

## **Proposition de Sujet de Thèse pour Contrat Doctoral UNS**

Adresse e-mail à utiliser pour toute correspondance :

Andre.Ferrari@unice.fr

### **Titre de la thèse**

Reconstruction d'image distribuée pour le futur SKA

### **Thesis Title**

Distributed image reconstruction for future SKA

### **Directeur de Thèse (HDR ou assimilé)**

Nom : Ferrari

Prénom : André

Téléphone : 04 92 07 63 49

Courriel : Andre.Ferrari@unice.fr

### **Laboratoire d'accueil**

LAGRANGE

### **Co-directeur**

Nom : Richard

Prénom : Cédric

HDR : Oui

Unité de recherche : Lagrange

Téléphone : 04 92 07 63 94

Courriel : Cedric.RICHARD@unice.fr

### **Domaine Scientifique**

DS8 - Sciences pour l'Ingénieur

## Description du sujet

Cette thèse se situe dans le contexte des très grands interféromètres pour la radioastronomie et en particulier dans la perspective du futur radiotélescope SKA (Square Kilometer Array). Plus précisément, le travail de recherche proposé concerne le domaine du traitement des données et vise à développer et étudier de nouveaux algorithmes de reconstruction d'images. Actuellement, les algorithmes de reconstruction dédiés aux précurseurs de SKA doivent simultanément faire face à un très large champ à reconstruire à partir de centaines de milliers de visibilités complexes, ainsi qu'à la très grande variété morphologique des sources détectables compte tenu de la sensibilité de ces instruments.

Le reconstruction d'image consiste à résoudre un problème inverse qui peut se formaliser comme la minimisation d'un critère régularisé en très grande dimension. Ces critères sont généralement minimisés à partir d'algorithmes itératifs utilisant comme variable primale l'image complète. L'émergence de problèmes « Big Data » est à l'origine d'une intense activité de recherche autour des algorithmes d'optimisation efficace, dont la reconstruction d'image bénéficie aujourd'hui. Toutefois, compte tenu de la taille des problèmes visés par SKA, aucun de ces algorithmes n'est encore en mesure de faire face à un tel volume de données puisqu'ils visent toujours à traiter chaque image dans son ensemble.

Une solution à ce problème est de recourir à une approche distribuée : l'algorithme opère sur des sous-ensembles de variables de taille réduite. Une première solution a été proposée dans [1] pour la reconstruction à plusieurs longueurs d'ondes. Dans ce cas, nous avons montré qu'il est possible de paralléliser certaines étapes « par longueur d'onde » en les combinant ensuite par des étapes de consensus. Ce travail de thèse vise à développer une approche distribuée dans le cas de la reconstruction mono-longueur d'onde pour de très grands champs. Nous proposons pour cela de nous appuyer sur le cadre général de l'estimation distribuée sur réseaux multitâches [2], qui a pour vocation de permettre à un ensemble de nœuds interconnectés constituant un graphe d'effectuer des tâches d'apprentissage à partir d'un flux de données. Le caractère multitâche provient du fait que chaque nœud d'un même cluster est à même de reconstruire une partie de l'information recherchée. Peu de travaux jusqu'ici se sont intéressés à des scénarii multitâches. Soulignons que dans le cas mono-longueur étudié ici, contrairement à [1], la topologie des clusters n'est pas explicite mais doit être inférée à partir des données. Il en est de même de la topologie du réseau qui dicte comment les nœuds doivent coopérer afin de garantir une précision d'estimation. Une première piste consiste à définir ces éléments par des stratégies semblables à celles utilisées pour le débruitage par patches (non-local means).

- [1] A. Ferrari, J. Deguignet, C. Ferrari, D. Mary, A. Schutz, and O. Smirnov. Multi-frequency image reconstruction for radio interferometry. A regularized inverse problem approach. In SKA Pathfinders Radio Continuum Surveys (SPARCS), Apr. 2015.
- [2] R. Nassif, C. Richard, A. Ferrari, and A. Sayed. Multitask diffusion adaptation over asynchronous networks. IEEE Transactions on Signal Processing, (99):1-1, 2016.

## Description of the thesis

The thesis project deals with very large interferometers for radioastronomy such as SKA

(Square Kilometer Array). It will focus on data processing and will address the design of efficient algorithms for image reconstruction. The reconstruction algorithms for SKA precursors must face simultaneously the reconstruction of a very wide field of view from hundreds of thousands of complex visibilities, a large variety of sources morphologies as well as an extremely high targeted sensitivity level.

Image reconstruction can be casted as an inverse problem consisting of minimizing a regularized criterion in high dimensional spaces. These criteria are usually optimized with iterative algorithms operating on the full images in primal space. With the advent of Big Data, a number of active research programs dealing with optimization algorithms have emerged recently. Possible applications include fast image reconstruction but SKA image processing still remains far out of range of current state-of-the-art algorithms.

A possible strategy may consist of using distributed algorithms on small data sets. This principle was used in [1] for image reconstruction at several wavelengths. We showed that processes operating at individual wavelengths can be parallelized, but a fusion center is needed to collect, collaborate and communicate information with local processes. The goal of this PhD project will be to derive distributed algorithms for reconstructing large scale monochromatic images. Distributed estimation over multitask networks [2] appears as a promising framework as it allows a set of interconnected nodes to perform complex learning tasks from streaming data. Multitask setting allows each node in a cluster to reconstruct only part of the image. Few works have been focused on multitask scenarios. Note that in the single wavelength case considered here, on the contrary of [1], the topology of clusters must be inferred from data in order to improve the estimation accuracy. The strategies used by patch-based denoising algorithms (non-local means) are promising also within this context and deserve to be explored.

- [1] A. Ferrari, J. Deguignet, C. Ferrari, D. Mary, A. Schutz, and O. Smirnov. Multi-frequency image reconstruction for radio interferometry. A regularized inverse problem approach. In SKA Pathfinders Radio Continuum Surveys (SPARCS), Apr. 2015.
- [2] R. Nassif, C. Richard, A. Ferrari, and A. Sayed. Multitask diffusion adaptation over asynchronous networks. *IEEE Transactions on Signal Processing*, (99):1-1, 2016.

## **Informations complémentaires**