

# Stage M2 – Déconvolution rapide pour le radio télescope SKA

**Problématique** – Problèmes inverses, grandes dimensions, reconstruction d’images, signal-image.

**Outils** – Pénalisation convexe, algorithmes d’optimisation, approches bayésiennes.

**Applications** – Radioastronomie, SKA.

**Contact et lieu** – F. Orieux ([francois.orieux@universite-paris-saclay.fr](mailto:francois.orieux@universite-paris-saclay.fr), 01 75 31 70 55), Laboratoire L2S. N. Gac ([nicolas.gac@universite-paris-saclay.fr](mailto:nicolas.gac@universite-paris-saclay.fr), Laboratoire SATIE).

## Contexte

L’augmentation de la puissance des machines de calcul a incité à la conception d’instrument générant des quantités importantes de données. Parallèlement, le désir de travailler sur des inconnues de grande taille telle que des images hautes ou très haute résolution est de plus en plus présent en particulier dans les sciences expérimentales ou observationnelles.



Le stage s’inscrit dans le cadre du projet international SKA, *Square Kilometer Array*<sup>1</sup>, et de l’ANR DarkEra. SKA est un observatoire pour la radioastronomie qui produira un volume de données considérable pour produire des images à une résolution spatiale et spectrale inégalées. Les antennes sont réparties en australie et en afrique du Sud, ce qui en fera le plus grand interféromètre radio à ce jour. L’équipe est impliquée dans le projet par le biais de l’ANR DarkEra<sup>2</sup> et du LabCom ECLAT (ATOS, IETR, INRIA, ...).

## Méthodologie

Pour exploiter pleinement l’ensemble des informations disponibles, une modélisation fine du processus d’acquisition est nécessaire. Cela définit un modèle direct  $H$ , ou simulateur, capable de reproduire des données  $y$  à partir d’une image  $x$  comme  $y = Hx$ . Cependant l’utilisation naïve de  $H$  conduisant à des problèmes inverses généralement mal posés, c’est à dire ne produisant pas de résultats satisfaisant.

Les approches standard pour l’inversion reposent généralement sur la minimisation de critères régularisés [1], la régularisation permettant de rendre le problème bien posé.

- Dans un premier temps le stagiaire se familiarisera sur les problèmes inverses et leurs méthodes de résolution.
- Ensuite le stagiaire s’appuiera sur le travail de thèse de Nicolas Monnier [2], [3] qui a travaillé sur l’accélération du modèle  $H$ . L’objectif est de réutiliser son travail pour partir d’un modèle de donnée fiable et rapide.
- Enfin nous travaillerons à l’élaboration de méthode plus modernes de résolution de problèmes inverse exploitant cette accélération. On explorera notamment les algorithmes de Majorisation-Minimisation (ou MM) [4] et l’utilisation de préconditionneur.
- En fonction de la formation du stagiaire on pourra également plutôt s’orienter sur la mise en œuvre efficaces des algorithmes sur GPU.

## Profil recherché – compétences acquises

L’étudiant devra avoir une formation type ingénieur ou Master 2 en traitement du signal ou d’images, *data science* ou *machine learning*. Des connaissances en mathématiques appliquées, programmation ou architecture de calcul seront appréciés.

L’étudiant acquerra aux cours du stage des compétences en estimation, optimisation, inférence statistique, traitement de données, calculs intensifs, radioastronomie et python.

## Références

- [1] J. IDIER, « Convex Half-Quadratic Criteria and Interacting Auxiliary Variables for Image Restoration, » *IEEE Trans. on Image Process.*, t. 10, n° 7, p. 1001-1009, juill. 2001.
- [2] N. MONNIER, F. ORIEUX, N. GAC, C. TASSE, E. RAFFIN et D. GUIBERT, « Fast Sky to Sky Interpolation for Radio Interferometric Imaging, » in *2022 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, oct. 2022, p. 1571-1575.
- [3] N. MONNIER, D. GUIBERT, C. TASSE et al., « Multi-Core Multi-Node Parallelization of the Radio Interferometric Imaging Pipeline DDFacet, » in *IEEE Workshop on Signal Processing Systems (SiPS)*, Rennes, France, nov. 2022.
- [4] C LABAT et J IDIER, « Convergence of Conjugate Gradient Methods with a Closed-Form Stepsize Formula, » *J Optim Theory Appl*, p. 18, 2008.

1. [www.skao.int](http://www.skao.int)

2. [dark-era.pages.centralesupelec.fr](http://dark-era.pages.centralesupelec.fr)