

Propositions de Sujets de Thèses au Département de Mathématiques et Applications de l'Ecole Normale Supérieure

par Habib Ammari

habib.ammari@ens.fr, <http://www.math.ens.fr/~ammari/>

1 Marier les ondes

En imagerie médicale, pour chaque méthode, il y a deux critères importants : la résolution ou la sensibilité, *i.e.*, le plus petit détail qu'on pourrait détecter, et la spécificité, *i.e.*, la capacité de distinguer une anomalie cancéreuse et une anomalie bénigne. En général, ces deux critères sont conjointement assez mauvais et ne permettent pas un diagnostic très fiable.

La solution pour augmenter la sensibilité et la spécificité de l'imagerie onde (et même de permettre une reconstruction de cartes de paramètres physiques) est de combiner au moins deux ondes aux caractéristiques différentes pour réaliser une image quantitative plus résolue que dans les systèmes standards.

L'objet de ce projet de thèse est de modéliser mathématiquement et numériquement de nouvelles méthodes d'imagerie mêlant l'emploi d'ondes sonores (comme en échographie) et celles d'ondes électromagnétiques. Nous nous proposons également d'introduire de nouvelles méthodes qui permettent d'extraire des paramètres physiologiques et de discriminer, d'une manière fiable, les structures cellulaires saines des cancéreuses. Ce projet de thèse se ferait en collaboration étroite avec des chercheurs de l'Institut Langevin et de l'INSERM.

Références

- [1] H. Ammari, E. Bonnetier, Y. Capdeboscq, M. Tanter et M. Fink, Electrical impedance tomography by elastic deformation, *SIAM J. Appl. Math.*, 68 (2008), 1557-1573.
- [2] H. Ammari, E. Bossy, J. Garnier et L. Seppecher, Acousto-electromagnetic tomography, *SIAM J. Appl. Math.*, 72 (2012), 1592-1617.
- [3] H. Ammari, E. Bossy, J. Garnier, L.H. Nguyen et L. Seppecher, A reconstruction algorithm for ultrasound-modulated diffuse optical tomography, *Proc. Amer. Math. Soc.*, à paraître.
- [4] H. Ammari, J. Garnier, L. Giovangigli, W. Jing et J.-K. Seo, Spectroscopic imaging of a dilute cell suspension, arXiv :1310.1292.

2 Le robot-poisson-chauve-souris

Dans ce projet de thèse, nous nous proposons de s'intéresser à la modélisation de l'électro-localisation active chez les poissons faiblement électriques. Ces poissons, qui vivent principalement dans les eaux douces en Afrique et en Amérique du Sud, émettent un champ électrique de très faible intensité afin de se repérer dans l'espace. En effet, lorsqu'une cible se trouve à proximité, la déformation qu'elle induit sur le champ est enregistrée à la surface de leur peau, puis analysée afin de l'identifier. En d'autres termes, ces poissons font face à la résolution d'un problème d'imagerie complexe. L'objectif de ce projet de thèse est d'étudier des algorithmes de reconnaissance et classification de cibles afin de permettre à un robot-poisson d'avoir les mêmes capacités que le poisson faiblement électrique. Nous nous intéresserons également à des algorithmes d'apprentissage assisté pour ce robot-poisson. Nous étendrons ces algorithmes à l'écholocation chez les dauphins et les chauves-souris. Ce projet de thèse se ferait en étroite collaboration avec des chercheurs du Département d'Informatique de l'Ecole Normale Supérieure.

Références

- [1] H. Ammari, T. Boulier et J. Garnier, Modeling active electrolocation in weakly electric fish, *SIAM J. Imaging Sci.*, 5 (2013), 285-321.
- [2] H. Ammari, T. Boulier, J. Garnier et H. Wang, Shape identification and classification in electrolocation, *Proc. Nat. Acad. Sci. Amer.*, à paraître.
- [3] H. Ammari, S. Mallat, I. Waldspurger et H. Wang, Wavelet methods for shape perception in electro-sensing, arXiv : 1310.2842.
- [4] H. Ammari, M.P. Tran et H. Wang, Shape identification and classification in echolocation, arXiv :1308.5625.

3 Imagerie élastique cardiovasculaire

De nombreuses pathologies cardiaques se caractérisent par un changement des paramètres mécaniques du coeur. L'objet du projet de thèse est de développer un cadre mathématique et numérique à l'imagerie visco-élastique du coeur. Il aboutirait à la reconstruction en temps réel du module d'Young et de la viscosité locale du coeur et des artères. Il s'agit là d'un enjeu majeur en imagerie cardiaque. Ce projet de thèse se ferait en collaboration étroite avec des chercheurs de l'Institut Langevin et de l'INSERM.

Référence

- [1] H. Ammari, E. Bretin, J. Garnier, W. Jing, H. Kang et A. Wahab, Localization, stability, and resolution of topological derivative based imaging functionals in elasticity, *SIAM J. Imaging Sci.*, 6 (2013), 2174-2212.

4 Imagerie fonctionnelle du cerveau par ultrasons

L'imagerie doppler ultrasensible, développée à l'Institut Langevin, repose sur une imagerie échographique ultrarapide. Elle est si sensible qu'elle permet de détecter les variations de flux sanguins liées au couplage neurovasculaire. L'objet de ce projet de thèse est de proposer de nouveaux algorithmes de reconstruction qui permettent de réaliser d'une manière robuste de l'imagerie fonctionnelle ultrasonore avec la plus grande résolution spatio-temporelle possible. Il permettrait d'améliorer notre compréhension du cerveau et de ses pathologies afin de mieux les diagnostiquer, les pronostiquer et les soigner. Ce projet de thèse se ferait également en collaboration étroite avec des chercheurs de l'Institut Langevin et de l'INSERM.