmes de séparation aveugle de sources [40], et notamment une critique argumentée de l'algorithme FastICA [104], dont nous ne comprenons pas bien le succès disproportionné. Nous avons aussi mené (ii) une petite étude des variables aléatoires non gaussiennes ayant leurs premiers cumulants nuls [113, 31], et (iii) une étude sur les différentes façons de conduire l'extraction de sources par déflation, et notamment ce que nous avons appelé la « déflation parallèle » [95, 116, 134].

Solutions algébriques

Dans la thèse de O. GRELLIER soutenue en janvier 2000, le problème d'identification aveugle de canaux SISO avait été abordé de manière algébrique. Dans le même esprit, nous avons recherché des solutions algébriques au problème d'identification aveugle MIMO de mélanges sous-déterminés. Le problème est évidemment bien plus complexe [41].

La thèse CIFRE de L. ALBERA [7] a été en grande partie consacrée à la recherche de solutions algébriques aux problèmes d'identification, en particulier dans les mélanges sous-déterminés. L'idée directrice a été d'utiliser des outils d'algèbre linéaire dans ce problème qui est fondamentalement multi-linéaire. Dans [36], nous avons utilisé les redondances dans la matrice d'hexacovariance (cumulants d'ordre 6). Pour un nombre donné d'entrées, plus élevé que le nombre d'observations (capteurs), on restaure en effet l'identifiabilité en utilisant les cumulants d'ordre plus élevé. Cette technique, baptisée BIRTH, a été ensuite améliorée dans [35].

L'extension de BIRTH [36] à des ordres quelconques a été proposée ensuite dans [14], baptisée BIOME, puis brevetée [135] en partenariat avec Thales.

Un sous produit un peu inattendu a été l'intérêt d'utiliser les statistiques d'ordre plus élevé même lorsque le mélange considéré était inversible (au moins autant de capteurs que de sources) : ceci a donné naissance à l'algorithme ICAR, où seul le tenseur cumulant d'ordre 4 est utilisé [14].

Par ailleurs, nous avons aussi continué à améliorer les solutions algébriques au problème d'identification SISO aveugle, à l'aide de techniques de résolution de systèmes polynomiaux spécifiquement dédiées [83, 112, 84]. Une autre approche a été d'utiliser une forme de diversité engendrée par le caractère fini de l'alphabet, d'ailleurs déjà mise en évidence dans la thèse d'O. GRELLIER. Grâce à une coopération avec l'INT, les performances asymptotiques de telles approches ont été évaluées [61].

Tenseurs

Les statistiques d'ordre élevé, telles que les cumulants, sont en réalité des objets tensoriels. Il était donc naturel, voire nécessaire, de s'y intéresser. Une des caractéristiques clé des tenseurs est que leur rang peut excéder leurs dimensions [121]. C'est en réalité la raison pour laquelle on peut identifier des mélanges d'un grand nombre de variables aléatoires même s'ils sont de faible dimension.

Les rangs génériques des tenseurs symétriques [44, 119, 125], puis non symétriques [126, 129] ont été calculés. Ceci permet notamment de s'assurer de l'identifiabilité (unicité) d'un mélange de dimension donnée, lorsque le nombre d'entrées est inférieur au rang générique. Plusieurs variantes du rang générique ont été étudiées lorsque les tenseurs sont soumis

à des contraintes de symétrie partielle [129], en coopération avec l'université de Groningen.

En revanche, cette preuve d'identifiabilité n'est pas constructive. L'identification proprement dite du mélange, ou même l'extraction des processus source, sont deux autres problèmes, qui passent par le calcul explicite de la *décomposition canonique* d'un tenseur, aussi quelquefois appelée PARAFAC. Nous avons proposé dans la thèse de M. RAJIH [11] une amélioration de l'algorithme des moindres carrés alternés [88, 114, 130], permettant de résoudre le problème de décomposition canonique tensorielle plus efficacement.

► **Approches tensorielles pour les systèmes de communication sans fil.**

Ce sujet constitue le thème principal de la thèse de A. LIMA en cours de préparation. Les décompositions tensorielles ont été étudiées tant comme outil de modélisation pour différents systèmes de communication sans fil, que comme outil de traitement du signal pour résoudre plusieurs problèmes tels que l'estimation de canal, la séparation de signal multiutilisateur, le codage MIMO multiantenne et le filtrage multilinéaire. Une décomposition de type PARAFAC généralisée, appelée décomposition bloc-PARAFAC avec contraintes, a été développée et exploitée pour mettre en évidence une modélisation tensorielle unifiée du signal reçu dans différents systèmes de communication, à savoir les systèmes suréchantillonnés, les systèmes DS-CDMA et les systèmes OFDM. Ce modèle qui repose sur les hypothèses d'un canal sélectif en fréquence et d'une propagation multitrajet, a permis de développer un nouvel algorithme pour l'égalisation aveugle multiutilisateur qui combine la modélisation tensorielle, une méthode de sous-espace et une projection sur un alphabet fini [49, 106, 107, 50, 51, 52, 53, 22]. La décomposition bloc-PARAFAC avec contraintes a aussi été utilisée pour modéliser le problème de codage multiantenne pour des systèmes MIMO multiutilisateur dans le cas d'un codage spatio-temporel [59, 55]. Une généralisation de ce modèle tensoriel au cas des systèmes OFDM MIMO a été développée [56]. Le problème de l'estimation paramétrique multitrajet de canaux sans fil variant dans le temps a été traité en supposant une transmission multipaquet et en faisant appel à une séquence d'apprentissage courte. Le signal reçu suit alors un modèle PARAFAC standard qui a été exploité pour une estimation conjointe des angles d'arrivée, des retards et des gains des multitrajets [54]. La décomposition PARAFAC standard a aussi été exploitée comme outil de codage multilinéaire pour des systèmes OFDM MIMO [58].

Systèmes non linéaires

► **Réduction de la complexité paramétrique des modèles de Volterra à l'aide d'un développement de leurs noyaux sur des bases de fonctions orthonormales.**

Ces travaux ont fait l'objet d'une partie de la thèse de A. KIBANGOU [10]. Les modèles de Volterra sont très utilisés pour l'égalisation de canaux de communication non linéaires et pour la commande de processus et de systèmes non linéaires. L'intérêt pour ce type de modèles résulte d'une part du fait qu'ils permettent de représenter une très large classe de systèmes non linéaires, et d'autre part de leur propriété de linéarité par rapport à leurs paramètres, i.e. les coefficients de leurs noyaux. Toutefois, ces modèles présentent l'inconvénient d'être caractérisés par un très grand nombre de paramètres, ce qui rend difficile leur estimation. Afin de rendre ces modèles plus facilement utilisables, nous nous sommes intéressés au problème de la réduction de leur complexité paramétrique via un développement de leurs noyaux sur des bases de fonctions orthonormales telles que les bases de fonctions de Laguerre ou de manière plus générale les bases de fonctions orthonormales rationnelles (BFOR). La parcimonie du développement des noyaux de Volterra sur une base orthogonale étant liée au choix de la base, nous avons développé de nouvelles méthodes permettant d'optimiser le pôle d'une base de Laguerre ainsi que les pôles d'une BFOR. Dans le cas d'une base de Laguerre, nous avons développé de nouveaux algorithmes d'optimisation de pôle, en considérant le cas d'une base unique pour tous les noyaux et le cas d'une base distincte pour chaque noyau. Une solution analytique a tout d'abord été dérivée [39, 16], puis étendue au cas où un pôle de Laguerre distinct est utilisé pour développer un noyau donné selon chacune de ses dimensions [15]. Des solutions adaptatives ont ensuite été proposées en faisant appel à une estimation des coefficients de Fourier [81, 27]. Dans le cas d'une BFOR, nous avons développé deux types de solution. La première est basée sur une recherche exhaustive des pôles dans un ensemble prédéterminé [28, 80, 79]. Cette approche permet de prendre en compte une connaissance a priori sur la dynamique du système à identifier. D'autre part, la recherche des pôles étant exhaustive, la méthode d'optimisation n'est pas confrontée à un problème de minima locaux. Toutefois, cette méthode peut s'avérer coûteuse en temps de calcul. Ceci nous a conduit à développer une deuxième méthode qui remplace la recherche exhaustive par une recherche itérative du pôle optimal de Laguerre pour différents sous-systèmes [82]. Deux articles de synthèse concernant la réduction de la complexité paramétrique des modèles de Volterra ont été présentés sous forme de conférences invitées [63, 64]. Une autre approche basée sur une décomposition PARAFAC des noyaux de Volterra a également été exploitée pour réduire la

complexité des modèles de Volterra [9, 73].

► **Représentation et identification des systèmes non linéaires de type Wiener-Hammerstein à l'aide des coefficients diagonaux d'un modèle de Volterra équivalent.**

Nous avons montré que les systèmes non linéaires représentés par une cascade de filtres linéaires avec mémoire et de filtres non linéaires sans mémoire (modèles de Wiener, de Hammerstein et de Wiener-Hammerstein) admettent une représentation en série de Volterra complètement caractérisée par ses coefficients diagonaux. Ce résultat permet de réduire de façon drastique le nombre effectif de paramètres à estimer [25]. Pour l'estimation de ces paramètres, nous avons proposé un algorithme de calcul non itératif qui repose sur une décomposition bilinéaire de la matrice du signal reçu. Nous avons démontré que cette décomposition qui fait intervenir des matrices ayant une structure de Toeplitz et de Vandermonde, est unique [26]. De plus, en faisant appel à un précodage du signal d'entrée, nous avons proposé une méthode permettant d'estimer de façon aveugle les coefficients du modèle de Volterra associé à ce type de systèmes [78].

► **Identification et égalisation de canaux de communication non linéaires.**

Ce sujet a été traité dans la thèse de A. KIBANGOU [10], puis dans celle de C.A.R. FERNANDES en cours de préparation. Nous avons développé des méthodes orthogonales d'identification de canaux non linéaires en exploitant les propriétés statistiques des signaux émis de type PAM (Pulse Amplitude Modulation) et QAM (Quadrature Amplitude Modulation) pour générer des bases de polynômes orthogonaux multivariés. En développant les noyaux d'un modèle de Volterra sur une telle base, l'estimation paramétrique du modèle au sens MMSE (Minimum Mean Square Estimate) peut être résolue sans inversion matricielle. Nous avons aussi utilisé ce type de développement dans un cadre adaptatif, ce qui permet d'accélérer la vitesse de convergence de l'algorithme de gradient stochastique (LMS) [10]. Ces résultats ont été exploités pour l'identification de canaux non linéaires MIMO (Multiple Input Multiple Output) [65]. Dans le cas d'un canal non linéaire caractérisant l'accès à un réseau de communication sans fil via une fibre optique, nous avons montré que, grâce à l'utilisation d'un précodage de la séquence informative, il est possible d'estimer conjointement le signal informatif et un canal non linéaire de type Wiener ou Hammerstein [75, 76]. Une extension au cas multicapteur a également été envisagée, en exploitant simultanément la diversité temporelle et la diversité spatiale introduite par les capteurs de façon à obtenir une représentation tensorielle du signal reçu. Une décomposition tensorielle de type PARAFAC a été utilisée pour estimer conjointement la séquence émise et le canal [111].

► **Compensation des non linéarités d'un système.**

La sortie d'un système non linéaire représenté à l'aide d'un modèle de Volterra d'ordre P peut être vue comme la superposition de signaux ayant subi des distorsions d'ordre p , $p = 1, \dots, P$. En utilisant un précodage redondant, nous avons montré que les signaux reçus peuvent s'écrire comme un mélange instantané et linéaire des distorsions d'ordre 1 à P , la matrice de mélange étant caractérisée par le précodeur. Une simple inversion de celle-ci suffit alors pour extraire la distorsion d'ordre 1, c'est-à-dire la composante linéaire [77]. C'est une approche de type séparation de sources.

Représentations temps/fréquences

J. LEBRUN est actif dans l'étude des représentations temps/fréquences sur-complètes de type ondelettes, Gabor et mixtes. Les résultats de ses travaux ont donné lieu à la publication d'un article [29] en collaboration avec le Prof. I. SELESNICK (Poly. Univ. Brooklyn, USA) sur le design d'ondelettes par des méthodes empruntées à la géométrie algébrique ainsi que la rédaction d'un chapitre de livre avec le Dr. T. BLU (EPFL) sur les représentations temps/fréquence de type ondelettes (publié en version française et anglaise [1, 2]). Lié à ce domaine appliqué au traitement du signal audio, un encadrement de stage Master Mass de T. PORGES intitulé « Séparation aveugle par transformation temps/fréquence/modulation » a eu lieu en 2005. Cette étude se poursuit actuellement par le co-encadrement avec Prof. S. JENSEN dans le cadre du prog. EST-SIGNAL de J.-M. LUNEAU, étudiant en thèse à l'Université de Aalborg, Danemark (déjà co-encadré en 2004 lors de son stage de fin d'études d'ingénieur à Fraunhofer, Allemagne).

Parallèlement, une collaboration sur les méthodes par formes normales approchées est en cours avec l'Uni. de S. Carolina, Raleigh, USA et l'Uni. J. Kepler, Linz, Autriche.

Réseaux sans fil

Les travaux sur les réseaux sans fil, essentiellement conduits par L. DENEIRE, concernent principalement l'utilisation d'antennes et de porteuses multiples dans les réseaux sans fils [8]. Cette thématique se décline dans les domaines de la diversité de coopération [96, 33, 98, 97], des systèmes OFDM(A) et CDMA [32, 100, 23, 30, 24, 70, 67], et des aspects réseaux [62, 6]. On notera qu'une partie du travail se fait en collaboration avec l'université d'Aalborg, où L. DENEIRE est *professeur invité*.

Un nouveau doctorant devrait rejoindre l'équipe sur un sujet télécoms, co-encadré par J. LEBRUN dans le cadre du projet EST-Signal. Un autre pourrait être recruté, travaillant sur les systèmes MIMO (Multiple Input Multiple Output) pour les communications sans fil.

15.4 ACTIONS DE VALORISATION

L. DENEIRE a été l'instigateur principal du financement EST-Signal : un contrat de 4 ans, démarré le 13 mai 2006, comprenant le financement de 4 thésards pour le laboratoire I3S, et 12 thésards pour les partenaires internationaux. Le budget global pour les 4 partenaires sur les 4 ans est de 3.000.000 €.

Un contrat CIFRE est en cours avec la société IMRA pour la thèse de L. HAUMONTE, sur les communications robustes en environnement automobile, qui a débuté fin 2004. Le nombre grandissant de systèmes électroniques à bord des voitures pose de nouveaux problèmes, notamment celui de transmettre toutes les informations simultanément jusqu'à l'unité centrale (récepteur). L'objectif de la collaboration est de concevoir un système de communication multiplexée sur câble à très faible complexité. Les systèmes de multiplexage existants utilisent quasiment tous un accès multiplexé divisé en temps (TDMA), impliquant une certaine complexité. Nous nous inspirons des techniques de multiplexage MIMO pour concevoir un système moins complexe. Cette collaboration a débouché sur un système de communication innovant, sujet à brevet et publications ainsi que la réalisation d'un prototype. D'autre part, des travaux sur des capteurs piézo-électriques ont démarré dans le but de retrouver le rythme cardiaque des passagers de la voiture, et éventuellement la variabilité des intervalles entre chaque impulsion cardiaque.

Le projet ASTRE a aussi bénéficié d'un autre

contrat d'accompagnement CIFRE avec THALES en 2001-04 pour la thèse de L. ALBERA [7], qui a porté sur des techniques d'identification aveugle et de localisation de sources rayonnantes. Un second contrat d'accompagnement CIFRE est à la signature actuellement avec THALES (environ 30 kE chacun). En outre, un contrat de recherche a été passé en 2005 avec THALES sur un problème de transmission satellite-terre, et a rapporté 20kE au projet.

Un contrat ANR Blanc vient d'être notifié, DECOTES, d'un montant d'environ 260kE, dont 120 pour le projet ASTRE. Ce contrat concerne les décompositions tensorielles, et leurs applications en télécommunications et dans le domaine biomédical (EEG).

Entre 2003 et 2005, P. COMON a effectué des consultations pour la société ELG (Sophia), sur les problèmes d'interception de télécommunications.

D'autres financements ont été obtenus durant la période, et incluent : financement d'échanges franco-belges Tournesol en 2004-05, participation au réseau d'excellence IST Pascal en 2003-07, ACI Aci2m en 2003-05, AS Ssaci en 2003,

financements de la Région PACA et du CNRS pour des échanges France-Maroc en 2004-05, et France-Tunisie en 2005-06, une bourse post-doc de l'AUF pour Alain Kibangou en 2005, ou encore cofinancement de la Région PACA pour l'organisation du workshop TDA en 2005.

15.5 COLLABORATIONS NATIONALES ET INTERNATIONALES

Nationales

Au niveau local, les coopérations avec l'institut EURÉCOM sont nombreuses et étroites, notamment dans le cadre du Master STIC et de l'Ecole Doctorale STIC, même si elles n'ont donné lieu qu'à peu de publications communes (e.g. D. SLOCK). Une autre coopération est en route avec O. MICHEL (LUAN, Nice) sur des problèmes d'astrophysique, avec le co-encadrement d'un doctorant dès octobre 2006, L. GALLUCCIO. En outre, nous participons au Programme Pluri-Formation (PPF) en cours de montage sous la coordination de O. MICHEL.

Au niveau national, plusieurs coopérations sont en cours et ont donné lieu à des publications communes parues ou à paraître, notamment avec J-P. DELMAS (INT, Evry), L. ALBERA (LTSI, U642 INSERM, Rennes), C. JUTTEN (LIS, UMR5083, Grenoble), P. CHEVALIER (THALÈS, Colombes), L. DELATHAUWER (ETIS, UMR8051, Cergy).

Internationales

– Projet de coopération franco-brésilien dans le cadre du programme CAPES - COFECUB : pro-

jet no.266/99-I intitulé « Etude des aspects systèmes et réseaux pour des applications multimedia », 1999-2003. Partenaires : I3S, INT Evry, Paris V, CEMIF Evry, CNAM Paris, Université Fédérale do Ceara (UFC) de Fortaleza, université de Campinas.

- Coopération avec l'UFC de Fortaleza, Brésil : co-encadrement des thèses de André LIMA, Carlos Estêvão R. FERNANDES et Carlos Alexandre R. FERNANDES, par G. FAVIER et J.C. MOTA.
- Un nouveau dossier de projet CAPES - COFECUB a été déposé en juin 2006. Ce projet concerne les laboratoires suivants : en France, Laboratoire I3S, EURECOM et CNAM-Paris ; au Brésil, Université Fédérale do Ceara (UFC) de Fortaleza, Université de Campinas (UNICAMP) et Université de Santa Catarina (USC). Responsable de la partie française : Gérard FAVIER.
- Coopération avec l'Université de Marrakech : co-encadrement de la thèse de Alain KIBANGOU par Gérard FAVIER et Moha HASSANI, soutenue en février 2005.
- Coopération avec l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir (ENIM) : co-encadrement des thèses

de Kais BOUZRARA, Saber MAROUI et Abdelkader MBAREK, par Gérard FAVIER et Hassani MESSAOUD.

- Echanges de stagiaires avec le Maroc (Rabat) et la Tunisie (Tunis, Sfax), dans le cadre d'accords contractuels mentionnés dans la section 15.4.
- Coopérations non contractuelles avec l'université de Stanford (G. GOLUB), ayant donné lieu à publications. Co-organisation d'un minisymposium à ICIAM, Zurich, en juillet 2007.

sium à ICIAM, Zurich, en juillet 2007.

- Coopérations avec l'université KUL de Leuven, Belgique, dans le cadre du programme Tournesol (cf. section 15.4), ayant donné lieu à publication. P. COMON a dispensé trois cours de trois heures à l'École Doctorale de KUL.
- Coopérations non contractuelles avec l'université de Groningen, Pays-Bas (J. ten BERGE), ayant donné lieu à soumission de publication.

15.6 ACTIVITÉS D'ADMINISTRATION DE LA RECHERCHE ET ANIMATION SCIENTIFIQUE

► Administration de la recherche

G. FAVIER a été membre du Conseil de la recherche de l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Constructions Aéronautiques (ENSICA) de Toulouse (expertise du Département Avionique et Systèmes et participation au conseil de la Recherche en 2003).

Durant la période 2003-06, P. COMON a été membre des comités éditoriaux des revues *IEEE Transactions on Circuits and Systems I* et *Signal Processing* (Elsevier). Il est aussi membre du *Technical Committee SAM* (Sensor Array and Multichannel processing) de la *Signal Processing Society* de IEEE, et plus récemment du *Technical Committee SPTM* (Signal Processing Theory and Methods) de la même *Society*.

P. COMON a participé aux Comités d'Evaluation

du laboratoire SAMOVAR (UMR5157) en 2006, et du laboratoire d'informatique de l'IGM (UMR8049) en 2005. Il a aussi participé au Conseil Scientifique de SUPÉLEC (commission Signaux et Statistiques) en 2006.

J. LEBRUN et P. COMON sont membres élus du Conseil de Laboratoire.

S. ICART est assesseur de la Commission de Spécialistes 61ème section de l'Université de Nice, dont la plupart des permanents de ASTRE sont membres.

► Animation

P. COMON a participé à l'organisation de la conférence *IEEE Signal Processing Advances in Wireless Communications* en 2006 en tant que Finance Chair.

P. COMON a co-organisé avec L. Delathauwer le *SIAM Workshop on Tensor Decompositions and Applications* (TDA) en 2005 à Luminy.

15.7 RESPONSABILITÉS D'ENSEIGNEMENTS

S. ICART est actuellement responsable de l'option TNS du département Electronique de l'EPU. S. ICART et J. LE ROUX sont membres du Conseil d'Administration de l'EPU. P. COMON a dirigé la Spécialité SiCOM

du master STIC de 1999 à 2005, et L. DENEIRE a pris sa succession en mars 2005. P. COMON est directeur adjoint de l'École Doctorale STIC depuis mars 2005.

15.8 PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION

Les perspectives actuelles sont dans la lignée de ce qui a été fait jusqu'à présent, avec toutefois une inflexion vers le biomédical. Ceci pourrait se traduire par un rapprochement de l'équipe BIOMED de I3S au cours du prochain quadriennal.

Plus précisément, du côté « industriel », nous envisageons d'une part une implication dans les prolongements de la troisième génération des systèmes de communication mobile, et d'autre part un développement du partenariat avec la société iXwaves dans le domaine de l'échographie. Une thèse financée par une bourse Région co-financée entreprise va démarrer fin 2006. L'idée de cette thèse est d'approfondir les propriétés des réseaux d'émetteurs dans lesquels les signaux émis ne sont pas astreints à constituer une famille cohérente (c'est-à-dire à être identiques à un filtrage linéaire près).

Du côté « académique », outre l'organisation de cours d'été dans le cadre du projet SIGNAL, l'introduction de méthodes algébriques pour la conception de code spatio-temporels est envisagée. Une thèse (M. HESSE) dans le cadre du prog. EST-SIGNAL sur l'étude et la conception de codes spatio-temporels devrait commencer fin 2006 co-encadrée par L. DENEIRE et J. LEBRUN. Par ailleurs, la mise en place du projet ANR « DECOTES » lancera le développement de coopérations approfondies avec l'unité INSERM de Rennes (LTSI, U642) sur la localisation de sources pathologiques cérébrales. Ce projet est essentiellement théorique, et vise à long terme à essayer de localiser des sources de manière non invasive, en utilisant des techniques tensorielles d'identification de mélanges sous-déterminés.

15.9 BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages de synthèse ou participation à des ouvrages de synthèse

- [1] T. BLU et J. LEBRUN. Analyse temps-fréquence linéaire II : représentations type ondelettes. Dans F. HLAWATSCH, F. AUGER, et J. P. OVARLEZ, éditeurs, *Temps-fréquence : concepts et outils*. Hermès, Paris, 2005.
- [2] T. BLU et J. LEBRUN. Linear Time-Frequency Analysis II : Wavelet -Type Representation. Dans F. HLAWATSCH et F. AUGER, éditeurs, *Time-Frequency Analysis : Concepts and Tools*. ISTE, 2006.
- [3] P. COMON et C. JUTTEN. *Séparation de Sources : Concepts de base et Analyse en Composantes Indépendantes*, volume 1 de *Collection IC2*. Hermès Sciences Publ., 2006.
- [4] G. FAVIER. 7 — Estimation paramétrique de modèles entrée-sortie. Dans *Signaux aléatoires : Modélisation, estimation, détection*, pages 219–319. Hermès Sciences Publ., 2004.
- [5] C. JUTTEN et P. COMON. *Séparation de Sources : Au delà de l'aveugle, et applications*, volume 2 de *Collection IC2*. Hermès Sciences Publ., 2006.
- [6] R. PRASAD et L. DENEIRE. *From WPANs to Personal Networks : Technologies and Applications*. Artech House Publishers, 2005. ISBN 1-58053-826-6. 302 pages.

Thèses soutenues

- [7] L. ALBERA. *Séparation autodidacte de mélanges potentiellement sous déterminés*. Thèse de doctorat, Université de Nice Sophia Antipolis, Décembre 2003.
- [8] L. DENEIRE. *Antennes et porteuses multiples : Réseaux sans fils et traitement du signal*. Habilitation à diriger des recherches, Université de Nice-Sophia Antipolis, Décembre 2003.
- [9] A. KHOUAJA. *Modélisation et Identification de Systèmes Non-Linéaires à l'aide de Modèles de Volterra à Complexité Réduite*. Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis, Mai 2005.
- [10] A. Y. KIBANGOU. *Modèles de Volterra à complexité réduite : estimation paramétrique et application à l'égalisation des canaux de communication*. Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis, Janvier 2005.
- [11] M. RAJIB. *Blind Identification of Under-Determined Mixtures*. Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis, Décembre 2006.
- [12] L. ROTA. *Egalisation aveugle de systèmes multi-utilisateurs*. Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis, Décembre 2004.

Articles de revues avec comité de lecture

- [13] L. ALBERA, A. FERREOL, P. CHEVALIER, et P. COMON. ICAR, a Tool for Blind Source Separation using Fourth Order Statistics only. *IEEE Trans. on Signal Processing*, 53(10) :3633–3643, 2005.
- [14] L. ALBERA, A. FERREOL, P. COMON, et P. CHEVALIER. Blind Identification of Overcomplete Mixtures of Sources BIOME. *Lin. Algebra Appl.*, 391(2004) :1–30, 2004.
- [15] R. J. G. B. CAMPELLO, W. C. AMARAL, et G. FAVIER. A note on the optimal expansion of Volterra models using Laguerre functions. *Automatica*, 42(4) :689–693, 2006.
- [16] R. J. G. B. CAMPELLO, G. FAVIER, et W. C. AMARAL. Optimal expansions of discrete-time Volterra models using Laguerre functions. *Automatica*, 40(5) :815–822, 2004.
- [17] P. CHEVALIER, L. ALBERA, A. FERREOL, et P. COMON. On the Virtual Array Concept for Higher Order Array Processing. *IEEE Transactions Signal Processing*, 53(4) :1254–1271, 2005.
- [18] P. COMON. Blind Identification and Source Separation in 2x3 Under-Determined Mixtures. *IEEE Transactions Signal Processing*, 52(1) :11–22, 2004.
- [19] P. COMON. Contrasts, Independent Component Analysis, and Blind Deconvolution. *International Journal Adapt. Control Sig. Proc. - Special issue on Signal Separation*, 18(3) :225–243, 2004.
- [20] P. COMON et M. RAJIB. Blind Identification of Under-Determined Mixtures based on the Characteristic Function. *Signal Processing*, 86(9), 2006.
- [21] P. COMON et L. ROTA. Blind Separation of Independent Sources from Convulsive Mixtures. *IEICE Trans. on Fundamentals of Elec. Com. Comput. Sciences*, 86, 2003. Invited paper, 3 mars 2003.
- [22] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. PARAFAC-based unified tensor modeling for Wireless Communication Systems with Application to Blind Multiuser Equalization. *Signal Processing — Special Issue on Tensor Signal Processing*, 2006. A paraître.
- [23] L. DENEIRE, P. VANDENAMEELE, L. VAN DER PERRE, B. GYSELINCK, et M. ENGELS. A Low Complexity ML Channel Estimator for OFDM. *IEEE Transactions on Communications*, 51(2) :135–140, 2003.
- [24] N. KHALED, S. THOEN, et L. DENEIRE. Optimizing the joint transmit and receive MMSE design using mode selection. *IEEE Transactions on Communications*, 53(4) :730–737, 2005.

- [25] A. Y. KIBANGOU et G. FAVIER. Wiener-Hammerstein systems modeling using diagonal Volterra kernels coefficients. *IEEE Signal Processing Letters*, 13(6) :381–384, 2006.
- [26] A. Y. KIBANGOU et G. FAVIER. Toeplitz-Vandermonde matrix factorization with application to parameter estimation of Wiener-Hammerstein systems. *IEEE Signal Processing Letters*, 2007. A paraître en Janvier 2007.
- [27] A. Y. KIBANGOU, G. FAVIER, et M. M. HASSANI. Laguerre-Volterra filters optimization based on Laguerre spectra. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 17 :2874–2887, 2005.
- [28] A. Y. KIBANGOU, G. FAVIER, et M. M. HASSANI. Selection of generalized orthonormal bases for second-order Volterra filters. *Signal Processing*, 85 :2371–2385, 2005.
- [29] J. LEBRUN et I. SELESNICK. Gröbner bases and wavelet design. *Journal of Symbolic Computation, Spécial issue on Computer algebra and Signal processing*, 34(2) :227–259, 2004.
- [30] F. PETRÉ, G. LEUS, L. DENEIRE, M. ENGELS, et M. MOONEN. Space-time Block Coding for Single-Carrier Block Transmission DS-CDMA Downlink. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 21(3) :350–361, 2003.
- [31] N. PETROCHILOS et P. COMON. A Zero-Cumulant Random Variable and its Applications. *Signal Processing*, 86(11) :3334–3338, 2006.
- [32] S. THOEN, L. DENEIRE, L. VAN DER PERRE, M. ENGELS, et H. DE MAN. Constrained Least Squares Detector for OFDM/SDMA-based Wireless Networks. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 2(1) :129–140, 2003.
- [33] K. TOURKI et L. DENEIRE. Channel And Delay Estimation Algorithm For Asynchronous Cooperative Diversity. *Wireless Personal Communications*, 37(3-4) :361–369, 2006.
- [34] V. ZARZOSO et P. COMON. Blind and Semi-Blind Equalization based on the Constant Power Criterion. *IEEE Transactions Signal Processing*, 53(11) :4363–4375, 2005.
- Présentations dans des colloques internationaux avec actes**
- [35] L. ALBERA, P. COMON, P. CHEVALIER, et A. FERREOL. Blind Identification of Under-determined Mixtures based on the Hexacovariance. Dans *ICASSP'04*, volume 40, pages 29–32, Montreal, Canada, Mai 2004. IEEE Press. URL <http://www.i3s.unice.fr/~comon/FichiersPdf/AlberaComon1379.pdf>.
- [36] L. ALBERA, A. FERREOL, P. COMON, et P. CHEVALIER. Sixth Order Blind Identification of Under-determined Mixtures — BIRTH. Dans *ICA'03*, Nara, Japan, Avril 2003.
- [37] R. R. ARAUJO, J. C. M. MOTA, et G. FAVIER. A linear equalizer based on generalized orthonormal bases. Dans *11th International Conf. on Telecommunications — ICT'2004*, Fortaleza, Brésil, Août 2004.
- [38] K. BOUZRARA, H. MESSAOUD, et G. FAVIER. Parameter uncertainty domain identification of a humidifying process using development on Kautz functions basis. Dans *IEEE Second Intern. Conf. on Signals, Systems, Decision and Information Theory*, Sousse, Tunisie, Mars 2003.
- [39] R. J. G. B. CAMPELLO, G. FAVIER, et W. AMARAL. Optimal expansions of discrete-time Volterra models using Laguerre functions. Dans *13th IFAC Symposium on System Identification — SYSID*, pages 1844–1849, Rotterdam, The Netherlands, Août 2003.
- [40] P. CHEVALIER, L. ALBERA, P. COMON, et A. FERREOL. Comparative performance analysis of eight blind source separation methods on radiocommunications signals. Dans *IJCNN 04*, Budapest, Hungary, Juillet 2004. URL <http://www.i3s.unice.fr/~comon/FichiersPdf/ChevACF04-ijcnn.pdf>.
- [41] P. COMON. Algebraic Blind Techniques. Dans *IEEE CAMSAP 05*, Puerto Vallarta, Mexico, 2005. IEEE Press. Invited plenary.
- [42] P. COMON. Independent Component Analysis and Multi-Way Factor Analysis. Dans *Tutorial given at ICASSP'2005*, Philadelphia, USA, Mars 2005. IEEE Press. URL <http://www.i3s.unice.fr/~comon/FichiersPdf/ComoR05phila.pdf>.
- [43] P. COMON et J. LEBRUN. Contrast Functions for Deterministic Blind Source Separation. Dans *SPAWC'03*, Rome, Italy, Juin 2003. IEEE Press.
- [44] P. COMON, B. MOURRAIN, L.-H. LIM, et G. GOLUB. Genericity and Rank Deficiency of High Order Symmetric Tensors. Dans *ICASSP'06*, Toulouse, France, Mai 2006. IEEE Press. URL <http://www.i3s.unice.fr/~comon/FichiersPdf/ComoMLG06-icassp.pdf>.
- [45] P. COMON et M. RAJIH. Blind Identification of Complex Under-Determined Mixtures. Dans *ICA Conference*, pages 105–112, Granada, Spain, Septembre 2004. Springer.
- [46] P. COMON et M. RAJIH. Blind Identification of Under-determined Complex Mixtures of 2 independent Sources. Dans *3rd IEEE SAM Workshop*, Barcelona, Spain, Juillet 2004. IEEE Press.
- [47] P. COMON et M. RAJIH. Blind Identification of Under-Determined Mixtures Based on the Characteristic Function. Dans *ICASSP'2005*, volume 40, pages 1005–1008, Philadelphia, USA, Mars 2005. IEEE Press.

- [48] P. COMON et L. ROTA. Blind Source Separation : A Partial Joint Diagonalization PAJOD Approach. Dans *PSIP'03*, Grenoble, France, Janvier 2003.
- [49] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. An application of tensor modelling to blind multiuser equalization. Dans *2nd Workshop sur Décompositions tensorielles et applications*, Marseille, France, Août 2005.
- [50] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Generalized PARAFAC model for multidimensional wireless communication with application to blind multiuser equalization. Dans *39th ASILOMAR Conference on Signals, Systems and Computers*, Pacific Grove, USA, Octobre 2005.
- [51] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. A generalized PARAFAC model for oversampled, DS-CDMA and OFDM wireless communication systems. Dans *2nd Workshop sur Décompositions tensorielles et applications*, Marseille, France, Août 2005.
- [52] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. PARAFAC Models for Wireless Communications Systems. Dans *Proceedings of the Fourth International Conference on Physics in Signal and Image Processing — PSIP'2005*, Toulouse, France, Février 2005.
- [53] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. PARAFAC Receiver for Blind Multiuser Equalization in Wireless Communication Systems with Temporal Oversampling. Dans *13th European Signal Processing Conference — EUSIPCO'2005*, Antalya, Turkey, Septembre 2005.
- [54] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Multipath parameter estimation of time-varying space-time communication channels using parallel factor analysis. Dans *IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing — ICASSP'06*, Toulouse, France, Mai 2006.
- [55] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Space-time spreading codes based on tensor modeling. Dans *7th IEEE SPAWC Conference*, Cannes, France, Juillet 2006.
- [56] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Tensor-based space-time multiplexing codes for MIMO-OFDM systems with blind detection. Dans *17th IEEE Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC2006)*, Helsinki, Finland, Septembre 2006.
- [57] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Tensor decompositions and applications to wireless communication systems. Dans *Sixth IEEE Int. Telecommunications Symp. (ITS2006)*, Fortaleza, Brazil, Septembre 2006. Tutorial invité de 3h.
- [58] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Trilinear space-time-frequency codes for broadband MIMO-OFDM systems. Dans *Sixth IEEE Int. Telecommunications Symp. (ITS2006)*, Fortaleza, Brazil, Septembre 2006.
- [59] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, J. C. M. MOTA, et C. C. CAVALCANTE. PARAFAC models for hybrid MIMO Systems : Joint blind channel estimation and detection. Dans *15th Wireless World Research Forum — WWRF'05*, Paris, France, Décembre 2005.
- [60] R. L. DE LACERDA NETO, A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Performance evaluation of supervised PARAFAC receivers for CDMA systems. Dans *Sixth IEEE Int. Telecommunications Symp. (ITS2006)*, Fortaleza, Brazil, Septembre 2006.
- [61] J. P. DELMAS, P. COMON, et Y. MEURISSE. Identifiability of BPSK, MSK, and QPSK FIR SISO Channels from Modified Second-Order Statistics. Dans *IEEE Spawc'06*, Cannes, France, Juillet 2006. URL <http://www.i3s.unice.fr/~pcomon/FichiersPdf/DelCM06-cannes.pdf>.
- [62] L. DENEIRE. Multiple Antennas and Wireless Networks : When Signal Processors and Networkers talk together. Dans *Tutorial paper for the First conference on Heterogeneous Networks HET-NET'03*, 2003. 28 pages.
- [63] G. FAVIER, A. Y. KIBANGOU, et R. J. G. B. CAMPELLO. Nonlinear system modelling by means of generalized orthonormal basis functions. Dans *IEEE Second Intern. Conf. on Signals, Systems, Decision and Information Theory*, Sousse, Tunisie, Mars 2003. Conférence invitée.
- [64] G. FAVIER, A. Y. KIBANGOU, A. KHAOUAJA, et R. J. G. B. CAMPELLO. Modèles de Volterra de complexité réduite. Identification & Applications. Dans *Symposium ISA "Techniques avancées et stratégies innovantes en modélisation et commande robuste des processus industriels*, Martignes, France, Septembre 2004. Conférence invitée.
- [65] C. A. R. FERNANDES, A. Y. KIBANGOU, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Identification of nonlinear MIMO radio over fiber uplink channels. Dans *Sixth IEEE Int. Telecommunications Symp. (ITS2006)*, Fortaleza, Brazil, Septembre 2006.
- [66] C. E. R. FERNANDES, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Parafac-based blind channel identification using 4th-order cumulants. Dans *Sixth IEEE Int. Telecommunications Symp. (ITS2006)*, Fortaleza, Brazil, Septembre 2006.
- [67] D. V. P. FIGUEIREDO, E. de CARVALHO, L. DENEIRE, et R. PRASAD. Impact of feedback delay on rate adaptation for multiple antenna systems. Dans *17th annual IEEE International Sym-*

- posium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications — PIMRC, Helsinki, Finland, Septembre 2006.
- [68] M. GUGLIELMI et G. FAVIER. Modèles mono-variables linéaires et non linéaires. Dans *Signaux aléatoires : Modélisation, estimation, détection*, pages 67–92. Hermès Sciences Publications, Lavoisier, 2004.
- [69] L. HAUMONTE, M. GAETA, C. TÉTELIN, et L. DENEIRE. A model based cable network simulator : development and experimental verification. Dans *IEEE International Symposium on Powerline Communications and Its Applications*, Orlando, USA, Mars 2006.
- [70] N. KHALED, S. THOEN, L. DENEIRE, C. DESSET, et H. DE MAN. Spatial-Mode Selection for the Joint Transmit and receive MMSE Design Over Flat-Fading MIMO Channels. Dans *SPAWC'03*, Rome, Italy, Juin 2003. IEEE Press.
- [71] A. KHOUAJA et G. FAVIER. Identification of PARAFAC-Volterra cubic models using an alternating recursive least-squares algorithm. Dans *Proceedings of 12th European Signal Processing Conference, EUSIPCO*, Vienna, Austria, Septembre 2004.
- [72] A. KHOUAJA, G. FAVIER, et H. MESSAOUD. System identification using generalized orthonormal bases. Dans *IEEE Second Intern. Conf. on Signals, Systems, Decision and Information Theory*, Sousse, Tunisie, Mars 2003.
- [73] A. KHOUAJA, A. Y. KIBANGOU, et G. FAVIER. Third-order Volterra kernels complexity reduction using PARAFAC. Dans *Proceedings of IEEE International Symposium on Control, Communications and Signal Processing — ISCCSP'2004*, pages 857–860, Hammamet, Tunisie, Mars 2004.
- [74] A. Y. KIBANGOU et G. FAVIER. Blind PARAFAC receiver for nonlinear SIMO channels. Dans *2nd Workshop sur Décompositions tensorielles et applications*, Marseille, France, Août 2005.
- [75] A. Y. KIBANGOU et G. FAVIER. Semi-blind parameter and symbol joint estimation for a Hammerstein type channel using precoding. Dans *IEEE Workshop on Statistical Signal Processing — SSP*, Bordeaux, France, Juillet 2005.
- [76] A. Y. KIBANGOU et G. FAVIER. Semi-blind receiver for the fiber-wireless uplink channel. Dans *44th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference — CDC-ECC'05*, Seville, Spain, Décembre 2005.
- [77] A. Y. KIBANGOU et G. FAVIER. Blind linearization of nonlinear channels using a repetition/modulation precoder. Dans *7th IEEE SPAWC Conference*, Cannes, France, Juillet 2006.
- [78] A. Y. KIBANGOU, G. FAVIER, et A. L. F. de ALMEIDA. Blind identification of series-cascade nonlinear channels. Dans *39th ASILOMAR Conference on Signals, Systems and Computers*, Pacific Grove, USA, Octobre 2005.
- [79] A. Y. KIBANGOU, G. FAVIER, et M. M. HASSANI. Generalized orthonormal basis selection for expanding quadratic Volterra filters. Dans *13th IFAC Symposium on System Identification — SYSID*, pages 1119–1124, Rotterdam, The Netherlands, Août 2003.
- [80] A. Y. KIBANGOU, G. FAVIER, et M. M. HASSANI. A growing approach for selecting generalized orthonormal basis functions in the context of system modelling. Dans *IEEE-EURASIP Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing — NSIP*, Grado, Italie, Juin 2003.
- [81] A. Y. KIBANGOU, G. FAVIER, et M. M. HASSANI. Adaptive Laguerre-Volterra filters optimization based on Laguerre spectra. Dans *13th European Signal Processing Conference — EUSIPCO*, Antalya, Turkey, Septembre 2005.
- [82] A. Y. KIBANGOU, G. FAVIER, et M. M. HASSANI. Iterative optimization method of GOB-Volterra filters. Dans *IFAC World Congress*, Prague, Czech Republic, Juillet 2005.
- [83] J. LEBRUN et P. COMON. An Algebraic Approach to Blind Identification of Communication Channels. Dans *IEEE ISSPA'03*, Paris, France, Juillet 2003. IEEE Press.
- [84] J. LEBRUN et P. COMON. A Linear Algebra Approach to Systems of Polynomial Equations with Application to Digital Communications. Dans *Eusipco'2004*, Wien, Austria, Septembre 2004.
- [85] S. MARAOUI, H. MESSAOUD, et G. FAVIER. Robust predictive control using limited complexity polytopes. Dans *IEEE Second Intern. Conf. on Signals, Systems, Decision and Information Theory*, Sousse, Tunisie, Mars 2003.
- [86] N. PETROCHILOS et P. COMON. Link Between the Joint Diagonalisation of Symmetric Cubes and PARAFAC : An Application to Secondary Surveillance Radar. Dans *IEEE Workshop on Sensor Array and Multichannel Proc.*, Waltham, MA, USA, Juin 2006. URL <http://www.i3s.unice.fr/~comon/FichiersPdf/PetroC06-sam.pdf>.
- [87] M. RAJIH et P. COMON. Blind Identification of Under-Determined Mixtures based on the Characteristic Function : Influence of the Knowledge of Source PDF's. Dans *CAMSAP 2005*, Puerto Vallarta, Mexico, Décembre 2005. IEEE Press.
- [88] M. RAJIH et P. COMON. Enhanced Line Search : A Novel method to Accelerate Parafac. Dans *Eusipco'2005*, Antalya, Turkey, Septembre 2005.

- [89] M. RAJIH et P. COMON. Enhanced Line Search Applied to Blind Channel Identification : Identifiability Conditions. Dans *IEEE SSP'05*, Bordeaux, France, Juillet 2005. IEEE Press.
- [90] M. RAJIH et P. COMON. Alternating Least Squares Identification of Under-Determined Mixtures Based on the Characteristic Function. Dans *ICASSP'06*, Toulouse, France, Mai 2006. IEEE Press.
- [91] M. RAJIH, P. COMON, et D. SLOCK. A deterministic Blind receiver for MIMO OFDM Systems. Dans *IEEE Spawc'06*, Cannes, France, Juillet 2006.
- [92] L. ROTA et P. COMON. Blind Equalizers based on Polynomial Criteria. Dans *ICASSP'04*, volume 40, pages 441–444, Montreal, Canada, Mai 2004. IEEE Press.
- [93] L. ROTA, P. COMON, et S. ICART. Blind Equalization of MIMO Channels. Dans *SPAWC'03*, Rome, Italy, Juin 2003. IEEE Press.
- [94] L. ROTA, P. COMON, et S. ICART. Blind MIMO Paraunitary Equalizer. Dans *ICASSP'03*, Hong-Kong, Avril 2003. IEEE Press.
- [95] L. ROTA, V. ZARZOSO, et P. COMON. Parallel deflation with Alphabet-Based Criteria for Blind Source Extraction. Dans *IEEE SSP'05*, Bordeaux, France, Juillet 2005. IEEE Press.
- [96] K. TOURKI et L. DENEIRE. Precoding and Distributed STBC for Asynchronous Cooperative Diversity. Dans *8th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications*, Aalborg, Denmark, Septembre 2005.
- [97] K. TOURKI et L. DENEIRE. Channel and Delay Estimation Algorithm For Asynchronous Cooperative Diversity. Dans *International Symposium on Wireless Personal Mobile Communication*, 2006.
- [98] K. TOURKI et L. DENEIRE. End-To-End Performance Analysis of Two-Hop Asynchronous Cooperative Diversity. Dans *49th annual IEEE Global Telecommunications Conference - GLOBECOM 2006*, San Francisco, California, USA, Novembre 2006.
- [99] K. TOURKI et L. DENEIRE. Improvement in Error Performance by Cooperation. Dans *The second IEEE-EURASIP International Symposium on Control, Communications, and Signal Processing — ISCCSP*, Marrakech, Morocco, Mars 2006.
- [100] J. TUBBAX, B. COME, L. VAN DER PERRE, L. DENEIRE, S. DONNAY, et M. ENGELS. Compensation of IQ Imbalance in OFDM Systems. Dans *ICC 2003*, 2003.
- [101] J. VANDEWALLE, L. DE LATHAUWER, et P. COMON. The Generalized Higher Order SVD and the Oriented Signal to Signal Ratios of Pairs of Signal Tensors. Dans *ECCTD'03*, Krakow, Poland, Septembre 2003. IEEE Press.
- [102] V. ZARZOSO et P. COMON. Blind Channel Equalization with Algebraic Optimal Step Size. Dans *Eusipco'05*, Antalya, Turkey, Septembre 2005.
- [103] V. ZARZOSO et P. COMON. Semi-Blind Constant Modulus Equalization with Optimal Step Size. Dans *ICASSP'2005*, volume 40, pages 577–580, Philadelphia, USA, USA, Mars 2005. IEEE Press.
- [104] V. ZARZOSO et P. COMON. How fast is FastICA?. Dans *Eusipco'2006*, Florence, Italy, Septembre 2006. URL <http://www.i3s.unice.fr/~comon/FichiersPdf/ZarzC06-florence.pdf>.

Présentations dans des colloques nationaux avec actes

- [105] P. COMON et J. LEBRUN. Critères de Contraste Déterministes pour la Séparation de Sources. Dans *GRETSI'03*, Paris, France, Septembre 2003.
- [106] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Blind Multiuser Equalization using a PARAFAC-Subspace Approach. Dans *20th GRETSI Symposium on Signal and Image Processing*, Louvain la Neuve, Belgium, Septembre 2005.
- [107] A. L. F. de ALMEIDA, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Combined PARAFAC-subspace approach to blind multiuser equalization. Dans *XXII Simposio Brasileiro de Telecomunicações - SBrT'05*, Campinas, Brazil, Septembre 2005.
- [108] C. A. R. FERNANDES, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. Hammerstein and Volterra adaptive blind equalization for Wiener channels. Dans *XXII Simposio Brasileiro de Telecomunicações — SBrT'05*, Campinas, Brazil, Septembre 2005.
- [109] C. A. R. FERNANDES, J. C. M. MOTA, et G. FAVIER. Decision directed algorithms for blind equalization based on constant modulus criteria. Dans *20th GRETSI Symposium on Signal and Image Processing*, Louvain-la-Neuve, Belgium, Septembre 2005.
- [110] C. E. R. FERNANDES, G. FAVIER, et J. C. M. MOTA. A new method for blind identification and equalization of nonminimum phase channels. Dans *XXII Simposio Brasileiro de Telecomunicações - SBrT'05*, Campinas, Brazil, Septembre 2005.
- [111] A. Y. KIBANGOU, G. FAVIER, et M. M. HASSANI. Récepteur aveugle basé sur la décomposition PARAFAC pour des canaux de communication non linéaires. Dans *20th GRETSI Symposium on Signal and Image Processing*, Louvain-la-Neuve, Belgium, Septembre 2005.
- [112] J. LEBRUN et P. COMON. Une Approche Algébrique de l'Identification Aveugle de Canaux de Communications. Dans *GRETSI'03*, Paris, France, Septembre 2003.

- [113] N. PETROCHILOS et P. COMON. Separation of ZCM Signals : Application in SSR Radar. Dans *GRETSI'03*, Paris, France, Septembre 2003.
- [114] M. RAJIH et P. COMON. Recherche Lineaire Optimisée : une Méthode pour Accélérer Parafac. Dans *Gretsi'05*, Louvain la Neuve, Belgique, Septembre 2005.
- [115] L. ROTA, P. COMON, et S. ICART. Egalisation aveugle de mélanges convolutifs MIMO. Dans *GRETSI'03*, Paris, France, Septembre 2003.
- [116] V. ZARZOSO, L. ROTA, et P. COMON. Deflation parallele avec des Contrastes APF pour l'Extraction Aveugle des Sources. Dans *Gretsi'05*, Louvain la Neuve, Belgique, Septembre 2005.
- Présentations dans des colloques sans actes ou avec actes à diffusion restreinte**
- [117] P. COMON. Blind Identification of Linear Mixtures based on Characteristic Functions. Dans *International Workshop on Matrices and Statistics*, Août 2004. Bedwelo, Poland.
- [118] P. COMON. Blind Matrix Identification by Statistical Matching. Dans *International Workshop on Matrices in Statistics and Optimization — MSO-PMAA'04*, Luminy, France, 2004. Invited.
- [119] P. COMON. Canonical Tensor Decompositions. Dans *ARCC Workshop on Tensor Decompositions*, Palo Alto, California, USA, Juillet 2004. American Institute of Mathematics — AIM. Invited.
- [120] P. COMON. Independent Component Analysis and Multi-Way Factor Analysis. Dans *ICASSP'05*, Philadelphia, USA, 2005. URL <http://www.i3s.unice.fr/~comon/descriptionTut10.htm>. invited Tutorial — Unpublished but slides available.
- [121] P. COMON. Tensor Ranks, and some properties of Tensor Spaces. Dans *IEE-SIAM Workshop on Tensor Decompositions and Applications — TDA*, Luminy, France, 2005. URL <http://www.i3s.unice.fr/~comon/FichiersPdf/ComonLuminy2.pdf>. Invited Tutorial — Unpublished but slides available.
- Rapports de recherche**
- [122] L. ALBERA et P. COMON. Blind Identification of Under-determined Mixtures Based on the Hexacovariance. Rapport technique, Laboratoire I3S, Sophia Antipolis, 2003. ISRN I3S/RR-2003-19-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2003/RR-03.19-L.ALBERA.pdf>. 12 pages.
- [123] L. ALBERA et P. COMON. Joint Approximate Diagonalizations and Application to Virtual Arrays. Rapport technique, Laboratoire I3S, Sophia Antipolis, 2003. ISRN I3S/RR-2003-27-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2003/RR-03.27-L.ALBERA.pdf>. 5 pages.
- [124] P. COMON. Constrasts for Independent Component Analysis and Blind Deconvolution. Rapport technique, Laboratoire I3S, Sophia Antipolis, 2003. ISRN I3S/RR-2003-06-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2003/RR-03.06-P.COMON.pdf>. 18 pages.
- [125] P. COMON. Canonical Tensor Decompositions. Rapport technique, Laboratoire I3S, Sophia Antipolis, 2004. ISRN I3S/RR-2004-17-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2004/RR-04.17-P.COMON.pdf>. 14 pages.
- [126] P. COMON. *Generic Properties of Symmetric Tensors*, 2006. URL <http://www.telecom.tuc.gr/~nikos/TRICAP2006main/20comonTricap2.pdf>. TRICAP, Chania, Crete, Greece, June 4-9 (invited).
- [127] P. COMON. *Independent Component Analysis viewed as a Tensor Decomposition*, 2006. URL <http://www.stanford.edu/group/mmds>. Workshop on Algorithms for Modern Massive Datasets, Stanford, Jun. (invited).
- [128] P. COMON et M. RAJIH. Blind Identification of Under-Determined Mixtures based on the Characteristic Function. Rapport technique, Laboratoire I3S Sophia Antipolis, 2005. ISRN I3S/RR-2005-11-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2005/RR-05.11-M.RAJIH.pdf>. 20 pages.
- [129] P. COMON et J. ten BERGE. Generic and Typical Ranks of Three-Way Arrays. Rapport technique, Laboratoire I3S Sophia Antipolis, Septembre 2006. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2006/RR-06.29-P.COMON.pdf>. 15 pages.
- [130] M. RAJIH et P. COMON. Enhanced Line Search : A Novel Method to Accelerate PARAFAC. Rapport technique, Laboratoire I3S-Sophia Antipolis, 2005. ISRN I3S/RR-2005-10-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2005/RR-05.10-M.RAJIH.pdf>. 13 pages.
- [131] L. ROTA, P. COMON, L. DE LATHAUWER, et S. ICART. Blind MIMO Para-unitary Equalization. Rapport technique, Laboratoire I3S-Sophia Antipolis, 2004. ISRN I3S/RR-2004-44-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2004/RR-04.44-L.ROTA.pdf>. 24 pages.
- [132] V. ZARZOSO et P. COMON. Blind and Semi-Blind Equalization Based on the Constant Power Criterion. Rapport technique, Laboratoire I3S, Sophia Antipolis, 2004. ISRN I3S/RR-2004-34-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2004/RR-04.34-V.ZARZOSO.pdf>. 29 pages.
- [133] V. ZARZOSO et P. COMON. Optimal Step-size Constant Modulus Algorithm. Rapport

technique, Laboratoire I3S, Sophia Antipolis, 2004. ISRN I3S/RR-2004-23-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2004/RR-04.23-V.ZARZOSO.pdf>. 18 pages.

- [134] V. ZARZOSO et P. COMON. Block Deflation ICA Algorithms. Rapport technique, Laboratoire I3S, Sophia Antipolis, 2005. ISRN I3S/RR-2005-36-FR. URL <http://www.i3s.unice.fr/~mh/RR/2005/RR-05.36-V.ZARZOSO.pdf>. 14

pages.

Brevets

- [135] L. ALBERA, A. FERREOL, P. COMON, et P. CHEVALIER. Procédé d'identification et de séparation audiodactée de mélanges de sources aux ordres supérieurs, 2003. Patent registered for Thales Communications, FR 03.04041, April 1 st, 2003.