



JMMC-MEM-0000-0001

Revision : 1.0

Date : 12/12/2002

# JMMC

## ENQUÊTE SUR LES SERVICES D'OBSERVATIONS LABELLISÉS

Alain Chelli ([Alain.Chelli@obs.ujf-grenoble.fr](mailto:Alain.Chelli@obs.ujf-grenoble.fr))  
*JMMC/LAOG*

|                                      |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Author : Alain Chelli<br>Institute : | Signature :<br>Date : |
| Approved by :<br>Institute :         | Signature :<br>Date : |
| Released by :<br>Institute :         | Signature :<br>Date : |

*CHANGE RECORD*

| REVISION | DATE | AUTHOR       | SECTIONS/PAGES AFFECTED |
|----------|------|--------------|-------------------------|
| REMARKS  |      |              |                         |
| 1.0      |      | Alain Chelli |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |
|          |      |              |                         |

## *TABLE OF CONTENTS*

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b><i>Introduction</i></b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b><i>Projets actuels</i></b> .....                                      | <b>4</b>  |
| 2.1      | Groupe préparation aux observations .....                                | 4         |
| 2.1.1    | Mission.....   | 4         |
| 2.1.2    | Ressources humaines.....   | 4         |
| 2.1.3    | Prospective à 5 ans .....  | 5         |
| 2.2      | Groupe Catalogue de Calibrateurs.....                                    | 5         |
| 2.2.1    | Mission.....   | 5         |
| 2.2.2    | Ressources humaines.....   | 6         |
| 2.2.3    | Prospective à 5 ans .....  | 6         |
| 2.3      | Groupe Modèle .....  | 6         |
| 2.3.1    | Mission.....   | 6         |
| 2.3.2    | Ressources humaines.....   | 7         |
| 2.3.3    | Prospective à 5 ans .....  | 7         |
| 2.4      | Groupe reconstruction d'images.....                                      | 8         |
| 2.4.1    | Mission.....   | 8         |
| 2.4.2    | Ressources humaines.....   | 8         |
| 2.4.3    | Prospective a 5 ans .....  | 9         |
| <b>3</b> | <b><i>Formation et assistance utilisateurs</i></b> .....                 | <b>9</b>  |
| <b>4</b> | <b><i>Besoins anticipables aujourd'hui</i></b> .....                     | <b>10</b> |
| 4.1      | Deuxième génération d'instruments du VLTI.....                           | 10        |
| 4.2      | Interférométrie haute dynamique et Nulling, DARWIN/GENIE .....           | 11        |
| <b>5</b> | <b><i>Résumé des besoins de recrutement du Centre Mariotti</i></b> ..... | <b>12</b> |

## 1 Introduction

On pourra trouver une information détaillée sur le Centre Mariotti (JMMC), incluant un état des lieux et une prospective sur 4 ans, dans le document intitulé «Projet de GdR Centre Mariotti». Le Centre Mariotti a été créé par l'INSU en septembre 2000. La mission du JMMC est d'unir les compétences et de coordonner les efforts français en vue de l'exploitation optimale de l'interférométrie.

Ses vocations sont de:

1. Développer, produire, documenter et maintenir les logiciels nécessaires à l'exploitation ainsi qu'au suivi des nouveaux équipements, en particulier le VLTI
2. Contribuer à placer la communauté utilisatrice des moyens interférométriques dans une position opérationnelle optimale
3. Stimuler et coordonner la formation académique
4. Participer à la réflexion prospective autour des nouveaux instruments.

Après 2 ans d'existence, le Centre Mariotti se dote d'une structure de type GdR afin d'assurer un financement récurrent sur 4 ans. C'est une structure provisoire qui nous donnera le temps de rechercher une structure plus adaptée, en particulier à la pérennité de ses tâches de service. Durant ses 2 premières années de fonctionnement, le JMMC a défini 4 projets et mis en place 4 groupes de recherche et développement. Chacun de ces groupes a une finalité de service par le biais de la fourniture d'un logiciel dit utilisateur, mais aussi par le biais de l'assistance et la formation des utilisateurs. Dans les sections ressources humaines, le pourcentage indiqué au niveau de chaque nom correspond au pourcentage de temps annuel dédié au projet. Lorsqu'aucun pourcentage n'est indiqué, cela signifie que le personnel en question intervient ponctuellement à titre d'expert au niveau de 5% de son temps annuel.

## 2 Projets actuels

### 2.1 Groupe préparation aux observations

#### 2.1.1 Mission

Ce groupe de Recherche et Développement du Centre Jean-Marie Mariotti établit le cahier des charges d'un outil logiciel de préparation aux observations interférométriques optiques, en relation avec les besoins de la communauté (française, européenne), suivant l'évolution des instruments à disposition de cette communauté (VLTI avec VINCI, AMBER et MIDI; GI2T; IOTA et CHARA/FLUOR, PTI, OHANA...), des techniques, et des travaux des autres groupes du JMMC (Groupe Calibrateurs, Groupe Modèle) Il définit et programme les phases de réalisation de cet outil, réalise cet outil, appelé ASPRO (A Software to PRepare Observations) et forme les utilisateurs.

#### 2.1.2 Ressources humaines

- Gilles Duvert: P.I., Astronome Adjoint (LAOG). Conception et réalisation de la version 1.0, mise à jour et évolution vers la version 2.0, lien avec les autres groupes scientifiques et techniques du JMMC pour les solutions informatiques. 50%
- Guillaume Mella: Ingénieur informaticien (LAOG). Réalisation interface utilisateurs de nouvelle génération pour la version 2.0. CDD, 100%

- Jean-Philippe Berger: Astronome Adjoint (LAOG). Documentation, simplification de l'interface utilisateurs. 15%
- Merieme Chadid: Astronome Adjoint (OCA). Définition et implémentation des modèles différentiels pour la préparation des observations. 15%
- Gaspard Duchêne: Post-Doc (UCLA). Mise à jour des modèles non chromatiques pour la préparation des observations interférométriques avec fibres optiques. 10%
- Fabien Malbet: Chargé de Recherche au CNRS (LAOG). Manuel utilisateur
- Daniel Bonneau (Astronome, OCA, Directeur adjoint pour le Calern), Xavier Delfosse (Astronome Adjoint, LAOG) Liens avec le groupe Calibrateurs
- Bruno Lopez (Astronome Adjoint, OCA), Guy Perrin (Astronome Adjoint, LESIA), François-Xavier Schmider (Chargé de Recherches au CNRS, UNSA). Experts

### 2.1.3 Prospective à 5 ans

- Aucun départ d'astronome dans les 5 ans. Départ de G. Mella (ingénieur) en 2003.
- Le développement du logiciel ASPRO tel que défini par le cahier des charges du groupe scientifique correspondant lui accorde encore une phase de développement d'encore 3 à 4 ans. Il s'agit en effet d'incorporer au fur et à mesure les développements logiciels préconisés – et les algorithmes réalisés – par les groupes Calibrateurs, Modèles et Imagerie du JMMC. Par la suite, il y aura une phase de maintenance prévue pour la durée de vie des interféromètres actuels, en particulier le VLTI.

Evolution des moyens humains: Départ de G. Mella en 2003, participation inchangée de J.P Berger et M. Chadid, implication plus soutenue de G. Duchêne si recrutement. G. Duvert s'impliquera moins directement dans le projet s'il devient Directeur Technique du JMMC, 20% à remplacer.

Il est nécessaire de maintenir le personnel technique du projet – Actuellement G. Duvert, G. Mella, J.P. Berger, M. Chadid et G. Duchêne – (sur ressources techniques propres au JMMC + 1 CDD) et indispensable d'avoir autour de ce personnel spécialisé en informatique une participation soutenue des chercheurs HRA (CNAP B en particulier).

Le projet pourrait à moyen terme se diversifier dans la mesure où le JMMC envisage de réaliser et de mettre à disposition des logiciels optimisés de dépouillement de données interférométriques (2<sup>ème</sup> génération de logiciels du VLTI), qui reprendraient certains modules développés pour le logiciel de préparation des observations. La durée de vie de ce nouveau projet dépasse alors les 10 ans et nécessite l'implication dédiée de plusieurs CNAP formés à l'interférométrie optique.

**Besoin de recrutement:** 1 entrant (minimum) niveau B

## 2.2 Groupe Catalogue de Calibrateurs

### 2.2.1 Mission

L'objectif est de fournir un outil permettant de sélectionner des étoiles de références nécessaires à la calibration des mesures interférométriques des objets étudiés. Celui-ci se veut le plus général possible et pourra être utilisé pour toutes les observations interférométriques effectuées avec le VLTI mais aussi avec les autres interféromètres en fonctionnement (GI2T/REGAIN, IOTA, PTI, NPOI, CHARA...).

Pour cela, il est nécessaire d'analyser les différents paramètres physiques qui permettent de dire si une étoile peut ou non être considérée comme une source de

calibration, puis définir des critères de sélection et finalement développer le logiciel de sélection.

Devant la difficulté de créer un catalogue d'étoiles contenant l'ensemble des informations utiles pour définir les calibrateurs, il a été décidé de développer un outil intégré à l'outil de préparation des observations interférométriques (ASPRO) pour permettre à l'utilisateur de créer, à partir d'une consultation en ligne des catalogues du CDS, une liste d'étoiles à partir de laquelle il pourra effectuer la sélection des étoiles de références les mieux adaptées aux objectifs du programme scientifique.

## 2.2.2 Ressources humaines

- Daniel Bonneau: PI, Astronome (OCA, Directeur Adjoint pour le Calern). Direction du projet et codage, interface avec le CDS. 35%
- Denis Mourard: Astronome (OCA). Codage et mise en place des scenarios de requette au CDS. 20% (incluant l'ensemble du travail fourni pour le JMMC)
- Pascal Bordé: Doctorant (LESIA). Estimation spectro-photométrique des diamètres angulaires. 10%
- Pierre Cruzalèbes: Chargé de Recherche au CNRS (OCA). Mise en place des scenarios de requette au CDS. 10%
- Xavier Delfosse: Astronome Adjoint (LAOG). Estimation photométrique des diamètres angulaires, statistique de binarité. 10%
- Gilles Duvert: Astronome Adjoint (LAOG). Interface avec le logiciel ASPRO
- Romain Petrov: Directeur de Recherche (UNSA). Calibrateurs différentiels. Expert.

## 2.2.3 Prospective à 5 ans

- Départ du doctorant P. Bordé
- Le logiciel de recherche de calibrateurs développé par le JMMC est un logiciel dynamique en constante évolution. Il est composé d'un système expert contenant l'information astrophysique permettant de prédire le diamètre angulaire d'une source donnée et d'une interface en ligne avec les catalogues du CDS. En ce sens, la démarche du JMMC est complémentaire de celle de l'ESO visant à identifier expérimentalement les bons calibrateurs à partir de mesures directes. Dans les prochaines années il faudra constamment confronter les prédictions du logiciel du JMMC avec les résultats expérimentaux obtenus avec le VLTI de manière à optimiser le système expert. Dans un second temps, il faudra compléter le système expert par un module de caractérisation de calibrateurs différentiels pour calibrer les observations interférométriques différentielles. Dans ce domaine, tout reste à faire. A moyen terme (3 à 5 ans), notre expertise de consultation en ligne des catalogues du CDS nous permettra de construire un catalogue de cibles pour l'astrométrie optique et l'imagerie par référence de phase avec PRIMA, le futur instrument double champ du VLTI. Ces développements nécessiteront d'ici 2 ans au moins 1 recrutement de niveau B.

**Besoin de recrutement:** 1 entrant niveau B

## 2.3 Groupe Modèle

### 2.3.1 Mission

La faible couverture du plan  $uv$  d'un interféromètre fonctionnant avec peu de télescopes (moins de 4, comme cela sera le cas du VLTI durant quelques années et

comme c'est le cas de la quasi-totalité des autres interféromètres) ne permet en général pas de reconstruire l'image de l'objet observé. Dans ce cas, il est nécessaire d'interpréter les observables interférométriques en termes de modèles. L'objectif du groupe modèle du JMMC est de développer ces logiciels de modélisation des observables interférométriques.

Le logiciel de modélisation doit prendre en compte tous les paramètres statistiques des données qui sont fournis par le logiciel de réduction ainsi que l'influence de l'instrument et de l'atmosphère sur l'objet modélisé. Cette approche est tout à fait originale et ressort de l'expertise des groupes d'interférométristes français. Le choix de la rigueur fait par les groupes français est critique pour certains problèmes astrophysiques nécessitant une exploitation optimale des données. C'est le cas par exemple pour la détection des exoplanètes ou pour la modélisation d'objets complexes comme les noyaux actifs des galaxies. Dans un premier temps, nous développerons des modèles géométriques préprogrammés couvrant l'essentiel des besoins. A terme, l'utilisateur pourra utiliser son propre modèle analytique, mais aussi son propre modèle numérique. L'utilisation de modèles astrophysiques est à l'étude.

### 2.3.2 Ressources humaines

- Guy Perrin: PI, Astronome Adjoint (LESIA). Direction du projet, corrélations induites par les calibrateurs. 15%
- Eric Tatulli: Doctorant (LAOG). Définition des  $\chi^2$  et calcul d'erreurs. 15%
- Merieme Chadid: Astronome Adjoint (OCA). Définition et implémentation des modèles différentiels pour l'interprétation des observations. 15%
- Armando Domiciano: Doctorant (OCA). Modèles astrophysiques. 10%
- M. Tallon: Chargé de Recherche au CNRS (CRAL). Modélisation de la relation chromatique objet-image. 10%
- Gaspard Duchêne: Post-Doc (UCLA). Modèles non chromatiques. En démarrage
- Alain Chelli: Astronome (LAOG). Formalisme en général. Expert
- E. Thiébaud: Chargé de Recherche (CRAL). Interface avec le groupe Images. Expert
- R. Petrov: Directeur de Recherche (UNSA). Modèles différentiels. Expert
- Denis Mourard (Astronome, OCA), F.X. Schmider (Chargé de Recherche au CNRS, UNSA), I. Tallon-Bosc (Chargée de Recherche au CNRS, CRAL). Experts

### 2.3.3 Prospective à 5 ans

- Départ des doctorants A. Domiciano et E. Tatulli
- Le logiciel de modélisation des observables interférométriques est pour l'instant basé sur une série de modèles analytiques simples préprogrammés. L'implémentation des modèles différentiels est assurée par un astronome adjoint et celle des modèles non chromatiques commence à être assurée par un Post-Doc. A court terme, il nous faudra développer de nouvelles routines permettant à l'utilisateur d'implémenter ses propres modèles analytiques et aussi numériques. L'intégration de modèles astrophysiques aura besoin d'une étude appropriée. Ces développements nécessiteront au moins 1 recrutement de niveau B.

**Besoin de recrutement:** 1 entrant de niveau B

## 2.4 Groupe reconstruction d'images

### 2.4.1 Mission

La possibilité de reconstruire des images à partir des mesures en synthèse d'ouverture optique est de toute première importance afin d'interpréter et d'identifier l'environnement des objets observés à des résolutions spatiales de l'ordre de la milliseconde d'arc. La couverture irrégulière et surtout très lacunaire du plan  $uv$  en synthèse d'ouverture rend la reconstruction d'images très difficile. Dans le cas de la radioastronomie, ce problème a été largement traité et des algorithmes de reconstruction existent (CLEAN, Maximum d'Entropie, WIPE). Néanmoins, alors que la radioastronomie mesure la visibilité complexe de l'objet, l'interférométrie optique ne mesure en général que le module de cette visibilité complexe et pas directement sa phase, mais seulement des clôtures de phase (ce qui nécessite la recombinaison cohérente d'au moins 3 télescopes). A cause de cette différence, les méthodes de reconstruction d'images développées en radioastronomie ne sont pas directement applicables au cas de la synthèse d'ouverture optique. Il est donc nécessaire de développer des méthodes de reconstruction d'images dédiées qui soient adaptées à la nature des données fournies par les interféromètres optiques.

Les objectifs du groupe sont les suivants:

- Développer et fournir des algorithmes de reconstruction d'images à partir des observables en synthèse d'ouverture optique. Ces algorithmes devront produire une image, mais aussi une estimation de la qualité de cette image (barre d'erreur sur la distribution d'intensité, résolution spatiale effective, champ reconstruit)
- Former les utilisateurs qui doivent savoir (simplement) comment fonctionnent ces algorithmes afin de les utiliser correctement et d'avoir un regard critique sur les images obtenues. Cette formation sera faite sous la forme de cours lors d'écoles interférométriques, de rédaction d'articles de synthèse et de documentation
- Développer une expertise sur l'optimisation des configurations des télescopes dans la phase de préparation des observations. Cette expertise sera accumulée en traitant des données simulées ou de vraies données fournies par des interféromètres. A terme, cette analyse permettra d'optimiser le temps de télescope nécessaire aux observations.

### 2.4.2 Ressources humaines

Le groupe de reconstruction d'images est en train d'être mis en place, il est donc difficile de préciser le rôle et la fraction du temps consacrée par chacun au sein du projet. Par ailleurs ne sont répertoriées ici que les personnes participant au groupe à ce jour. D'autres personnes sont intéressées et devraient rejoindre le groupe début 2003.

- Eric Thiébaud: PI, Chargé de Recherche au CNRS (CRAL). Reconstruction d'images, problèmes inverses, optimisation sous contraintes. 35%
- Jean-Marc Conan: Chercheur (ONERA, Châtillon). Reconstruction d'images
- Pierre Cruzalèbes: Chargé de Recherche au CNRS (OCA). Techniques de reconstruction d'images en interférométrie optique
- Frederic Gueth: Chargé de Recherche au CNRS (IRAM, Grenoble). Techniques de reconstruction d'images en radioastronomie
- Henri Lantéri: Professeur (UNSA). Algorithmes multiplicatifs en reconstruction d'images, contraintes de positivité et de support



- Guy Le Besnerais: Chercheur (ONERA, Châtillon). Reconstruction d'images en synthèse d'ouverture optique, optimisation de la configuration pupillaire
- Pierre Maréchal: Maître de Conférence (Université de Montpellier). Reconstruction d'images en synthèse d'ouverture optique, problèmes inverses
- Ollivier Michel: Maître de Conférence (UNSA). Théorie de la déconvolution, développement d'une métrique déduite de la théorie de l'information
- Laurent Mugnier: Chercheur (ONERA, Châtillon). Déconvolution myope, reconstruction d'images en synthèse d'ouverture optique, optimisation configuration pupillaire
- François Reynaud: Maître de Conf. (IRCOM, Université de Limoges). Relation mesures-image, biais de mesure.

### 2.4.3 Prospective a 5 ans

- Aucun départ dans les 5 ans.
- A partir des lignes directrices définies en 2001, une première version d'un algorithme de reconstruction d'images a été écrite. Cet algorithme prend en compte des mesures hétérogènes (visibilité et clôture de phase) et un choix de terme de régularisation. L'algorithme a été testé sur des données simulées. La seconde étape de ce travail consiste à développer un logiciel utilisable par un non spécialiste, accompagné d'un manuel utilisateur détaillé. C'est un travail conséquent qui nécessitera 1 recrutement de rang B

**Besoin de recrutement:** 1 entrant de rang B

## 3 Formation et assistance utilisateurs

L'interférométrie ouvre une nouvelle ère en astronomie optique (visible-infrarouge) grâce à l'avènement du VLTI. Les instruments installés au foyer de cet interféromètre permettront de repousser les frontières des études actuelles fondées les systèmes multiples, la détermination des diamètres stellaires et l'observation des environnements circumstellaires des étoiles de type spectral tardif vers des territoires nouveaux comme celui de la formation stellaire et des planètes extrasolaires et pour la première fois le vaste champ des galaxies.

Cette infrastructure Européenne a été le fruit d'une collaboration entre l'ESO et les instituts des pays de la communauté. La France y occupe une place de premier rang, grâce notamment aux développements sur GI2T et à l'expertise acquise sur FLUOR. Les performances du VLTI et de ses instruments sont uniques en terme de sensibilité et de résolution angulaire grâce à la grande surface collectrice des télescopes de 8m et celles des télescopes auxiliaires et grâce aux nombreuses lignes de base accessibles jusqu'à 200m. Ces performances ouvrent de nouvelles possibilités jamais atteintes auparavant et requièrent que la communauté européenne et plus spécifiquement la communauté française soient préparées aux spécificités des observations interférométriques. Il sera donc nécessaire que les interférométristes regroupés au sein du JMMC et participant aux différents instruments transmettent leur connaissance à communauté astronomique. C'est avec cet objectif que le JMMC a déjà proposé de former les astronomes français et européens lors d'un atelier national de formation au VLTI qui s'est tenu à Nice en octobre 2001 ainsi que lors d'une école européenne qui s'est déroulée aux Houches en février 2002.

Une des difficultés d'utilisation de l'interférométrie par une communauté plus large vient du fait que ce ne sont pas des images, ni des spectres qui sont récoltés lors

d'observations interférométriques mais des observables particulières, en tout cas pour la première génération d'instrument. L'interférométrie optique diffère aussi de l'interférométrie radio par ses méthodes de détection et même par ses observables. Les interféromètres optiques comme le VLTI ne peuvent pas fournir pour l'instant des images, mais ils sont très efficaces pour fournir des contraintes aux modèles des théoriciens et ils doivent être utilisés avec cet objectif présent à l'esprit. Les observables astrophysiques sont des visibilité complexes et correspondent à la cohérence de la lumière captée par le réseau de télescopes. Pour être capable de reconstruire une image, il faut échantillonner l'ouverture synthétique avec toutes les paires possibles de télescopes. Cependant la plupart des programmes astrophysiques peuvent être menés avec la mesure directe des visibilité en contraignant les scénarios imaginés par les astrophysiciens. Un modèle qui mène à une image peut être facilement converti en visibilité par une simple transformée de Fourier et être comparé directement aux mesures.

Par conséquent, il est important de former les astronomes aux techniques interférométriques en mettant l'accent sur plusieurs points:

- interféromètre et instruments conçus pour être accessible par de simples utilisateurs,
- des performances qui permettent de couvrir une large palette de sujets astrophysiques
- des outils simples qui permettent aux astronomes de s'initier aux arcanes de l'interférométrie (simulateurs, calculateurs de rapport signal sur bruit)
- un effort pour développer l'imagerie
- des lieux et périodes de formation aux observations et à la préparation des observations, ainsi qu'à la réduction des données, très probablement sous la forme d'écoles d'été ou d'hiver
- la mise en place d'une assistance utilisateurs permanente pour chaque logiciel et chaque instrument du VLTI.

**Besoin de recrutement:** 1 entrant de rang B pour l'organisation récurrente d'écoles de formation

## 4 Besoins anticipables aujourd'hui

### 4.1 Deuxième génération d'instruments du VLTI

Après plus de dix ans de développement, l'interféromètre européen du VLT (le VLTI) atteint progressivement ses pleines capacités avec la mise en service programmée en 2003 des principaux éléments:

- instrument de recombinaison à 10  $\mu\text{m}$  : MIDI
- instrument de recombinaison à 3T et proche IR: AMBER
- 3 télescopes auxiliaires
- Modules d'optique adaptative sur les télescopes de 8m
- Module de mesure de différence de marche

Ainsi, le VLTI va devenir une des toutes premières facilités interférométriques au monde et devrait conduire à une production scientifique de haute qualité. Les installations à Paranal sont toutefois prévues pour une extension du potentiel scientifique du VLTI et d'ores et déjà est programmée la mise en place d'un mode astrométrique avec référence de phase (PRIMA), qui permettra en outre d'accroître de manière très significative la magnitude limite des instruments de première génération.

Enfin l'ESO s'engage en collaboration étroite avec l'ESA à la mise en service d'un démonstrateur du mode franges noires au sol (projet GENIE).

Lors de son atelier de Juin 2001 sur l'instrumentation de deuxième génération, l'ESO a retenu deux priorités principales pour le VLTI:

- Développement d'un instrument de recombinaison imageur à 6 ou 8 voies
- Extension vers les courtes longueurs d'ondes.

Dans les deux cas la communauté interférométrique française, par son expertise et sa longue expérience est d'ores et déjà présente avec diverses propositions émanant des principaux groupes en France (APRES-MIDI, IONIC-VLTI, VINI, VIDA).

L'ensemble de ces développements, s'il est souvent considéré du point de vue instrumentation, comporte un volet « logiciels » lourd et fondamental pour une optimisation du retour scientifique de ces instruments. On peut citer notamment les aspects calibration instrumentale, optimisation des méthodes de reconstruction d'images. Il s'agit donc pour les 4 années à venir de suivre le plan de travail suivant:

- Optimisation du choix de la configuration expérimentale au problème étudié: nombre de télescopes, choix des lignes de base
- Développement d'un simulateur logiciel complet permettant d'une part la spécification précise des instruments imageurs de deuxième génération et d'autre part permettant d'ajouter dans les outils logiciels de préparation d'observation déjà développés les modules spécifiques liés à l'imagerie
- Finalisation de l'analyse théorique d'algorithmes optimaux de reconstruction d'images dans le cadre particulier du VLTI (couverture fréquentielle, basses fréquences disponibles ou non...)
- Participation directe au pipeline de réduction de données d'un futur instrument de recombinaison imageur
- Elaboration de méthodes de calibration précises : étalonnage des étoiles de calibration, influence de la correction partielle de l'optique adaptative, etc...

**Besoin de recrutements:** 2 entrants de rang B au minimum, en phase avec la seconde génération d'instruments du VLTI, pour les aspects logiciels et assistance utilisateurs.

## **4.2 Interférométrie haute dynamique et Nulling, DARWIN/GENIE**

L'interférométrie en frange noire est une technique qui allie haute résolution angulaire et grande dynamique. Elle consiste à «éteindre» par interférences destructives la lumière en provenance d'une étoile pour observer par interférences constructives, un objet (compagnon stellaire ou planétaire, disque) dans son voisinage. Cette technique permet l'analyse de la source dans un large domaine spectral, et par combinaison des informations à chaque longueur d'onde, de recréer des cartes images de la région observée. De plus, il est nécessaire d'introduire dans le concept instrumental, une modulation du signal de l'objet, pour augmenter les performances et la sensibilité de la technique. Les données qui résultent des observations nécessitent donc un traitement complexe pour permettre de dégager l'information scientifique, à la fois spectrale et d'imagerie. La mission spatiale DARWIN de l'ESA est basée sur ce concept d'interférométrie en frange noire. Elle devrait voler vers 2014.

Un premier appel d'offre pour la phase A du projet «Reconstruction d'image en mode Nulling» sera lancé par l'ESA en janvier 2003. Compte tenu de son savoir faire en interférométrie, le JMMC compte s'impliquer fortement dans ce projet. Aujourd'hui, le JMMC est sans doute le mieux placé pour répondre à cet appel d'offre. Notre

objectif est de développer et de fournir le savoir faire et les outils de traitement permettant un diagnostic de détection d'exoplanètes et une estimation de la distribution spatiale et spectrale d'intensité des objets détectés.

Etant donné le niveau de sensibilité requis pour la détection d'exoplanètes et les spécificités du mode «nulling», l'exploitation effective des données Darwin représente un défi majeur. D'abord la reconstruction d'images en mode «nulling» demandera des études et des développements particuliers pour tenir compte des spécificités de ce mode de recombinaison interférométrique par rapport aux modes classiques. Mais surtout pour atteindre la sensibilité requise, un maximum de contraintes devront être prises en compte dans les algorithmes en plus des mesures. Le choix et la justification de ces contraintes dépendront de notre connaissance théorique et observationnelle des exoplanètes. L'évolution des algorithmes devra donc être effective sur le moyen terme (au fur et à mesure que notre connaissance des exoplanètes évoluera) et sur le long terme (avec la durée de vie de la mission spatiale pendant sa durée de vie). Un tel travail de développement et de suivi requiert au minimum (i.e. en comptant sur l'implication à temps partiel des membres du JMMC spécialisés dans la reconstruction d'images, la modélisation et le traitement des données interférométriques) qu'une personne y consacre un plein temps pendant plusieurs années. Compte tenu du savoir faire existant et des délais avant le lancement de la mission, ce travail pourrait être amorcé par une thèse mais devra se prolonger au-delà. Cela impliquera le recrutement d'un chercheur de rang B vers 2005-2006.

Les algorithmes définis pour DARWIN pourront être adaptés et testés sur l'instrument GENIE. GENIE est un instrument ESA/ESO qui, s'il est réalisé, devrait voir sa première lumière en 2006 sur le VLTI. Il devrait combiner plusieurs télescopes (UT et /ou AT) du VLT, et fournir une démonstration grandeur nature, sur le ciel, de ce que DARWIN réalisera. La difficulté supplémentaire d'une observation depuis le sol (présence de turbulence atmosphérique, du fond de ciel...) va nécessiter l'adaptation des algorithmes de traitement définis pour DARWIN au cas de GENIE.

**Besoin de recrutement:** 1 entrant de rang B vers 2005/2006

## 5 Résumé des besoins de recrutement du Centre Mariotti

Le Centre Mariotti, récemment créé, est dans une phase d'expansion rapide qui va de pair avec la fiabilisation et le développement non moins rapide des moyens interférométriques européens (VLTI) et mondiaux. L'interférométrie optique grâce aux développements de l'optique adaptative – *qui a permis booster vers le haut la sensibilité des interféromètres optiques, leur permettant d'accéder ainsi à des domaines astrophysiques sensibles comme la formation stellaire, les exoplanètes ou les noyaux actifs de galaxie* – et grâce à l'introduction des fibres optiques – *permettant de contrôler tous les paramètres du signal et donc de le calibrer précisément avec des procédures automatiques, ouvrant ainsi l'utilisation des moyens interférométriques à des non spécialistes et donc au plus grand nombre* –, est en train d'acquiescer ses lettres de noblesses. D'ici peu, on ne pourra plus penser astronomie optique sans penser interférométrie optique, comme c'est le cas depuis longtemps en radioastronomie. Cela a un prix: le prix, c'est le besoin conséquent en recrutement du Centre Mariotti dans les prochaines années.

Dans les 5 ans à venir (et le plus tôt possible), le JMMC aura besoin de:

- 4 recrutements de rang B (développements logiciels sur les projets actuels, maintenance et assistance utilisateurs des instruments du VLTI)
- 1 recrutement de rang B pour l'organisation récurrente d'écoles de formation utilisateurs des moyens interférométriques

Pour les besoins anticipables aujourd'hui:

- 2 recrutements de rang B pour les développements logiciels en phase avec la seconde génération d'instruments du VLTI
- 1 recrutement de rang B pour les développements logiciels liés à l'expérience DARWIN/GENIE (vers 2005-2006)