

Déconvolution d'images : approche bayésienne autodidacte-myope et sélection de modèle

Proposition de stage

Problématique : signal et image, problèmes inverses, reconstruction et restauration, déconvolution, synthèse de Fourier, super-résolution. . .

Outils : statistiques bayésiennes, approches hiérarchiques, autodidacte et myope, sélection de modèle, échantillonnage stochastique. . .

Applications visées : médical (scanner, tomographie, IRM, . . .), SAR, astronomie, télédétection, contrôle non-destructif. . .

Langage : Matlab sur PC.

Lieu : Groupe Signal – Image, IMS, Talence (France). Séjour à Oxford (United Kingdom).

Contact et encadrement : J.-F. GIOVANNELLI (Giova@IMS-Bordeaux.fr), Groupe Signal – Image, IMS, Talence et F. CARON (Francois.Caron@stats.ox.ac.uk), Department of Statistics, University of Oxford, United Kingdom.

Contexte et méthodologie — Du point de vue des retombées applicatives, le travail proposé peut concerner l'imagerie dans différents contextes : médical, astrophysique, radar à synthèse d'ouverture, contrôle non-destructif et par diverses modalités : rayons X, gammagraphie, tomographie optique cohérente, IRM. Dans ces contextes, au moins en première approximation, l'image mesurée est constituée de la convolution de l'image d'intérêt par une fonction d'instrument à laquelle s'ajoute un bruit. Les méthodes standard de filtrage linéaire (filtrage inverse, filtrage de Wiener) sont efficaces mais ne fournissent que des images de qualité limitée en terme de résolution et de dynamique et sont impuissantes à restaurer des images de haute résolution. Des méthodes plus sophistiquées sont connues depuis plusieurs décennies [1] et en particulier des méthodes bayésiennes hiérarchiques [2, 3] qui permettent la manipulation relativement aisée de modèles complexes. Ces méthodes reposent *in fine* sur une loi *a posteriori* et des techniques d'échantillonnage stochastique de Monte-Carlo par chaîne de Markov (MCMC) [4] qui réalisent des tirages aléatoires sous cette loi. On en déduit alors des caractéristiques de la loi *a posteriori* et en particulier un estimateur optimal. On obtient ainsi une résolution accrue : ces méthodes peuvent restaurer des détails invisibles dans les données observées.

Problématique — Les images ainsi reconstruites sont fonction de plusieurs paramètres, dits hyperparamètres, comme les paramètres des lois *a priori* pour l'image et le bruit. La reconstruction des images d'intérêt conjointement à l'estimation de ces hyperparamètres pose la question de la *déconvolution autodidacte*. A cette question peut s'ajouter une question de *sélection de modèle* au sens où la famille de loi en jeu peut également être à déterminer parmi plusieurs modèles candidats. De plus, dans les circonstances d'intérêt ici, la fonction d'instrument est parfois mal connue : elle peut être paramétrée sous plusieurs formes et ses paramètres sont inconnus. Par exemple, elle est modélisée par un lobe gaussien ou lorentzien de largeur à déterminer. Ainsi, la reconstruction des images d'intérêt et des paramètres instrument pose la question de la *déconvolution myope* éventuellement doublée d'un problème de *sélection de modèle*. Plusieurs travaux ont déjà été

réalisés sur ce thème [5–10] mais la question reste largement ouverte, notamment pour ce qui concerne la sélection de modèle.

Dans la stratégie bayésienne utilisée, l'introduction d'une loi *a priori* pour ces paramètres (hyperparamètres et paramètres instrument) permet de compléter la loi *a posteriori* et d'étendre la méthodologie dans un schéma hiérarchique. L'automatisation de l'estimation de ces paramètres et de la sélection des modèles est un enjeu clé pour le développement des systèmes d'imagerie du futur notamment ceux qui ont à reconstruire de grandes quantités d'images. Les acquis de ce travail de stage pourront être naturellement réutilisés dans d'autres domaines.

Évaluation — Le travail envisagé possède *a priori* une portée générale et concerne l'ensemble des modalités d'imagerie et des applications évoquées en introduction. Selon le goût du candidat, une évaluation plus approfondie pourra être réalisée dans un domaine particulier, à la fois sur des données synthétiques et sur des données réelles.

Poursuite en thèse — Le stage débouchera sur une poursuite en thèse de Doctorat en collaboration avec le Department of Statistics, University of Oxford, United Kingdom.

- [1] J. Idier, Ed., *Approche bayésienne pour les problèmes inverses*, Traité IC2, Série traitement du signal et de l'image, Hermès, Paris, 2001.
- [2] G. Winkler, *Image Analysis, Random Fields and Markov Chain Monte Carlo Methods*, Springer Verlag, Berlin Allemagne, 2003.
- [3] C. P. Robert, *The Bayesian Choice*, Statistiques et probabilités appliquées. Springer, Paris-France, 2005.
- [4] C. Robert, *Simulations par la méthode MCMC*, Economica, ParisFrance, 1997.
- [5] N. Dobigeon, A. Hero et J.-Y. Tourneret, « Hierarchical Bayesian sparse image reconstruction with application to MRFM », *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 18, n°9, septembre 2009.
- [6] F. Orieux, J.-F. Giovannelli et T. Rodet, « Bayesian estimation of regularization and point spread function parameters for Wiener–Hunt deconvolution », *J. Opt. Soc. Amer.*, vol. 27, n°7, pp. 1593–1607, juillet 2010.
- [7] F. Orieux, J.-F. Giovannelli et T. Rodet, « Deconvolution with Gaussian blur parameter and hyperparameters estimation », in *Proc. IEEE ICASSP*, Dallas, USA, 2010.
- [8] F. Orieux, T. Rodet et J.-F. Giovannelli, « Instrument parameter estimation in Bayesian convex deconvolution », in *Proc. IEEE ICIP*, Hong-Kong, septembre 2010.
- [9] C. Vacar, J.-F. Giovannelli et A.-M. Roman, « Bayesian texture model selection by harmonic mean », in *Proc. IEEE ICIP*, Orlando, USA, septembre 2012.
- [10] F. Orieux, J.-F. Giovannelli, T. Rodet et A. Abergel, « Estimating hyperparameters and instrument parameters in regularized inversion. illustration for Herschel/SPIRE map making », *Astron. Astrophys.*, vol. 549, janvier 2013.