

Ensimag 2^{ème} année
Projet de spécialité
« Modélisation et Calcul Scientifique »

Enseignants responsables : KÉVIN POLISANO et VALÉRIE
PERRIER, situés à la tour IRMA du laboratoire Jean Kuntzmann
Mail : Kevin.Polisano@imag.fr, Valerie.Perrier@imag.fr
Nombre d'étudiants : 3 à 5 étudiants
Profils : Mathématiques et Informatique
Prérequis : traitement d'image, analyse, optimisation, cours de C/C++, etc.



Détection subpixel de faisceaux lasers diffractés via la super-resolution

La super-résolution désigne un ensemble de techniques capables de produire à partir d'une ou plusieurs images de basse résolution une image à haute résolution. Dans toute technique de restauration, dont fait partie la super-résolution, il y a deux composantes : les données et le modèle. Les données sont ce qui a été acquis de la scène. Le modèle est l'ensemble des *a priori* que l'on pose sur les images. Ces deux composantes sont bien illustrées par les méthodes variationnelles où l'on cherche à minimiser une fonctionnelle faisant intervenir explicitement un terme d'attache aux données et un terme de régularité. Typiquement, étant donnée une image dégradée $y = \mathbf{A}x^\# + \varepsilon$ (les données), à partir d'une image inconnue $x^\#$ à estimer à travers un opérateur d'observation \mathbf{A} , et la présence d'un bruit additionnel ε , le problème d'optimisation convexe à résoudre est du type :

$$x^\# \in \arg \min_x \|\mathbf{A}x - y\|^2 + \lambda R(x) \quad (1)$$

où λ contrôle le « compromis » entre le terme d'attache aux données $\|\mathbf{A}x - y\|^2$ et le terme de régularisation convexe $R(x)$.

Dans notre problème de détection de faisceaux [5], le modèle utilisé se doit d'être « parcimonieux », c'est-à-dire qu'il doit promouvoir une solution $x^\#$ comme une combinaison positive d'un faible nombre d'éléments, que l'on désigne comme étant des *atomes* (ici des lignes), appartenant à un dictionnaire infini \mathcal{A} dont les paramètres varient continûment. C'est le rôle du régularisateur $R(x)$ que de « forcer » la solution $x^\#$ à s'exprimer en termes d'atomes, et on choisit pour cela ce qu'on appelle la *norme atomique* [1], désignée par $R(x) = \|x\|_{\mathcal{A}}$, qui n'est rien d'autre que la somme des coefficients positifs de la combinaison d'atomes qui compose $x^\#$. Enfin le problème de minimisation est résolu par un algorithme *proximal* de type primal-dual, récemment développé [2].

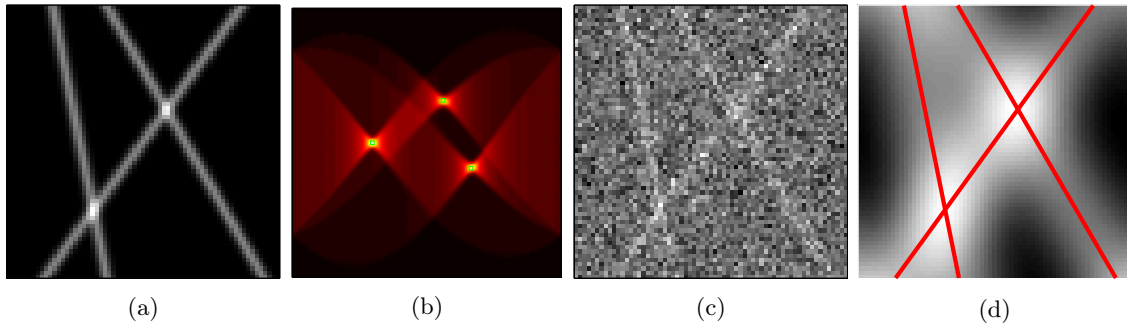


Figure 1: (a) Faisceaux rectilignes diffractés et (b) sa transformée de Hough ; détection des lignes dans le cas (c) fortement bruité et (d) fortement flouté.

Plusieurs pistes de travail sont envisageables :

- *Etat de l'art des différentes méthodes d'estimation spectrale* [6] permettant l'extraction de paramètres d'une somme d'exponentielles, mise en place d'une toolbox pour une **étude comparative**.
- *Reformulation du problème d'estimation des paramètres* pour prendre en compte la structure 2D spécifique d'une ligne.
- *Comprendre d'un point de vue mathématique d'autres articles* traitant de la même problématique (à définir selon le goût des étudiants : à base d'ondelettes [4], à partir d'approche paramétrique [3], etc).
- *Améliorer les performances de l'algorithme* initialement implémenté en Matlab. Cela consisterait à **ré-implémenter le code** en C/C++ et utiliser des bibliothèques pour paralléliser les boucles qui peuvent l'être.

Le choix de ces différents axes pourra être rediscuter avec les étudiants suivant leurs centres d'intérêts. Ce projet portera sur des travaux de recherche récents en traitement du signal et des images.

MAY THE FORCE BE WITH YOU !

References

- [1] B. N. Bhaskar, G. Tang, and B. Recht. Atomic norm denoising with applications to line spectral estimation. 61(23):5987–5999, December 2013.
- [2] Laurent Condat. A primal–dual splitting method for convex optimization involving lipschitzian, proximable and linear composite terms. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 158(2):460–479, 2013.
- [3] Nicolas Keriven, Anthony Bourrier, et al. Sketching for large-scale learning of mixture models. In *2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, pages 6190–6194. IEEE, 2016.
- [4] Roman Marchant and Paul Jackway. Using super-resolution methods to solve a novel multi-sinusoidal signal model. In *Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), 2013 International Conference on*, pages 1–8. IEEE, 2013.
- [5] Kévin Polisano, Laurent Condat, Marianne Clausel, and Valérie Perrier. Convex super-resolution detection of lines in images. 2016.
- [6] Petre Stoica. List of references on spectral line analysis. *Signal Processing*, 31(3):329–340, 1993.