Ecole Doctorale d'Astronomie et d'Astrophysique d'Ile de France

THESE DE DOCTORAT

présentée pour obtenir le diplôme de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE (PARIS VI)

Spécialité : Astrophysique

par

Frédéric BOONE

SUJET :

Configurations des interféromètres
Dynamique des noyaux actifs de galaxies

Laboratoire d'Etude du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique (LERMA)
Observatoire de Paris

soutenue le 2 juillet 2002 devant le jury composé de :

Mme	Françoise Combes	Présidente du jury
Mr	Pierre Encrenaz	Directeur de thèse
Mr	François Viallefond	Co-Directeur de thèse
Mr	Melvyn Wright	Rapporteur
Mr	Stéphane Guilloteau	Rapporteur
Mr	Bruno Sicardy	Examinateur
Mr	Albert Bosma	Examinateur

Remerciements

Je tiens à remercier ici tous ceux qui m'ont aidé à accomplir ce travail.

Mes remerciements vont tout d'abord à Pierre Encrenaz et Georges Alquié pour m'avoir attribué une allocation de recherche alors que je me trouvais encore en Ouzbékistan pour le service national en coopération. Je remercie également François Viallefond d'avoir accepté de diriger ma thèse et de m'avoir donné l'opportunité de travailler sur le problème des configurations dans le cadre du projet ALMA avec une très grande liberté.

Un très grand merci à Françoise Combes pour m'avoir si spontanément intégré au projet NUGA. Merci aussi pour sa disponibilité, son dynamisme stimulant et pour avoir présidé le jury avec autant d'enthousiasme.

Je suis très reconnaissant à Jean-Michel Lamarre pour son attention concernant le bon déroulement de ma thèse et en particulier pour m'avoir permis de terminer dans des conditions matérielles favorables en prolongeant mon financement.

Je remercie beaucoup Melvyn Wright pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail sur les configurations et pour ses encouragements. Son invitation puis son accueil très chaleureux à Berkeley m'ont particulièrement touché. Je le remercie également d'avoir accepté avec enthousiasme d'être rapporteur de ma thèse malgré la difficulté de la langue française (même si je connais son goût pour la lecture des langues étrangères).

Merci à Stéphane Guilloteau d'avoir accepté d'être rapporteur et à Albert Bosma et Bruno Sicardy d'avoir accepté d'être examinateurs.

Je remercie James Lequeux de m'avoir fait profiter de son expérience en corrigeant mes articles avec encouragement et bienveillance.

Merci à Monique Signore, Christophe Allard, Marie-Christine Willaime, Anne-Laure Melchior et avec une pensée particulière à Christian Vanderriest pour l'intérêt qu'ils ont porté aux données de suivi de mirages gravitationnels acquises en Ouzbékistan. Le travail effectué, en grande partie grâce à leurs conseils et leurs encouragements, aura été très interessant et enrichissant.

Pour leur aide et leurs encouragements lors de la rédaction du manuscrit je tiens à remercier Nemesio Rodrigez-Fernandez, Andrew Baker, Stéphane Léon et Alain Coulais.

Ayant partagé le même bureau durant ces longues journées de labeur, c'est un peu comme si nous avions parcouru les océans sur un même navire (parfois une même galère...). L'humour, l'entraide et l'amitié qui ont accompagné notre périple resteront à jamais gravés dans ma mémoire : un très grand merci à Gilles, Philippe, Marcio et Manu.

Merci aussi à Diawara Massiga, rayon du soleil d'Afrique faisant irruption chaque jour dans notre bureau, pour son sourire et ses récits du Royaume Ghana et du Mali.

Je remercie toute ma famille et mes amis pour leur soutien.

Enfin et surtout, un merci spécial à Jihane pour tout ce qu'elle a été pour moi durant cette période et le rôle essentiel quelle a joué dans l'accomplissement de ce travail.

Table des matières

Introduction

Les instruments utilisés en astrophysique sont en grande majorité conçus pour produire des images des sources observées (les autres instruments produisent des spectres ou détectent des particules). Les progrès accomplis en instrumentation ont permis d'ouvrir tous les domaines spectraux à l'imagerie et d'améliorer sans cesse la précision des images (la résolution spatiale). Cette course à la résolution spatiale, qui s'est particulièrement accélérée au cours des vingt dernières années, est sur le point d'être dominée par la technique de l'interférométrie pour toutes les longueurs d'onde comprises entre le domaine visible et les basses fréquences radio. En combinant les signaux provenant de différents téléscopes il est possible d'extraire de l'information spatiale et de reconstruire une image de la source. La résolution de l'image ainsi reconstruite est égale à celle que l'on obtiendrait avec un seul téléscope de la taille de la plus grande séparation entre ces téléscopes. Cette technique d'imagerie à haute résolution suivra encore une forte évolution (une révolution) durant la prochaine décennie avec l'arrivée d'une nouvelle génération d'interféromètres, beaucoup plus importants que les interféromètres actuels tant par le nombre de téléscopes dont ils seront composés que par l'investissement qu'ils représentent.

L'interférométrie en tant que technique d'imagerie à haute résolution constitue le cadre général de cette thèse organisée en deux parties relativement indépendantes. La première partie, instrumentale, concerne le problème de la conception des configurations (ou du "design[1]") des réseaux interférométriques. L'objectif est d'apporter de nouveaux outils numériques et analytiques permettant de répondre à la question qui se pose chaque fois qu'un nouvel interféromètre doit être construit : où placer les différents socles (ou stations) sur lesquels seront posés les téléscopes d'un réseau interférométrique pour obtenir une qualité d'imagerie optimale ?
La deuxième partie, observationnelle, traite d'une application de l'interférométrie millimétrique : l'étude de la dynamique du gaz moléculaire dans les Noyaux Actifs de Galaxies. Le but ultime d'une telle étude est la compréhension des mécanismes d'approvisionnement en matière de ces objets dont la luminosité et la durée de vie impliquent la consommation d'une grande partie du gaz de la galaxie hôte.

Dans le premier chapitre les principes de l'imagerie par la technique de l'interférométrie sont rappelés suivant une présentation didactique puis une description des méthodes as-

[1] Dans la suite le mot *design* fera référence à la disposition des socles sur lesquels sont fixés les téléscopes durant les observations. Le mot *configuration* designera la répartition des téléscopes sur les différents socles durant une observation. S'il y a plus de socles que de téléscopes, pour un design plusieurs configurations sont possibles.

sociées et de l'instrumentation actuelle et future est proposée. Le deuxième chapitre comprend une introduction de l'approche dite "inverse" du design des interféromètres puis la copie d'un article publié dans lequel est exposé une nouvelle méthode d'optimisation des positions des téléscopes d'un interféromètre pour une distribution d'échantillons cible dans le plan de Fourier. Son implémentation en un nouveau logiciel, nommé APO, y est également décrite. Le Chapitre 3, dont le contenu est celui d'un deuxième article publié, présente une analyse permettant de déterminer les distributions d'échantillons devant être prises comme cible en fonction des spécifications sur la qualité de l'imagerie. Cette approche inverse du design (le logiciel plus l'analyse) est appliquée au projet ALMA dans le Chapitre 4.

Le Chapitre 5 donne une introduction générale sur les noyaux actifs de galaxies et pose le problème de l'approvisionnement en matière. Les différents mécanismes pouvant jouer un rôle dans l'acheminement de la matière vers le centre des galaxies sont décrits dans le Chapitre 6. Le Chapitre 7 introduit le pojet NUGA et présente les premières observations de la molécule de CO dans les régions centrales des galaxies actives de l'échantillon NUGA réalisées avec l'interféromètre du Plateau de Bure.