

**Sujet de thèse de doctorat 2011-2014**  
**PhD thesis proposal 2011-2014**

**Représentations parcimonieuses pour la restauration et l'analyse quantitative de champs d'ondes en sismique**

<http://www.laurent-duval.eu/lcd-2011-2014-phd-thesis-sparsity-geosciences.html>

La complexité des champs d'ondes présents dans les données sismiques a permis d'améliorer de nombreux outils centraux au traitement du signal (en déconvolution, en décompositions en ondelettes). Ces données présentent notamment des caractéristiques à mi-chemin entre signaux 1-D et images, qui ont produit une quantité d'outils monodimensionnels ou plus directionnels. Cependant des perturbations comme les ondes de surface, les multiples ou ondes de tubes défient encore les traitements standards.

Récemment, des techniques provenant du traitement d'images (tenseurs de structure, ondelettes complexes ou *curvelets*) ont provoqué un certain intérêt pour des applications de filtrage ou de migration des données sismiques. Il apparaît en effet que l'usage de trames multidimensionnelles légèrement redondantes, possédant une bonne localisation temps-fréquence offrent une directionnalité locale qui permet d'approcher fidèlement les données par quelques coefficients importants. Ces représentations parcimonieuses sont une des clés de la réussite de traitements ultérieurs, notamment dans un environnement de bruits importants.

Le travail de thèse proposé vise à développer une série de méthodes, inspirées des développements récents en traitement d'images, permettant de répondre à des besoins de filtrage de bruits aléatoires, de bruits cohérents et de déconvolution de données par un opérateur variable, tout en préservant un certain nombre d'attributs temps-fréquence standards.

Le candidat s'intéressera particulièrement à un attribut complémentaire : la phase. Celle-ci peut être obtenue par le calcul de la "trace complexe", avatar du signal analytique [Gabor1946]. Le cœur de la thèse portera sur l'estimation robuste de la phase, dans un contexte multi-échelle, et sur le développement d'algorithmes de restauration la préservant, pour des signaux sismiques. Le candidat travaillera au sein de l'équipe de traitement du signal, en contact rapproché avec les géophysiciens et un partenaire industriel. Dans la mesure où ce sujet suscite depuis peu l'intérêt de la communauté du traitement d'images, le candidat bénéficiera d'une atmosphère de recherche active, avec des applications potentielles en dehors du monde de la géophysique.

Encadrement :

Université Paris-Est : Jean-Christophe Pesquet

IFP Energies nouvelles : Laurent Duval, Patrice Ricarte

Les candidat(e)s sont encouragé(e)s à joindre à leur curriculum vitae un bref rapport proposant des pistes de recherche pour le sujet proposé : laurent.duval-removebefore-@ifpen.fr

\*\*\*

### **Sparse representations for seismic wave fields restoration and quantitative analysis**

Seismic data have provoked a large amount of signal processing research (including, deconvolution or early wavelet developments) due to the complexity of various wave field interferences. Interestingly, they inherit a combination of signal- and image-like features that make them suitable to a variety of 1-D or more directional transforms, better adapted to the wave fronts' behaviours. Yet, they still challenge traditional processing methods, with different wave types mixed together like surface or tube waves and multiples.

Recently, intrinsically 2-D techniques, arising from the image processing field such as structure tensors, 2-D directional complex wavelets or curvelets, have raised some interest for filtering or migration applications. Additional experience suggests that geophysical data processing might strongly benefit from the development of adapted multidimensional frames (a generalization of vector bases), with a certain amount of redundancy and reasonable space-frequency localization, to yield

local directional transforms. Those frames are candidates to faithfully approximate large data volumes with a relatively small number of coefficients, i.e. provide a sparse representation of the data, to ease their subsequent processing in highly disturbed environment (strong noise, for instance).

We aim at developing a series of tools, inspired from recent image processing discoveries, to address increasingly difficult contexts, from random noise filtering to varying kernel deconvolution, through coherent wave field separation, based on their local characteristics. In addition to standard time-frequency attributes, a special attention will be paid to the complex trace (a.k.a. the analytical signal), [Gabor1946] which gives access to the notion of instantaneous phase.

The ability to accurately estimate the phase in a multi-scale fashion and the development of phase preserving data restoration algorithms will be at the heart of the proposed thesis, with a devotion to seismic signals. The candidate will work within the signal processing team, in close contact to geophysicists and an industrial partner.

Since this topic as already emerged as important in the image processing community, the candidate work will benefit from a blossoming research atmosphere, with different potential applications outside the geophysical world.

Supervision:

Université Paris-Est : Jean-Christophe Pesquet

IFP Energies nouvelles : Laurent Duval, Patrice Ricarte

Applicants are advised to send along with their resume a brief report of preliminary research tracks related to the proposed subject: laurent.duval-removebefore-@ifpen.fr

\*\*\*

References (suggested reading):

[Adaptive multiple subtraction with wavelet-based complex unary Wiener filters](#)

Sergi Ventosa, Hérald Rabeson, Patrice Ricarte, Laurent Duval

Submitted 2011

[A Panorama on Multiscale Geometric Representations, Intertwining Spatial, Directional and Frequency Selectivity](#)

Laurent Jacques, Laurent Duval, Caroline Chaux and Gabriel Peyré

Signal Processing, December 2011, Special issue on Advances in Multirate Filter Bank Structures and Multiscale Representations

[Proximal splitting methods in signal processing](#)

P. L. Combettes and J.-C. Pesquet

In: Fixed-Point Algorithms for Inverse Problems in Science and Engineering, Springer, 2011

[Optimization of Synthesis Oversampled Complex Filter Banks](#)

Jérôme Gauthier, Laurent Duval and Jean-Christophe Pesquet

IEEE Transactions on Signal Processing, October 2009

[A Nonlinear Stein Based Estimator for Multichannel Image Denoising](#)

Caroline Chaux, Laurent Duval, Amel Benazza-Benyahia and Jean-Christophe Pesquet

IEEE Transactions on Signal Processing, August 2008

[Noise covariance properties in Dual-Tree Wavelet Decompositions](#)

Caroline Chaux, Jean-Christophe Pesquet, Laurent Duval

IEEE Transactions on Information Theory, December 2007