

Proposition de sujet de stage master 2<sup>e</sup> année

## Méthodes d'approximation parcimonieuse pour la décomposition spectroscopique jointe

### Laboratoire et équipe d'accueil

Équipe MIV  
ICube (UMR 7357 Université de Strasbourg, CNRS, ENGEES, INSA Strasbourg)  
300 boulevard Sébastien Brant  
BP 10413, 67412 Illkirch Cedex

### Coordonnées de l'encadrant

Vincent MAZET  
vincent.mazet@unistra.fr  
<http://miv.u-strasbg.fr/mazet>  
+33 (0)3 68 85 44 91

### Sujet du stage

Un signal spectroscopique (ou spectre) représente la répartition de particules ou d'ondes électromagnétiques en fonction de leur énergie, de leur longueur d'onde, etc. ; il fait apparaître des raies qui sont caractéristiques de l'échantillon analysé. Lorsque plusieurs spectres sont acquis pour des conditions différentes (temps, température, etc.), on obtient une séquence de spectres. Bien qu'ils soient tous différents, deux spectres contigus restent très ressemblants car les raies évoluent lentement.

Le problème traité consiste en la décomposition de tels signaux, à savoir l'estimation des centres, amplitudes et largeurs des raies. Nous avons montré dans [6] qu'il est préférable de décomposer les spectres de manière conjointe, c'est-à-dire de traiter les données dans leur ensemble plutôt que chaque spectre indépendamment de ses voisins. La raison est que seule une approche conjointe permet de garantir une évolution douce des raies à travers la séquence en guidant les décompositions des spectres grâce aux décompositions des spectres voisins. Une approche conjointe peut également fournir un suivi des raies dans la séquence.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour effectuer la décomposition d'un unique spectre [2, 3, 4], mais, à notre connaissance, nous sommes les seuls à avoir abordé le problème de la décomposition conjointe d'une suite de spectres. Grâce à ce stage, nous souhaitons étudier l'intérêt des approches d'approximation parcimonieuse pour ce type de problème.

Dans ce cadre, chaque spectre  $\mathbf{y}_s \in \mathbb{R}^N$  est modélisé comme une somme bruitée de raies choisies dans un dictionnaire  $\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{N \times M}$  :

$$\forall s \in \{1, \dots, S\} \quad \mathbf{y}_s = \mathbf{A}\mathbf{x}_s + \mathbf{b}_s$$

Le dictionnaire  $\mathbf{A}$  contient toutes les raies potentiellement présentes dans les données. Les inconnues du problème sont donc les vecteurs d'amplitudes  $\mathbf{x}_s$  qui contiennent beaucoup de zéros (d'où le nom de cette approche).  $\mathbf{b}_s$  modélise le bruit des données et les erreurs de modélisation.

L'enjeu le plus délicat concerne la régularisation du vecteur des amplitudes : comment formaliser l'information a priori de douceur d'évolution des raies ? Pour cela, il faut pouvoir favoriser la sélection de certaines raies par rapport à d'autres. Cette problématique a fait l'objet de développements méthodologiques et algorithmiques conséquents ces dernières années (parcimonie simultanée ou structurée, par exemple dans [1, 5]), mais pour laquelle l'évolution des raies est imposée et ne peut être estimée.

L'objectif du stage est donc d'étudier ces techniques et de les adapter au problème de la décomposition spectroscopique. Ce stage s'effectuera en collaboration avec Charles SOUSSEN et El-Hadi DJERMOUNE du CRAN (UMR 7039, Université de Lorraine, CNRS).

## Profil recherché

Le candidat devra avoir des connaissances solides en mathématiques et en traitement du signal. Des compétences en optimisation seront également appréciées. La maîtrise d'un langage de programmation est également indispensable : Matlab (de préférence), C ou Python. Ce stage de M2 s'effectuera sur une période de 4 à 6 mois.

Prière d'envoyer un CV, une lettre de motivation et les derniers résultats universitaires (avec classements).

## Gratification

Le candidat sera gratifié suivant la réglementation en vigueur.

## Références

- [1] F. Bach, R. Jenatton, J. Mairal, G. Obozinski. « Structured sparsity through convex optimization ». *Statistical Science*, 2012, vol. 27, p. 450–468.
- [2] S. Bourguignon, H. Carfantan, J. Idier. « A Sparsity-Based Method for the Estimation of Spectral Lines From Irregularly Sampled Data ». *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 2007, vol. 1, p. 575–585
- [3] R. Fischer, V. Dose, « Analysis of mixtures in physical spectra ». *Bayesian methods*, 2001.
- [4] S. Gulam Razul, W. Fitzgerald, C. Andrieu. « Bayesian model selection and parameter estimation of nuclear emission spectra using RJMCMC ». *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, vol. 497, 2003.
- [5] M. Kowalski, K. Siedenburg, M. Dörfler. « Social Sparsity! Neighborhood Systems Enrich Structured Shrinkage Operators ». *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 61, 2013.
- [6] V. Mazet, « Joint Bayesian Decomposition of a Spectroscopic Signal Sequence ». *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 18, 2011.