

Intitulé :Domaine : **MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE**Mention : **MATHEMATIQUES**Spécialité : **Traitement Harmonique et Contrôle du Signal****Intitulé bref :** Master Pro. THCS**Nature de l'habilitation :** Nouvelle habilitation (master professionnel)**Composante de rattachement :** UFR Mathématiques et Informatique**Nom du responsable de la spécialité :** YGER, Alain, 0540006945

yger@math.u-bordeaux1.fr, section 25

Equipe pédagogique (pour le volet mathématique¹) :Alain Yger

yger@math.u-bordeaux1.fr, 0540006945, responsable de la spécialité, Professeur

El Maati Ouhabaz

ouhabaz@math.u-bordeaux1.fr, 0540006943, Professeur

Philippe Thieullen

thieullen@math.u-bordeaux1.fr, 0540006117, Professeur

Charles Dossal

dossal@math.u-bordeaux1.fr, 0540002128, Maître de Conférences

0.1 Objectifs du parcours :

- d'une part (s'agissant d'une formation proposée sous le chapeau du master *Mathématiques*) proposer une **formation mathématique solide** à de futurs ingénieurs mathématiciens en théorie du signal, en imagerie, ainsi que dans les domaines relevant de l'instrumentation médicale (déconvolution, CAT-Scanner, conception et développement de dispositifs tomographiques); les mots clef de cette formation (se voulant suffisamment *self-contained* pour être accessible à des étudiants ayant préalablement suivi en Licence un parcours *Mathématique-Informatique* ou *Informatique*) sont : *analyse harmonique* et *analyse spectrale* de données *déterministes* ou *stochastiques*, éléments de *théorie du contrôle*, outils *géométriques* et *analytiques* en relation avec la *tomographie*;
- d'autre part, cibler cette formation (en la couplant avec l'acquisition de bases en *traitement* et *analyse informatique* de signaux ou d'images, en *traitement statistique de données*) vers une **formation de nature appliquée**, où l'acquisition préalable de ces bases mathématiques ne peut que se révéler un atout, à savoir la mise à disposition d'une *boîte à outils*; cet accès se trouve (au fil des diverses UE d'obédience mathématique de la formation) concrétisé par l'apprentissage en parallèle d'un logiciel de calcul scientifique tel que MATLAB (avec ses *toolboxes* pertinents), logiciel d'accès suffisamment aisé (de part sa convivialité) pour des étudiants issus d'une formation de licence plutôt orientée vers les mathématiques fondamentales.

La formation entend mettre à profit tant les compétences de l'équipe *Analyse et Géométrie* de l'IMB (analyse harmonique, analyse spectrale, analyse complexe et pluricomplexe, théorie des opérateurs et du contrôle, matrices de Toeplitz et de Hankel, systèmes dynamiques, géométrie différentielle), dont l'ossature s'est enrichie à l'automne 2006 avec le recrutement d'un jeune MDC spécialiste de *traitement d'images* (Charles Dossal), que celle de l'équipe de *théorie des nombres*

¹Voir Annexe 3 pour une description de l'équipe pédagogique complète.

et d'algorithmique impliquée dans le master professionnel existant *Cryptographie et Sécurité Informatique*; cette dernière équipe s'est étoffée cette année avec le recrutement d'un professeur spécialiste de théorie des *codes* (Gilles Zemor) et dont le profil se situe à l'interface du master CSI et du projet présenté dans cette maquette.

Elle entend également concrétiser (par le biais d'encadrements conjoints de projets) les échanges scientifiques qui se sont noués depuis plus d'une dizaine d'années entre certains membres de l'équipe *Analyse et Géométrie* de l'IMB et l'équipe de traitement du signal de l'ENSEIRB (conduite dans le cadre du Laboratoire d'Automatique, Productique et Signal [LAPS]) autour (par exemple) des thématiques suivantes : décomposition de Wold, théorèmes de Schur multi-variables et stabilité de filtres multidimensionnels, analyse des textures tri-dimensionnelles (projet ENSEIRB-TOTAL), traitement de la parole, ondelettes et algorithmes afférents. Un chercheur CNRS de l'équipe de l'ENSEIRB a été d'ailleurs formé (en théorie des opérateurs) au sein de l'équipe *Analyse et Géométrie*, ce qui s'avère être un moteur pour la mise en place de l'articulation entre les deux équipes dans le fonctionnement du master proposé.

Commentaire : Les diverses offres de stages proposées aux étudiants du master CSI (formation dans laquelle jusque là la théorie du signal était impliquée au titre d'UE optionnelle) soulignent l'intérêt manifesté pour des étudiants combinant précisément une formation mathématique basique (mais solide) en analyse harmonique et une formation informatique, ainsi que pour des étudiants ayant à la fois une sensibilité "Codes et Cryptographie" et une sensibilité (plus numérique, mais tout à fait complémentaire) "Signal" (avec la formation indispensable au maniement d'un logiciel comme MATLAB). C'est en réponse à ce constat que nous avons conçu ce projet.

0.2 Diplôme requis/recrutement :

En priorité :

Licence Mention Mathématiques et Ingénierie Mathématiques (tous parcours) de Bordeaux 1 ou d'une autre université ;

Sous réserve d'examen attentif du dossier et des motivations :

Licences mention Informatique (intégrant une formation mathématique de base), Licences mention Physique (Electronique) ou Biologie, Sciences du Vivant (avec formation initiale minimale en Informatique et en Mathématiques)

Commentaire : outre les étudiants titulaires d'une Licence mention "Mathématiques et Ingénierie Mathématique" de Bordeaux 1 (tous parcours) ou d'une Licence d'obédience "Mathématiques et Ingénierie Mathématique" d'une autre université, ce master vise aussi à attirer des étudiants titulaires d'une Licence mention *Informatique* réceptifs à une formation mathématique complémentaire accélérée. La formation est ainsi ouverte vers les étudiants titulaires d'une Licence mention *Informatique* (de Bordeaux ou d'ailleurs). On peut aussi envisager, de par le fait que l'initiation aux mathématiques "de base" de l'année 1 soit relativement *self contained*, l'accueil d'étudiants titulaires de Licences mention Physique (Electronique) ou Biologie, Sciences du vivant, disposant d'une formation initiale minimale en informatique et en mathématiques.

0.3 Poursuite des études / Débouchés

L'objectif de la formation est d'élargir le champ des débouchés professionnels pour des étudiants soit de formation initiale *Mathématiques* ou *Mathématique-Informatique*, soit de formation initiale *Informatique* (mais réceptifs à l'acquisition complémentaire d'un bagage mathématique minimal) vers des domaines où une formation mathématique assez solide, complétée évidemment par une formation informatique, est indispensable. Les partenaires potentiels avec lesquels des contacts ont été noués pour la mise en place de stages et l'orientation ultérieure vers le milieu professionnel sont par exemple :

- dans le secteur *signal et communications* : THOMSON, France Telecom, SAGEM, Thalès, Société de Calcul Mathématique

- dans le secteur *imagerie médicale* (sur le plan “*instrumentation*”) : Services de Médecine Nucléaire de divers CHU : Angers (C. Jeanguillaume, LISA), Amiens, Pitié-Salpêtrière
- dans le secteur *imagerie médicale* (sur le plan *imagerie*) : INSERM (Pitié Salpêtrière)

Cette liste n’est évidemment qu’indicative ; elle reflète les contacts pris actuellement et n’est nullement exhaustive. Il faudrait y ajouter en particulier les contacts tissés entre l’ENSEIRB et le tissu industriel (projet Total) et ceux que nouait le jeune MDC recruté (Charles Dossal) cette année avec les équipes d’Electronique et de Traitement de la Parole des laboratoires de l’Ecole Polytechnique.

0.4 Effectifs/Taux de réussite :

Compte tenu des contraintes pédagogiques (adéquation aux stages, suivi des étudiants, contraintes liés à l’importance des TD sur machine dans tous les enseignements), un effectif maximal de 25 étudiants est envisagé.

Aucune référence à des taux de réussite puisqu’il s’agit d’une nouvelle formation.

0.5 Description de la formation.

Un programme détaillé des diverses UE est fourni en annexe.

Le semestre 1 (année 1) est dévolu à l’acquisition (dans le cadre d’un enseignement soutenu par son illustration *via* l’utilisation d’un logiciel de calcul tel MATLAB) des outils mathématiques de base (*Analyse de base, Analyse de Fourier, Algèbre de base, Probabilités de base*, soit 4 UE à 6 ECTS) ciblés sur le traitement et le contrôle du signal et de l’image. Une UE indispensable de *Programmation y* est également proposée (6 ECTS). Ce semestre se voulant aussi un semestre de “remise à niveau” pour des étudiants issus de Licences d’obédience non spécifiquement “Mathématiques”, il sera conçu comme *self-contained*. Une importance particulière sera donnée aux TD sur machine absolument essentiels (l’initiation au maniement de MATLAB allant de pair avec la formation “théorique”).

Le semestre 2 (année 1) est plus dévolu à la mise en situation des outils acquis lors du semestre de formation : c’est à ce niveau que l’on retrouve la première sensibilisation au *Traitement d’Images* (6 ECTS), à la *théorie de l’information et au codage* (6 ECTS), à l’*analyse spectrale des processus* (6 ECTS), au contrôle (3 ECTS). Un projet (6 ECTS) à réaliser dans un environnement d’obédience appliquée (*ex.* ENSEIRB, Equipe *Signal et Image* du LAPS) ou dans un environnement “mixte” (encadrements théorique et appliqué croisés) nous semble une pierre d’angle essentielle de ce semestre. Une formation à l’anglais scientifique (3 ECTS) complète l’édifice.

Le semestre 3 (année 2) est plus spécialisé vers les outils mathématiques ciblés : *tomographie* (6 ECTS), *Compression, ondelettes et algorithmes afférents* (6 ECTS) ; on y retrouve l’indispensable interface avec la formation appliquée : *segmentation d’images* (6 ECTS), *filtrage optimal* (4 ECTS), *filtrage particulière* (2 ECTS). Une UE optionnelle (6 ECTS) est à choisir par l’étudiant.

Le semestre 4 (année 2) est dévolu à la réalisation d’un projet (10 ECTS) et au stage en entreprise (20 ECTS).

La formation entend profiter des diverses synergies présentes sur le site Bordelais (au sens large), ce par le biais de mutualisation d’UE obligatoires (aux semestres 1 et 2) ou optionnelles (au semestre 3) à la fois :

- avec le *master CSI* (UE *Programmation, Théorie de l’information et du codage* respectivement aux semestres 1 et 2)
- avec la spécialité *Multimédia : image et son numériques* du *master Informatique* proposé par Bordeaux 1 (*Traitement d’image, Segmentation et analyse d’image*, cette fois plus sous l’angle informatique, UE obligatoires aux semestres 2 et 3) dont nous souhaitons bénéficier tant des aspects proprement informatiques (développés au sein des équipes du LABRI et de

l'INRIA) que des aspects plus proprement liés à l'analyse et au traitement de données en prise directe avec l'imagerie médicale (UE optionnelles au semestre 3)

- avec le master MIMSE (*Modélisation, Ingénierie Mathématique, Statistique, Economique*, plus particulièrement la spécialité *Ingénierie de la modélisation, du calcul et de l'environnement* proposé par Bordeaux I-II-IV (UE optionnelle *Contrôle en Bio-Mathématiques* au semestre 3).

Des UE optionnelles proposées par l'un de ces deux masters, par le master APSI (Spécialité *Signaux et Images*) proposé par Bordeaux 1 et l'ENSEIRB, ou par le master de *Modélisation, Ingénierie Mathématique, Statistique et Economique* proposé par Bordeaux I-II-IV, seront offertes aux étudiants; les UE à obédience plus mathématique que nous proposons (ou envisageons avec des partenaires du LAPS) au semestre 1 de l'année 2 (*Tomographie, Ondelettes et algorithmes afférents, Théorie du contrôle avancée*) sont mutualisables avec ces divers Masters au titre d'UE optionnelles.

Le résultat aux UE est sanctionné par une courte épreuve théorique (1h30), une épreuve pratique (mini-projet et présentation) et une note de contrôle continu (note de TP) comptant pour 30% de la note.

0.6 Evaluation :

Une évaluation des enseignements par les étudiants sera organisée selon les modalités communes définies par le CEVU (questionnaire en ligne, *etc.*).

0.7 Centre de Ressources :

Moyens calcul du CREMI (Licence MATLAB pour 25 postes + toolboxes adéquats).

Annexe 1 : contenu détaillé des UE, cf. Tableau de parcours

Analyse de base pour le signal (6 ECTS, S1 - 16h cours, 32h TD sur machine)

Cette UE sera illustrée via l'utilisation du logiciel MATLAB et du toolbox "Signal Processing"; elle constituera une première initiation au maniement de ce logiciel de calcul scientifique en même temps qu'une remise à niveau ou initiation aux thèmes détaillés dans le programme ci-dessous.

- Fractions rationnelles et décomposition en éléments simples
- Bases d'analyse complexe
- Localisation des zéros complexes des polynômes (approches théoriques et numériques); géométrie des zéros
- Théorème de type Schur
- Séries de Fourier
- z-transformée
- filtrage discret déterministe (filtres rationnels, AR, ARMA)
- notions de stationnarité, de stabilité, de stabilité faible (pour les filtres discrets)
- correspondance des réponses impulsionnelles (digital/analogique)
- Transformation de Laplace
- Filtres rationnels analogiques classiques (Butterworth, Tchebychev, elliptiques,...)

Algèbre de base pour le signal (6 ECTS, S1 - 16h cours, 32h TD sur machine)

Cette UE sera illustrée via l'utilisation du logiciel MATLAB; elle constituera une première initiation au maniement de ce logiciel de calcul scientifique.

- Formes quadratiques, hermitiennes
- Espaces euclidiens, hermitiens
- Opérateurs dans le cadre euclidien ou hermitien (en dimension finie)
- Méthodes des moindres carrés
- Projections orthogonales; méthodes itératives
- décompositions orthogonales suivant les modes propres (*Proper Orthogonal Decomposition*)
- décomposition en valeurs singulières
- changement de repère
- méthodes spectrales en dimension finie

Probabilités de base pour le signal (6 ECTS, S1 - 16h cours, 32h TD sur machine)

Cette UE sera illustrée via l'utilisation du logiciel MATLAB et des toolboxes "Signal Processing" et "Statistics". L'accent sera mis évidemment sur les aspects pratiques plutôt que sur les aspects théoriques, ce qui explique l'aspect pouvant sembler "substantiel" du programme.

- Espaces probabilisés, variables aléatoires (continues et discrètes), loi, fonction de répartition, densité, fonction caractéristique
- Vecteurs de variables aléatoires : couple de variables, conditionnement, loi marginale, vecteur gaussien
- Espérance, variance, matrice de covariance d'un vecteur de variables aléatoires
- Indépendance, corrélation
- Convergence d'une suite de variables aléatoires (stochastique, en loi, presque sûre, au sens de l'énergie, en norme L^1).
- Théorèmes limite du calcul des probabilités (lois faible et forte des grands nombres, théorème limite centrale, applications)
- Introduction aux chaînes de Markov : propriété de Markov, mesures invariantes, théorème de convergence, algorithmes numériques
- Elements de base de statistiques : représentation graphique, estimation ponctuelle, méthode du maximum de vraisemblance, estimation par intervalle de confiance, estimation bayésienne
- Tests statistiques : notions générales, test de comparaison, test d'ajustement, test d'indépendance, test de Smirnov, analyse de la variance
- Lois et tests du chi-deux et de Fisher
- Régression et modèle linéaire général : régression simple, modèle gaussien, estimation de paramètres, test et intervalle de confiance
- Processus discrets, notion de stationnarité (au sens fort et à l'ordre 2), autocorrélation d'un processus discret stationnaire
- Exemples de processus discrets ou continus : Wiener, Poisson, Gauss, signal télégraphique, onde binaire aléatoire; notion de bruit blanc, bruit gaussien, exemples, simulation sous MatlaB.

Analyse de Fourier (6 ECTS, S1 - 16h cours, 32h TD sur machine)

Cette UE sera illustrée via l'utilisation du logiciel MATLAB et du toolbox "Signal Processing"; son contenu est complémentaire d'une partie de celui de l'UE1 (dont elle présente le volet "continu") et les deux enseignements devront en conséquence être pensés en étroite concordance.

- Transformation de Fourier
- Convolution, déconvolution
- Discrétisation des signaux ou des images analogiques
- Théorème de Shannon
- Algorithmes de type Gerschberg-Papoulis
- Phénomènes de type Gibbs

- Analyse de Fourier fenêtrée (analyse temps fréquences)
- Algorithme adaptatif de Malvar en analyse et synthèse de la parole
- spectrogrammes
- *Chirps*; transformations du type Wigner-Ville; méthode de ré-assignement de P. Flandrin

Programmation (6 ECTS, S1 - mutualisée Master CSI)

- Récapitulation des constructions de base : choix, boucles, fonctions
- Gestion de mémoire en C : pointeurs, allocation dynamique
- Modèle de mémoire en Java
- Objets, méthodes, classes et héritage
- Introduction aux composants graphiques et à la gestion d'évènements
- Thread

UE proposée dans le cadre de la spécialité *Codes et Sécurité Informatique* et mutualisée.

Traitement d'image (6 ECTS, S2 - mutualisée Master Info)

Ce cours porte sur les techniques de traitement d'images, c'est-à-dire sur les transformations prenant une image numérique en entrée et produisant une image numérique en sortie.

- Fondements : transformations d'images, approches (filtrage, morphologique, stochastique, neuromimétique)
- Reproduction des couleurs, transformations chromatiques
- Lissage, correction de défauts, extraction de contours, rehaussement de contraste global et local
- Quantification et tramage
- Transformations géométriques, composition d'images.

UE proposée dans le cadre du Master *Informatique* de Bordeaux 1 et mutualisée.

Théorie de l'information et du codage (6 ECTS, S2 - mutualisée Master CSI)

- Entropie et information, entropie conditionnelle, information mutuelle
- Codage de source, codage de Huffman, compression de Lempel-Ziv
- Codage de canal, canaux discrets sans mémoire, notion de capacité, théorème de Shannon
- Codes correcteurs, codes linéaires, matrice de parité, syndrome, canal à effacements, canal binaire symétrique, codes élémentaires
- Bornes sur les codes, codes aléatoires
- Canaux "wire-tap", le problème de l'extraction d'aléa et l'amplification de secret, min-entropie, entropie de Rényi, familles universelles de fonctions de hachage
- Les grandes familles de codes en blocs, codes cycliques, codes BCH, codes de Reed-Solomon, codes LDPC
- Le décodage; décodage algébrique et décodage itératif.

UE proposée dans le cadre du Master Professionnel *Cryptographie et Sécurité Informatique* et mutualisée.

Analyse spectrale des processus (6 ECTS, S2 - 16h cours, 32h TD sur machine)

UE assurée pour moitié par des intervenants du LAPS (au niveau de 8h cours, 16 heures de TD sur machine) et par des intervenant de l'UFR Math-Info.

Cette UE sera illustrée sous l'environnement MatLaB (toolbox "Signal Processing" et "Statistics"). Elle est assurée pour moitié par des intervenants du LAPS (au niveau de 8h cours, 16 heures de TD sur machine).

- Densité spectrale de puissance d'un processus stationnaire (modèles continus, modèles discrets); périodogramme, méthodes de Barlett, de Welch, de Blackman-Tuckey
- Filtrage de processus : Wiener, Wiener-Hopf, Modèles AR, ARMA
- Déconvolution de processus, pseudo-filtrage de Wiener
- Décomposition de Wold
- Estimation déterministe et stochastique d'un modèle : méthode des moindres carrés, méthode de Prony, estimation par minimisation de la variance, notion d'entropie et méthode par maximum d'entropie.
- Estimation de fréquences; méthode de Pisarenko, algorithmes ESPRIT, MUSIC
- Filtrage adaptatif (méthode du gradient de Newton, optimisation stochastique, algorithmes LMS et RLS, méthodes de suppression de bruit)
- Méthodes fondées sur le principe de l'étalement de spectre.

Initiation à la théorie du contrôle (3 ECTS - 8h cours , 16h TD sur machine)

- Contrôle approximatif
- Opérateur de contrôle
- Semi-groupe, résolvente
- Théorème de Kalman
- Bases de Riesz
- Contrôle exact.

Projet 1(6 ECTS, S2, 50 heures)

Il s'agit d'un mini-projet (2-3 étudiants) supervisé par l'une des composantes (Math, Info, LAPS, ENSEIRB).

Anglais Scientifique(3 ECTS, S2)

Tomographie (6 ECTS, S3 - 16h cours, 32h TD sur machine)

- Transformations du type Radon ou X-Rays (complètes ou incomplètes, exactes ou atténuées); étude de quelques schémas d'inversion (soutendue par l'utilisation de MATLAB)
- Méthodes spectrales en imagerie IRM
- Applications des méthodes de déconvolution en tomographie
- Pseudo-filtrage de Wiener (et applications en tomographie, Gammagraphie par ouverture de codage, etc.)
- Méthodes d'inspiration hilbertienne ou statistique (Matching-pursuit, *Proper Orthogonal Decomposition*) en tomographie médicale.
- Méthodes tomographiques pour l'analyse des textures tri-dimensionnelles.

Filtrage Optimal (4 ECTS, S3 - 14h cours, 3h TD, 8h TP)

UE assurée par des intervenants du LAPS.

- Commande optimale
- Filtrage optimal
- Filtrage de Kalman
- Théorie du contrôle avancée

Filtrage particulière (2 ECTS, S3 - 7h Cours, 8h TP)

UE assurée par des intervenants du LAPS.

Segmentation et Analyse d'image (6 ECTS, S3 - mutualisée Master Info)

Prolongement "avancé" de l'UE 6 de l'année 1. Ce cours sur les techniques d'analyse d'images, c'est-à-dire les procédés permettant d'extraire des informations d'une image.

- Segmentation d'images
- Squelettisation
- Extraction de paramètres géométriques
- Reconnaissance de formes.

UE proposée dans le cadre du master *Informatique* (spécialité *Multimédia : image et son numériques*) et mutualisée.

Compression, Ondelettes et algorithmes afférents (6 ECTS, S3 - 16h cours, 32h TD sur machine)

Cette UE sera illustrée via l'utilisation du logiciel MATLAB et des toolboxes "Wavelets", "Signal Processing" et "Image Processing".

- Analyse continue en ondelettes (CWT); applications (analyse multi-fractale, séparation signal/bruit,...)
- Analyse discrète en ondelettes (DWT) et analyse multi-résolution (1D et 2D)
- Analyse de Haar, de Shannon; ondelettes de Daubechies, ondelettes bi-orthogonales
- Décomposition en paquets d'ondelettes et algorithme "*split and merge*"; applications à la compression de données (JPEG2000), au *watermarking* et tatouage d'images
- Méthodes récentes en traitement d'images (analyse de contours, bandlets)
- Bases d'ondelettes et équations aux dérivées partielles (algorithme BCR).

UE optionnelle (6 ECTS, S3)

Liste d'UE optionnelles proposées :

- Choix d'une UE optionnelle à 6 ECTS dans le projet de master APSI, option Signal et Image
- UE du master *Info*, spécialité *Multimédia : image et son numériques*
- UE : *Contrôle en Bio-Mathématiques* proposée dans le cadre du master *Modélisation, Ingénierie mathématique, Statistique et Economique* (parcours *Ingénierie de la modélisation, du calcul et de l'environnement*) de Bordeaux I-II-IV.

Projet 2(10 ECTS, S4)

Il s'agit d'un projet (2-3 étudiants) supervisé par l'une des composantes (Math, Info, LAPS, ENSEIRB), éventuellement (et si possible) en relation avec un projet de stage.

Stage en entreprise (20 ECTS, S4)

N.B. Est prévu en outre un volant de 8 heures ETD pour intervenants extérieurs en S3, voir liste d'intervenants en annexe 4.

Annexe 2 : Curriculum vitae du responsable.

Alain Yger est titulaire d'un doctorat d'Etat en Mathématiques (Orsay, 1982), effectué sous la direction d'Yves Meyer. Après avoir été pendant 7 ans (1978-1985) Maître de Conférences à l'Ecole Polytechnique, il est Professeur à l'Université Bordeaux 1 depuis Janvier 1985 et membre de l'équipe *Analyse et Géométrie* de l'Institut Mathématique de Bordeaux. Il est l'auteur d'environ 55 publications dans des revues internationales, de 3 Monographies (dont une traitant de la Théorie et de l'Analyse des Signaux *via* l'utilisation de logiciels scientifiques tels MATLAB ou SCILAB) relatives tant à l'enseignement qu'à la recherche.

Initialement dévolues à l'analyse harmonique et en particulier aux problèmes de déconvolution (avec formules explicites) et aux transformées intégrales de type Pompeïu (et à leur inversion), ses recherches se sont ensuite orientées vers les problèmes de division du point de vue algébrique, mais pensés sous l'angle analytique. Ses travaux les plus récents ont été orientés vers la théorie des résidus en plusieurs variables, la théorie de la trace, les questions relatives à l'inversion des transformations de type Radon (Radon dans l'espace affine, dans l'espace projectif, dans le contexte torique, Radon incomplet, Radon atténuée). Une part de ses travaux depuis plusieurs années s'est articulée autour de la collaboration avec des ingénieurs ou des mathématiciens appliqués, au travers de l'encadrement (ou du co-encadrement) de plusieurs thèses sur les thématiques suivantes : *matching Pursuit* et furtivité, extrapolation et algorithmes de Gerchberg-Papoulis, méthodes numériques pour le calcul de spectre d'énergie en turbulence. Il a dispensé de nombreux cours centrés autour de l'analyse et du traitement du signal et de l'image dans divers Master Professionnels (Bordeaux 1, Bordeaux 3) ou à l'étranger, aux Etats Unis ou en Italie (Maryland-1996, Bologne -2004, Université de la Calabre depuis 1998, ces cours lui ayant donné la possibilité de diriger la Thesi di Laurea de plusieurs étudiants tous aujourd'hui ingénieurs en poste en Italie). Il est également présenté et rédigé plusieurs travaux de vulgarisation (analyse temps -fréquences et applications à l'électrographie, transformation de Radon et CAT-Scanner).

Sélection de publications du responsable en relation avec la thématique.

- [1] (avec C. A. Berenstein) Le problème de la déconvolution, *J. Functional Analysis* 54 (1983) 113-159.
- [2] (avec C. A. Berenstein & B. A. Taylor) Sur quelques formules explicites de déconvolution, *Journal of Optics* 14 (1983), 75-82.
- [3] (avec C. A. Berenstein) Traitement du signal et algorithmes explicites de déconvolution, *Séminaire Bony-Sjöstrand-Meyer, Ecole Polytechnique*, 1984-1985, II-1, II-17.
- [4] (avec C. A. Berenstein) Analytic Bezout identities, *Advances in Applied Math.* 10 (1989), 51-74.
- [5] (avec C. A. Berenstein & R. Gay) Inversion of the local Pompeïu transform, *J. Analyse Math.* 54 (1990), 259-287.
- [6] (avec E. Maghras, E. Mandridrake & M. Najim) Recovering a signal through its averages, dans : *Progress in Wavelet analysis and Applications*, Y. Meyer & S. Roques (ed.), Editions Frontières, Gif sur Yvette, 1993.
- [7] (avec C-H. Bruneau, P. Fischer, Z. Peter), Comparison of numerical methods for the computation of energy spectra in 2D turbulence. I. Adaptive algorithms, *Sampling Theory in Signal and Image Processing*, vol. 4 (3), pp. 271-280 (2005).
- [8] (avec C-H. Bruneau, P. Fischer, Z. Peter), Comparison of numerical methods for the computation of energy spectra in 2D turbulence. II. Direct methods, *Sampling Theory in Signal and Image Processing*, vol. 4 (2), pp. 169-192 (2005).
- [9] Analytic and algebraic ideas : how to profit from their complementarity, dans *Harmonic analysis, signal processing, and complexity* (I. Sabadini, D. Struppa, D.F. Walnut ed.) pp. 15-28, *Progr. Math.*, 238, Birkhäuser Boston, Boston, MA, 2005.
- [10] (avec C.H. Bruneau, P. Fischer, Z. Peter) : Matching pursuit with POD modes dictionaries in the analysis of 2D turbulence signals and images, in 3-rd MIT Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics, Elsevier, 2005.

Monographie : *Théorie et analyse du signal, Cours et initiation pratique via MATLAB et SCILAB* (272 pages), Collection Universités (Mathématiques appliquées), Editions Ellipses, 1999.

Annexe 3. Description détaillée de l'équipe pédagogique.

Volet mathématique.

Alain Yger. Responsable, Professeur, Institut de Mathématiques de Bordeaux, Analyse et Géométrie.

Thématiques de recherche : *analyse harmonique, analyse complexe, effectivité en algèbre et géométrie, analyse des signaux et de l'image.*

El Maati Ouhabaz. Professeur, Institut de Mathématiques de Bordeaux, Analyse et Géométrie.

Thématiques de recherche : *EDP, analyse sur les variétés, analyse fonctionnelle, Contrôle.*

Philippe Thieullen. Professeur, Institut de Mathématiques de Bordeaux, Analyse et Géométrie.

Thématiques de recherche : *Systèmes dynamiques, théorie ergodique, Probabilités et Statistiques.*

Charles Dossal. Maître de Conférences, Institut de Mathématiques de Bordeaux, Analyse et Géométrie.

Thématiques de recherche : *Analyse et Traitement harmoniques d'image, Ondelettes et Bandlets, Tomographie.*

Gilles Zemor. Professeur, Institut de Mathématiques de Bordeaux, Equipe A2X.

Thématiques de recherche : *Théorie des Codes, Théorie de l'information, Algorithmique, Watermarking.*

Volet informatique.

Achille Braquelaire. Professeur, LABRI.

Thématiques de recherche : *Traitement et Synthèse d'images.*

Pascal Desbarats. Maître de Conférences, LABRI, Equipe Image et Son.

Thématiques de recherche : *Traitement et Analyse d'images.*

Volet traitement du Signal.

Mohamed Najim. Professeur, ENSEIRB et Université Bordeaux 1, LAPS.

Thématiques de recherche : *Traitement du Signal, Contrôle, Filtrage.*

Eric Grivel. Maître de Conférences, ENSEIRB, LAPS.

Thématiques de recherche : *Traitement de la parole, watermarking, signaux biomédicaux.*

Annexe 4 : liste d'intervenants extérieurs pressentis (liste non exhaustive et très provisoire).

Christian Jeanguillaume, Service de Médecine Nucléaire, CHU Larrey 49033 ANGERS FRANCE.

Stanislas Francfort, Marquage d'images et de documents numériques, France Télécom R&D, Caen (en relation avec le master CSI).

Bernard Beauzamy, Société de Calcul Mathématique, 111 Faubourg Saint Honoré, 75008 Paris.