

Problèmes inverses : application en tomographie et déconvolution

Master THCS — Seconde année — Premier semestre

Maquette actuelle

- Transformations du type Radon ou X-Rays (complètes ou incomplètes, exactes ou atténuées) ; étude de quelques schémas d'inversion (soutendue par l'utilisation de *Matlab*)
- Méthodes spectrales en imagerie IRM
- Applications des méthodes de déconvolution en tomographie
- Pseudo-filtrage de Wiener (et applications en tomographie, Gammagraphie par ouverture de codage, *etc.* . . .)
- Méthodes d'inspiration hilbertienne ou statistique (Matching-pursuit, Proper Orthogonal Decomposition) en tomographie médicale.
- Méthodes tomographiques pour l'analyse des textures tri-dimensionnelles.

Objectifs — Donner aux étudiants les outils de base concernant l'inversion de problèmes mal-conditionnés (ou mal-posés) et les utiliser au travers d'applications en traitement des signaux et des images. La problématique privilégiée concerne la déconvolution et la tomographie et les applications visées relèvent de l'imagerie (médicale, astrophysique, *etc.* . . .). Le contexte méthodologique est celui de la régularisation.

Ouvrages de référence (Textbook)

- [1] J. Idier, Ed., *Bayesian Approach to Inverse Problems*, ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc., London, 2008.
- [2] J. Idier, Ed., *Approche bayésienne pour les problèmes inverses*, Traité IC2, Série traitement du signal et de l'image, Hermès, Paris, 2001.
- [3] M. Bertero et P. Boccacci, *Introduction to Inverse Problems in Imaging*, Taylor & Francis, Bristol and Philadelphia, USA, 2002.
- [4] B. Chalmond, *Modeling and Inverse Problems in Image Analysis*, Applied Mathematical Science. Springer, New-York, USA, 2003.
- [5] J. Kaipio et E. Somersalo, *Statistical and computational inverse problems*, Springer, Berlin, Germany, 2005.
- [6] R. C. Aster, B. Borchers et C. H. Thurber, *Parameter Estimation and Inverse Problems*, International Geophysics Series. Elsevier, Amsterdam, 2005.
- [7] J. C. Santamarina et D. Fratta, *Discrete Signals and Inverse Problems : An Introduction for Engineers and Scientists*, WileyBlackwell, Chichester, England, 2005.
- [8] A. Tarantola, *Inverse problem theory : Methods for data fitting and model parameter estimation*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, 1987.

Introduction, motivation (Cours, TD, TP)

Cette première partie motive les développements à partir d'exemples dans divers domaines d'imagerie : médicale, astrophysique, géophysique, contrôle non-destructif, . . . et au travers de diverses modalités : scanner, tomographie, échographie, imagerie optique, . . .

- Domaines d'application en imagerie : médicale, astrophysique, géophysique, contrôle non-destructif, . . .
- Modalités : scanner, tomographie, échographie, imagerie optique, . . .
- Modèle instrument linéaire et caractère mal-conditionné (mal-posé).
- Cas du modèle convolutif.

Inversion linéaire (Cours, TD, TP)

Ce chapitre est consacré aux méthodes de déconvolution linéaires. On donne à chaque fois une interprétation (1) en terme de filtrage (interprétation fréquentielle), (2) en terme d'analyse numérique (conditionnement de matrices) et (3) en terme statistiques (biais-variance).

- Approches naïves : moindres carrés, filtrage inverse,...
- Décomposition en valeurs singulières tronquée, solution à norme minimale,...
- Pénalisation quadratique et filtrage de Wiener.

Aspects myopes et non-supervisés (Cours, TD, TP)

Ce chapitre est consacré à des problèmes plus avancés concernant les aspects non-supervisés (estimation des hyperparamètres) et les aspects myopes (estimation de paramètres instruments). Le cadre méthodologique est celui des statistiques bayésiennes et de l'outil de mise en œuvre est l'échantillonnage stochastique.

- Moyenne a posteriori (MMSE).
- Loi a posteriori étendue.
- Échantillonnage de Gibbs.

Premières inversion non-linéaires (Cours, TD, TP)

Ce chapitre est consacré à l'introduction de quelques méthodes déconvolution non-linéaires.

- Approches convexes.
- Pénalisation $L_2 - L_1, L_1$
- ...