

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE 1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES

N° d'ordre : 42521

NOM/PRENOM DU CANDIDAT : HUGELIER Siewert

Ecole doctorale : SMRE (Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement)
Laboratoire : LASIR (Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman)
Discipline : Optique et Lasers, Physico-Chimie et Atmosphère
Si cotutelle, établissement partenaire :

JURY :

- Directeur(s) de thèse : M. Cyril RUCKEBUSCH
- Rapporteurs : Mme Beata WALCZAK et M. Jörg ENDERLEIN
- Examineurs : Mme. Marie-Françoise DEVAUX et M. Laurent HÉLIOT

SOUTENANCE : 01 décembre 2017 – 10.00 – Polytech (Amphi Chappe)

TITRE DE LA THESE :

Approches aux problèmes inverses en imagerie chimique: application aux images de fluorescence super-résolue et images hyperspectrales

RESUME :

L'imagerie chimique permet d'accéder à la distribution spatiale des espèces chimiques. Nous distinguerons dans cette thèse deux types d'images différents: les images spatiales-temporelles et les images spatiales-spectrales.

La microscopie de fluorescence super-résolue a commencé avec un faible nombre de fluorophores actifs par image. Actuellement, ça a évolué vers l'imagerie en haute densité qui requiert de nouvelles façons d'analyse. Nous proposons SPIDER, une approche de déconvolution par moindres carrés pénalisés. La considération de plusieurs pénalités permet de traduire les propriétés des émetteurs utilisés dans l'imagerie de fluorescence super-résolue. L'utilisation de cette méthode permet d'étudier des changements structuraux et morphologiques dans les échantillons biologiques. La méthode a été appliquée à l'imagerie sur cellules vivantes d'une cellule HEK-293T encodée par la protéine fluorescente DAKAP-Dronpa. On a pu obtenir une résolution spatiale de 55nm pour un temps d'acquisition de 0.5s.

La résolution d'images hyperspectrales avec MCR-ALS fournit des informations spatiales et spectrales des contributions individuelles dans le mélange. Néanmoins, le voisinage des pixels est perdu du fait du dépliement du cube de données hyperspectrales sous forme d'une matrice bidirectionnelle. L'implémentation de contraintes spatiales n'est donc pas possible en MCR-ALS. Nous proposons une approche alternative dans laquelle une étape de repliement/dépliement est effectuée à chaque itération qui permet d'ajouter des fonctionnalités spatiales globales à la palette des contraintes. Nous avons développé plusieurs contraintes et on montre leur application aux données expérimentales.

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE 1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES

N° order : 42521

NAME/SURNAME OF THE CANDIDATE : HUGELIER Siewert

Doctoral School : SMRE (Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement)

Laboratory : LASIR (Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman)

Discipline : Optique et Lasers, Physico-Chimie et Atmosphère

In case of co-tutorial thesis, provide the partner institution :

THESIS COMMITTEE :

- Thesis supervisor(s) : M. Cyril RUCKEBUSCH
- Referees : Mme Beata WALCZAK and M. Jörg ENDERLEIN
- Examiners : Mme. Marie-Françoise DEVAUX and M. Laurent HÉLIOT

DEFENSE: 01 December 2017 – 10.00 – Polytech (Amphi Chappe)

TITLE OF THE THESIS :

Approaches to inverse problems in chemical imaging: applications in super-resolution and spectral unmixing

ABSTRACT :

Besides the chemical information, chemical imaging also offers insights in the spatial distribution of the samples. Within this thesis, we distinguish between two different types of images: spatial-temporal images (super-resolution fluorescence microscopy) and spatial-spectral images (unmixing). In early super-resolution fluorescence microscopy, a low number of fluorophores were active per image. Currently, the field evolves towards high-density imaging that requires new ways of analysis. We propose SPIDER, an image deconvolution approach with multiple penalties. These penalties directly translate the properties of the blinking emitters used in super-resolution fluorescence microscopy imaging. SPIDER allows investigating highly dynamic structural and morphological changes in biological samples with a high fluorophore density. We applied the method on live-cell imaging of a HEK-293T cell labeled with DAKAP-Dronpa and demonstrated a spatial resolution down to 55 nm and a time sampling of 0.5 s.

Unmixing hyperspectral images with MCR-ALS provides spatial and spectral information of the individual contributions in the mixture. Due to loss of the pixel neighborhood during the unfolding of the hyperspectral data cube to a two-way matrix, spatial information cannot be added as a constraint during the analysis. We therefore propose an alternative approach in which an additional refolding/unfolding step is performed in each iteration. This data manipulation allows global spatial features to be added to the palette of MCR-ALS constraints. From this idea, we also developed several constraints and show their application on experimental data.