

RAPPORT DE STAGE

Développement Java de logiciels d'imagerie en interférométrie optique

Java development of optical interferometry imaging software



CENTRE DE RECHERCHE ASTROPHYSIQUE DE LYON



Mots-clés : Ingénieur – Développement logiciel – Java – Astrophysique – Interférométrie optique

Maître de stage : Ferréol SOULEZ

Référente de formation : Taghrid ASFOUR

Martin PRATOUSSY

3ICS – Informatique et Cybersécurité

2020 - 2021

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement mon maître de stage Ferréol Soulez, astronome adjoint au CRAL, pour m'avoir accompagné et encouragé tout au long de ces trois mois.

Je remercie aussi mes collègues ingénieurs de Grenoble Laurent Bourgès et Guillaume Mella pour avoir suivi avec moi les avancées de mon projet.

Merci aussi à Isabelle Tallon-Bosc, directrice du JMMC, pour son accueil et sa bienveillance.

Un grand merci à Michel Tallon, astronome, pour m'avoir appris énormément à propos de l'astronomie et pour avoir organisé pour nous, les stagiaires, une visite du hall d'intégration.

Merci aussi à Sylvie Réa aux ressources humaines pour s'être occupée de mon dossier et des démarches administratives.

Et un grand merci à tous les stagiaires, doctorants, ingénieurs et chercheurs avec qui j'ai pu échanger sur des thèmes passionnants.

Ce stage effectué au Centre de Recherche Astrophysique de Lyon (CRAL) s'inscrit dans le cadre de l'élargissement de la communauté astronomique autour de l'interférométrie optique. Ainsi, afin de contribuer à rendre plus accessible ce domaine très spécialisé, j'ai eu pour mission de développer des outils et des améliorations en direction de logiciels d'imagerie distribués par le Centre Jean-Marie Mariotti. Le stage a permis de mettre en pratique des compétences en conception logicielle, en développement Java et en communication.

« La chose la plus incompréhensible au sujet du monde, c'est qu'il soit compréhensible. »

--Albert Einstein

Table des matières

I.	INTRODUCTION.....	1
II.	LA PLACE DU STAGE DANS LA FORMATION.....	2
A.	OBJECTIF GENERAL DU STAGE	2
B.	CHOIX DU DOMAINE DU STAGE	2
C.	DEMARCHE DE RECHERCHE DE STAGE	2
III.	LA PLACE DE L'OSUL, DU CRAL ET DU JMMC DANS L'ASTRONOMIE	4
A.	L'OSUL	4
B.	LE CRAL	4
C.	LE JMMC	5
D.	LE DOMAINE D'ACTIVITE	7
1.	<i>L'interférométrie optique.....</i>	<i>7</i>
2.	<i>Un interféromètre célèbre</i>	<i>8</i>
E.	LA SUITE DE LOGICIELS DU JMMC	9
IV.	PROJET DE STAGE	12
A.	DEFINITION DU PROJET	12
B.	PREAMBULE.....	12
C.	PRISE EN MAIN DES OUTILS.....	15
D.	MES REALISATIONS.....	17
1.	<i>Une règle de mesure.....</i>	<i>18</i>
a)	La gestion des overlays	18
b)	Le fonctionnement.....	18
c)	L'intégration du dragging	18
d)	Un autre moyen pour rééditer sa mesure.....	18
2.	<i>Une exploration multispectrale</i>	<i>19</i>
a)	Le développement	20
b)	Les conflits entre les modules	20
c)	La résolution du problème	21
d)	Le remplacement des index par les longueurs d'onde.....	21
3.	<i>Un tableau pour les résultats.....</i>	<i>22</i>
a)	Le modèle.....	23
b)	Les cellules des résultats	23
(1)	La cellule de numérotation.....	24
(2)	La cellule de succès	24
c)	Les cellules adjacentes	25
(1)	Le système d'évaluation	25
(2)	La cellule de commentaires.....	25
4.	<i>La manipulation des résultats.....</i>	<i>25</i>
a)	La suppression.....	25
b)	Le multi-affichage.....	25
(1)	Avec une grille	25
(2)	Avec un slider	26
c)	Le principal problème soulevé	26
5.	<i>Une évolution du tableau des résultats</i>	<i>26</i>
a)	Des colonnes dynamiques.....	27
b)	Un éditeur pour l'affichage	28
V.	CONCLUSION	29

A.	LES APPORTS DU STAGE	29
B.	LES POINTS D'AMELIORATION	29
C.	LE BILAN DU STAGE.....	29
VI.	BIBLIOGRAPHIE.....	31
A.	SOURCES LITTERAIRES	31
B.	SOURCES INTERNET	31
C.	SOURCES PICTURALES.....	31
VII.	GLOSSAIRE.....	32
VIII.	ANNEXES	34

I. Introduction

La recherche astronomique joue depuis l'Antiquité un rôle fondamental dans la compréhension de l'Univers. Expert en reconstruction d'images, en calcul intensif, en simulations numériques massivement parallèles et renommé pour être à l'origine du spectrographe à intégrale de champ MUSE qui permet enfin de trouver la lumière des jeunes galaxies, le Centre de Recherche Astrophysique de Lyon (CRAL) occupe une place importante dans l'avancée de l'astronomie.

C'est pourquoi j'ai eu l'honneur d'avoir été accepté pour un stage de trois mois en tant que développeur de logiciels d'imagerie en interférométrie optique par le CRAL dans le cadre de ma première année de formation d'ingénieur en Informatique et CyberSécurité (ICS) à l'école de Chimie Physique Electronique (CPE) de Lyon.

Étant moi-même passionné depuis toujours par la science en général et plus particulièrement par les domaines de l'astronomie et de l'astrophysique, j'ai mis toutes les chances de mon côté en candidatant à une offre de stage du CRAL postée sur le site de recrutement JobTeaser. J'ai ainsi pu rejoindre l'équipe de développement du centre Jean-Marie Mariotti (JMMC) en partie localisée au CRAL.

L'interférométrie optique en astronomie est un domaine méconnu et difficile d'accès. C'est une discipline complexe qui nécessite beaucoup d'investissement personnel de la part des chercheurs. De plus, les instruments sont très sollicités. C'est d'autant plus vrai que c'est la seule manière d'accéder à la Haute Résolution Angulaire (HRA) grâce à la combinaison de plusieurs télescopes. C'est pour répondre à ce besoin que le JMMC développe des logiciels accompagnant tout le processus d'observation, de la préparation à la publication, afin d'aider les astronomes. Cette discipline gagne en intérêt, en effet, tous les deux ans environ est organisé l'école du VLTI (Very Large Telescope Interferometer), initiant chercheurs et doctorants aux techniques d'interférométrie et à l'utilisation des logiciels du JMMC (cf. Annexe 1 - VLTI School).

C'est dans cette optique d'élargissement de la communauté interférométrique qu'a été défini mon projet de stage, à savoir, le développement d'outils de traitement des résultats obtenus par les logiciels d'imagerie en vue d'une utilisation plus simple et plus accessible.

Le première partie de ce rapport permettra au lecteur de se familiariser avec l'entreprise et son champ d'activité mais aussi de comprendre certaines notions propres au domaine de l'astronomie. Cela fait, il sera plus aisé d'aborder la seconde partie présentant en détail les objectifs et réalisations de mon stage.

II. La place du stage dans la formation

A. Objectif général du stage

Ce stage encadre l'acquisition de trois compétences majeures pour un futur ingénieur. Premièrement, celle-là même qui définit ce métier, la capacité à résoudre des problèmes posés par un client par l'application d'une démarche scientifique et technique. Elle résulte de la capacité à s'imprégner des spécifications de la demande du client afin de mettre en place un projet corrélatif, à prendre en main les différentes technologies exploitées par l'entreprise d'accueil, mais aussi à mettre en pratique toutes les connaissances acquises durant les précédentes années de formation.

Deuxièmement, le stage doit pouvoir apporter des compétences organisationnelles et managériales. C'est-à-dire qu'à la fin du projet de stage, l'étudiant est capable de percevoir les objectifs et enjeux de l'entreprise, est capable de recul sur son travail afin de livrer un produit complet et est force de proposition au sein de son équipe avec laquelle il aura appris à collaborer.

Pour finir, la dernière compétence, mais pas des moindres, assure au stagiaire d'être en capacité de saisir les informations essentielles d'un message écrit ou oral, de s'exprimer clairement et de manière concise dans un domaine technique à propos de son projet et de rédiger une documentation technique en direction des principaux intéressés sur ses réalisations. Cette compétence en communication peut être une aide fondamentale pour devenir entrepreneur.

Mon maître de stage s'est assuré que mon projet remplisse toutes les conditions me permettant d'acquérir les compétences essentielles à l'exercice du métier d'ingénieur (cf. Annexe 2 - Acquisition de compétences en entreprise).

B. Choix du domaine du stage

Parmi les différents domaines informatiques qu'englobe la formation d'ingénieur en informatique et cybersécurité de l'école CPE Lyon, j'ai décidé d'orienter ma recherche vers un stage en développement logiciel, spécialité plus en accord avec mon projet professionnel que par exemple l'architecture réseau ou, dans une moindre mesure, la sécurité informatique. En effet, j'aimerais à l'avenir occuper un poste de développeur.

Je me suis efforcé à trouver un stage dans une structure qui corresponde à mes centres d'intérêts et mes valeurs. Dans cette perspective, j'ai filtré mes recherches dans l'espoir d'intégrer le domaine d'activité du jeu vidéo ou de la recherche scientifique. Le premier me rapprocherait de ce domaine artistique et culturel que j'affectionne particulièrement et dont l'environnement technique de programmation constitue un défi de taille car extrêmement complexe et exigeant et surtout très orienté vers l'innovation. Concernant le second, il me permettrait de mettre mes compétences en développement au service de chercheurs exerçant des métiers passionnants et primordiaux. Et parmi tous les domaines scientifiques existants, c'est bien celui de l'astrophysique qui me captive le plus.

C. Démarche de recherche de stage

Pour mener à bien mes recherches, j'ai activé les alertes personnalisées sur de nombreux sites de recherche d'emploi tels que Indeed, JobTeaser ou encore LinkedIn. J'ai ainsi examiné essentiellement des offres qui correspondaient à mes attentes citées au paragraphe précédent. J'ai aussi évité de

mettre trop de côté les offres moins intéressantes pour moi mais qui pouvaient tout de même devenir des solutions optionnelles en cas d'échec de mes recherches très sélectives. Les quelques candidatures spontanées que j'ai envoyées ne se sont pas avérées fructueuses (cf. Annexe 3 - Récapitulatif de la recherche de stage). Finalement, j'ai eu la chance d'être accepté pour un stage correspondant à la perfection à mes attentes et mon dessein professionnel (cf. Annexe 4 - Offre de stage). Il m'a ainsi été offert un poste de développeur en développement de logiciels d'imagerie en interférométrie optique au Centre de Recherche Astrophysique de Lyon (CRAL) situé sur le site de l'observatoire de Lyon sur la colline de Saint-Genis-Laval.

III. La place de l'OSUL, du CRAL et du JMMC dans l'astronomie

A. L'OSUL



*Lunette coudée historique de
l'Observatoire de Lyon*

L'observatoire de Lyon est un observatoire des sciences de l'Univers (OSU) faisant partie de l'Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL). Il est piloté par l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) et par le Centre National de Recherche Scientifique (CNRS). Il est principalement situé sur le site historique de Saint-Genis-Laval fondé en 1878 et dans le bâtiment Géode sur le campus universitaire de la Doua à Villeurbanne et possède une antenne à l'École Nationale Supérieure (ENS) de Lyon à Gerland.

Il organise ses principales missions aussi bien autour de la recherche – recherche fondamentale ou appliquée en sciences de la Terre et de l'Univers, observation permanente de phénomènes naturels ou anthropiques, soutien aux réalisations instrumentales – que de l'éducation – formation initiale et continue, diffusion de connaissances particulièrement auprès des enseignants, et la collecte, l'archivage, le traitement et la diffusion en France comme à l'international des données de programmes de recherche divers.

Il accueille sur son site de Saint-Genis-Laval le Laboratoire de Géologie de Lyon : Terre, Planètes et Environnement (LGL-TPE) ainsi que le Centre de Recherche Astrophysique de Lyon (CRAL) qui nous intéressera dans la suite de ce rapport.

B. Le CRAL

Créé en 1995 après la fusion des activités astrophysiques de l'Observatoire de Lyon et de l'École Normale Supérieure de Lyon, le Centre de Recherche Astrophysique de Lyon est une unité mixte de recherche dont les tutelles sont le CNRS, l'UCBL et l'ENS de Lyon. Il axe ses activités principalement autour de la recherche fondamentale en astrophysique et du développement d'instruments destinés aux grands observatoires tels que l'European Southern Observatory (ESO) ou le Canada-France-Hawaii Observatory (CFHO). Environ trente chercheurs ou enseignants-chercheurs, vingt ingénieurs et trente docteurs sont répartis au sein de trois équipes de recherche : l'équipe AstroENS étudie la structure et la formation stellaire et planétaire ; l'équipe GALPAC s'intéresse à la formation et à l'évolution des galaxies et des grandes structures, à la nature de l'énergie noire et de la matière noire ; l'équipe HARISSA spécialisée dans l'étude des environnements circumstellaires, à savoir des disques stellaires et des exoplanètes, et dans la recherche et le développement d'outils mécaniques et informatiques concernant la haute résolution angulaire (HRA) et notamment l'interférométrie optique.

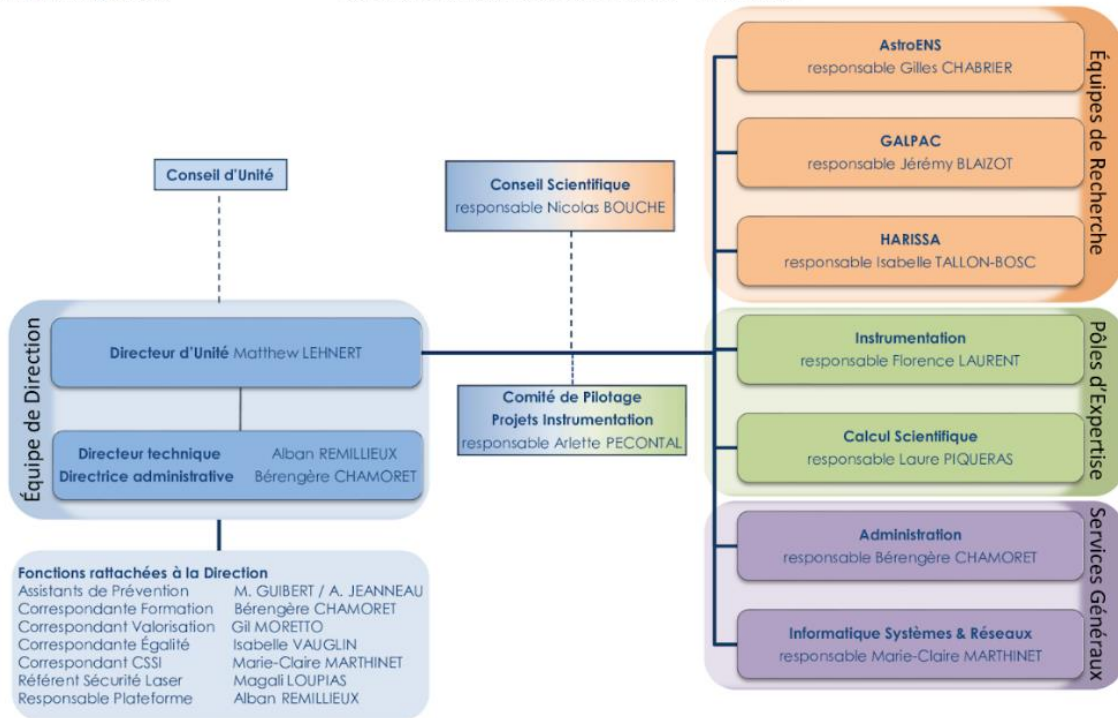


Figure 1 - Organigramme du CRAL

C. Le JMMC

L'équipe HARISSA, dont je fais partie, compte des astronomes et des ingénieurs œuvrant au développement des logiciels distribués par le Centre Jean-Marie Mariotti (JMMC). C'est un réseau français de laboratoires spécialisés dans le domaine de l'interférométrie créé en 2001. Son centre de réalisation se situe à l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (OSUG). Il développe une suite de logiciels permettant principalement l'exploitation des données recueillies par le Very Large Telescope Interferometer (VLTI) au Chili et le Center for High Angular Resolution in Astrophysics (CHARA) sur le Mont Wilson en Californie aux États-Unis. Réparties entre les Observatoires des Sciences de l'Univers (OSU) de Grenoble et de Lyon, l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) à Nice et l'observatoire de Paris, les équipes du JMMC sont divisées en deux services principaux :

- le service Méthodes et Outils pour l'Interférométrie Optique (MOIO), très actif dans la recherche et développement sur le traitement des données et les observations interférométriques,
- et le service Support Utilisateur VLTI (SUV) qui répond aux requêtes, questions et problèmes des utilisateurs des logiciels

Le service MOIO est lui-même séparé en quatre groupes de recherche et développement :

- le groupe Existing Tools: Maintenance and support,
- le groupe Analysis and Modeling in High Angular Resolution (AMHRA),

- le groupe Model fitting and Image Reconstruction,
- et le groupe Optical Interferometry Database.

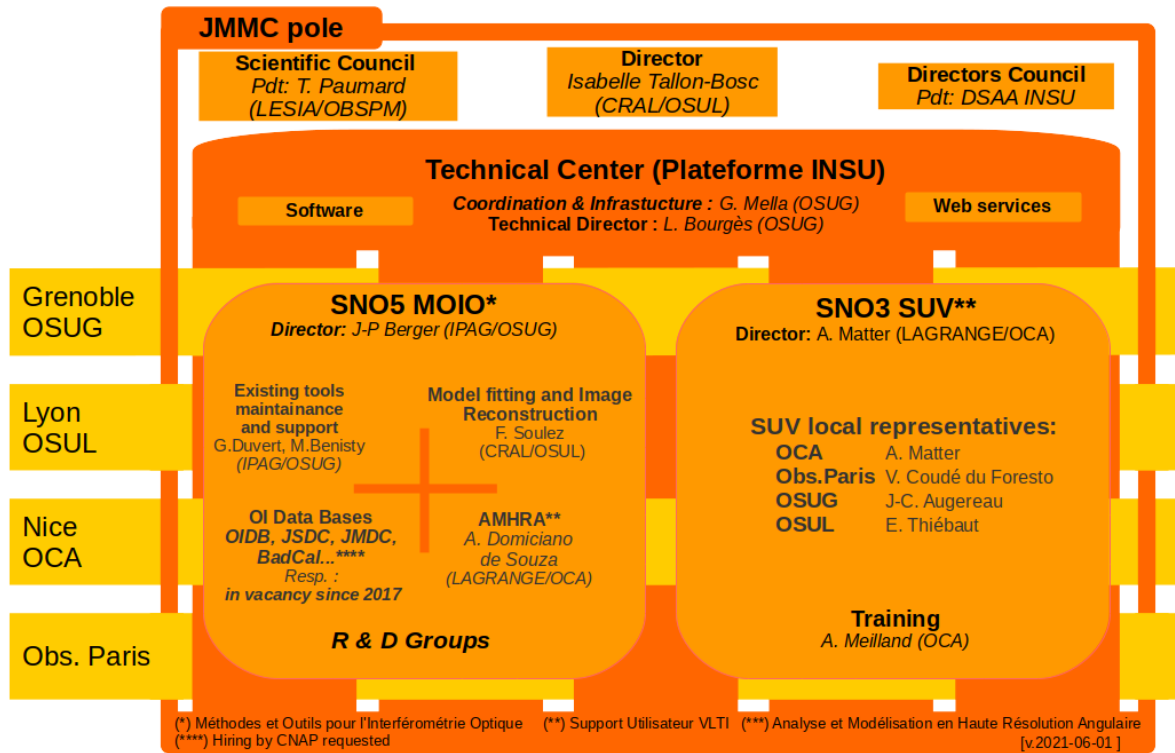


Figure 2 - Organigramme du JMMC

D. Le domaine d'activité

Avant d'aborder l'aspect technique de mon stage, il me semble nécessaire d'expliquer brièvement les concepts scientifiques employés au sein de mon environnement de travail ainsi que les équipements utilisés pour mener à bien ces recherches.

1. L'interférométrie optique

L'interférométrie optique étudie la formation de franges d'interférences provoquées par la diffraction d'une seule ou plusieurs sources lumineuses après avoir été captées par au moins deux télescopes. L'étude de ces franges permet de déduire des informations relatives à la taille, la masse, la position, le type et l'environnement d'une étoile avec une grande précision. A titre de comparaison, là où un télescope classique serait capable de discerner un objet de la taille d'un immeuble sur la Lune, un interféromètre est capable d'y observer un objet de la taille d'un humain. L'avantage de cette technologie est son haut niveau de précision permettant d'observer des détails de l'ordre du milli arc seconde.

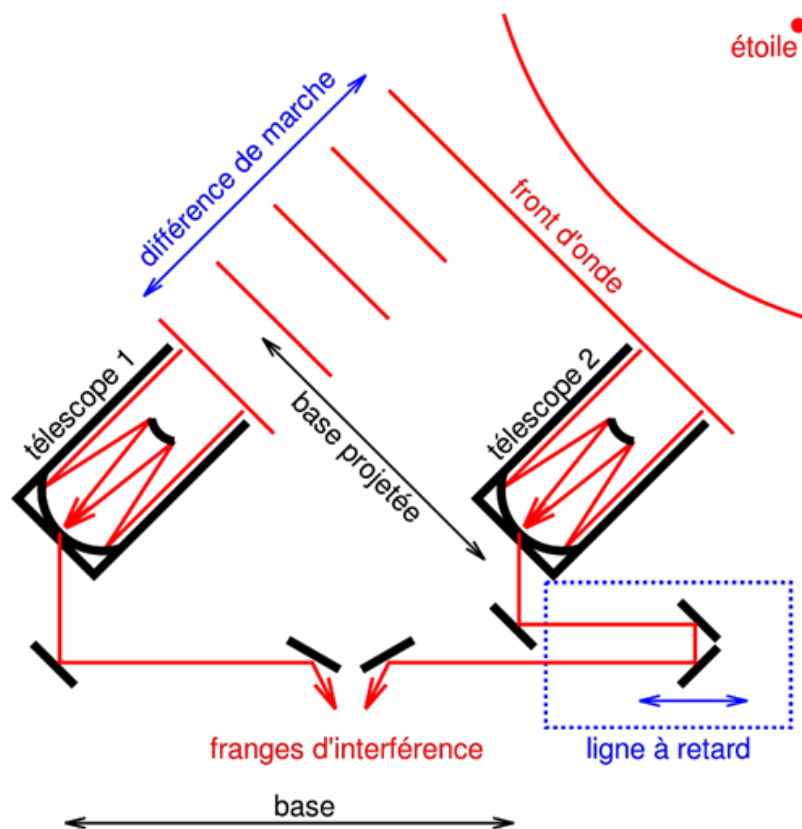


Figure 3 - Schéma théorique

On peut voir sur ce schéma que la lumière de l'étoile observée arrive sous la forme d'une onde électromagnétique plane, la courbure originelle de l'onde étant totalement négligeable à cause de la très grande distance qui sépare l'émetteur du récepteur. Les deux télescopes, qui forment le système d'observation interférométrique, reçoivent la lumière en des instants différents. Pour resynchroniser les deux faisceaux ainsi récupérés, ce que l'on appelle des delay lines (lignes à retard) sont utilisées. Ainsi, une fois les faisceaux recombinaés, on obtient des franges d'interférences affichées sur un écran dont l'analyse permet de récupérer des informations très précises sur les caractéristiques de l'étoile. L'efficacité de cette technique dépend de la taille des télescopes et de leur nombre au sein du système.

Par la suite, c'est en mesurant les fréquences reçues dans l'espace de Fourier que l'on va être capable de reconstruire des images.

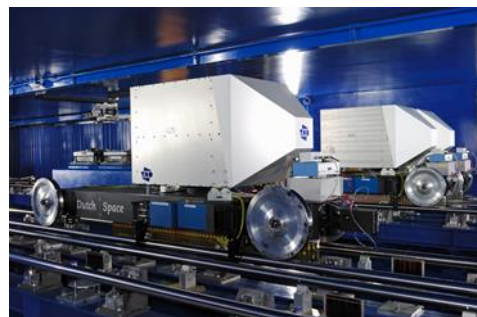
2. Un interféromètre célèbre

La majeure partie des données interférométriques spatiales provient des équipements interférométriques installés au Very Large Telescope (VLT) sur le site du cerro Paranal au Chili à l'abri de toute pollution lumineuse. Le VLT appartient à l'European Southern Observatory (ESO) et possède huit télescopes : 4 télescopes principaux de 8 mètres de diamètre et 4 télescopes auxiliaires de 1,8 mètre de diamètre. Ce sont



Le Very Large Telescope au Chili

uniquement ces derniers qui sont utilisés pour former le VLTI, le Very Large Telescope Interferometer, créant ainsi un télescope virtuel d'un diamètre allant jusqu'à 140 mètres et pouvant prendre 30 positions d'observation différentes. Au sous-sol sont présentes les quatre delay lines, une pour chaque télescope. Elles sont continuellement repositionnées car une mesure interférométrique se joue à l'ordre du micron. Trois instruments sont actuellement présents sur le site pour recombinaison et exploitation de la lumière reçue : PIONER, GRAVITY et MATISSE. Ils travaillent chacun à une bande de longueur d'onde différente mais toujours dans l'infrarouge. Pour faire une observation en interférométrie optique, l'association de plusieurs étapes est nécessaire. Les télescopes auxiliaires commencent par se positionner grâce à des rails dans la configuration idéale pour observer une étoile. Lorsque les ondes lumineuses arrivent, elles sont retardées en fonction de l'arrivée des autres afin de se retrouver en phase lors de l'observation compensant ainsi tout retard mettant en péril la précision des données. C'est ainsi le seul moyen aujourd'hui d'accéder à des niveaux de précision assez élevés pour pouvoir observer la composition de la surface d'une étoile et la présence de disque circumstellaire ou d'exoplanètes dans ses environs.



Les quatre télescopes auxiliaires amovibles et les delay lines par lesquelles passe la lumière

E. La suite de logiciels du JMMC

Afin d'exploiter au maximum les informations récupérées par les observations effectuées avec le VLTI, le JMMC développe différents logiciels interopérables permettant entre autres de préparer les observations, de comparer les modèles ou encore de reconstruire les images.

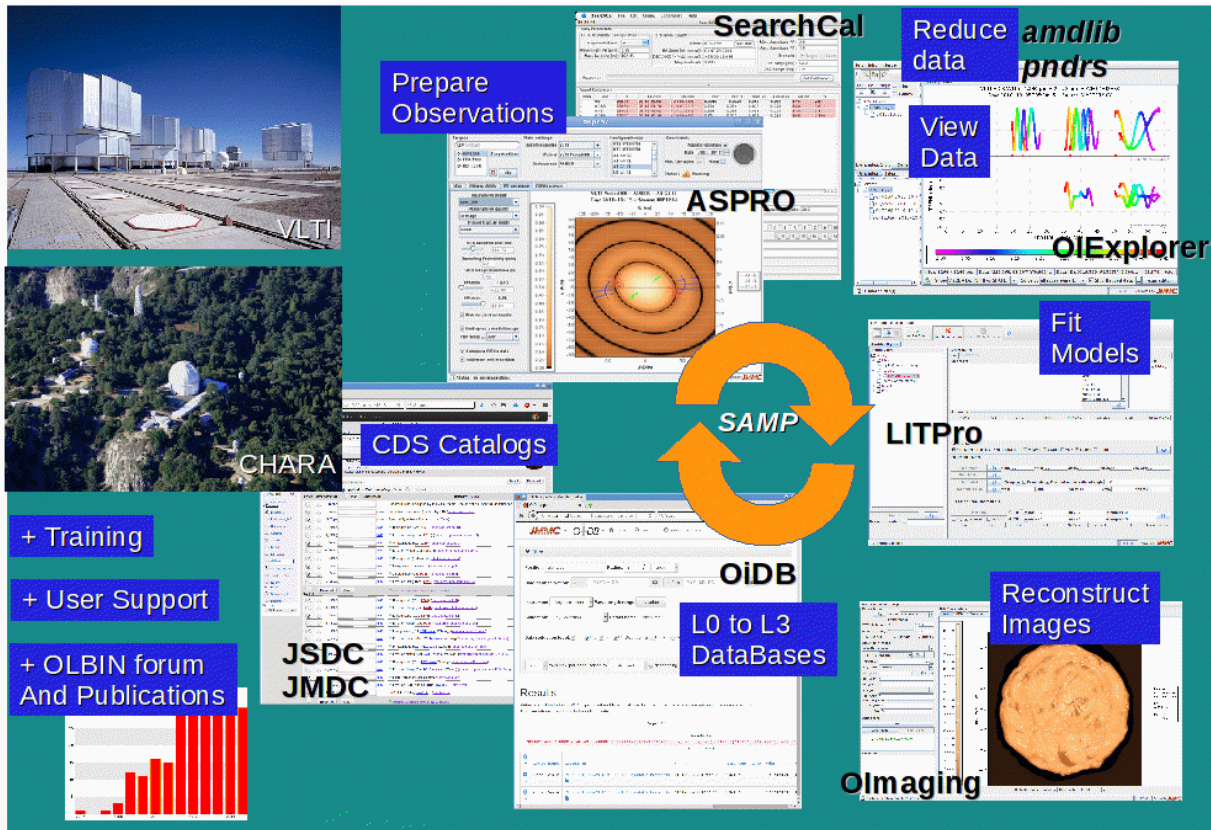


Figure 4 - Le cycle complet d'observation avec les logiciels du JMMC

La suite de logiciels est composée de logiciels avec GUI interopérables qui permettent aux astronomes de préparer, observer, exploiter et publier les données provenant du VLTI ou de CHARA. Ainsi, avec un serveur installé à l'OSUG de Grenoble, ce sont des requêtes provenant du monde entier qui circulent dans toute cette infrastructure. Une liste non-exhaustive des services proposés par le JMMC sont :

- Aspro (Astronomical Software to PRepare Observation) : il permet principalement de préparer une observation en simulant l'observabilité de l'objet désiré.
- SearchCal : comme son nom l'indique, il est utilisé pour trouver des calibrateurs, des étoiles de référence, qui permettent les observations interférométriques à longue base.
- OIFits Explorer : quand une observation est terminée, l'instrument utilisé génère un fichier compressé OIFits – format de fichier que nous allons détailler par la suite. Ce logiciel permet de manipuler les données présentes dans le fichier pour l'agencer selon la nature de l'observation (imagerie, analyse spectrale, ...), le fichier de format OIFits doit subir quelques traitements réalisables grâce à ce logiciel.
- LitPro : il propose un catalogue de fonctions élémentaires de géométrie et d'assombrissement centre-bord (diminution de la luminosité sur les bords d'une étoile) pour créer des modèles d'étoiles ajustées sur les observations .

- OIMaging : il permet de lancer des algorithmes de reconstruction d'image interférométrique à partir d'observations stockées au format OIFits.
- OiDB : une fois la publication d'articles dans des revues scientifiques, l'astronome les ayant rédigés dépose ses jeux de données au format OIFits dans la base de données OiDB. Ainsi, ce service propose un moyen efficace pour les astronomes de récupérer des fichiers pour diverses recherches.
- JSDC / JMDC : le JMMC Stellar Diameters Catalog et le JMMC Measure Diameter Catalog prodiguent une liste des diamètres des objets stellaires observés et mesurés. Ils constituent le catalogue de calibrateurs pour SearchCal.

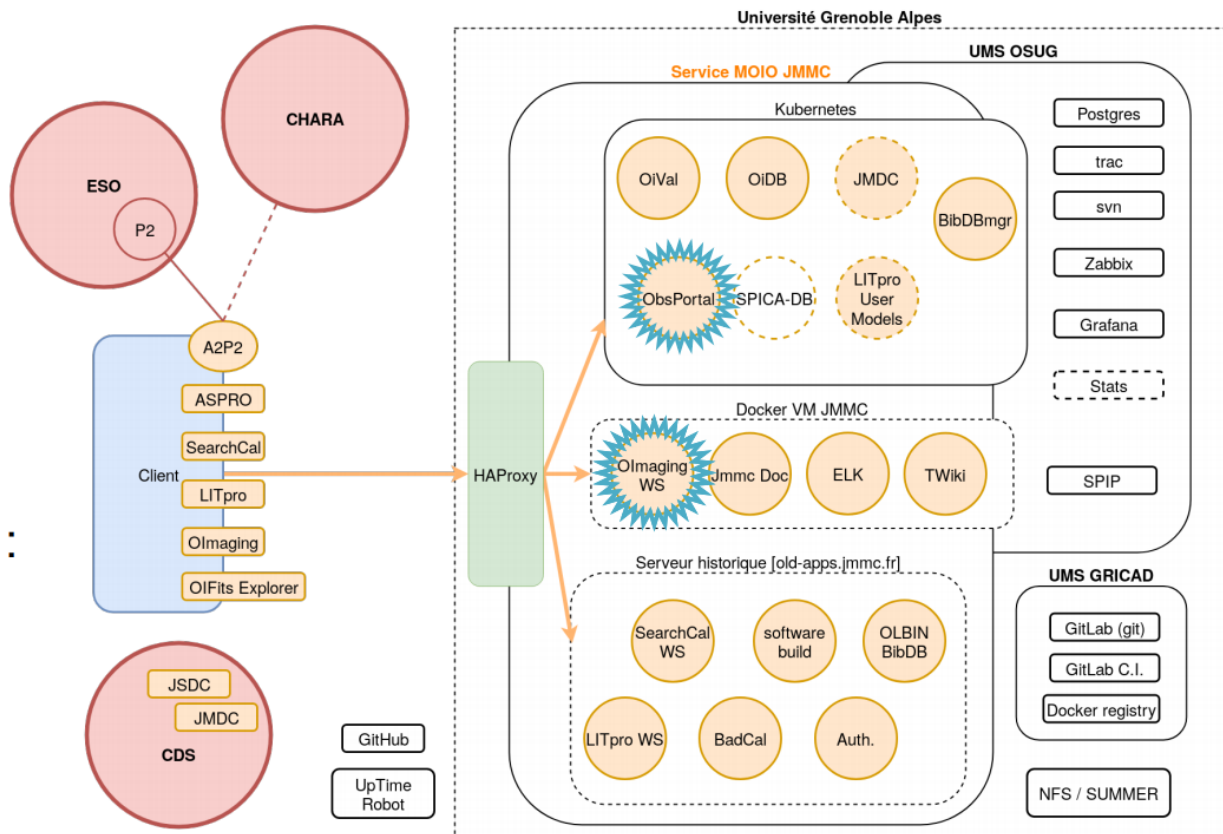


Figure 5 - Le schéma récapitulatif du fonctionnement de la suite de logiciels du JMMC et des services employés.

Comme vu plus haut, afin de rendre cette suite plus accessible, le JMMC assure un service d'aide aux utilisateurs. Par le biais d'un formulaire de feedback accessible en ligne ou directement dans les logiciels lorsqu'ils génèrent une erreur, les utilisateurs peuvent décrire les problèmes rencontrés, les améliorations qu'ils souhaiteraient voir ajoutées, ou simplement demander de la documentation pour comprendre le fonctionnement de ces logiciels.

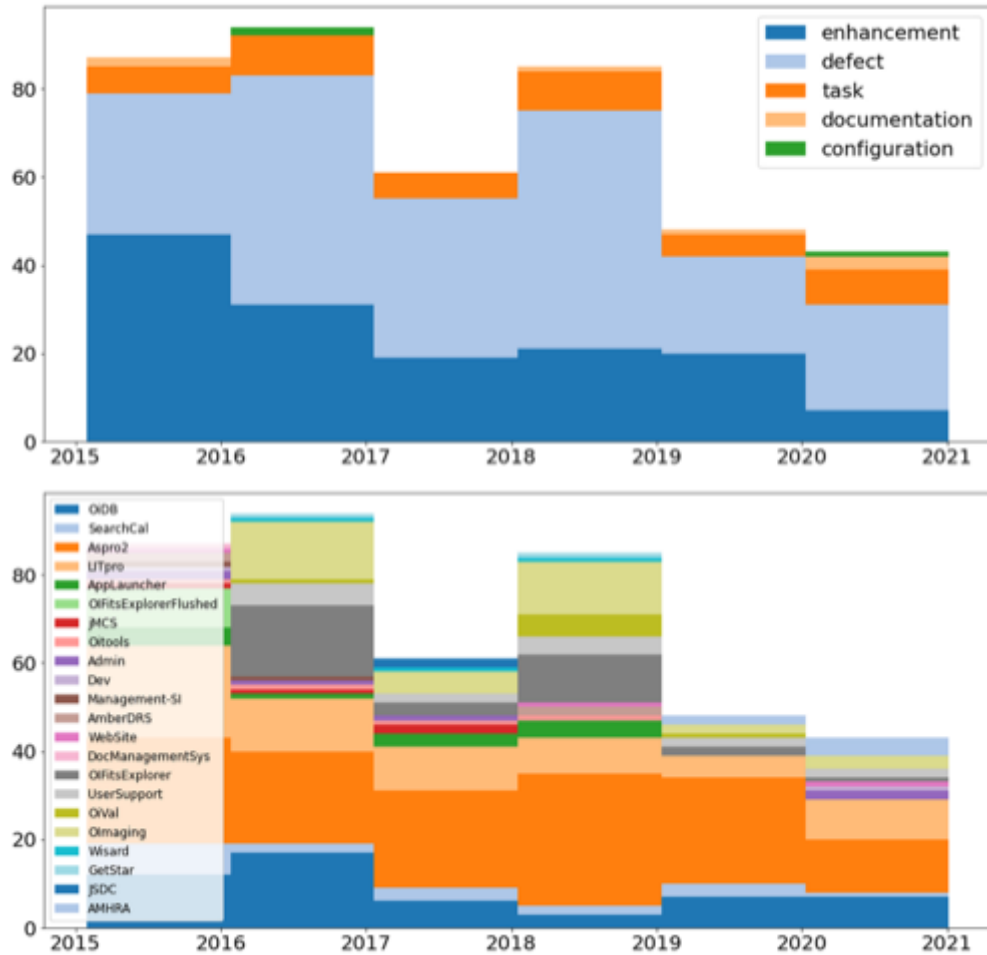


Figure 6 - Les statistiques des retours des utilisateurs sur la période de 2015 à 2021

IV. Projet de stage

A. Définition du projet

Pendant une journée, j'ai eu l'opportunité d'effectuer une mission à Grenoble à l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (IPAG). A cette occasion, mon maître de stage et moi-même avons pu rencontrer Guillaume MELLA, Laurent BOURGÈS et Grégory SALVIGNOL, nos collègues du groupe Model Fitting and Image Reconstruction (MFIR) du service Méthodes et Outils pour l'Interférométrie Optique (MOIO) afin de discuter de mon projet de stage et des différentes fonctionnalités dont le logiciel Olmaging ainsi que le module oifitsexplorer-core devront bénéficier.

Un fois mon incursion dans le fonctionnement des différents modules de la suite de logiciels du JMMC terminée, une réunion a été organisée avec mes collègues développeurs et des utilisateurs d'Olmaging. Nous avons convenu d'un projet pour mon stage qui répondrait aux exigences de ma formation. Les principaux axes de ce projet s'articulent autour de l'expansion des possibilités d'édition des résultats produits par les algorithmes d'imagerie et l'amélioration de l'ergonomie. Les deux fonctionnalités principales sur lesquelles il m'a été demandé de me consacrer sont :

- un nouveau moyen de naviguer dans les résultats des reconstructions
- de nouvelles possibilités d'affichage des images reconstruites

La plongée dans le package regroupant l'entièreté des modules développés par le JMMC constitue la grande difficulté de ce stage. En effet, chaque logiciel a un rôle précis dans le cycle d'observation d'une étoile, et une fois qu'il a rempli la mission pour laquelle il était destiné, il transfère ses données au logiciel prenant en charge la prochaine étape de l'observation. De ce fait, travailler sur le fonctionnement d'un logiciel en particulier comme je l'ai fait demande une initiation globale à la suite de logiciels et des concepts scientifiques mis en pratique ainsi qu'un effort de recherche considérable pour mieux appréhender le code des modules.

A l'occasion de mon dernier jour de stage, nous nous sommes retrouvés une nouvelle fois à l'IPAG pour faire le point sur l'existant et prévoir les nombreuses améliorations à venir dans le futur. Mon travail sera repris par un nouvel employé en contrat à durée déterminée pour rendre toujours plus accessible le logiciel de reconstruction d'images Olmaging.

B. Préambule

Comme tout projet en développement logiciel, j'ai dû commencer par choisir un IDE capable de répondre aux contraintes de langages. Parmi :

- IntelliJ, disposant d'une approche très complète du langage Java ;
- Eclipse, dont j'avais déjà d'une certaine maîtrise ;
- Visual Studio Code, avec son esthétique alléchante ;
- et NetBeans, vers lequel j'ai fini par me tourner.

En effet, comme il est utilisé par mes collègues, c'est avec lui que les classes de la bibliothèque graphique Swing, utilisées pour faire les interfaces utilisateurs, ont été générées. NetBeans attribue à ces classes une extension .form incompatibles avec les autres IDE (IntelliJ ne comprend que les fichiers d'interface utilisateur Swing avec l'extension .jfd et le marché communautaire de Visual Studio Code

ne contient aucun plugin permettant la création de fichiers Swing avec l'extension .form). Cet IDE apporte une quantité équivalente de fonctionnalités à IntelliJ mais souffre d'une esthétique quelque peu désuète.

Mon projet s'est articulé principalement autour du logiciel de reconstruction d'image Olmaging. Parmi le nombre important de logiciels développés par le JMMC, chacun dédié à une étape de l'observation interférométrique, Olmaging arrive assez tardivement dans le processus. En effet, son principe consiste en une interface commune permettant de comparer les résultats de reconstructions produites par quatre algorithmes codés dans des langages informatiques différents :

- BSMEM (BiSpectrum Maximum Entropy Method) : d'abord développé en Fortran depuis 1992 à l'Université de Cambridge, il est partiellement porté vers le langage C entre 2002 et 2006.
- WISARD (Weak-phase Interferometric Sample Alternating Reconstruction Device) : développé en IDL par l'Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales (ONERA), il base sa conception sur la thèse de Serge MEIMON, soutenue en 2005, intitulée « Reconstruction d'images astronomiques en interférométrie optique » et disponible dans le bibliographie.
- MIRA (Multi-aperture Image Reconstruction Algorithm) : semblable au fonctionnement de WISARD, il est développé depuis 2004 par les ingénieurs et astronomes du JMMC.
- SPARCO (Semi-Parametric Approach for image Reconstruction of Chromatic Objects) : créé en 2014, il combine les codes de Macim, Squeeze et MIRA.

Afin de mieux comprendre la nécessité de mes apports au sein de ce logiciel, je propose d'exposer un cas d'utilisation typique d'une session sur Olmaging.

La première chose que l'utilisateur doit faire est de choisir sa cible en indiquant au logiciel le fichier Olfits à exploiter. Un fois chargé, il lui est possible de consulter son contenu via le panel adéquat. Lui sont ensuite présentés plusieurs paramètres à modifier selon ses besoins tels que l'intervalle spectral ou le type de données à reconstruire. Une fois cela fait, il doit choisir parmi quatre algorithmes de reconstruction d'images : WISARD, MIRA, BSMEM et SPARCO. Passée la configuration des paramètres propres à chaque algorithme, il peut lancer le processus de reconstruction exécuté sur les serveurs du JMMC à l'OSUG. Il se retrouve ensuite avec ce type de résultat :

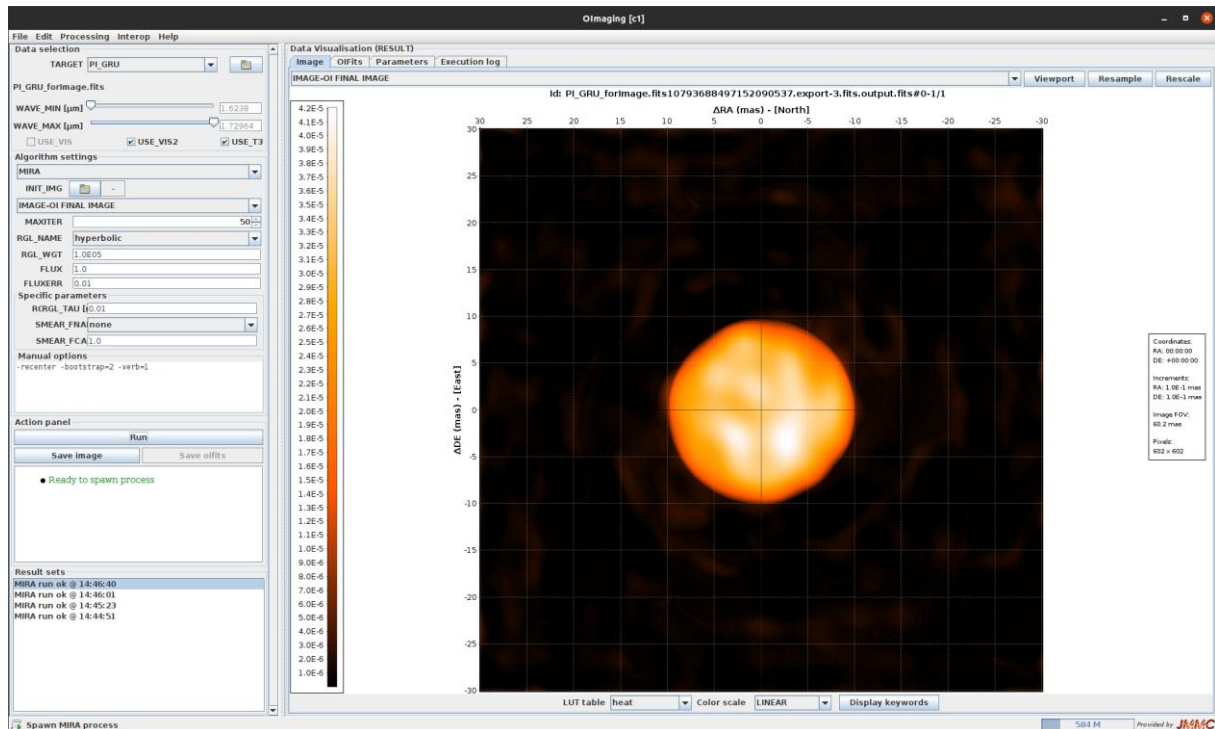


Figure 7 - L'image reconstruite de $\pi 1$ -Gruis avec l'algorithme MIRA dans Olmaging

La reconstruction est terminée, l'utilisateur peut enregistrer son résultat, l'étudier et le publier.

Cependant, un utilisateur d'Olmaging ne se satisfait pas forcément du seul premier résultat retourné. Afin d'aboutir à une reconstruction réellement convaincante, il faut passer par la comparaison de nombreux résultats de reconstruction d'image mais le logiciel, en l'état, ne permet pas de faire de véritables mesures et synthèses de l'imagerie générée. Face à ce constat, il m'a été demandé de réaliser des outils et améliorations facilitant toute la période "après-reconstruction" d'une session sur Olmaging.

C. Prise en main des outils

Avant de plonger dans le cœur de mes réalisations, il me semble nécessaire d'expliquer l'utilité et la structure du format de fichier .fits (Flexible Image Transport System¹) qui est la principale source et destination des données astronomiques. C'est le format le plus communément utilisé en astronomie. Il est constitué d'un ou plusieurs ensembles HDUs (Header/Data Units). Le HU (Header Unit) est encodé en ASCII et ainsi lisible par un humain. On y retrouve tous les paramètres spécifiant le format des données. Ces données sont stockées sur l'ensemble des derniers blocs de 2880 octets qui suivent le HU, lui-même codé sur un certain nombre de blocs de même taille. Ces HDUs peuvent être de trois types différents : Image Extensions, ASCII Table Extensions ou Binary Table Extensions. Le premier HDU est appelé Primary HDU ou Primary Array. Un Primary HDU typique contient un spectre sur une dimension, une image en deux dimensions ou un cube de données en trois dimensions.

Une variante de ce format, OIFits², est utilisée dans le logiciel OImaging comme source de l'image à reconstruire. Il est la norme d'échange de données pour l'interférométrie optique et contient toutes les informations relatives à une observation dans le domaine de l'interférométrie. Un OIFits est un Fits normalisé composé d'un HDU primaire, décrivant une image de dimension nulle (il est l'en-tête du fichier total), et d'un nombre non défini d'HDUs de type Binary Table Extensions qui contiennent des données normalisées :

- OI_TARGET : les informations de la ou des cibles
- OI_ARRAY : les informations de l'interféromètre
- OI_WAVELENGTH : les longueurs d'onde d'observation de l'instrument
- OI_VIS : les données d'amplitude et de phase de la visibilité
- OI_VIS2 : les données d'amplitude de la visibilité carrée
- OI_T3 : les données de clôture de phase
- OI_CORR, OI_INSPOL, OI_FLUX : tables optionnelles

¹ Description officielle du format Fits : https://fits.gsfc.nasa.gov/fits_primer.html

² Description officielle du format OIFits : <https://arxiv.org/pdf/1510.04556.pdf>

Voici par exemple les HDUs d'un OIFits³ issu de l'observation⁴ de π 1-Gruis⁵ publiée le 29 septembre 2014 par l'astronome Claudia Paladini (intervenante à l'édition 2021 de la VLTI School of Interferometry) :

Index	Extension	Type	Dimension
0	Primary	Image	0
1	OI_TARGET	Binary	17 x 1
2	OI_WAVELENGTH	Binary	2 x 3
3	OI_WAVELENGTH	Binary	2 x 3
4	OI_ARRAY	Binary	5 x 7
5	OI_VIS2	Binary	10 x 9
6	OI_VIS2	Binary	10 x 144
7	OI_VIS2	Binary	10 x 12
8	OI_VIS2	Binary	10 x 138
9	OI_T3	Binary	14 x 5
10	OI_T3	Binary	14 x 96
11	OI_T3	Binary	14 x 8
12	OI_T3	Binary	14 x 92

Figure 8 - HDUs d'un OIFits de π 1 Gruis

³ Lien de téléchargement du fichier :

http://oidb.jmmc.fr/search.html?perpage=25&public=yes&collection=~19f7e2cf-2a03-4bb2-b7e2-cf2a03bbb245&order=t_min&caliblevel=1%2C2%2C3

⁴ Rapport de l'observation :

https://www.researchgate.net/publication/321947876_Large_granulation_cells_on_the_surface_of_the_giant_star_pi1_Gruis

⁵ π 1-Gruis : https://en.wikipedia.org/wiki/Pi1_Gruis / <https://www.eso.org/public/images/eso1741a/>

D. Mes réalisations

Les premières semaines m'ont été utiles pour m'accommoder à la conceptualisation du projet Java. J'ai pu explorer les différents modules qui composent la suite de logiciels du JMMC et tester d'ajouter et d'enlever certaines fonctionnalités afin de comprendre son fonctionnement global. Pour m'accompagner dans mes recherches, mes collègues de Grenoble étaient toujours présents pour répondre à mes questions et m'aider lorsque je rencontrais des erreurs que je ne parvenais pas à résoudre. Ces échanges se sont faits via l'éditeur de texte gratuit en ligne Etherpad. Par la suite, les échanges ont eu lieu via la plateforme collaborative du JMMC basée sur le logiciel Twiki afin de garder une trace de l'avancée et des apports du stage⁶.

Mes premières réalisations m'ont permis de prendre le code en main et de m'avancer sur ce qui a été par la suite mon projet de stage. Parmi celles-ci, on peut noter :

- une fonctionnalité de tiling permettant de comparer plusieurs résultats calculés au préalable. Via un menu flottant activé lors du clic gauche, il est désormais possible d'ajouter un second panneau de visionnage. Il est donc réalisable d'afficher deux résultats simultanément (cf. Captures 1 - Tiling).
- une refonte de la liste des résultats en la transformant en un tableau plus lisible. Son principal avantage est qu'il ouvre la possibilité d'ajouter de nombreuses options d'édition car on peut y implémenter toutes sortes de composants là où la liste était contrainte de n'afficher qu'une chaîne de caractères (cf. Captures 2 - Tableau de résultats).

Toutes les fonctionnalités dont je vais parler par la suite ont été ajoutées au dépôt distant du JMMC sur le site Github (<https://github.com/JMMC-OpenDev>). Afin de respecter les bonnes pratiques du développement logiciel impliquant du versionnage de code, j'ai créé un fork des dépôts contenant les modules `oimaging` et `oiexplorer-core` dans mon propre profil Github (<https://github.com/MartinPratoussy>). Ainsi, j'ai pu travailler sur mon dépôt personnel sans perturber le développement de mes collègues expérimentés. En suivant la fonctionnalité de pull request de Github, mon code a pu être suivi, commenté et amélioré avant son intégration dans le dépôt du JMMC.

⁶ Page twiki du stage : <http://www.jmmc.fr/twiki/bin/view/Jmmc/Software/OImagingStageMartin>

1. Une règle de mesure

Quelques outils sont mis à la disposition de l'utilisateur s'il souhaite zoomer dans le plot ou changer la table de correspondance des couleurs. Mais un nouvel outil bienvenu serait une règle de mesure pour accéder plus simplement aux informations relatives à la taille de l'objet et l'angle de la mesure en degrés.

a) La gestion des overlays

La règle ne doit pas être tracée directement sur le plot mais dans un overlay, assimilable à une sorte de calque apposé par-dessus le graphique. Ainsi, l'affichage de la règle n'interfère aucunement avec l'image reconstruite et demeure sous l'entière responsabilité de l'overlay. Ce dernier prend place sur le panneau d'affichage de l'image lorsque l'utilisateur appuie sur un bouton à bascule déclenchant le traçage de mesures à la règle. Cet overlay est capable de convertir les coordonnées absolues en pixels dans l'écran en coordonnées relatives au graphique calqué. De cette manière, les mesures à la règle sont affichées en arc secondes conformément aux normes astronomiques.

b) Le fonctionnement

Une fois l'overlay activé, l'utilisateur doit cliquer à l'endroit de l'image où il souhaite démarrer sa mesure, déplacer sa souris vers le point d'arrivée de la mesure - la règle continue d'être affichée dynamiquement en fonction des mouvements de la souris - puis cliquer à nouveau pour verrouiller la position d'arrivée de la mesure. Les valeurs de la mesure, distance et angle, sont reportées à l'écran (cf. Captures 3 - Règle de mesure)..

c) L'intégration du dragging

Pour rendre cette règle un peu plus interactive et précise, il m'a été demandé d'ajouter la possibilité de faire glisser les deux extrémités de la règle. Cette fonctionnalité a pour but d'éviter à l'utilisateur de retracer intégralement la règle s'il souhaite modifier uniquement une seule des coordonnées de mesure. Cependant, certainement à cause d'interférences entre les différentes méthodes de gestion d'évènement, il n'était pas possible de glisser les coordonnées de la règle trop loin, trop vite ou trop souvent sous peine d'être confronté à des bugs d'affichage empêchant de prendre des mesures précises.

d) Un autre moyen pour rééditer sa mesure

La présence de l'outil zoom, qui s'active en sélectionnant une zone de l'image à afficher, fait appel aux mêmes événements que le dragging de la règle, les deux s'emmêlant. La manière de faire de cette fonctionnalité a été revue au profit d'un moyen plus simple. Nous avons ainsi décidé avec mes collègues de faire différemment : l'utilisateur clique de nouveau sur une extrémité de la règle déjà posée et sélectionne une coordonnée de remplacement. La fonctionnalité est désormais entièrement fonctionnelle et libérée de l'influence de l'outil de zoom.

2. Une exploration multispectrale

En l'état, Olmaging permet de ne visualiser qu'une seule image. Pour ce faire, soit l'utilisateur reconstruit les données d'un fichier d'observation Olfits, soit il charge directement un fits contenant une image conforme. Or, une observation contient souvent des données de la lumière de l'étoile à plusieurs longueurs d'onde et l'utilisateur aimerait pouvoir explorer les images reconstruites à chacune de ces longueurs d'onde.

Dans le cas où le fichier fits entré dans le logiciel contient un HDU à 3 dimensions, on peut parler alors d'un cube d'images. Les axes x et y peuvent être assimilés aux coordonnées des pixels dans l'image tandis que l'axe de profondeur z serait la valeur de la longueur d'onde de l'image. Par exemple, un HDU de dimension 256x256x45 contient une image de 256 par 256 pixels affichable en 45 longueurs d'onde différentes. Jusqu'alors, dans le cas où un fichier fits contenant un cube d'images était chargé, n'était affichée que la première image du cube sans aucun moyen de passer aux suivantes. En s'inspirant de la manière dont le logiciel de préparation d'observations Aspro2 traitait la question de l'affichage d'un cube d'images, c'est-à-dire par le biais d'un panneau d'animation passant d'une image à l'autre selon un délai fourni par l'utilisateur, il a été décidé d'implémenter un outil similaire dans Olmaging. L'idée de reproduire ce principe d'animation a été écartée au profit d'un slider parcourant l'intégralité du cube d'images.

J'ai retenu trois solutions pour implémenter cette fonctionnalité :

1. Ajouter un composant jSlider au panneau d'affichage de l'image :

Cette première solution a essentiellement été mise en place pour donner un aperçu de l'affichage d'un cube d'images. En effet, de cette manière, le code est très peu lisible car écrit arbitrairement à l'intérieur de méthodes déjà écrites, ne respectant donc pas les principes de conception mis en place.

2. Créer un nouveau panneau SliderPanel, contrôleur du cube d'images :

En lui passant en paramètre de constructeur les données du cube d'images, il possède un contrôle total sur la gestion du cube. En lui implémentant un éditeur d'intervalles à afficher, il peut remodeler à la guise de l'utilisateur le contenu de la liste générée par le cube d'images. Seulement, réduire la liste à afficher rendrait le retour au cube d'origine impossible sauf à le stocker au préalable.

3. Créer un nouveau panneau SliderPanel, contrôleur partiel du cube d'images :

Bien que similaire à la solution précédente, celle-ci se démarque par le retrait du passage du cube d'images dans l'éditeur du slider. Ainsi, la responsabilité de l'éditeur est réduite à la simple définition d'un intervalle pour le slider. Ce dernier contient en permanence le cube qui a été chargé par l'utilisateur. Sans modifier la source, le slider permet ainsi d'afficher seulement les images qui ont été sélectionnées par l'utilisateur.

a) Le développement

A l'image de la classe AnimatorPanel du logiciel Aspro, la classe SliderPanel sera un composant agissant comme un contrôleur de l'affichage. Ce n'est pas la classe d'affichage de l'image qui viendra chercher les valeurs à afficher sur le slider mais directement le panneau SliderPanel qui enverra à FitsImagePanel l'image à afficher selon les valeurs du slider. Cette classe de type JPanel est donc peuplée d'un composant JSlider de la librairie Swing, mais aussi d'un bouton déclenchant l'ouverture d'une nouvelle fenêtre permettant l'édition de l'intervalle à afficher. Avec une responsabilité moindre, ce dernier se contente seulement de retourner un intervalle compris entre le premier et le dernier index d'image du cube d'images sans jamais agir directement sur les données.

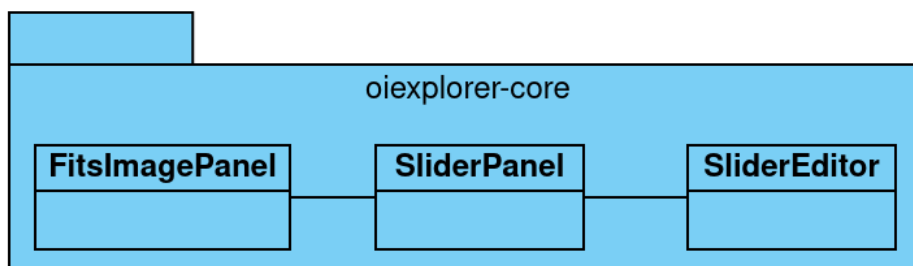


Figure 9 - Diagramme de classe UML relatif au Slider

Comme on peut le voir sur le diagramme de classe UML ci-dessus, le code fait intégralement partie du package oiexplorer-core, c'est ce dernier qui a le contrôle total sur le fonctionnement du slider. La gestion de son affichage, selon que le fichier fits chargé soit une image ou un cube d'images, se fait quant à elle dans le module oimaging. Via un accesseur dans FitsImagePanel, oimaging s'occupe seulement de rendre le composant visible ou invisible sans véritable contrôle sur son intégration et son contenu.

b) Les conflits entre les modules

La fonctionnalité de slider est implémentée dans Oimaging et fonctionne selon ce qui était attendu. Cependant, comme cette classe est implémentée dans oiexplorer-core, présent dans pratiquement tous les autres modules, et qu'elle n'est pas responsable de son intégration dans le FitsImagePanel (entendre par là que ce n'est pas oiexplorer-core qui décide de l'afficher ou non mais bien le module dans lequel il est utilisé, Oimaging dans notre cas), des conflits apparaissent avec Aspro2 qui possède déjà sa propre gestion d'un cube d'images avec son AnimatorPanel. Il faudrait donc ajouter dans chaque module un moyen de décider si oui ou non, on désire mettre en place un SliderPanel.

c) *La résolution du problème*

Au lieu de créer un cas particulier de l’affichage du FitsImagePanel dans chacun des modules qui l’utilisent, la solution retenue au moment de la découverte du problème donne la responsabilité du SliderPanel à Oimaging au lieu de oiexplorer-core. Ainsi, seul Oimaging a la capacité d’explorer un cube d’images avec un slider dans un panneau FitsImagePanel.

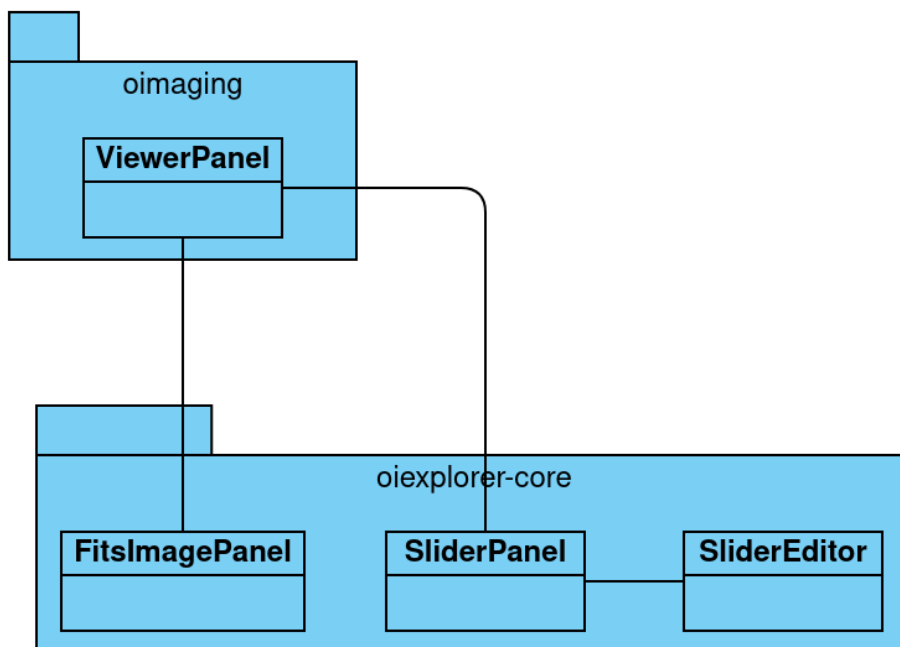


Figure 10 - Diagramme de classe UML amélioré

Désormais, on peut voir que FitsImagePanel ne crée pas d’instance de SliderPanel, c’est bien Oimaging qui s’en charge. Ce n’est qu’une fois instancié que l’objet de type SliderPanel va être intégré au panneau FitsImagePanel⁷.

d) *Le remplacement des index par les longueurs d’onde*

Le slider est fonctionnel et est capable d’explorer l’intégralité d’un intervalle d’images. Néanmoins, pour être tout à fait en accord avec le cahier des charges, il faudrait remplacer la navigation entre index par une navigation entre longueurs d’onde. Cependant, cela nécessiterait une vérification en amont du fichier Fits pour voir s’il contient bien un cube d’images de la même observation à plusieurs longueurs d’onde différentes, ce que le manque de temps n’a pas pu permettre.

⁷ Liens vers les pull request : <https://github.com/JMMC-OpenDev/oiexplorer-core/pull/4>

3. Un tableau pour les résultats

Lorsque la reconstruction de l'image est terminée, une entrée est ajoutée à une liste de résultats. En sélectionnant un parmi ces derniers, il est possible de charger la reconstruction qui lui est attachée. On retrouve ainsi l'image, les paramètres de l'Olfits et les logs générés par le logiciel. Les entrées dans cette liste se présentent sous cette forme : [Algorithme utilisé] [état de la reconstruction] [heure de la reconstruction]. Pour une reconstruction réussie d'un Olfits de $\pi 1$ -Gruis avec l'algorithme WISARD à 11:22:21, l'affichage donne : **WISARD run ok @ 11:22:21**. Cet affichage est peu clair, non éditable et non triable.

Originellement, les résultats, stockés dans une liste, sont affichés avec un composant JList. Pour étendre les possibilités de triage, de filtrage et d'édition, mes collègues et moi avons choisi d'opter pour une JTable. En créant un modèle de tableau personnalisé, il sera donc possible d'associer à l'affichage des résultats des composants moins rudimentaires que de simples chaînes de caractères dont une JList est composée. De plus, l'avantage évident qu'apporte un affichage par le biais d'un tableau est la possibilité de trier son contenu. En effet, jusqu'alors, après une longue session de reconstruction sur Olmaging, il était très peu aisé de se retrouver dans la toute aussi longue liste de résultats générés. Surtout qu'avec le peu d'informations partagées par l'affichage d'une entrée, il était long et pénible d'avoir à rembobiner de nombreuses reconstructions avant de retrouver celle recherchée.

Avec les possibilités offertes par un tableau, la pénibilité de la navigation parmi les résultats disparaît complètement. Voici la structure de ce tableau :

Index	Name	Target	Timestamp reconstruction	Wavelength	Algorithm	RGL_WGT	Success	Rating	Comments
-------	------	--------	--------------------------	------------	-----------	---------	---------	--------	----------

- Index : la position de la reconstruction
- Name : le nom du fichier Olfits
- Target : le nom de la cible
- Timestamp reconstruction : l'heure de la reconstruction au format HH:MM:SS
- Wavelength : l'intervalle de longueurs d'onde de l'image reconstruite
- Algorithm : l'algorithme utilisé pour la reconstruction parmi les quatre disponibles
- RGL_WGT : le poids du facteur de régularisation
- Success : la réussite ou non de la reconstruction
- Rating : une note pour la reconstruction sous la forme de cinq petites étoiles
- Comments : un champ pour entrer des commentaires éventuels

a) *Le modèle*

Créer une JTable nécessite l'intégration et la surcharge d'une classe modèle qui contient la matrice d'affichage du tableau. On y désigne le nom des colonnes, les types d'objets à mettre dans les cases ainsi que les méthodes qui lui sont propres.

Quant au tri des résultats, je pouvais compter sur le modèle de table BasicTableSorter déjà utilisé dans les autres modules affichant des tableaux tels que le logiciel de recherche de calibrateurs SearchCal. Cette classe est importante par la suite car elle permet de convertir les index du tableau trié par les vrais index du modèle initial.

Pour intégrer un élément personnalisé à l'intérieur d'une cellule du tableau, il est nécessaire de lui attacher un moteur de rendu particulier en remplacement de celui par défaut qui ne permet que d'afficher des types simples (entiers naturels, chaînes de caractères, booléens, ...). De cette manière le tableau est capable d'afficher des éléments complexes et n'importe quel type de composant de la librairie graphique Swing.

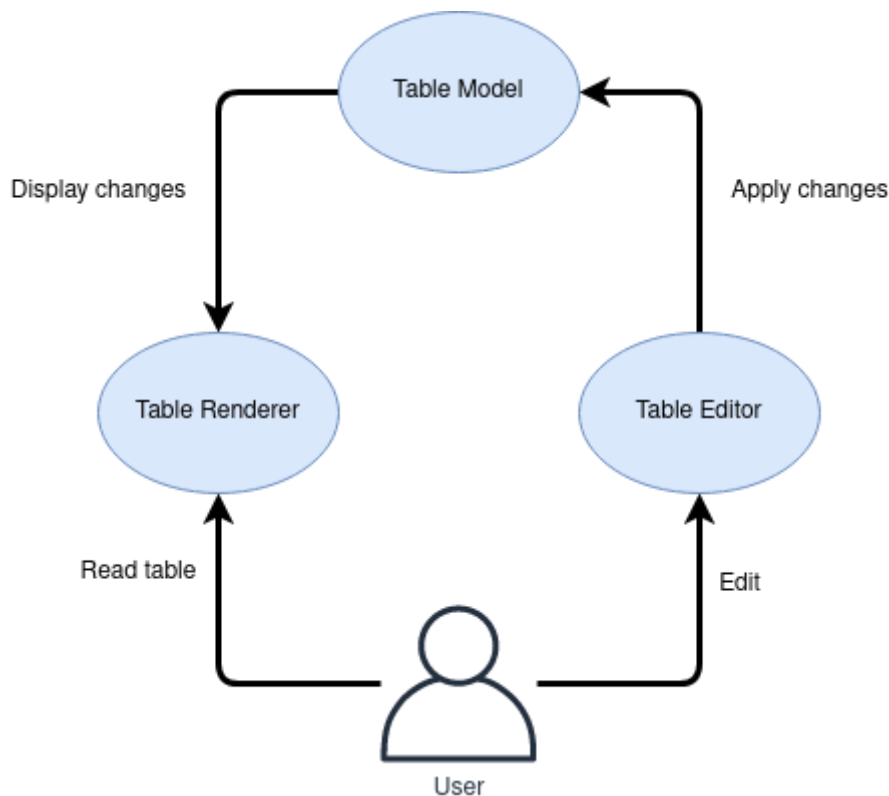


Figure 11 - Fonctionnement de la classe JTable selon les principes du MVC

b) *Les cellules des résultats*

Une liste existante comprenant toutes les reconstructions effectuées est déjà présente dans le code. Quand un nouveau résultat est généré, une méthode s'occupe de nettoyer l'intégralité de cette liste et d'insérer à nouveau tous les résultats précédents ainsi que celui venant d'être produit. J'ai adopté le même principe pour le tableau. Il s'actualise à chaque fois que la liste est modifiée. De ce fait, il n'agit qu'en tant qu'intermédiaire de visualisation de la liste de résultats existante, il n'agit jamais sur le contenu des reconstructions. Chaque cellule comportant des informations provenant de la liste existante est donc bien remplie. A cela viennent s'ajouter d'autres cellules personnalisées ajoutant

la possibilité de noter et commenter les résultats. En conséquence de quoi, j'ai réuni les résultats et ces nouvelles valeurs dans un même objet.

Cependant, une difficulté a mis le développement de ces fonctionnalités en pause pendant une longue période. La liste des résultats est effacée et redéfinie à chaque fois qu'une nouvelle reconstruction est effectuée ou effacée. J'ai donc écrit la table des résultats de la même manière. De ce fait, comme je transmets au tableau des objets personnalisés comprenant non seulement les données des résultats mais aussi de nouvelles valeurs diverses, je suis contraint de les effacer et de les réécrire. Or, à l'image de la liste des résultats, je souhaiterais conserver ces valeurs pour les intégrer de nouveau dans le tableau.

J'ai essayé de ne pas effacer la liste et de n'ajouter que le dernier résultat enregistré mais cette solution ne permet pas de prendre en compte les lignes supprimées et génère donc des fuites de mémoire.

Finalement, je suis sorti du cadre du tableau des résultats et ai intégré directement les attributs qui me posaient problème au sein même de la classe représentant le résultat.

(1) La cellule de numérotation

Etant donné que la liste des résultats est régulièrement intégralement recrée avec des valeurs en plus ou en moins, il est difficile d'attribuer un numéro unique à chacun des résultats. Par exemple, si l'on souhaite supprimer une ligne du tableau, l'index correspondant deviendra fantôme et ne ciblera plus rien, engendrant ainsi un vide de mémoire à cet endroit du tableau. Pour éviter une manipulation trop fastidieuse des index et la génération d'exception de références nulles, j'ai décidé de donner comme index aux reconstructions la ligne du tableau dans laquelle elles sont présentes dans un sens ascendant. Ainsi, si un résultat est supprimé, un autre sera indiqué à l'index correspondant. L'index ne fait donc pas réellement partie du résultat, il est juste présent à titre d'indication.

L'indépendance de l'index a ouvert la porte à une réflexion sur la nécessité d'une telle valeur. Si l'utilisateur voulait trier ses résultats par ordre, il aurait plutôt tendance à regarder du côté de la date et l'heure de la reconstruction qui situerait chronologiquement ses résultats. Un index pourrait tout de même être utile en tant qu'identifiant d'une reconstruction, un peu comme un id unique. Le numéro ne serait plus véritablement un index mais plutôt un moyen d'identifier chaque résultat.

(2) La cellule de succès

Dans ce cas, il suffit tout simplement d'implémenter un renderer personnalisé retournant un objet correspondant au booléen symbolisant la réussite ou non de la reconstruction. Afin de m'assurer que le renderer défini est bien fonctionnel, j'ai choisi de changer la couleur du fond de la cellule. Par la suite, j'ai remplacé ce système de colorisation assez rudimentaire et peu attrayant par deux icônes : un rond vert avec une coche quand la reconstruction s'est achevée sans problèmes et un rond rouge avec une croix lorsque cette dernière n'a pas abouti. Il en ressort un affichage beaucoup plus clair que les simples mentions de *ok* et *ko* utilisées précédemment dans la liste (cf. Captures 4 - Cellule de succès).

c) Les cellules adjacentes

(1) Le système d'évaluation

Contrairement à la cellule de succès vue auparavant, la cellule affichant l'évaluation de la reconstruction par l'utilisateur a besoin d'être éditable. La librairie graphique Swing n'intégrant aucun composant correspondant à un système de notation à étoiles, j'ai pu récupérer un composant Java coïncidant parfaitement à ce que je cherchais sur Internet, qui plus est dans le domaine public⁸. C'est donc une instance de ce composant qui est désormais retournée par le renderer. Cependant, l'intégration ne s'arrête pas là. Nous avons un modèle de table et une vue pour la cellule d'appréciation, mais il nous manque encore un contrôleur afin de respecter le principe du Modèle-Vue-Contrôleur dont les tableaux Swing jouissent. Cette nouvelle classe prend la forme d'un éditeur de cellule qui retourne au modèle la nouvelle valeur du composant désiré. Le moteur de rendu, soit la vue, n'a donc plus qu'à piocher dans le modèle pour récupérer et afficher le composant actualisé (cf. Captures 5 - Le système d'évaluation).

L'intégration de cette cellule personnalisée s'est avérée plus difficile que prévu. En effet, les éditeurs de cellules ne sont nativement compatibles qu'avec certains composants Swing tels que les checkbox, les combobox ou les boutons. Pour le panneau d'évaluation, dont le niveau de personnalisation est très élevé, il est nécessaire de bien prendre en compte les différents événements générés par ce composant personnalisé ainsi que ceux générés par le tableau. Faute de quoi les deux se superposent et le programme interprète mal quelle cellule de quelle ligne l'utilisateur est en train de modifier.

(2) La cellule de commentaires

Un commentaire n'étant qu'une simple chaîne de caractères entrée par l'utilisateur, il a suffi d'indiquer dans le modèle du tableau que cette cellule est éditable. Comme ce type de variable est le type par défaut du contenu d'une cellule d'un tableau Java, il n'y a pas eu besoin de créer de renderer et d'éditeur personnalisé car aucune conversion de format de données n'est nécessaire.

4. La manipulation des résultats

a) La suppression

L'utilisateur peut parfois vouloir supprimer un résultat insatisfaisant, raté ou bien issu d'une reconstruction qui n'a pas aboutie, mais il n'existe aucun moyen pour accomplir cela. J'ai donc implémenté un bouton dont le code recherche les lignes du tableau sélectionnées et supprime le résultat correspondant. Comme évoqué plus haut, il ne s'agit pas réellement de supprimer directement une ligne du tableau mais plutôt de l'actualiser après avoir retiré de la liste la valeur sélectionnée.

b) Le multi-affichage

(1) Avec une grille

Lorsque l'utilisateur a généré un nombre important de reconstructions, il lui est assez fastidieux de chercher à comparer chacune de ces images entre elles. Non seulement il n'a pas accès aux informations primaires des reconstructions — jusqu'à l'intégration du tableau de résultats décrit en amont — mais en plus, il est obligé de naviguer entre chaque reconstruction s'il souhaite sélectionner

⁸ StarRater : <http://blog.noblemaster.com/2010/08/31/star-rating-panel-for-java-swing/>

les meilleurs résultats ou les classer selon ses besoins. Afin de lui faciliter la tâche et de rendre ces manipulations inusitées et dans la continuité de l'ébauche de fonctionnalité de tiling mentionnée auparavant, la solution retenue lui permettra d'afficher une sélection d'images reconstruites sous la forme d'une grille de taille s'ajustant automatiquement au nombre de résultats affichés.

Pour mettre en œuvre cette fonctionnalité, j'ai ajouté un bouton qui, lorsqu'il est activé, récupère les images correspondantes aux lignes du tableau sélectionnées. Pour chacune de ces valeurs, un panneau d'affichage est créé. A chaque nouvelle itération, ce dernier est disposé dans une grille. La taille de celle-ci est calculée afin que les images occupent le maximum de places disponibles sur l'écran (cf. Captures 6 - Multi-affichage).

(2) Avec un slider

J'ai mis en place un autre moyen permettant d'explorer rapidement les différents résultats. Il s'agit d'un slider dont le fonctionnement est pratiquement identique à l'exploration d'un cube d'images comme vue dans une partie précédente. La seule différence est qu'il explore non pas plusieurs images au sein d'un même fichier **.fits** mais bien l'ensemble des images générées par les reconstructions. Si les reconstructions concernent toutes la même observation, le slider peut permettre à l'utilisateur d'animer manuellement les images. Il lui est ainsi plus aisé de comparer les différences entre les résultats.

c) *Le principal problème soulevé*

Ces fonctionnalités ont soulevé un problème de fond dans la conception du programme. En effet, la liste des résultats est présente à plusieurs endroits sous différentes formes. Lorsque l'utilisateur souhaite la manipuler, selon la fonctionnalité qu'il cherche à mobiliser, il lui arrive de récupérer les valeurs de la liste Swing (destinée à être enlevée par la suite), dans le tableau des résultats, dans une variable créée en tant que raccourci ou encore dans le modèle de la session. Le requêtage de la liste ne devrait s'effectuer que depuis une source primaire et accessible par tout le code.

Sans cela, nous étions confrontés à un problème d'ergonomie assez déstabilisant pour l'utilisateur. En sélectionnant une ligne du tableau, si ce dernier était trié dans un ordre différent de celui d'origine, une confusion apparaissait entre la ligne sélectionnée du tableau et la ligne sélectionnée de la liste Swing qui n'était pas positionnée au même index.

De plus, toutes les fonctionnalités de manipulation interagissent avec le tableau, or ce dernier possède sa propre liste de résultats calée sur celle du modèle original. Si le tableau est trié, sa liste aussi, ce qui influe sur l'utilisation du slider et de la grille de résultats. Les résultats sont affichés dans un ordre complètement arbitraire. Il faudrait par la suite mettre en place des normalisations afin de déterminer s'il est préférable ou non de se baser sur l'ordre d'affichage des résultats dans le tableau ou de conserver l'ordre naturel des reconstructions.

5. Une évolution du tableau des résultats

En l'état, le tableau des résultats des différentes reconstructions effectuées par l'utilisateur est généré par un modèle dont les colonnes sont statiques. En quelque sorte, le modèle est créé en dur dans le code. Cette approche correspond à la vision initiale de la fonctionnalité mais après plusieurs discussions et avec la volonté de rendre le logiciel toujours plus ergonomique et fourni en fonctionnalités pour l'utilisateur final, nous avons voulu nous rapprocher d'un modèle dynamique et

d'une table entièrement personnalisable par l'utilisateur. Il faudrait ainsi que les champs remplis dans le tableau proviennent directement du fichier OIFits d'entrée et celui de sortie ainsi que des nouveaux champs non présents dans ces fichiers tels que l'évaluation ou le commentaire dont les cellules ont été créées précédemment. D'autant plus que cette solution nous permettra à l'avenir de stocker plus facilement les données générées après la reconstruction (évaluation, commentaires) de manière permanente dans le fichier OIFits de sortie⁹.

a) *Des colonnes dynamiques*

Il existe un nombre limité de mots-clés pouvant être associés à une valeur dans le format de fichier normalisé OIFits. Cependant, tous ne seront pas forcément utilisés pendant une reconstruction. Le principe de colonnes dynamiques signifie que l'on va vouloir afficher en tant qu'en-têtes de colonnes tous les mots clés auxquels est associée une valeur. Ces paires clé-valeur changent selon l'algorithme de reconstruction d'image utilisée. Ainsi, lorsque plusieurs algorithmes ont été utilisés pendant une session de reconstruction, tous les résultats possèdent des mots-clés communs et d'autres distincts.

En-têtes WISARD	En-têtes MIRA	Autres en-têtes	En-têtes finaux
TARGET EXTNAME NAXIS2 FLUXERR WAVE_MIN WAVE_MAX AUTO_WGT RGL_WGT LAST_IMG	TARGET EXTNAME NAXIS2 FLUXERR WAVE_MIN WAVE_MAX AUTO_WGT RGL_WGT USE_T3 INIT_IMG RGL_NAME USE_VIS2 USE_VIS	STARING COMMENTS	TARGET EXTNAME NAXIS2 FLUXERR WAVE_MIN WAVE_MAX AUTO_WGT RGL_WGT LAST_IMG USE_T3 INIT_IMG RGL_NAME USE_VIS2 USE_VIS STARING COMMENTS

Figure 12 - Fonctionnement de l'algorithme de concaténation

Dans l'exemple ci-dessus, on voit en noir les mots-clés communs aux deux algorithmes utilisés, en rouge un mot-clé spécifique à WISARD, en vert des mots-clés spécifiques à MIRA et en bleu des mots-clés de valeurs ajoutées par l'utilisateur directement. Tous se rassemblent sans doublons pour former les en-têtes du tableau.

Pour structurer le tableau, il va falloir fusionner les mots-clés de chaque OIFits généré pour créer des en-têtes de colonnes qui posséderont au moins une valeur parmi toutes les lignes du tableau. Les en-têtes de colonnes ne sont plus fixés à un index comme précédemment. La recherche de valeur dans le tableau ne se fait donc plus par index mais par la recherche de paires clé-valeur évitant par ailleurs de potentielles exceptions de référence nulle.

⁹ Lien vers la Pull request : <https://github.com/JMMC-OpenDev/oimaging/pull/2>

b) Un éditeur pour l'affichage

La gestion des colonnes se fait par l'intermédiaire d'une petite fenêtre de dialogue invitant l'utilisateur à choisir quel mot-clé il souhaite enlever ou ajouter. Cette option est développée toujours avec le même objectif de rendre le logiciel plus ergonomique afin de répondre au mieux aux besoins des utilisateurs. Ce tableau personnalisable s'inscrit donc dans l'envie d'obtenir une expérience utilisateur d'Omaging beaucoup plus riche et attractive (cf. Captures 7 - Editeur de tableau).

L'ensemble de ces réalisations répond au besoin initial énoncé pendant la définition de mon projet de stage qui était de trouver un nouveau moyen de naviguer dans les résultats des reconstructions et d'imaginer de nouvelles possibilités d'affichage des images reconstruites.

V. Conclusion

A. Les apports du stage

Ce stage a été une expérience très enrichissante autant sur les plans technique qu'humain ; technique car j'ai relevé pour la première fois le challenge de contribuer à l'amélioration d'un code existant. En effet, je n'ai jusqu'alors participé qu'à des projets à réaliser à partir de zéro. Cela m'a permis aussi de mettre en pratique de nombreux concepts abordés principalement en cours de programmation orientée objet – le stage m'ayant appris l'importance d'une bonne encapsulation et du respect des responsabilités de chaque classe – et de modélisation des systèmes d'information et dans une moindre mesure de l'administration système Linux. Et sur le plan humain, j'ai dû interagir avec des experts d'un domaine qui m'était presque inconnu afin de comprendre le champ d'application des fonctionnalités qu'il m'était demandé de réaliser. J'ai ainsi pu élargir ma culture générale et scientifique. Les nombreuses réunions, discussions en ligne et requêtes de Pull request sur GitHub m'ont donné l'occasion de travailler en équipe à une échelle que je n'avais pas encore connue.

B. Les points d'amélioration

Etant arrivé un moment où les utilisateurs d'OImaging n'avaient pas encore été sollicités pour établir un cahier des charges pertinent, nous avons noté de nombreux points à améliorer dans le logiciel pour essayer de satisfaire au mieux leurs potentiels besoins en matière de reconstruction d'image. Ma contribution pendant le stage a permis de remplir certains de ces points mais aussi d'en ouvrir de nouveaux car la recherche de bugs et de nouvelles fonctionnalités était en constante évolution pendant ces trois mois. Ainsi, ce sera la mission du nouvel informaticien – recruté en CDD pour poursuivre mon travail – de perfectionner entre autres le tableau des résultats que je n'ai malheureusement pas eu le temps de compléter ou encore de nombreuses fonctionnalités qui auraient été intéressantes à développer au cours de mon stage mais dont le manque de temps aura eu raison. Mon projet de stage a au final été suffisamment bien ciblé de sorte que mes apports transforment significativement l'usage qu'un utilisateur fait d'OImaging. En ce sens et malgré le manque de temps, mon stage a été un succès aussi bien pour moi que pour le JMMC.

La réunion que nous avons entreprise à Grenoble le dernier jour de mon stage a été l'occasion de mettre le doigt sur des éléments qui ne fonctionnaient pas dans la gestion de projet. Nous avons discuté de la pertinence d'organiser en début de contrat des futurs informaticiens une session d'initiation ou d'apprentissage rapide des concepts scientifiques abordés par les logiciels. Nous en avons parlé car l'interférométrie optique étant un domaine complexe, il serait bon que chaque nouveau développeur recruté comprenne précisément la demande des chercheurs. Cela pourrait se faire par le biais d'une documentation du code plus fournie avec des diagrammes de classes UML, des exemples de cas d'utilisation, etc. Pour ma part, j'ai eu la chance d'être embauché au moment de la dixième édition de l'école du VLTI me permettant ainsi de m'immiscer plus facilement dans le domaine de l'interférométrie optique.

C. Le bilan du stage

En conclusion, j'ai rempli ma mission de rendre OImaging plus accessible et plus riche en fonctionnalités, ce qui permettra par la suite d'attirer davantage de chercheurs vers ce logiciel pour effectuer leurs reconstructions d'images. Une version bêta est d'ores et déjà disponible au

téléchargement et comprend toutes les fonctionnalités que j'ai ajoutées¹⁰. Sur le plan personnel, ce stage m'a aussi permis de me rapprocher d'un domaine qui me passionne depuis toujours et m'a même peut-être ouvert de nouvelles perspectives de carrière dans la recherche scientifique.

¹⁰ Oimaging v0.5.4 beta 2 : <http://apps.immc.fr/~betaswmgr/Oimaging/>

VI. Bibliographie

A. Sources littéraires

- Serge Meimon. Reconstruction d'images astronomiques en interférométrie optique. Astrophysique [astro-ph]. Université Paris Sud - Paris XI, 2005. Français. tel-00011355ff (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00011355/document>)
- Optique ondulatoire : interférences, interférométrie et polarisation (http://psychosmose.free.fr/physics/phy234/Optique_Ondulatoire.pdf)

B. Sources Internet

- Documentation Java : <https://docs.oracle.com/en/java/>
- Documentation Swing : <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/javafx/swing/package-summary.html>

C. Sources picturales

- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Observatoire_Lyon_Coudee.JPG
- https://fis-landschaft.de/typo3temp/assets/_processed_/f/3/csm_VLT-Teleskop-Sonnenaufgang_cdfaeaa3d9.jpg
- <http://www.flashespace.com/icones/nov07/vltiG.jpg>
- <https://omegataupodcast.net/once-you-start-asking/img/telescopes/vlt7.jpg>

VII. Glossaire

ESO (European Southern Observatory) : Fondée en 1962 par cinq pays européens, il a pour objectif de fournir aux scientifiques un observatoire de pointe au sol dans l'hémisphère austral. Siégé à Garching bei München près de Munich en Allemagne, il compte aujourd'hui seize Etats membres et trois sites d'observations basés au Chili. D'ici 2025, l'organisation souhaite mettre en place l'Extremely Large Telescope avec un miroir d'un diamètre de 39 mètres (à titre de comparaison, les miroirs des télescopes du VLT font 8 mètres de diamètre). Il permettrait de voir plus précisément et plus loin et ainsi permettre des avancées majeures dans le domaine de l'astronomie.

GRAVITY (General Relativity Analysis via Vlt InTerferometry) : Cet instrument opère dans la bande K (entre 2,0 et 2,4 microns). Il combine les faisceaux d'un maximum de quatre télescopes du VLT pour faire de l'imagerie interférométrique et de l'astrométrie par référencement de phase. En mode imagerie, GRAVITY est capable de résoudre des détails entre 4 mas et 50 mas avec les UT et entre 2 mas et 140 mas avec les AT. Il a été mis en service et offert à la communauté scientifique en 2016.

Interférométrie optique à longue base : C'est une technique d'interférométrie qui permet d'obtenir un pouvoir de résolution bien supérieur à celui d'un télescope classique. Pour ce faire, au moins deux télescopes sont utilisés pour recevoir la lumière d'une source. Une fois captées, les ondes électromagnétiques sont envoyées dans des delay lines pour être rephasées, puis finissent leur trajet dans un instrument de recombinaison de faisceaux lumineux afin d'être affichées sous forme de franges d'interférences exploitables par les scientifiques

Java Swing : Présente parmi les principales évolutions apportées par la version 2 de Java, elle est une bibliothèque graphique permettant de créer des interfaces graphiques pour des applications bureau quel que soit le système d'exploitation utilisé. Elle reste jusqu'en 2014 la bibliothèque graphique par défaut de Java avant de se faire déloger par JavaFX.

Jean-Marie Mariotti (1955-1998) : Opticien et astronome de carrière, il a apporté une grande contribution au domaine émergent de la haute résolution angulaire et surtout à l'interférométrie. Son projet de rassembler la lumière de sept télescopes au sommet du volcan Mauna Kea à Hawaï pour en faire un interféromètre à grande échelle devient aujourd'hui une réalité avec le projet OHANA (Optical Hawaiian Array for Nanoradian Astronomy). Il a eu un rôle essentiel dans l'émergence du VLTI et de la mission spatiale DARWIN pour l'étude des exoplanètes.

MATISSE (Multi Aperture Mid-Infrared Spectroscopic Experiment) : Contrairement à PIONIER et GRAVITY, il est théoriquement capable de combiner la lumière des quatre UT et des quatre AT dans la même observation, décuplant ainsi le pouvoir de résolution. Il a été utilisé pour la première fois en Mars 2018 et observe dans l'infrarouge en bande L, M et N.

MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) : Le projet de spectrographe intégral de champs a vu le jour au début des années 2000 au CRAL. Le montage de l'outil a débuté en 2009 en partenariat avec l'ESO, l'Observatoire de Leyde aux Pays-Bas, le Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes (LATT), l'Institut für Astrophysik à l'Université de Göttingen en Allemagne, l'Institute for Astronomy de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich et l'Institut Leibniz d'Astrophysique de Potsdam. Il capte sa première lumière le 31 janvier 2014 sur le site de l'Observatoire du Cerra Paranal où se tient le Very Large Telescope. Il est à ce jour l'instrument le plus demandé du VLT.

PIONIER (Precision Integrated-Optics Near-Infrared Imaging Experiment) : Développé par l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (IPAG), il a effectué sa première lumière en octobre 2010. Il recombine les faisceaux de quatre télescopes dans l'infrarouge en bande H (de 1,45 à 1,8 micron).

Résolution Angulaire : C'est le pouvoir de résolution d'un système optique, tel qu'un microscope, un télescope ou encore l'œil. Cette résolution peut être représentée la distance minimale qui sépare deux points distincts pour que ceux-ci soient correctement discernés par l'instrument utilisé. La haute résolution angulaire décrit les études interférométriques de précision.

VLT (Very Large Telescope) : Le projet de construire ce qui sera alors le télescope le plus puissant au monde pendant des décennies a été décidé par l'ESO le 8 décembre 1987. L'année suivante, le Chili fait don de son site du Cerro Paranal d'une surface de 7825 km² pour l'installation des composants à venir du VLT. En mai 1998, une première lumière est reçue par le premier télescope opérationnel du projet. En 2001, les quatre télescopes principaux sont construits et opérationnels. Il est à l'origine de nombreuses découvertes scientifiques notamment la preuve de l'existence du trou noir supermassif Saggiarrius A* au centre de la voie Lactée.

VIII. Annexes

Annexe 1 - VLT School	35
Annexe 2 - Acquisition de compétences en entreprise.....	37
Annexe 3 - Récapitulatif de la recherche de stage.....	39
Annexe 4 - Offre de stage.....	39
Annexe 5 - Captures d'écran	40
Annexe 6 - Evaluation du maître de stage	42
Annexe 7 - Attestation de stage	48

Annexe 1 - VLT School

Les deux premières semaines de mon stage ont été l'occasion pour moi de suivre la dixième édition de l'école du VLT créée pour initier les astronomes à l'utilisation du VLT. Bien que n'étant que très peu qualifié pour profiter de tous les sujets abordés par cet événement, j'ai tout de même pu élargir mon champ de connaissance en interférométrie et comprendre plus en profondeur les enjeux et instruments propres à ce domaine.

Voici le programme de l'évènement :

Monday June 7

- **14h00-14h45 Virtual tour of the school facility on Gather Town**
- **14h45-15h00 Welcoming talk and school organization**
- **15h00-16h50 Introduction to interferometry I (1h50) David Buscher**
- 16h50-17h10 Coffee Break
- **17h10-19h00 Introduction to interferometry II (1h50) David Buscher**

Tuesday June 8

- **10h00-12h00 Test of practice session tools (Eastern Hemisphere students)**
- **13h00-15h00 Test of practice session tools (Western Hemisphere students)**
- **15h00-15h55 Overview of the VLT and its evolution (55min) Antoine Mérand**
- 15h55-16h15 Coffee Break
- **16h15-19h00 Practice session: Interferometry basics with ASPRO (2h45)**

Wednesday June 9

- **15h00-15h55 The GRAVITY instrument and its science results (55min) Felix Widmann**
- **15h55-16h50 MATISSE Overview (55min) Bruno Lopez**
- 16h50-17h10 Coffee Break
- **17h10-18h00 The CHARA Array (50min) Gail Schaefer**
- **18h00-18h30 SPICA: the new visible instrument at CHARA (30min) Denis Mourard**
- **18h30-19h00 MIRCX and MYSTIC: near-infrared interferometry at CHARA (30min) Claire Davies**

Thursday June 10

- **15h00-15h40 Proposals preparation and OPC selection process (40min) Claudia Paladini**
- **15h40-17h40 Practice Session : Observation preparation with ASPRO (2h00)**
- 17h40-18h00 Coffee Break
- **18h00-19h00 MATISSE Data Reduction (1h) Florentin Millour**

Friday June 11

- **15h00-17h00 Practice session: MATISSE Data reduction (2h)**
- 17h00-17h20 Coffee Break
- **17h20-18h10 Theory and Modelling of YSO (50min) Lucia Klarmann**
- **18h10-19h00 Interferometry of YSO review (50min) Rebeca Garcia Lopez**

Monday June 14

- **15h00-16h00 Introduction to model fitting of interferometric data (1h) Michel Tallon**

- **16h00-19h00 Practice session: model fitting with LITpro (3h)**

Tuesday June 15

- **15h00-15h55 Planet formation and interferometry (55min) Sylvestre Lacour**
- **15h55-16h50 Exoplanets and Interferometry (55min) Roxanne Ligi**
- 16h50-17h10 Coffee Break
- **17h10-17h40 Asteroids and Interferometry (30min) Alexis Matter**
- **17h40-18h30 Principles of image reconstruction (50min) Fabien Baron**
- **18h30-19h00 Overview of optical interferometric images (30min) Jacques Kluska**

Wednesday June 16

- **15h00-16h00 MATISSE Image Reconstruction software IRBIS (1h) Karl-Heinz Hofmann**
- **16h00-19h00 Practice session: Image Reconstruction with IRBIS (3h)**

Thursday June 17

- **15h00-16h00 Lecture: Short introduction to radiative transfer (1h) Alexis Matter**
- **16h00-19h00 Practice session: radiative transfer modelling (3h)**

Friday June 18

- **15h00-19h00 ESO Proposals Preparation final session**

Source : <https://vltischool2021.sciencesconf.org/resource/page/id/3>

Entreprise : Université Claude Bernard Lyon 1, Observatoire des Sciences de l'Univers de Lyon.

Titre du stage : Développement (Java) de logiciels d'imagerie en interférométrie optique

<p>Descriptif du ou des projets</p>	<p>Le Centre Jean-Marie Mariotti (JMMC http://www.jmmc.fr/) développe, maintient et met à disposition de la communauté internationale des outils pour l'observation Astronomique par interférométrie optique. Sous la tutelle du CNRS/INSU, les partenaires de Paris, Lyon, Nice et Grenoble regroupent les chercheurs du réseau JMMC.</p> <p>Parmi les outils du JMMC, les logiciels de reconstruction d'images (OImaging) et d'ajustement de modèles (LITpro) sont principalement développés à l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Lyon (OSUL) avec l'appui de l'équipe technique du centre de réalisation du JMMC hébergé à l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble.</p> <p>Ces dernières années deux instruments interférométriques (GRAVITY et MATISSE) sont arrivés au VLTI (Very Large Telescope Interferometer, Chili). De plus, GRAVITY+ une mise à niveau importante de GRAVITY a été sélectionné par l'ESO cette année pour le futur du VLT. Ces instruments fournissent maintenant des données polychromatiques de bonne qualité de manière routinière. Pour répondre aux demandes des utilisateurs de ces nouveaux instruments, il est important de continuer le développement des logiciels de reconstruction d'images et d'ajustement de modèles.</p> <p>Dans ce stage, Martin participera aux développements des logiciels de reconstruction d'images (OImaging) et d'ajustement de modèles (LITpro). Il sera encadré par F. Soulez (astronome à l'observatoire de Lyon), Grégory Salvignol (ingénieur de recherche à l'OSUL) et Guillaume Mella (ingénieur de recherche au centre de réalisation du JMMC à Grenoble).</p>
-------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Compétences attendues	Activités proposées / moyens permettant à l'élève d'acquérir les compétences
<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser un projet à partir de spécifications fonctionnelles et techniques détaillées dans un environnement technique simple. • Comprendre les technologies utilisées. • Diagnostiquer les problèmes et les résoudre. • Capitaliser un savoir, un acquis (documentation, procédure). 	<p>Compétences de résolution de problèmes : démarche scientifique et technique</p>
	<p>Martin devra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Participer aux développements du GUI (JAVA) des logiciels de reconstruction d'images du JMMC, • Imaginer des scénarios (tutoriels) d'utilisation pour les utilisateurs, • Participer au plan de tests : test sur simulations et données réelles, • Proposer des améliorations de l'ergonomie des logiciels.

Compétences attendues	Activités proposées / moyens permettant à l'élève d'acquérir les compétences
<ul style="list-style-type: none"> • Percevoir les objectifs et enjeux de l'entreprise. • Être conscient des indicateurs de résultats et livrer un produit/service fiable et de qualité. • Travailler en équipe. • Participer activement aux réunions. • Informer ses tuteurs. 	<p align="center">Compétences organisationnelles et managériales</p>
	<p>Ce projet aura lieu en collaboration étroite avec les ingénieurs du centre de réalisation du JMMC à Grenoble. Les méthodes de développements collaboratifs seront donc au cœur du projet : dans un cadre collaboratif :</p> <ul style="list-style-type: none"> • développement de logiciels libres en utilisant la forge logiciel GitHub dans le cadre d'un projet "agile" • gestion des tickets • communications via Slack

Compétences attendues	Activités proposées / moyens permettant à l'élève d'acquérir les compétences
<ul style="list-style-type: none"> • Saisir les informations essentielles d'un message écrit et oral. • Expliquer clairement son travail à l'écrit et à l'oral, en français et en anglais. • Rédiger un document technique. 	<p align="center">Compétences en communication</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Il y aura des réunions hebdomadaires pendant lesquelles Martin devra présenter son avancement, • Il devra mettre à jour au fur et à mesure la documentation technique du logiciel, • A l'issue du stage, il y aura vraisemblablement une communication à l'ensemble des utilisateurs du JMMC.

Annexe 3 - Récapitulatif de la recherche de stage

Entreprise	Type	Poste	Lieu	Contact	Demande	Réponse	Statut
CRAL	Stage	Développeur Java	St-Genis-Laval	Plateforme en ligne	23/02/2021	01/03/2021	Accepté
SmartTale	Stage	Programmeur Gameplay	Arles	Plateforme en ligne	21/02/2021	23/02/2021	Refusé
Epic Games	Stage	Animation Programmer Intern	Télétravail	Plateforme en ligne	08/02/2021		Envoyé
Epic Games	Stage	Physics Programmer Intern - Destruction Simulation	Télétravail	Plateforme en ligne	08/02/2021		Envoyé
Kylotonn	Stage	Programmeur C++	Lyon/Paris	Plateforme en ligne	05/02/2021		Envoyé
Eden Games	Stage	Programmeur	Lyon	job@endengames.com	28/01/2021	01/02/2021	Refusé
CGI	Stage	Développeur java	Lyon	Plateforme en ligne	25/01/2021	26/01/2021	Refusé
Prolifik SARL	Stage	Développeur python	Lyon	Plateforme en ligne	25/01/2021	26/01/2021	Refusé
Ninja Theory	Stage	Programmer	Cambridge	Plateforme en ligne	22/01/2021		Envoyé
algosecure	Stage	Cybersécurité	Lyon	algo_rh@algosecure			Pas envoyé
BioSample	Stage	Développeur	Lyon	contact@biosample.fr			Pas envoyé
cense	Stage	Cybersécurité	Lyon	recrutement@cense.fr			Pas envoyé
certilience	Stage	Cybersécurité	Lyon	Plateforme en ligne			Pas envoyé
Redlock studios	Stage	Programmeur	Lyon	contact@redlock-studio.com			Abandonné
Ubisoft	Stage + alternance	UI Programmer	Villeurbanne	Plateforme en ligne	15/03/2021	22/03/2021	Refusé
Elistair	Stage + alternance	Ingénieur software C++	Dardilly	jobs@elistair.com	31/01/2021		Envoyé
Siemens	Stage + alternance	Développeur logiciel C++	Montbonnot-Saint-Martin	Plateforme en ligne	25/01/2021	16/02/2021	Refusé
Ubisoft	Stage + alternance	Gameplay Programmer	Villeurbanne	Plateforme en ligne	21/01/2021	28/01/2021	Refusé
CERN	Stage + alternance	Développeur	Genève	Plateforme en ligne	15/11/2020		Envoyé

Annexe 4 - Offre de stage

🔒 Offre visible uniquement par les étudiants et alumni CPE Lyon.

Développement (Java) de logiciels d'imagerie en interférométrie optique

Centre de Recherche Astrophysique de Lyon
Stage (De 4 à 6 mois) | St-Genis-Laval (France) | Publiée le 25 janvier 2021

Cette offre n'est plus disponible.

Alumni

Développement (Java) de logiciels d'imagerie en interférométrie optique

CONTEXTE :
Le Centre Jean-Marie Mariotti (JMMC <http://www.jmmc.fr/>) développe, maintient et met à disposition de la communauté internationale des outils pour l'observation Astronomique par interférométrie optique. Sous la tutelle du CNRS/INSU, les partenaires de Paris, Lyon, Nice et Grenoble regroupent les chercheurs du réseau JMMC. Parmi les outils du JMMC, les logiciels de reconstruction d'images (OImaging) et d'ajustement de modèles (LITpro) sont principalement développés à l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Lyon (OSUL) avec l'appui de l'équipe technique du centre de réalisation du JMMC hébergé à l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble. Ces dernières années deux instruments interférométriques (GRAVITY et MATISSE) sont arrivés au VLTI (Very Large Telescope Interferometer, Chili). De plus, GRAVITY+ une mise à niveau importante de GRAVITY a été sélectionnée par l'ESO cette année pour le futur du VLT. Ces instruments fournissent maintenant des données polychromatiques de bonne qualité de manière routinière. Pour répondre aux demandes des utilisateurs de ces nouveaux instruments, il est important de continuer le développement des logiciels de reconstruction d'images et d'ajustement de modèles.

MISSIONS PRINCIPALES:
Participer aux développements du GUI (JAVA) des logiciels de reconstruction d'images du JMMC.
Imaginer des scénarios (tutoriels) d'utilisation pour les utilisateurs.
Participer au plan de tests: test sur simulations et données réelles.
Proposer des améliorations de l'ergonomie des logiciels.

ENVIRONNEMENT:
Développement de logiciels libre (<https://github.com/JMMC-OpenDev>) dans le cadre d'un projet "agile" mettant en lien: les chercheurs de l'équipe HARRISSA spécialisé en interférométrie optique, les ingénieurs du centre de réalisation du JMMC à l'observatoire de Grenoble.

DUREE
Stage de 5 ou 6 mois pouvant se prolonger par un CDD d'au moins 6 mois.

LIEU
Centre de Recherche Astrophysique de Lyon, Observatoire de Lyon
9 avenue Charles André 69561 Saint Genis Laval

ENCADREMENT
F. Soulez (Resp. du groupe reconstruction d'images et ajustement de modèle du JMMC).

COMPETENCES :
Vous connaissez le langage Java, vous aimez fournir un code robuste avec une API claire et efficace.
Vous êtes curieux(se) prêt(e) à vous intéresser aux problématiques instrumentales et astro-physiques sous-jacentes.

Cette offre n'est plus disponible.

Expérience
Etudiant / jeune diplômé

Fonction
Développement
Informatique

Modalité de télétravail
Poste ouvert au télétravail à temps plein

Posté par
étudiant / diplômé

Promotion
2004

Type d'entreprise
Association / Institution publique / Laboratoire

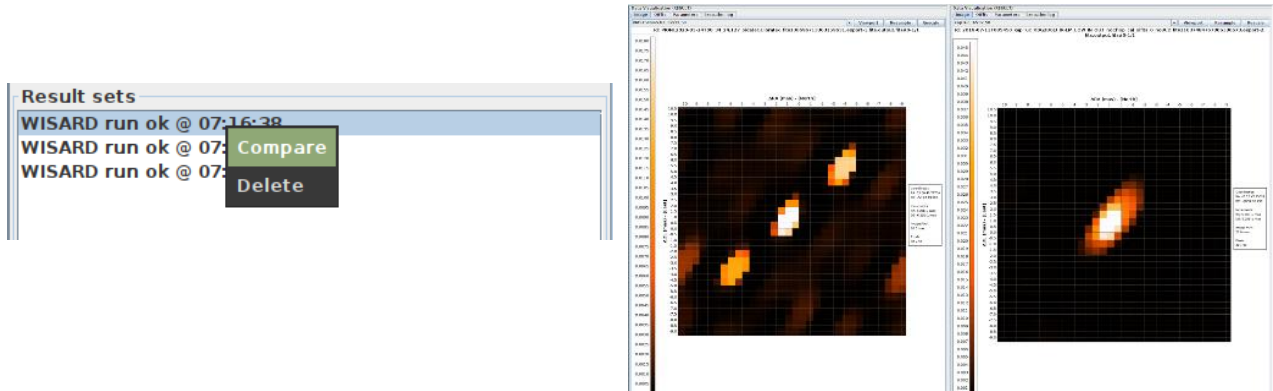
Date limite de candidature
L'offre sera retirée quand le poste sera pourvu.

Partagez sur

in
f
t
✉

Annexe 5 - Captures d'écran

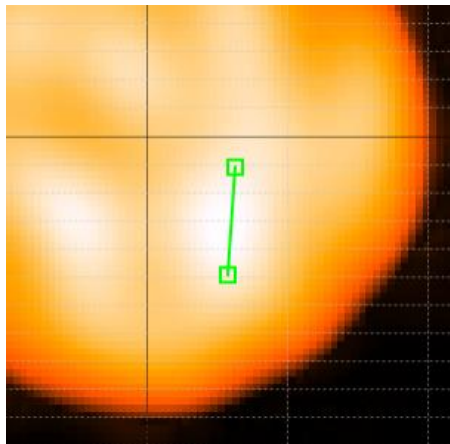
Captures 1 - Tiling



Captures 2 - Tableau de résultats

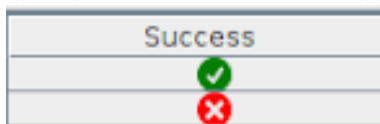
Result sets			
Run state	Name	Hour	Algorithm
ok	Star1	10:32	MIRA
ok	Star2	10:35	WIZARD
ko	Star3	10:36	WIZARD

Captures 3 - Règle de mesure

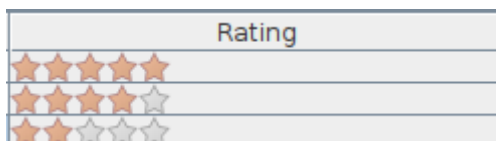


Point 1: $x=-2.88345$ $y=-4.92808$
 Point 2: $x=-3.14558$ $y=-1.10095$
 Measure: 3.83609 mas
 Angle: -3.91825°

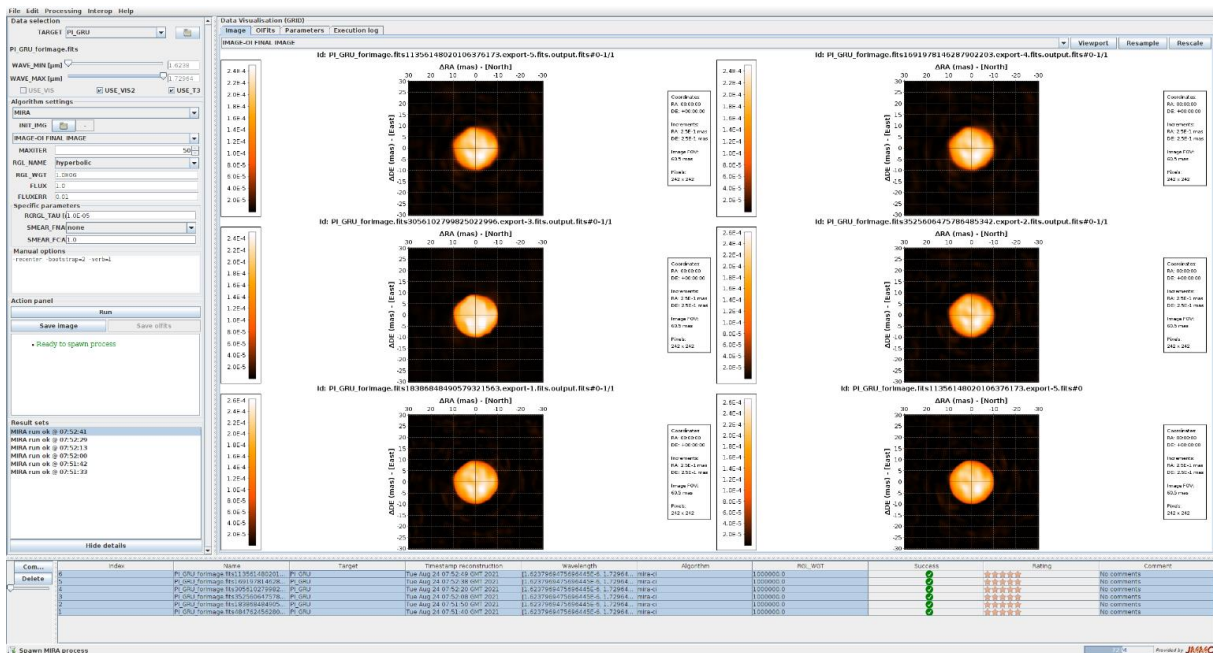
Captures 4 - Cellule de succès



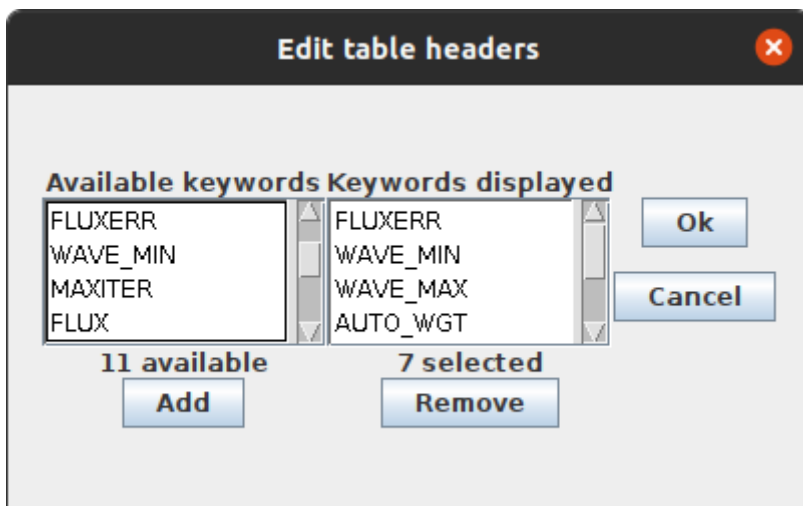
Captures 5 - Le système d'évaluation



Captures 6 - Multi-affichage



Captures 7 - Editeur de tableau



	FICHE D'EVALUATION DU STAGIAIRE TRAINEE ASSESSMENT FORM	Version 06/07/2020
--	--------------------------------------------------------------------------	-----------------------

STAGIAIRE / TRAINEE

NOM / NAME PRATOUSSY
Prénom / First Name: MARTIN
 Spécialité / Speciality : ICS

STAGE / PLACEMENT

- STAGE ANNEE 3 / FIRST PLACEMENT
- STAGE ETRANGER ANNEE 4 / ABROAD PLACEMENT
- PFE / FINAL YEAR PROJECT

Dates du stage / Placement dates: du / from 03/06/2021 au / to 03/09/2021

Sujet du stage / Work placement subject:

Développeur de logiciels d'imagerie en interférométrie optique

Thèmes et activités du stage / Subjects and activities during placement

- 1) ...Développement JAVA.....
- 2) ...Développement GUI.....

ENTREPRISE / COMPANY

NOM / NAME: Observatoire des Sciences de l'Univers de Lyon
Adresse / Address: 9 av, Charles André
Code postal / Post code: 69250 **Ville / Town:** St Genis Laval
Région / County: **Pays / Country:**
Tél. / Tel.: **Fax / Fax:**
Adresse INTERNET / WEB Access (URL): <https://observatoire.univ-lyon1.fr/>
Activité principale de l'entreprise / Main activity of company:
Laboratoire de Recherche

MAITRE DE STAGE / PLACEMENT TUTOR

NOM / FAMILY NAME: SOULEZ **Prénom / First name:** FERREOL
MEL / E-mail: ferreol.soulez@univ-lyon1.fr
Fonction / Position: Astronome Adjoint **Service / Department:** HARISSA

STAGIAIRE / TRAINEE:

EVALUATION / EVALUATION

Mettre une croix dans les cases qui conviennent / *Tick the appropriate boxes*

Cotation / *Rating:*

- A Exceptionnel, performance remarquable / *Outstanding performance*
- B Très bien, dépasse très largement les attentes / *Very good, exceeds expectations*
- C Bien, dépasse les attentes / *Good, exceeds expectations*
- D Satisfaisant / *Satisfactory, meets required standard*
- E Passable, tout juste conforme aux attentes / *Just meets required standard*
- F Insuffisant / *Poor*
- SO Sans Objet / *No opportunity to demonstrate*

1. COMPORTEMENT ET APTITUDES RELATIONNELLES / BEHAVIOUR AND SOCIAL ABILITIES

Savoir-vivre / <i>Savoir-vivre</i>	A	B	C	D	E	F	SO
Tenue correcte / <i>Appropriate dress</i>		X					
Assiduité, ponctualité / <i>Diligence, punctuality</i>		x					
Respect, politesse / <i>Respect, politeness</i>		X					

Comportement personnel / <i>Personal behaviour</i>	A	B	C	D	E	F	SO
Dynamisme, enthousiasme / <i>Drive, enthusiasm</i>		x					
Engagement personnel, ténacité / <i>Commitment, proactivity</i>	x						
Maturité, sens des responsabilités, / <i>Maturity, sense of responsibility</i>		x					
Confiance en soi / <i>self-confidence</i>		x					
Respect des règles de sécurité, qualité et éthique / <i>Respect of safety and quality norms</i>		x					

Relations aux autres / <i>Interpersonal skills</i>	A	B	C	D	E	F	SO
Capacités d'écoute / <i>Ability to listen</i>		x					
Capacité à recevoir et intégrer critiques et suggestions / <i>Ability to accept and learn from criticism and suggestions</i>		x					
Ouverture d'esprit / <i>Open-mindedness</i>		x					
Aptitude au travail en équipe / <i>Ability to work in a team</i>		x					
Capacités d'animation, charisme / <i>Leadership qualities</i>		x					
Capacité à solliciter les interlocuteurs pertinents / <i>Ability to find and talk to the relevant people</i>		x					

Observations

.....

.....

.....

.....

STAGIAIRE / TRAINEE

2. CONNAISSANCES ET APTITUDES PROFESSIONNELLES / KNOWLEDGE AND PROFESSIONAL ABILITIES

Compétences scientifiques et techniques / <i>Scientific and technical abilities</i>	A	B	C	D	E	F	SO
Niveau des connaissances et des compétences scientifiques <i>Degree of knowledge and scientific abilities</i>			x				
Aptitude à appliquer les connaissances / <i>Ability to apply knowledge</i>			x				
Aptitude à analyser et résoudre les problèmes <i>Ability to analyze and solve problems</i>		x					
Intérêt pour le travail, curiosité scientifique / <i>Interest in the work, scientific curiosity</i>	x						
Créativité, Innovation / <i>Creativity, innovation</i>		x					
Esprit de synthèse / <i>Ability to summarize</i>			x				
Sens critique / <i>Critical thinking skills</i>			x				

Capacités d'organisation / <i>Organizational skills</i>	A	B	C	D	E	F	SO
Adaptabilité, <i>Adaptability</i>		x					
Autonomie, esprit d'initiative / <i>Autonomy, initiative</i>		x					
Méthode, rigueur, fiabilité / <i>Method, precision, reliability</i>		x					
Quantité de travail / <i>Amount of work completed</i>		x					
Aptitude à gérer le temps, respect des échéances / <i>Time management, respecting deadlines</i>		x					

Observations:

Martin est un stagiaire impliqué et consciencieux. Motivé par les applications scientifiques, Il n'a pas hésité à prendre du temps pour comprendre le contexte et les enjeux astrophysique.

.....

3. APTITUDES A COMMUNIQUER / COMMUNICATION SKILLS

Expression orale et écrite / <i>Verbal and written expression</i>	A	B	C	D	E	F	SO
Aptitude à saisir les informations essentielles d'un message oral ou écrit <i>Ability to pick out important information from a verbal or written message</i>		x					
Aptitude à la communication orale en groupe et interpersonnelle <i>Ability to communicate verbally in groups and one to one</i>			x				
Clarté, précision, concision des productions écrites <i>Clarity, accuracy, written conciseness</i>			x				
Aptitude à convaincre / <i>Ability to persuade</i>			x				

Aptitude à saisir les informations essentielles d'un message en langue étrangère / <i>Ability to pick out important information in a foreign language</i>		x					
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---	--	--	--	--	--

Observations:

Une fois passée la timidité du début, Martin a su communiquer sans difficulté malgré la distance (stage à Lyon avec les astronomes mais les ingénieurs sont à Grenoble. Lors des réunions en groupes, il n'a pas hésité à donner son avis et à poser des questions

STAGIAIRE / TRAINEE

APPRECIATION GLOBALE / OVERALL ASSESSMENT

Sélectionner la case qui convient / *Tick the appropriate box.*

Aptitudes relationnelles / Social skills	Exceptionnelles performance remarquable	Très bonnes, attentes très largement dépassées	Bonnes, attentes dépassées	Satisfaisantes	Passables, tout juste conformes aux attentes	Insuffisantes
Aptitudes professionnelles et résultats obtenus / Professional skills and results obtained	<i>Outstanding performance</i>	<i>Very good, exceeds expectations</i>	<i>Good, exceeds expectations</i>	<i>Satisfactory, meets required standard</i>	<i>Just meets required standard</i>	<i>Poor</i>
Exceptionnelles, performance remarquable / <i>Outstanding performance</i>						
Très bonnes, attentes très largement dépassées / <i>Very good, exceeds expectations</i>			x			
Bonnes, attentes dépassées / <i>Good, exceeds expectations</i>						
Satisfaisantes / <i>Satisfactory, meets required standard</i>						
Passables, tout juste conformes aux attentes / <i>Just meets required standard</i>						
Insuffisantes / <i>Poor</i>						

Observations et conseils / Observations and advice:

Points forts / *Strengths*

Martin est curieux et persévérant. Il n'hésite pas à se lancer et proposer des solutions. Il sait trouver l'information dont il a besoin. Martin est aussi très autonome dans son travail et a pu travailler à distance et sans contact avec l'équipe pendant le mois de vacances universitaires.

Points à améliorer / *Points that could be improved*

Martin sait décrire son travail mais de façon parfois un peu trop linéaire. Avec l'expérience il saura présenter de manière plus synthétique.

Aptitudes particulières / *Specific skills:*

ENTREPRISE / COMPANY:

Avez-vous rempli cette fiche avec le stagiaire?

Have you completed this form with the trainee?

Oui / Yes

Non / No

QUESTIONNAIRE COMPLEMENTAIRE / COMPLEMENTARY QUESTIONNAIRE

Quelle a été votre motivation pour accueillir un stagiaire?

What was your reason for welcoming a trainee?

...Nous cherchions à l'origine un stagiaire que nous pourrions prolonger en CDD ensuite pour le développement d'une interface graphique pour nos logiciels.

.....

Quel est le bénéfice de ce stage pour votre entreprise?

How has this placement benefitted your company?

Même si Martin ne pouvait pas rester en contrat ensuite, il a été très efficace et nous a permis de mieux circonscrire le travail pour la suite.

Envisagez-vous d'accueillir un autre stagiaire de la même formation l'an prochain ?

Would you consider welcoming another trainee from CPE Lyon next year?

Oui / Yes

Non / No

C'est possible (ca depend des financements et des projets)

Avez-vous des remarques ou des propositions à formuler destinées à améliorer l'organisation des stages, la préparation des stagiaires... ?

Do you have any comments or suggestions which could help improve the organization of placements and trainee preparation, etc.?

.....

.....

.....

.....

Date / Date:.....13/09/2021.....

Nom et signature du maître de stage / Full name and signature of placement tutor

ferreol Soulez

Annexe 7 - Attestation de stage

[A venir]