Ensimag 2ème 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 : 1 ou 2 binômes (2 à 4 étudiants)
Profils : Informatique (partie I) et mathématiques (partie II)
Prérequis : cours de C/C++ et/ou traitement d'image

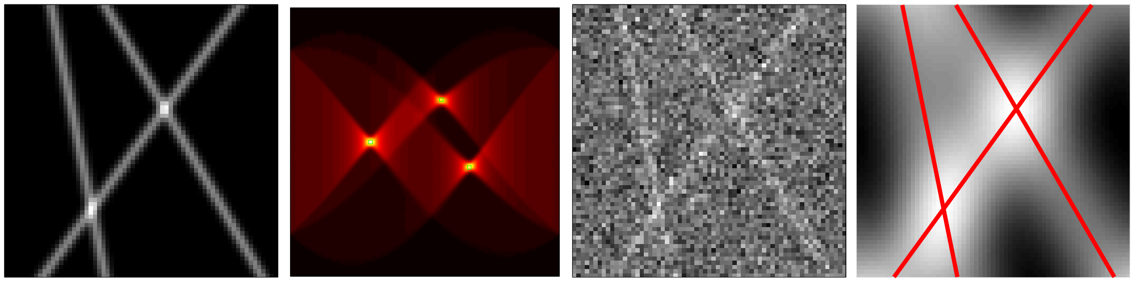
Détection subpixel de faisceaux lasers diffractés via la super-resolution

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 $y = \mathbf{A}x^\sharp + \varepsilon$ (les données), à partir d'une image inconnue $x^\sharp$ 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 :

$$x^\sharp \in \underset{x}{\arg\min}\ \|\mathbf{A}x - y\|^2 + \lambda R(x) \tag{1}$$

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 [1], le modèle utilisé se doit d'être « parcimonieux », c'est-à-dire qu'il doit promouvoir une solution $x^\sharp$ 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 $x^\sharp$ à s'exprimer en termes d'atomes, et on choisit pour cela ce qu'on appelle la *norme atomique* [2], 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 $x^\sharp$. Enfin le problème de minimisation est résolu par un algorithme *proximal* de type primal-dual, récemment développé [3].



(a) (b) (c) (d)

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.

L'objectif du projet est double :

1. *Améliorer les performances de l'algorithme* initialement implémenté en Matlab. Cela consistera à **ré-implémenté le code** en C/C++ et utiliser des librairies pour paralléliser les boucles qui peuvent l'être.

2. *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, de transformée de Hough, etc), programmer ces différentes méthodes et effectuer une **étude comparative** avec la méthode en place.

Ces deux volets sont indépendants, et sont respectivement portés sur l'informatique (optimisation de code et parallélisme) et sur les mathématiques (compréhension d'articles de recherches et élaboration d'une *survey*). Que le profil des étudiants soit hétérogène n'est donc pas un problème, c'est même plutôt encouragé pour ce projet, puisque l'un des binômes travaillera sur le premier volet, et l'autre sur le second. Ce projet portera sur des travaux de recherche récents en traitement du signal et des images.

May the force be with you !

References

[1] K. Polisano, L. Condat, M. Clausel, and V. Perrier, "Convex Super-Resolution Detection of Lines in Images." preprint, Feb. 2016.

[2] B. N. Bhaskar, G. Tang, and B. Recht, "Atomic norm denoising with applications to line spectral estimation," vol. 61, pp. 5987–5999, Dec. 2013.

[3] L. Condat, "A primal–dual splitting method for convex optimization involving lipschitzian, proximable and linear composite terms," *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 158, no. 2, pp. 460–479, 2013.