**Sébastien BOURGUIGNON** 33 ans

Laboratoire Cassiopée, Observatoire de la Côte d'Azur
B.P. 4229, 06304 Nice Cedex 4
+33 4 92 00 30 29
Sebastien.Bourguignon@oca.eu
http://www.oca.eu/bourguignon

2 rue de Orestis, escalier C
06300 Nice
+33 6 14 32 90 45

Cursus ..... p. 1
Intérêts scientifiques ..... p. 2
Activité d'enseignement ..... p. 2
Activité de recherche ..... p. 3
Publications ..... p. 8
Encadrement et animation scientifique ..... p. 10
Compétences informatiques et linguistiques ..... p. 10

## CURSUS

*depuis février 2009* : **Post-doctorant** aux laboratoires Cassiopée et Fizeau, UMR 6202 et UMR 6525 – Université de Nice – CNRS – Observatoire de la Côte d'Azur : *extraction et caractérisation de sources astrophysiques à partir de données d'imagerie hyperspectrale.*

*2007–2008* : **Chercheur** à l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Laboratoire de Technologie Halieutique, centre de Brest.

*2006–2007* : **Post-doctorant** au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse et de Tarbes (LATT), UMR 5572 – Université de Toulouse – CNRS : *calibrage d'instruments dans le cadre de la mission spatiale d'observation de la terre SMOS* (*Soil Moisture and Ocean Salinity*, mission de l'Agence Spatiale Européenne).

*2005–2006* : **Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche** à temps complet sur 9 mois, 61$^{\text{ème}}$ section, Université de Toulouse. Recherche dans l'équipe *Signal Image Instrumentation* du LATT.

*2002–2005* : **Préparation d'un doctorat en Sciences, spécialité Traitement du Signal**, à l'Université de Toulouse : *analyse spectrale à haute résolution de signaux irrégulièrement échantillonnés : application à l'Astrophysique.* Thèse préparée dans l'équipe *Signal Image Instrumentation* du LATT, sous la direction de H. Carfantan. Financement par allocation ministérielle. **Doctorat obtenu en décembre 2005 avec la mention très honorable.**

*2002–2005* : **Moniteur de l'enseignement supérieur**, CIES de Midi-Pyrénées.

*2001–2002* : **DEA Signal, Image et Acoustique**, de l'Université de Toulouse - INP Toulouse, **mention Très Bien.** Mémoire réalisé sous la direction de H. Carfantan : *analyse spectrale à haute résolution de signaux à données manquantes.*

*juillet 2001* : **Diplômes d'ingénieur Supélec** (École Supérieure d'Électricité), Gif sur Yvette et d'**ingénieur en Télécommunications** de l'Université Polytechnique de Madrid (ETSIT, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación).

## INTÉRÊTS SCIENTIFIQUES

- Analyse spectrale et temps-fréquence, filtrage, échantillonnage régulier et irrégulier
- Problèmes inverses, inférence et modélisation statistique, estimation, détection
- Représentations parcimonieuses
- Algorithmes d'optimisation, méthodes de Monte-Carlo par chaînes de Markov (MCMC)
- Imagerie acoustique multi-dimensionnelle (sondeurs multi-faisceaux), imagerie hyperspectrale
- Traitement de données expérimentales : astrophysique, acoustique sous-marine, biologie marine

## ACTIVITÉ D'ENSEIGNEMENT

Depuis 2002, j'ai effectué des enseignements en **Automatique, Traitement du Signal, Calcul Scientifique et Statistiques pour la Physique** à l'Université de Toulouse, puis à l'Université de Nice. J'ai commencé à enseigner dès l'année de mon DEA en tant que vacataire (2001–02). J'ai ensuite été moniteur de l'enseignement supérieur (2002–05), puis ATER à temps complet de décembre 2005 à août 2006 puis à nouveau vacataire au cours des années 2006–07, 2008–09 et 2010–11. Au total, j'ai réalisé un volume d'enseignement d'**environ 470 heures équivalent TD**. Je suis intervenu à différents niveaux, de la L1 au M1, en réalisant l'essentiel de mes enseignements dans les disciplines de la 61$^{\text{ème}}$ section du CNU (en Automatique et Traitement du Signal), ainsi qu'une moindre partie au sein du département de Physique (en Calcul Scientifique et Statistiques pour la Physique). La plus grosse partie de mon activité a concerné **l'enseignement du Traitement du Signal en M1 EEA, parcours** *Information, Signal, Image, Instrumentation*, qui est une filière d'enseignement essentiellement théorique en Traitement du Signal, où je suis intervenu pour 120 h (TD, TP et projets). J'ai également eu l'occasion d'encadrer plusieurs stagiaires (voir plus de détails p. 10).

J'ai monté entièrement deux cours, d'une vingtaine d'heures chacun, de **filtrage numérique** (M1 IUP Systèmes Intelligents) et de **traitement numérique du signal** (M1 OMEGA, physique fondamentale et appliquée). J'ai également créé plusieurs sujets de TD et de TP et remodelé de nombreux enseignements pour les rendre plus attractifs et pédagogiques. L'ensemble des enseignements dispensés est résumé dans le tableau ci-après. L'ensemble des enseignements dispensés est résumé dans le tableau ci-dessous.

| Discipline | Filière | Nature | Volume (éq. TD) | Années, lieu |
|---|---|---|---|---|
| **Traitement du Signal (290 h éq. TD)** | L3 LINEL | TP | 16 h | 2001–02, Toulouse |
| | L3 IUP SI | TD, TP | 66 h | 2003–06, Toulouse |
| | L3 IUP ICM | TD | 12 h | 2005–06, Toulouse |
| | M1 EEA – ISII | TD, TP, Projets | 120 h | 2001-06, Toulouse |
| | M1 IUP SI | Cours et TD | 25 h | 2006–07, Toulouse |
| | M1 OMEGA | Cours et TD | 21 h | 2008-09, Nice |
| | M1 électronique | Cours et TD | 30 h | 2008-09, Nice |
| **Automatique des Systèmes Linéaires (106 h éq. TD)** | L2 SM / L2 SDI | TP | 56 h | 2002–06, Toulouse |
| | L3 EEA | TP | 20 h | 2005–06, Toulouse |
| | L2 MPEL | TP | 12 h | 2010–11, Nice |
| | M1 électronique | TP | 18 h | 2010–11, Nice |
| **Calcul scientifique (56 h éq. TD)** | L2 Physique-Chimie | TD et TP | 28 h | 2004–05, Toulouse |
| | L2 Physique | TD et TP | 28 h | 2005–06, Toulouse |
| **Statistiques pour la Physique (17 h éq. TD)** | L2 SM | TD et TP | 17 h | 2002–03, Toulouse |
| **Total 2001–2010** | **469 heures éq. TD** | | | |

## ACTIVITÉ DE RECHERCHE

Ayant débuté mon activité de recherche en 2002 et ayant depuis séjourné dans différents laboratoires, j'ai eu l'occasion d'aborder plusieurs thèmes de recherche, qui sont détaillés ci-après dans leur ordre chronologique.

- **Analyse spectrale et modélisations parcimonieuses (2002–06)**

*Mots-clés :* analyse spectrale, séries temporelles, échantillonnage irrégulier, régularisation de problèmes inverses, modélisation statistique, représentations parcimonieuses, pénalisation $\ell^1$, processus Bernoulli-Gaussien, algorithmes d'optimisation, méthodes MCMC.

Un premier thème auquel je me suis intéressé est l'**analyse de séries temporelles** issues d'observations astronomiques. Plus particulièrement, la problématique étudiée est la recherche de fréquences d'oscillation dans des courbes de lumière et de vitesse radiale, qui est à la base de nombreux phénomènes astronomiques. En astérosismologie, par exemple, la détermination précise des modes de vibration d'étoiles variables à partir de courbes de vitesse radiale fournit des contraintes permettant d'ajuster les modèles de structure stellaire. La complication essentielle de ce problème d'**analyse spectrale** réside dans l'insuffisance de la couverture temporelle. En effet, les périodes de disponibilité des instruments sont limitées et la nature des objets étudiés rend ceux-ci périodiquement invisibles : l'alternance du jour et de la nuit ainsi que les variations saisonnières de l'hémisphère céleste observable provoquent une couverture temporelle incomplète. De ce fait, la recherche de fréquences basée sur le spectre de Fourier des données observées s'avère souvent inefficace, les irrégularités de l'échantillonnage générant de nombreux alias.

Mes travaux menés au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse - Tarbes sur ce thème abordent l'analyse spectrale comme un **problème inverse** linéaire – le spectre étant discrétisé sur une grille arbitrairement fine – auquel le faible nombre de données et la nécessité d'une analyse à haute

résolution fréquentielle confèrent un caractère mal posé. Il s'agit alors d'apporter une information *a priori* supplémentaire traduisant le caractère **parcimonieux** du spectre à reconstruire : on s'intéresse exclusivement à la recherche de spectres de raies. Deux types d'approche ont été envisagées.

La première a trait au domaine de l'**optimisation** et consiste à minimiser un critère quadratique d'attache aux données, pénalisé par une fonction favorisant l'aspect parcimonieux du spectre à estimer. Dans le **contexte statistique bayésien**, cette approche s'interprète comme l'estimation au sens du maximum *a posteriori* pour une distribution de probabilité *a priori* bien choisie (distribution à queue lourde, loi de Laplace par exemple). Cette approche pour la régularisation de problèmes inverses a fait l'objet de nombreux travaux au cours des années 90 et a déjà été appliquée au cas de l'estimation à haute résolution de spectres de raies dans le cas de données régulièrement espacées. Outre le fait que l'échantillonnage irrégulier débouche sur des dégradations plus importantes du spectre observé, la complication majeure est d'ordre algorithmique. Deux contributions novatrices ont été apportées à cette approche. La première étudie l'emploi de la **pénalisation par la norme** $\ell^1$ pour des variables complexes. Nous avons montré qu'une telle pénalisation est préférable à sa contrepartie réelle en termes de modélisation, bien que jusqu'alors la plupart des travaux considéraient des problèmes à valeurs réelles, ce qui rend notamment plus simple l'optimisation. Le second point concerne le **développement d'algorithmes performants** pour l'optimisation, adaptés à la pénalisation employée (la norme $\ell^1$ ou une approximation strictement convexe) et prenant en compte, dans la mesure du possible, les spécificités induites par le schéma d'échantillonnage.

⟶ *Publications et valorisation :* Ces travaux ont fait l'objet de la publication d'un article dans la revue **Astronomy and Astrophysics** [A1] et de deux communications à des conférences internationales avec actes et comité [B1, B2]. Nous montrons notamment qu'une telle approche confère à l'estimation de fréquences pures une plus grande robustesse vis-à-vis des artefacts d'échantillonnage par rapport aux méthodes classiquement utilisées en astrophysique. L'accent est également mis sur l'utilisation pratique de la méthode (réglage automatique des paramètres, rapidité de calcul). Nous avons ainsi développé un **logiciel d'analyse spectrale** mettant en œuvre cette méthodologie, qui est disponible sur Internet : `http ://www.ast.obs-mip.fr/SparSpec`. Depuis, ce logiciel a été également utilisé en Physique Nucléaire, où il a été à l'origine d'une collaboration avec le *Plasma Science and Fusion Center* du *Massachussets Institute of Technology*. Les aspects plus théoriques de ce problème d'analyse spectrale parcimonieuse ont été publiés dans la revue **IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing** [A2]. Plusieurs propriétés de la pénalisation $\ell^1$ pour l'analyse spectrale y sont établies et différentes procédures d'optimisation (de type *Iterative Coordinate Descent* et *Iterated Reweighted Least-Squares*) sont étudiées, pour finalement aboutir à la construction d'un algorithme d'optimisation hybride, dont la vitesse de convergence est largement supérieure aux algorithmes existants et applicables dans ce cadre. L'évaluation de ces performances algorithmiques a fait l'objet d'une étude détaillée dans une publication à la conférence (avec actes et comité) du GRETSI en 2007 [B5].

Une deuxième approche étudiée repose sur une **modélisation probabiliste** du spectre à reconstruire sous la forme d'un processus Bernoulli-Gaussien, structurellement adéquat pour des objets parcimonieux. Le cadre naturel de l'**estimation bayésienne** nous a permis d'en estimer les paramètres au sens de la moyenne *a posteriori* au moyen de méthodes **Monte-Carlo par chaînes de Markov** (MCMC). De telles techniques permettent d'évaluer les variances associées aux paramètres estimés, information de première importance en astrophysique, puisqu'elle s'interprète en termes de **niveaux de confiance** sur les fréquences détectées. Par ailleurs, nous avons pu envisager l'estimation dans un cadre entièrement **non supervisé** des spectres ainsi modélisés et des hyperparamètres correspondants : aucun réglage *ad hoc* n'est alors nécessaire. Des travaux précédents dans cette voie ont été adaptés au problème de l'analyse spectrale, faisant intervenir des variables complexes, puis des alternatives efficaces au schéma classique de l'échantillonneur de Gibbs ont été proposées, ce dernier étant ralenti par les effets d'une discrétisation inexacte du spectre sur une grille de fréquences fixées.

→ *Publications :* Ces travaux ont été publiés à la conférence internationale avec actes et comité IEEE SSP'05. Une extension à un modèle autorisant des décalages en fréquence par rapport à une grille fixe a ensuite permis d'améliorer la résolution fréquentielle en estimant les fréquences sur un

domaine continu, tout en réduisant le nombre d'inconnues du modèle et le temps de calcul résultant. L'exposé de cette extension a également été publié à la conférence internationale avec actes et comité IEEE ICASSP'06 [B4]. Conjointement à la première approche par pénalisation $\ell^1$, cette approche a également fait l'objet de la publication d'un article dans la revue **Statistical Methodology** [A3], présentant et comparant les deux méthodes en termes d'information obtenue et de qualité d'estimation, mais aussi de complexité algorithmique.

Cette thématique de recherche est particulièrement riche en perspectives. La pénalisation $\ell^1$ donne lieu actuellement à de nombreuses avancées, aussi bien sur la modélisation théorique de la parcimonie (notamment la théorie de l'échantillonnage compressé, *compressed sensing*) qu'au niveau algorithmique, laissant entrevoir des poursuites intéressantes sur les deux aspects. Sur le plan applicatif, l'extension de cette approche à des contextes plus généraux comme l'**analyse temps-fréquence** ou la **déconvolution de sources ponctuelles en imagerie** est particulièrement motivante. L'application de la modélisation Bernoulli-Gaussienne conjuguée à des algorithmes MCMC est également à étudier pour la **déconvolution d'images**, permettant notamment d'envisager la localisation de sources ponctuelles avec une précision subpixelaire.

- **Estimation de réponses instrumentales (2006–07)**

  *Mots-clés :* calibrage d'antennes, harmoniques sphériques, optimisation.

J'ai travaillé d'octobre 2006 à mars 2007 en tant que post-doctorant sur le **calibrage de réponses instrumentales** dans le cadre de la mission spatiale européenne SMOS (*Soil Moisture and Ocean Salinity*) d'observation de la Terre, qui a été lancée en novembre 2009. Celle-ci repose sur l'utilisation d'un radiomètre imageur à synthèse d'ouverture, technologie initialement développée en radioastronomie, et fait appel aux techniques d'interférométrie. Mon travail a consisté à déterminer dans quelles conditions il sera possible d'ajuster les différents paramètres caractérisant les antennes du satellite une fois celui-ci en orbite. En effet, les caractéristiques physiques des antennes dans l'espace risquent de différer de celles mesurées au sol et d'évoluer au fil du temps. Il s'avère donc nécessaire de pouvoir calibrer régulièrement les différents capteurs.

La solution envisagée par l'Agence Spatiale Européenne consiste à viser périodiquement une scène de contenu connu telle que le fond galactique afin d'estimer les paramètres instrumentaux. Le problème d'estimation correspondant est cependant largement sous-déterminé, c'est pourquoi nous avons envisagé la reconstruction *approximative* des diagrammes d'antenne, représentés par un nombre fini d'**harmoniques sphériques**. La recherche de la meilleure décomposition fait alors intervenir des problèmes
d'**optimisation**. Le critère à optimiser n'étant pas convexe, il est possible qu'il présente de nombreux minima locaux. Mon travail a consisté, d'une part, à déterminer à quelle distance maximale de l'optimum peut être initialisée la procédure d'optimisation, pour que celle-ci débouche sur une solution satisfaisante. Reliée à la vitesse d'évolution des caractéristiques de l'instrument, cette distance servira à fixer la fréquence à laquelle doit être réalisée l'opération de calibrage. D'autre part, le nombre d'inconnues mises en jeu étant assez élevé, les algorithmes d'optimisation doivent être particulièrement rapides. J'ai donc étudié le comportement de différentes stratégies d'optimisation (gradients conjugués, optimisation par blocs, ...), devant permettre de définir au final un algorithme performant, exploitant si besoin est les avantages de chacune de ces procédures.

Ces travaux ont donné lieu à des rapports internes. La reprise de ces recherches et leur approfondissement ont fait partie du travail de thèse d'un doctorant au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse et de Tarbes.

- **Méthodologies pour le traitement de données acoustiques sous-marines (2007–08)**

  *Mots-clés :* imagerie acoustique 2D / 3D, détection, estimation, classification, filtrage particulaire.

J'ai occupé de mai 2007 à fin 2008 un poste de chercheur à l'IFREMER, dans le secteur de l'acoustique sous-marine. Mes recherches ont concerné essentiellement la **méthodologie pour le traitement de données acoustiques sous-marines**, dans l'objectif d'estimation de paramètres biologiques et

écosystémiques. C'est par exemple à partir de campagnes d'acquisition de données acoustiques que sont réalisées les estimations de biomasse de différentes espèces sous-marines. Dans ce cadre, l'acquisition de données acoustiques sous-marines est réalisée au moyen de *sondeurs* disposés sous la coque d'un navire océanographique. La réception de l'écho acoustique dans toute la colonne d'eau, conjuguée à l'avancée du navire, permet alors de former des images bi-dimensionnelles. Depuis peu, l'arrivée d'une nouvelle génération de **sondeurs multi-faisceaux** permet d'acquérir simultanément les données acoustiques dans différentes directions de propagation, inclinées par rapport à la verticale, permettant ainsi de former des **images tri-dimensionnelles**, et débouchant sur de nombreux problèmes méthodologiques.

Lors de mon travail à l'IFREMER, je me suis surtout intéressé à des méthodes de détection du fond marin à partir de sondeurs acoustiques. Dans la perspective de l'évaluation de biomasse sous-marine, le poisson se trouvant souvent à proximité du fond, il est primordial de séparer, dans l'écho rétro-diffusé, la contribution du fond de celle des cibles biologiques. Si, à la verticale, l'écho acoustique renvoyé par le fond est très net (montée rapide, amplitude élevée), ce n'est pas le cas pour l'écho émis dans les faisceaux obliques de l'instrument. Il est alors nécessaire d'introduire d'autres sources d'information, basées notamment sur une certaine régularité spatiale du fond, que ce soit entre les faisceaux adjacents ou dans la direction de l'avancée du navire. J'ai ainsi développé une méthode, basée sur un algorithme de **filtrage particulaire**, prenant en compte cette régularisation, et permettant une estimation en ligne et peu coûteuse en calcul. Des résultats satisfaisants ont été obtenus sur des jeux de données test, et sa validation est en cours pour être mise en œuvre sur le plan opérationnel. Ces travaux ont été présentés à une conférence organisée par le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) [B8], ont fait l'objet d'une publication dans la revue **ICES Journal of Marine Science** [A4], ainsi que d'un article collectif de synthèse dans la revue **Aquatic Living Resources** [A5].

• **Détection de sources astrophysiques en imagerie hyperspectrale (depuis février 2009)**

*Mots-clés :* imagerie hyperspectrale, estimation statistique, problèmes inverses, représentations parcimonieuses, optimisation, segmentation.

Je travaille depuis février 2009 à l'Observatoire de la Côte d'Azur, dans le cadre du projet ANR *DAHLIA (Dedicated Algorithms for HyperspectraL Imaging in Astronomy)*. L'objectif de ce post-doc est de mettre au point des **méthodes robustes de détection et de caractérisation de sources** astrophysiques dans des **cubes d'images hyperspectrales**, comme ceux qui seront produits par l'instrument MUSE (Multi-Unit Spectroscopic Explorer) actuellement en construction (cf. `http ://muse.univ-lyon1.fr`). Différentes caractéristiques rendent ce problème particulièrement délicat, comme :

- la **taille des données**, d'environ (300 × 300) pixels × 4 000 longueurs d'onde, représentant un volume approximatif de 1.5 Go, et qui requiert la mise en œuvre d'algorithmes de traitement rapides ;
- les **caractéristiques du bruit** : les données sont perturbées par différentes sources de bruit, à la fois de Poisson (bruit de détection) et gaussiens (bruits instrumentaux). En raison de leur fort éloignement, les sources astrophysiques émettent très peu de lumière et le niveau de bruit résultant est très élevé. Par ailleurs, celui-ci présente une très forte variabilité spectrale, provoquée notamment par le passage de la lumière détectée à travers l'atmosphère ;
- la **nature des objets recherchés** : la diversité des sources observées est telle qu'il est difficile d'envisager une modélisation trop contraignante des objets recherchés. Une des ambitions d'un instrument comme MUSE est en effet de pouvoir détecter des objets très lointains, occupant seulement quelques (voire un) pixel(s) spatialement et de forme spectrale inconnue, celle-ci pouvant présenter un continuum ou bien, pour les objets les plus faibles, ne concentrer l'énergie détectable que sur une ou quelques raies.

L'essentiel de mon travail jusqu'à présent a consisté en l'élaboration de méthodes de **restauration**. En effet, les observations pour un instrument comme MUSE présenteront diverses dégradations de type convolution (spectrale et spatiale) et perturbations par un bruit de niveau très élevé et fortement variable spectralement. J'ai donc développé des méthodes de **réduction de bruit et de déconvolution**,

opérant principalement au niveau spectral. En effet, aborder un cube hyperspectral comme un ensemble de spectres semble plus pertinent pour ce problème, où l'information utile est plus cohérente dans un spectre qu'au niveau d'une image.

Ces méthodes s'inscrivent dans le contexte aujourd'hui très répandu des **approximations parcimonieuses**. La restauration de spectres est alors formalisée comme un **problème inverse**, où une contrainte de parcimonie est imposée sur la solution recherchée : les spectres sont supposés être synthétisés comme la superposition d'un faible nombre d'atomes, lesquels sont construits à partir d'informations physiques *a priori*. Une telle approche permet, d'une part, d'envisager la déconvolution et la réduction du bruit dans les données, mais aussi d'en extraire des paramètres physiquement pertinents, comme la forme du continu, la localisation et la taille de raies d'émission et d'absorption et d'un éventuel décrochage dans le spectre.

Une première étape de **modélisation** des spectres a été menée, en collaboration avec les astronomes, afin de définir un dictionnaire de formes spectrales élémentaires. Contrairement aux approches génériques exprimant la parcimonie à l'aide de transformées de type ondelettes, l'accent a été mis sur une modélisation fidèle à la physique expliquant les données. La formulation proposée prend également en compte un modèle instrumental précis, la réponse de l'instrument et la statistique du bruit étant toutes deux variables spectralement. Sous la formalisation parcimonieuse, un dictionnaire équivalent est ainsi construit, synthétisant l'ensemble des informations observationnelles et *a priori* prises en compte. Une telle finesse de modélisation s'effectue cependant au détriment du coût de calcul associé. L'estimation parcimonieuse, abordée classiquement sous l'angle de l'optimisation d'un critère quadratique pénalisé par un terme en norme $\ell^1$, ne peut être mise en œuvre efficacement par les algorithmes d'optimisation existants. C'est sur ce point que s'est focalisée la majeure partie de mon travail. Nous avons ainsi développé un **algorithme d'optimisation** adapté à ce problème, reposant sur un schéma de type *Iterative Coordinate Descent*, où plusieurs accélérations sont proposées exploitant la structure du critère. L'algorithme ainsi construit réalise l'optimisation en un temps bien inférieur aux algorithmes existants pour ce type de problèmes.

Il est à noter que ces spécificités du problème d'optimisation se retrouvent dans de nombreuses applications, notamment lorsque le dictionnaire de représentation parcimonieuse est contraint par une modélisation *a priori* ou bien résulte d'une phase d'apprentissage, mais aussi pour les problèmes de sélection de modèles, de régression statistique ou encore certains problèmes d'échantillonnage compressé. Ainsi, cette approche algorithmique représente à mon sens une contribution importante dans le domaine, aujourd'hui en plein essor, de l'optimisation parcimonieuse en traitement du signal.

→ *Publications :* Une première contribution a été publiée à la conférence avec actes et comité IEEE WHISPERS (*Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing : Evolution in Remote Sensing*) en juin 2010 [B5]. Un article plus complet, concernant les volets de modélisation et d'optimisation, a été soumis [A8′] en octobre 2010 au journal **IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing**. Un intérêt supplémentaire de telles approches parcimonieuses réside en l'utilisation des décompositions obtenues pour réaliser une segmentation du cube dans le domaine spatial, en agrégeant les pixels voisins aux décompositions proches, débouchant ainsi sur la détection d'objets astrophysiques. Des travaux sont également en cours sur cet aspect, et un article présentant des premiers résultats a été soumis [A7′] en septembre 2010 à la revue **Statistical Methodology**. En marge de ces publications, les aspects de modélisation et d'optimisation ont également fait l'objet de présentations à plusieurs colloques et ateliers (*Sparsity and Modern Mathematical Methods for High-Dimensional Data*, *Astronomical Data Analysis* [B10], journée *Optimisation convexe non différentiable* du GdR ISIS).

Une perspective directe de ces travaux, qui constitue mon activité principale de recherche actuelle, considère la restauration conjointe de l'ensemble d'un cube hyperspectral. L'intérêt est alors, d'une part, de pouvoir prendre en compte un modèle d'observation convolutif à la fois spatial et spectral, ainsi que des contraintes de **parcimonie structurée**, qui ont récemment fait l'objet de nombreux travaux. Il est évident qu'une telle approche doit permettre d'améliorer la qualité des données restaurées et les statistiques de détection associées. Ici encore, cela ne sera possible, en pratique, qu'au prix de l'élaboration d'algorithmes adaptés efficaces, la taille du problème de reconstruction étant alors bien

plus élevée que dans le cas de la restauration de spectres individuels.

## PUBLICATIONS

- **Articles de revues**

[A1] S. Bourguignon, H. Carfantan and T. Böhm, *SparSpec : a new method for fitting multiple sinusoids with irregularly sampled data*, Astronomy and Astrophysics, vol. 462, pp. 379–387, Jan. 2007.

[A2] S. Bourguignon, H. Carfantan and J. Idier, *A sparsity-based method for the estimation of spectral lines from irregularly sampled data*, IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, vol. 1, no. 4, Dec. 2007.

[A3] S. Bourguignon and H. Carfantan, *New methods for fitting multiple sinusoids from irregularly sampled data*, Statistical Methodology, vol. 5, no. 4, pp. 318-327, July 2008.

[A4] S. Bourguignon, L. Berger, C. Scalabrin, R. Fablet et V. Mazauric, *Methodological developments for improved bottom detection with the ME70 multibeam echosounder*, ICES Journal of Marine Science, vol. 66, no. 6, pp. 1015-1022, July 2009.

[A5] V. Trenkel et al., *Overview of recent progress in fisheries acoustics made by Ifremer with examples from the Bay of Biscay*, Aquatic Living Resources, vol. 22, no 4, pp. 433-445, Oct.-Dec. 2009.

[A6] P. Gaulme et al., *Possible detection of phase changes from the non-transiting planet HD 46375b by CoRoT*, Astronomy and Astrophysics, vol. 518, L. 153, July. 2010.

*Soumissions en cours :*

[A7′] S. Bourguignon, D. Mary and É. Slezak, *Processing MUSE hyperspectral data : denoising, deconvolution and detection of astrophysical sources*, soumis à Statistical Methodology, Sept. 2010.

[A8′] S. Bourguignon, D. Mary and É. Slezak, *Restoration of astrophysical spectra with sparsity constraints : models and algorithms*, soumis à IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Oct. 2010.

[A9′] D. Mary, S. Bourguignon, C. Theys and H. Lantéri, *Sparse priors in unions of bases for radiointerferometic image reconstruction*, soumis à Statistical Methodology, Sept. 2010.

- **Conférences internationales avec actes et comité de lecture**

[B1] S. Bourguignon, H. Carfantan and L. Jahan, *Regularized estimation of line spectra from irregularly sampled astrophysical data*, Proc. PSIP'05 : Physics in Signal and Image Processing, Toulouse, France, Jan. 2005.

[B2] S. Bourguignon, H. Carfantan and L. Jahan, *Regularized spectral analysis of unevenly spaced data,* Proc. IEEE ICASSP'05, Philadelphia, USA, vol. IV, pp. 421-424, Mar. 2005.

[B3] S. Bourguignon and H. Carfantan, *Bernoulli-Gaussian spectral analysis of unevenly spaced data,* Proc. 2005 IEEE Workshop on Statistical Signal Processing (SSP'05), paper # 238, Bordeaux, France, July 2005.

[B4] S. Bourguignon and H. Carfantan, *Spectral analysis of irregularly sampled data using a Bernoulli-Gaussian model with free frequencies,* Proc. IEEE ICASSP'06, Toulouse, France, vol. III, pp. 516-519, May 2006.

[B5] S. Bourguignon, D. Mary and É. Slezak, *Sparsity-based denoising of hyperspectral astrophysical data with colored noise : application to the MUSE instrument,* Proc. IEEE WHISPERS'10, Reykjavik, Iceland, June 2010.

[B6] S. Bourguignon, H. Carfantan et J. Idier, *Minimisation de critères de moindres carrés pénalisés par la norme $\ell^1$ dans le cas complexe*, in Actes 21e colloque GRETSI, Troyes, pp. 1253-1256, Sep. 2007.

[B7] S. Bourguignon, D. Mary et É. Slezak, *Sparsity-based denoising of hyperspectral astrophysical data with colored noise : application to the MUSE instrument*, Proc. IEEE Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing (WHISPERS'10), Reykjavik, Iceland, Jun. 2010.

- **Conférences internationales avec actes**

[B8] S. Bourguignon and H. Carfantan, *New methods for fitting multiple sinusoids from irregularly sampled data,* Proc. Astrophysical Data Analysis (ADA IV), Marseille, France, Sep. 2006.

[B9] M. Bazot, S. Bourguignon and J. Christensen-Dalsgaard, *Estimation of stellar parameters using Monte-Carlo Markov Chains*, XXI Century challenges for stellar evolution, (Memorie della Societa' Astronomica Italiana, vol. 79), Eds S. Cassisi and M. Salaris

[B10] S. Bourguignon *et al.*, *Methodological developments for improved bottom detection with the ME70 multibeam echosounder*, ICES Symposium on the Ecosystem Approach with Fisheries Acoustics and Complementary Technologies (SEAFACTS), Bergen, Norway, June 2008.

[B11] S. Bourguignon, D. Mary and É. Slezak, *Denoising and detection of astrophysical sources with MUSE hyperspectral data*, Proc. Astrophysical Data Analysis (ADA VI), Monastir, Tunisia, May 2010.

- **Logiciel**

– S. Bourguignon, H. Carfantan, A. Khazaal, A. Lasfar, **SparSpec :** *Sparse modeling for the spectral analysis of unevenly spaced data*, `http ://www.ast.obs-mip.fr/SparSpec`

- **Thèse de doctorat**

- S. Bourguignon, *Analyse spectrale à haute résolution de signaux irrégulièrement échantillonnés : application à l'Astrophysique*, Université Paul Sabatier – Toulouse 3, Déc. 2005.

- **Colloques de l'école doctorale Informatique et Télécommunications**

– S. Bourguignon et H. Carfantan, *Analyse spectrale à haute résolution de signaux à données manquantes : application à l'Astrophysique*, colloque EDIT'2003.

– S. Bourguignon et H. Carfantan, *Analyse spectrale régularisée de signaux à échantillonnage irrégulier*, colloque EDIT'2004.

- **Rapports de stages et de contrats**

– S. Bourguignon, *Développement d'un environnement pour l'étude de systèmes de reconnaissance automatique du locuteur*, projet de fin d'études, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, Université Polytechnique de Madrid, Juin 2001.

– S. Bourguignon, *Analyse spectrale à haute résolution de signaux à données manquantes : application à l'Astrophysique*, rapport de stage de DEA, Université de Toulouse, Juin 2002.

– S. Bourguignon, *Estimation de paramètres instrumentaux pour satellites de type SPOT*, rapport de contrat CNES, Toulouse, Septembre 2002.

– S. Bourguignon, *How to improve the decomposition of SMOS antenna patterns into spherical harmonics*, SMOS Technical Report, January 2006.

## ACTIVITÉS D'ENCADREMENT ET D'ANIMATION SCIENTIFIQUE

- **Encadrement de stages.**
  - Co-encadrement d'**un stage de M2 Recherche** à l'Université de Nice (février - juillet 2010) : B. Trémoulhéac, M2 Recherche Signal, Image, Acoustique et Optimisation (Université de Toulouse – INP Toulouse) : *représentations parcimonieuses de données hyperspectrales en astrophysique : aspects informationnels et algorithmiques.*
  - Co-encadrement de **quatre stages** à l'Université de Toulouse :
    → A. Khaazal, **M2 Recherche** Signal, Image, Acoustique et Optimisation : *algorithmes d'optimisation pour une représentation parcimonieuse de signaux bruités.*
    → D. Sambia, **M1 EEA** parcours Signal : *comparaison de méthodes d'analyse spectrale pour des signaux irrégulièrement échantillonnés.*
    → O. Reiss, **M1 EEA** parcours Signal : *ajout de fonctionnalités à un logiciel d'analyse spectrale.*
    → A. Lasfar, **L3 IUP** Architecture et Ingénierie des Systèmes électroniques et Microélectroniques : *développement d'une interface graphique en GTK+ pour un logiciel d'analyse spectrale.*
- **Organisation de colloques.** Organisation du **colloque des doctorants** de l'école doctorale *Informatique et Télécommunications* (Université de Toulouse – INP de Toulouse) en 2004 : coordination de l'expertise des communications (une cinquantaine de contributions) et responsable de l'édition des actes du colloque, sous forme papier et électronique. Volontaire à l'organisation de la **conférence IEEE ICASSP** à Toulouse en 2006.
- **Expertise scientifique.** Expert auprès des journaux internationaux *IEEE Transactions on Signal Processing*, *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, *Signal Processing* et de conférences en traitement du signal (ICASSP, GRETSI).

## COMPÉTENCES INFORMATIQUES ET LINGUISTIQUES

- **Informatique** : Développement d'applications scientifiques essentiellement sous MATLAB
  Bases de programmation en C et Pascal
  Systèmes d'exploitation Linux et Windows
  LaTeX et logiciels de bureautique (OpenOffice, MSOffice)
- **Langues étrangères :** Espagnol bilingue
  Anglais courant
  Allemand lu, écrit, parlé