

TSIKY ANTHONY RIVOHERISON

ANNEE SCOLAIRE 2020 – 2021

RAPPORT DE STAGE

M. COULON & M. SALOME & MME. BA



Laboratoire d'Études du Rayonnement et de la Matière
en Astrophysique et Atmosphères



université PARIS-SACLAY

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord exprimer toute ma gratitude à mes maîtres de stage, Mr Philippe Salome et Mme Yaye Awa Ba, de m'avoir fait confiance, d'avoir été patient, d'avoir su partager leurs connaissances et leurs passions, d'avoir su se montrer disponible et d'avoir été un support technique et moral durant toute la durée du stage.

J'aimerais aussi remercier personnellement Mme Barbot, sans qui je n'aurais pas pu trouver et effectuer ce stage, de son soutien et son accompagnement dans ma recherche de stage. Par la même occasion, je remercie l'ensemble du corps enseignant de l'IUT de Vélizy de m'avoir transmis leurs connaissances et leurs passions afin d'obtenir les compétences requises pour ce stage.

Enfin, je remercie l'Observatoire de Paris de m'avoir accueilli au sein de l'entreprise, de m'avoir guidé et d'avoir fait de ma première expérience professionnelle une réussite tant dans les compétences que dans le relationnel.

SOMMAIRE

Remerciements	2
Sommaire	3
Résumé.....	5
Français	5
Anglais.....	5
Introduction	6
Étude économique de l'organisme d'accueil	7
Historique.....	7
Mode de gouvernance	9
Caractérisation.....	9
Environnement	11
Services	13
Recherche.....	13
Enseignement.....	14
Diffusion des connaissances.....	15
Équipe de travail	16
Travail effectué	18
Le projet	18
Panorama	20
Prérequis.....	20
Outils informatiques	21
Réalisation du projet.....	21
Conclusion	28
Résultat	28
Évolutions.....	28
Difficultés rencontrées.....	28
Améliorations.....	29
Acquis	29
Techniquement	29
Personnellement.....	30

Professionnellement	30
Bilan général	31
Annexe.....	32
Sujet du stage	33
Sujet	33
Contexte	33
Objectifs.....	33
Compétences requises.....	33
Localisation.....	33
Duree.....	33
Cahier des charges.....	34
Le projet, son contexte et sa finalite	34
Les contraintes	34
Prestations attendues.....	34
Besoins fonctionnels.....	35
Ressources allouees au projet.....	35
Glossaire	36
Radiotélescope	36
Astronomie	36
Astrophysique.....	36
Métrologie	36
Méridien de Paris	36
Midi vrai.....	36
Grand établissement	36
SRT.....	37
Azimut et élévation	37
Coordonnées galactic.....	37
Bibliographie	38

RESUME

FRANÇAIS

J'ai effectué mon stage de fin de DUT Informatique à l'Observatoire de Paris où j'ai eu l'occasion d'assurer la transition logicielle d'une antenne radiotélescope*, à la suite d'un changement de récepteur de celui-ci. J'y ai développé un code qui permet de guider l'antenne via le nouveau récepteur, ainsi que de pouvoir interagir avec cette antenne via une interface web.

J'ai été assigné au Laboratoire d'Etudes du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphères (LERMA) de l'Observatoire et je faisais partie du projet IAU-SKACON Outreach, qui initie la jeune génération à découvrir et à apprendre la radioastronomie. Une interface web permet à quiconque ayant une connexion internet de pouvoir guider les antennes, observer et analyser les données récoltées par celles-ci. Ce réseau de radiotélescopes peut également être utilisé par la communauté internationale de la radioastronomie.

Grâce aux nombreux échanges que j'ai pu avoir avec les différentes personnes rencontrées durant mon stage, mes perspectives se sont élargies.

ANGLAIS

I did my end-of-degree internship at the Paris Observatory where I had the opportunity to ensure the software transition of a radio telescope antenna, following a change of receiver thereof. I developed a code there that makes it possible to guide the antenna via the new receiver, as well as to be able to interact with this antenna via a web interface.

I was assigned to the Laboratory for Studies of Radiation and Matter in Astrophysics and Atmospheres (LERMA) of the Observatory, and I was part of the IAU-SKACON Outreach project, which initiates the young generation to discover and learn radio astronomy. A web interface allows anyone with an internet connection to be able to guide the antennas, observe and analyse the data collected by them. This network of radio telescopes can also be used by the international radio astronomy community.

Thanks to the many exchanges that I was able to have with the various people I met during my internship, I got more open-minded regarding future opportunities.

INTRODUCTION

Ce rapport a pour objectif de présenter le stage de fin de DUT Informatique en entreprise et j'en profiterais pour établir un bilan de ces années d'études au sein de l'IUT de Vélizy, qui s'achèvent par cette expérience professionnelle. Ce rapport résume donc l'ensemble des connaissances et compétences acquises à travers la description des différentes missions effectuées au sein de l'Observatoire de Paris, et plus précisément, au sein du LERMA. Enfin, ce rapport est un bilan du travail accompli, qui présente l'apport du stage à ma formation d'étudiant.

Le LERMA participe au projet IAU-SKACON Outreach avec plusieurs autres instituts qui comprend l'accessibilité à quelques radiotélescopes à travers l'Europe, Haïti et le Cameroun, à des fins d'éducatives et de recherches. Un changement de récepteur sur l'antenne à Paris implique un changement du code source permettant de piloter celle-ci ; voilà donc mon objectif, assurer la transition logicielle de l'antenne ainsi que l'utilisation de celle-ci via une interface web.

Premièrement, je présenterai l'Observatoire de Paris, son profil et ses différentes composantes, une analyse de l'environnement sur différents aspects ainsi que l'équipe avec laquelle j'ai eu la chance d'évoluer. Ensuite, je décrirai le projet, l'ensemble du travail effectué chronologiquement, les différentes missions que l'on m'a confiées ainsi que de mon expérience au sein de l'entreprise. Enfin, je terminerai sur un bilan de compétences, de connaissances, d'expériences et des différents problèmes rencontrés ainsi qu'une possible évolution.

À la fin de ce rapport se trouve un glossaire regroupant l'ensemble des termes qui nécessitent une explication. Les mots ayant la marque “*” s'y trouveront. Une bibliographie est aussi disponible. Elle contient les différents sites qui m'ont aidé à rédiger ce rapport.

ÉTUDE ECONOMIQUE DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

L'Observatoire de Paris, fondé en 1667, est le plus grand pôle national de recherche en astronomie. C'est un établissement public de recherche en astronomie*, astrophysique* et métrologie* du temps, sous tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Il se classe premier dans le monde du fait de la variété des thématiques étudiées, le nombre de ses chercheurs et la quantité de publication. L'initiative de cet organisme est née du projet de créer un observatoire astronomique équipé d'instruments de haute technologie pour faire des cartes de navigation. À l'heure actuelle, c'est l'Observatoire le plus ancien au monde toujours en fonctionnement.

HISTORIQUE

En 1665, de nombreux savants, y compris Adrien Auzout écrit une lettre au roi Louis XIV afin de créer une compagnie des sciences et des arts. C'est en 1666 que le roi Louis XIV et Jean-Baptiste Colbert fondent l'Académie royale des sciences. C'est le 22 décembre, lors de la première séance qu'est décidé de la création d'un observatoire royal, qui deviendra l'actuel Observatoire de Paris.

Il devait servir à tous les académiciens mais du fait de sa géographie, seuls les astronomes l'utilisaient. En 1667, lors du jour du solstice d'été, les mathématiciens de l'Académie tracent le méridien sur lequel les plans de l'établissement seront construits. C'est aussi ce méridien qui définira désormais le méridien de Paris*, les horloges se réglant sur le midi vrai*. C'est en 1672 que les travaux de la construction du bâtiment furent achevés. Le bâtiment fut construit symétriquement par rapport à ce méridien et a été conçu comme une citadelle des sciences, sobre et géométrique. C'est Claude Perrault, architecte et médecin, ainsi que frère du conteur Charles Perrault, qui a été à l'origine de l'édifice lors de sa conception. Depuis sa création, l'Observatoire devient un centre important de l'Europe savante de la fin du XVIIe siècle, invitant les hommes de sciences les plus illustres de l'époque à travailler avec les astronomes de l'Observatoire.

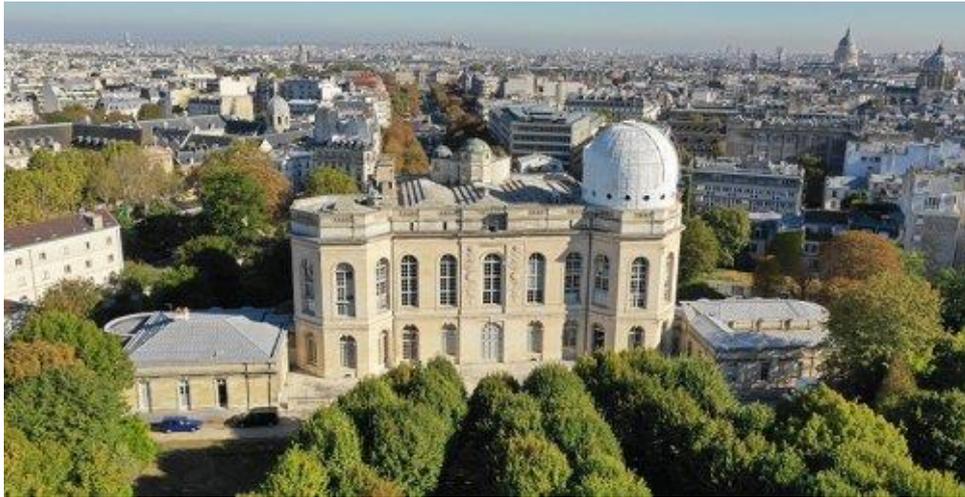


FIGURE 1 : OBSERVATOIRE DE PARIS

Pendant les 125 premières années de l'Observatoire, la famille Cassini dirigera celui-ci, avant d'être malmené durant la Révolution française. S'ensuit de nombreux directeurs assurant le côté administratif et les travaux de l'Observatoire. Durant toutes ces années, les moyens de l'Observatoire n'ont cessé d'augmenter, s'accompagnant de découvertes et de créations plus impressionnantes les unes après les autres.

C'est en 1876 que le site de Meudon fut établi, à l'emplacement de l'ancien château de Meudon et c'est en 1953 que l'Observatoire de Nançay est rattaché à l'Observatoire de Paris. À l'heure actuelle, l'Observatoire de Paris se déploie sur trois sites, Paris, Meudon, Nançay. Ce grand établissement du ministère de l'Enseignement supérieur de la recherche et de l'innovation se structure en département et services scientifiques, liés au CNRS et aux grandes universités françaises.



Figure 2 : Bâtiment sur le site de Meudon

L'Observatoire de Paris est aujourd'hui le plus grand pôle français de recherche en astronomie et les recherches menées en son sein couvrent tous les champs de l'astronomie et l'astrophysique contemporaines. Elle doit remplir trois missions, une mission de recherche fondamentale et appliquée, une mission d'enseignement dans le supérieur et une mission de diffusion des savoirs dans les disciplines liées aux sciences de l'univers et de l'astronomie vers le grand public.

MODE DE GOUVERNANCE

Il est dirigé par une présidente élue pour cinq ans et administré par un conseil d'administration. Ils sont eux assistés d'un conseil scientifique. L'activité de l'établissement est évaluée régulièrement par un Haut Comité Scientifique (HCS) composé de personnalités indépendantes. L'Observatoire de Paris se structure en cinq départements scientifiques, un institut, deux services scientifiques et des services communs. Il a aussi deux laboratoires extérieurs sous sa cotutelle. Il est affilié au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et son organisation mère est l'Université Paris sciences et lettres.

CARACTERISATION

En tant qu'organisme public, les enjeux politiques et légaux de l'Observatoire sont les mêmes que ceux du gouvernement. Il n'a pas de véritable concurrent si ce n'est la représentation internationale de l'astronomie française à l'étranger. En effet, par son excellence dans le domaine, reconnu dans le monde entier, il devient un acteur incontournable dans le développement de grands projets astronomiques à l'échelle planétaire. C'est pour quoi, il collabore avec les agences spatiales internationales aux grandes missions spatiales (CASSINI, ROSETTA, Mars2020 et plus encore). Dans ce secteur, les échanges internationaux sont importants et l'Observatoire de Paris l'intègre naturellement à sa stratégie globale. Pour mieux présenter l'Observatoire de Paris, voici un tableau de caractérisation de l'Observatoire de Paris :

Type	Organisme Public
Finalité	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche fondamentale et appliquée - Enseigner dans le supérieur - Diffuser le savoir au public
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> - Non lucratifs
Statut juridique	<ul style="list-style-type: none"> - Grand établissement*
Secteur	<ul style="list-style-type: none"> - Public
Activité	<ul style="list-style-type: none"> - Non marchande

Domaine d'activité	<ul style="list-style-type: none"> - Education - Culturel - Géodésie - Astronomie
Nationalité	<ul style="list-style-type: none"> - Française
Champ d'action	<ul style="list-style-type: none"> - National (éducation) - Mondial
Taille	<ul style="list-style-type: none"> - Effectifs : 600 - Chercheurs : 333 - Chercheurs associés : 248 - Doctorants 245
Ressources financières	<ul style="list-style-type: none"> - Budget annuel (hors salaires) : 24M€ - Masse salariale : 35M€
Ressources humaines	<ul style="list-style-type: none"> - 600 salariés
Ressources matérielles	<ul style="list-style-type: none"> - Site de Paris (Siège social) : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lunette Arago ✓ Coupole de la Carte du Ciel ✓ Coupole Méridienne ✓ Grand Coudé ✓ Galerie - Site de Meudon : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Grande lunette de Meudon ✓ Télescope 1m ✓ Table équatoriale ✓ Télescope infrarouge 32cm ✓ Grand sidéostat ✓ Tour Solaire ✓ SST-GATE - Site de Nançay - CNRS - Inria - Inserm
Utilisateurs	<ul style="list-style-type: none"> - Société en général - Les scientifiques - Les étudiants

ENVIRONNEMENT

À l'aide d'une analyse PESTEL, nous allons définir les risques et les opportunités de l'Observatoire de Paris. Comme celui-ci s'inscrit principalement dans le domaine de l'exploration spatiale, et donc de l'astronomie, nous étudierons le secteur du spatiale auquel l'Observatoire fait partie (et donc non pas sur l'enseignement ou la diffusion du savoir) :

Environnement	Risques	Opportunités
Politique	La pression du gouvernement sur les recherches afin d'avoir des résultats concluants et ainsi se démarquer à l'international. C'est en quelque sorte une course entre les États.	L'État s'intéresse beaucoup aux recherches liées à l'exploration spatiale et donc investit beaucoup dans celui-ci. Aussi, cela montre à l'international la puissance d'un Pays.
Économique	L'exploration spatiale requiert des fonds importants du fait de l'énergie et des ressources employées. Aussi, au lieu de rassembler les données et les informations de chaque institut, chacun développe de son côté les mêmes choses afin de faire les découvertes avant les autres et engendrent des coûts inutiles pour développer des solutions que d'autres ont déjà.	L'intéressement de l'État dans le domaine du spatiale permet de débloquer beaucoup de fonds d'autant que d'autres instituts venant d'autres pays travaillent sur les mêmes projets que l'Observatoire et donc afin d'avoir des résultats avant les autres, le budget à disposition est plutôt important.
Social	L'erreur n'est pas tolérable car cela impliquera une mauvaise réputation au sein de la communauté scientifique et en général, au sein de la société. Une constante pression donc s'applique sur les astronomes afin de valider	L'astronomie est un sujet passionnant et rempli de mystère, elle suscite une curiosité générale au sein de la société.

Environnement	Risques	Opportunités
	maintes fois les thèses et théories qu'ils étudient.	Une grande découverte permet à l'Observatoire d'être toujours plus suscité dans le monde afin de faire partie de projets toujours plus grands.
Technologique	Se doit d'être à la pointe de la technologie afin de ne pas se laisser distancer par les autres instituts de recherche ce qui implique un coût important pour se mettre à jour, il doit s'adapter continuellement.	Bénéficie des instruments à la pointe de la technologie.
Écologique	Génère beaucoup de déchets spatiaux lors de lancement de sondes spatiales et cela suscite une contestation générale.	Amélioration des instruments déjà existants afin d'avoir les meilleurs équipements (fusée réutilisable) ce qui permet de réduire des coûts et de garder les restes.
Légal	L'Observatoire travaille avec plusieurs pays et donc est soumis à plusieurs lois à travers le monde, notamment sur les données.	Généralement, les États sont plutôt laxistes lorsque cela concerne la recherche et l'exploration spatiale, car cela s'inscrit dans l'envie de découvrir et de comprendre ce qui nous entoure.

SERVICES

RECHERCHE

L'Observatoire comporte 6 départements scientifiques dans lesquels chaque composante à son domaine d'action :

- GEPI : Galaxies, Etoiles, Physique et Instrumentation
- IMCCE : Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides
- LERMA : Laboratoire d'Études du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique
- LESIA : Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique
- LUTH : Laboratoire Univers et Théories
- SYRTE : Systèmes de Référence Temps Espace

L'Observatoire de Paris développe et met en œuvre des solutions pour apporter son aide aux grands projets nationaux et mondiaux d'observation de l'Univers. Les recherches effectuées à l'Observatoire de Paris couvrent tous les champs de l'astronomie et l'astrophysique contemporaines, ainsi que la métrologie du temps et des fréquences :

- Le Soleil et les relations Soleil-Terre
- Les planètes et les systèmes planétaires
- La formation des étoiles, le milieu interstellaire
- La formation et l'évolution des galaxies
- Les astroparticules et la cosmologie
- La métrologie de l'espace et du temps
- L'histoire et la philosophie des sciences

En effet, à l'aide de chercheurs et d'ingénieurs, l'Observatoire construit des outils d'observation tels que les télescopes au sol ou les sondes spatiales. Il organise aussi des campagnes d'observation afin de récolter et de traiter les données récupérées par celle-ci afin de les stocker dans des bases de données ou bien d'en faire des simulations pour observer les phénomènes astrophysiques et de faire une interprétation théorique. Il participe aux grands relevés, aux grandes simulations, à l'observatoire virtuel et conduit des travaux en laboratoire.

L'Observatoire de Paris est aussi en cotutelle de trois laboratoires :

- OSUC : Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre
- APC : le Laboratoire AstroParticule et Cosmologie
- LPP : le Laboratoire de Physique des Plasmas

ENSEIGNEMENT

En plus des recherches menées en son sein à travers les différentes unités de recherches, l'Observatoire de Paris dispose aussi d'une formation dans l'enseignement supérieur de haut niveau en astronomie et astrophysique proposant un master en allant jusqu'au doctorat, avec une possibilité de formation à distance. En intégrant l'Observatoire de Paris, les étudiants rejoignent l'Université Paris Sciences & Lettres. Cette université forme des chercheurs, des ingénieurs, des entrepreneurs, des managers et des artistes.

Voici donc les formations qu'elle propose aux étudiants du supérieur :

- Master 1 : Astronomie et Astrophysique, Sciences de l'Univers et Technologies Spatiales
- Master 2 Recherche : Astronomie, Astrophysique et Ingénierie Spatiale
- Master 2 Professionnel : Outil et Systèmes de l'Astronomie et de l'Espace
- École doctorale 127 : Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France
- Formation à distance avec deux Diplômes Universitaires en ligne pouvant donner lieu à la validation d'ECTS
- Formation supérieure en présentiel avec deux Diplômes Universitaires en présentiel pouvant donner lieu à la validation d'ECTS
- Formation des professeurs

DIFFUSION DES CONNAISSANCES

De nombreuses ressources sont à disposition du grand public au sein de l'observatoire, allant de revues scientifiques, aux découvertes en passant par les ressources de l'éducation. Cette mission a pour but de partager les savoirs de l'institution au grand public, afin de permettre à quiconque le souhaite, d'en apprendre davantage sur l'Univers qui nous entoure. Cela peut aller des passionnés aux amateurs. Pour ce faire, l'Observatoire met à disposition différents types de ressources en fonction du but de chacun :

- Des ressources pour les enseignants : formations, parrainages de classe, enseigner l'astronomie en générale
- Des ressources pour les élèves : TIPE, TPE, exposé ou pour les passionnés ou les plus curieux ainsi qu'un dispositif ministériel de la culture scientifique et technique dans les collèges et lycées
- Des ressources pour tous : découvrir et apprendre l'astronomie sous toutes ses formes
- Des ressources pour les professionnelles ou les particuliers : met à disposition de ceux qui le souhaitent, des expositions pour les évènements
- Des ressources scientifiques : à l'aide de livres, CD et DVD, l'Observatoire met à disposition ses créations ainsi que ceux de ses collaborateurs
- Des ressources informatiques : une sélection de liens pour les plus curieux afin d'en savoir plus sur l'astronomie

Elle organise aussi des expositions et des activités éducatives sur le thème de l'astronomie et dispose d'un musée en son sein comportant des reliques de l'histoire de l'astronomie.

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Avant de vous présenter l'équipe de travail avec laquelle j'ai évolué durant mon stage, voici l'organigramme de l'Observatoire de Paris à partir duquel je vous présenterais mon rôle dans cette organisation :

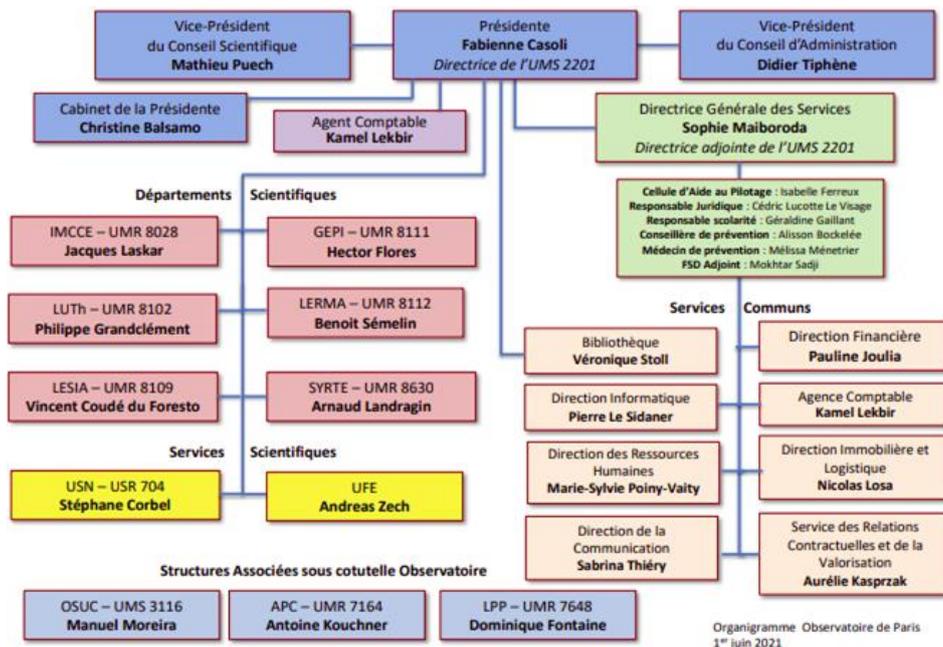


Figure 3 : Organigramme de l'Observatoire de Paris

C'est donc au sein de l'un de ces départements, le LERMA, que j'ai eu la chance de participer activement au projet aux côtés de passionnés. Ce dernier a été créé en 2002, suite à la fusion de deux laboratoires : le LAMAP (Laboratoire Atomes et Molécules en Astrophysique) et le LRM (Laboratoire de Radioastronomie Millimétrique). Il se consacre essentiellement à l'étude de nos origines et se divise en 4 pôles travaillant sur des thèmes différents :

- Pôle "Galaxies et cosmologie" (Observatoire de Paris)
- Pôle "Dynamique des milieux interstellaires et plasmas stellaires" (ENS, OP, Université Pierre Marie Curie)
- Pôle "Molécules dans l'Univers" (UPMC, Université Cergy-Pontoise, OP)
- Pôle "Instrumentation et télédétection (OP)

Ce département est dirigé par un directeur Benoit Semelin, Martina Wiedner et Ludovic Petitdemange, directeurs adjoints. Le directeur technique est Jean-Michel Krieg, l'administratrice est Muriel Chevrier.

C'est sous la tutelle de Philippe Salome, Astronome-Adjoint (ASAD) et coordinateur du projet IAU-SKACON Outreach, ainsi que tuteur du stage et de Yaye Awa Ba, Ingénieur d'Etude au sein du LERMA, que j'ai effectué mon stage afin de faire partie du projet IAU-SKACON Outreach. Durant ce stage, ces deux tuteurs ont été un soutien technique et moral, et m'ont permis d'accomplir l'ensemble des missions qui m'ont été confiées.

De plus, une stagiaire en Master MS2D, Danielle Essaka, a rejoint l'équipe de travail afin de développer l'interface web avec laquelle on dirigera l'antenne et sur lequel, on lira les données reçues par celle-ci. Enfin, nous travaillons sur le projet IAU-SKACON avec Fabrice Mottez, Anne Laure Melchior et Léa Fournier en France, Roland Ndunge au Cameroun, Rulx Narcisse en Haïti, Krzysztof Czart et Krzysztof Chyży en Pologne et João Retrê, Sonia Anton et Domigos da Silva Barbosa au Portugal, avec qui on discute sur Discord et lors de réunion Zoom pour suivre et partager l'avancement du projet.

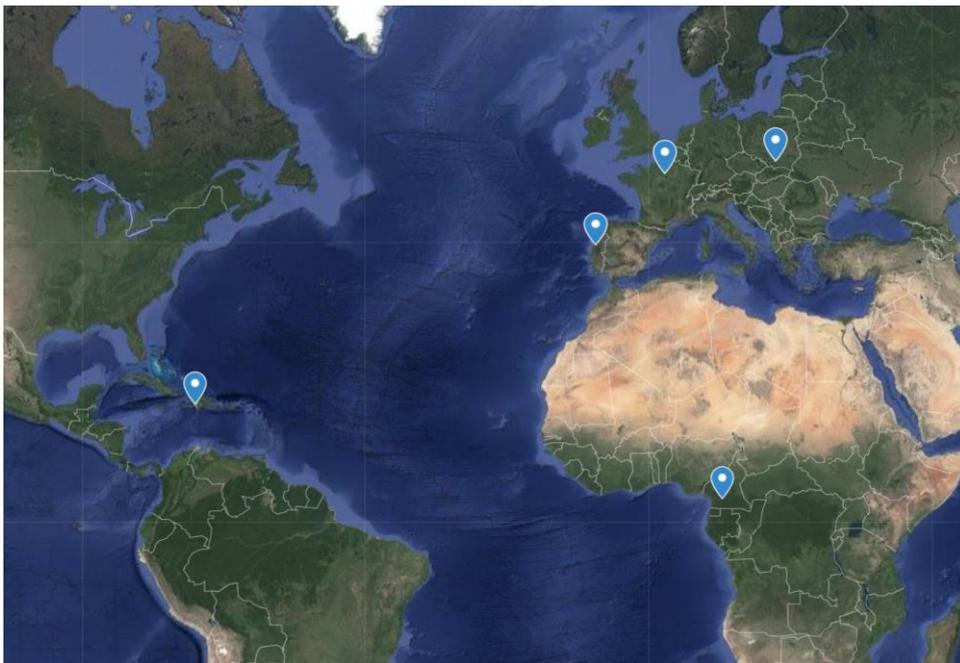


Figure 4 : Emplacement des différents radiotélescopes faisant partit du projet IAU-SKACON

Dans cette équipe, mon rôle a été de développer le logiciel d'une antenne qui ne fonctionnait plus afin de la remettre en état de marche et ainsi, permettre à cette antenne d'être à nouveau disponible pour le bien du projet.

TRAVAIL EFFECTUE

LE PROJET

La principale mission qui m'a été confié était de remettre en état de marche, un des radiotélescopes de l'Observatoire. Celui-ci fait donc partie de la chaîne de radiotélescope du projet IAU-SKACON. Ce projet a pour but d'initier la jeune génération à la radioastronomie en mettant à leur disposition des antennes du monde entier, accessible gratuitement via une interface web. En Europe, le but premier est d'initier les étudiants à la radioastronomie tandis qu'en Haïti et au Cameroun, il en va d'enseigner la matière afin de faire naître une nouvelle génération de chercheur ou d'astronome. Cette chaîne d'antenne peut aussi être utilisée par la communauté internationale de radioastronomie pour des événements publics comme le Festival des Sciences. Il est financé par l'IAU Office of Astronomy Outreach et le SKA Communication & Outreach Network d'où le nom complet, IAU-NOC SKACON.

Malheureusement, le récepteur d'une des antennes de Paris est victime d'obsolescence après 10 ans d'utilisation non-stop. Il a donc fallu remplacer ce récepteur par une solution à long terme, car ces antennes doivent être disponible 24h/24, 7j/7. L'Observatoire a donc changé le récepteur par un Dongle (nouveau récepteur), en s'inspirant des solutions d'autres antennes SRT*. Hélas, celui-ci n'est pas encore adapté à notre antenne car l'ancienne solution mis en place par l'ancien récepteur fonctionnait en Java, or ce nouveau récepteur fonctionne en C. J'ai donc dû récupérer un code en C d'une autre antenne SRT déjà existant et fonctionnel afin de le comprendre et de l'appliquer à notre antenne pour que le nouveau récepteur puisse être capable de piloter l'antenne correctement, ensuite via une interface web, pouvoir transmettre les bonnes coordonnées et les bons paramètres au code afin de la guider, d'extraire un fichier qui sera lisible par le site, et d'étudier les données via des affichages graphiques.

Pour plus de précision sur l'ensemble du projet, vous pouvez retrouver en annexe le sujet ainsi que le cahier des charges du projet qui explique en détail ma principale mission et ce qui en découlera par la suite.

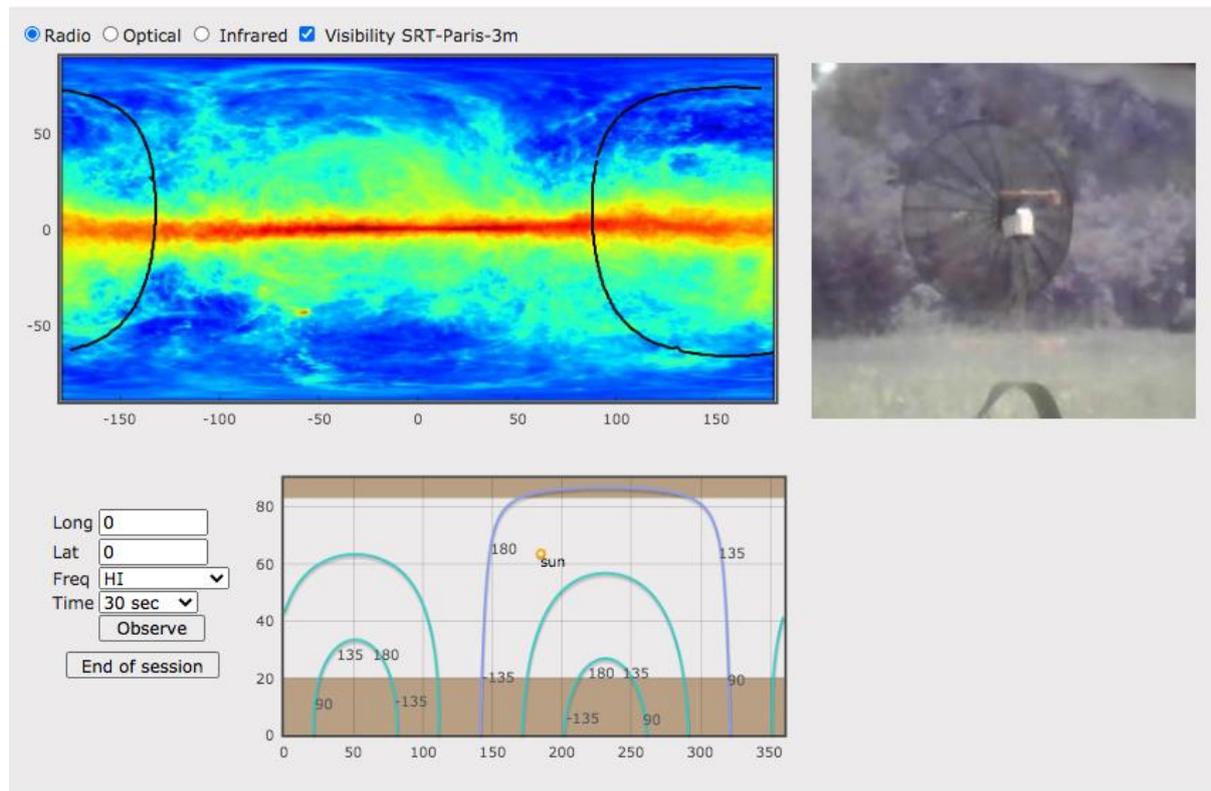


Figure 5 : Interface WEB DE pilotage de l'antenne

Comme on peut le voir, l'interface web comprend un graphe qui est un résultat des données récoltées par l'antenne. On peut apercevoir une représentation spectrale de la galaxie (oui, c'est bien la galaxie, l'option *Optical* permet de mieux le voir) avec ses longitude et latitude. À droite, une webcam pointant sur l'antenne afin de vérifier que celle-ci bouge effectivement lorsqu'on l'utilise. Enfin, un formulaire permettant de piloter l'antenne en lui donnant des coordonnées. Le bouton *Observe* permet lancer l'antenne vers les coordonnées pendant le temps indiqué à la fréquence indiquée. Le bouton *End of session* permet de ranger l'antenne à sa position initiale et donc de l'associer à la fonction *stow* que nous allons voir. Le projet repose donc sur le pilotage de l'antenne et de sa connexion et de sa communication avec l'interface web.

Pour ce faire, j'ai dû procéder par étape. Premièrement, j'ai étudié le nouveau code en C extrait d'une antenne opérationnelle et ainsi acquérir une compréhension totale du sujet, de son fonctionnement et de ses défauts. Ensuite, il a fallu modifier ce code et l'adapter pour que les appels du site web fonctionnent non plus en simulation mais sur l'antenne elle-même. Enfin, après avoir modifié le code qui permet de piloter l'antenne, ainsi que de régler les différentes fonctions de l'antenne, j'ai dû faire en sorte que les données récoltées par l'antenne renvoient un fichier dans un format précis afin que celui-ci soit interprétable par le site. Il a fallu alors mettre en application les cours que j'ai reçus au sein de l'IUT de Vélizy, à savoir, la notion de conception d'un projet, ce qui m'a permis de comprendre l'ensemble du code, le développement C et Python ainsi que la compréhension du Java et du PHP, afin de comprendre la structure utilisée par l'ancien récepteur et son mode de communication avec le site web.

L'antenne comprends une panoplie de fonctions que je devais réécrire pour que celle-ci réponde entièrement à sa fonction :

- fonction *azel* : permet de diriger l'antenne vers une position en azimut* et en élévation* (2 paramètres)
- fonction *galactic* : permet de positionner l'antenne avec des coordonnées galactic* en longitude et latitude dans le ciel (2 paramètres)
- fonction *stow* : permet de remettre l'antenne à sa position de rangement (aucun paramètre)
- fonction *freq* : permet de régler la fréquence de l'antenne (2 paramètres : nouvelle fréquence et le mode utilisé)
- fonction *offset* : permet d'établir les limites offset de l'antenne (2 paramètres)
- fonction *cal* : effectue une calibration de l'antenne (aucun paramètre)
- fonction *record* : permet de commencer l'enregistrement des données récoltées par l'antenne et le transmettre sur fichier (aucun paramètre)
- fonction *roff* : permet d'arrêter l'enregistrement (aucun paramètre)
- fonction *time* : permet de bloquer l'antenne pendant x secondes afin d'observer un point pendant cette durée (1 paramètre)

Ce sont donc les principales fonctions que j'ai dû développer au sein du projet. Ce code peut être utilisé en simulation en local et donc contient des affichages graphiques de la librairie gtk et des fonctions tels que *clear* qui sont inutiles au pilotage de l'antenne.

PANORAMA

PREREQUIS

Pour accomplir l'ensemble des missions du projet de transition logicielle, il a fallu une connaissance et une compréhension de certains langages de programmation :

- Langages de programmation : C, Python, PHP, Java
- Développement web : HTML, CSS, Ajax, Javascript, CSS, PHP

Le logiciel de pilotage de l'antenne est codé en C, les scripts python permettent de récupérer les paramètres nécessaires au logiciel de pilotage, le PHP permet de récupérer les paramètres nécessaires de l'interface web à transmettre au logiciel de pilotage, le Java étant nécessaire à comprendre l'ancienne structure du code.

OUTILS INFORMATIQUES

Des contraintes nous ont obligés à utiliser des outils informatiques prédéfinis ainsi que des outils de nos choix personnels du fait de leur efficacité et leur facilité d'utilisation :

- Ordinateur sous Linux (débian)
- Visual Studio Code
- Gitlab

Les contraintes du cahier des charges nous obligent à développer sous un environnement Linux car il est plus facile de gérer les communications à distance avec l'ordinateur qui contrôle l'antenne (qui se situe proche de l'antenne) sur un serveur central. Il a été nécessaire pour ma part d'utiliser Visual Studio Code car c'est un moyen rapide de développer un code dans n'importe quel langage, tout en ayant un suivi de ce que l'on fait et donc de manipuler plus facilement mon code. Enfin, pour partager mes avancements, il a été nécessaire de faire un dépôt git sur celui de l'observatoire (que je mettrais à disposition). Avant d'entreprendre ce projet, je ne connaissais pas Visual Studio Code, et donc ma tutrice Yaya Awa Ba m'a initié à celui-ci. Aussi, n'ayant jamais pu mettre en application sur un projet de cet envergure un dépôt git, elle m'a aussi aidé à le mettre en place.

REALISATION DU PROJET

Pour réaliser le projet, j'ai dû m'y prendre en 3 parties distincts. Il m'a fallu une période de découverte de l'ensemble du projet, de la compréhension du code ainsi que du nettoyage de celui-ci. La deuxième partie est consacrée à la réalisation concrète du projet, notamment la mise en place des différents besoins fonctionnels. Enfin, après avoir vérifié que mes développements fonctionnent sur l'antenne, exécuter des appels de script via une interface web afin de piloter l'antenne ainsi qu'une lecture d'un fichier généré par mon code à afficher sur l'interface.

1. Découverte et initialisation (3 semaines)

Tout d'abord, j'ai dû récupérer un code provenant d'une antenne similaire à la nôtre sur un site (via ce lien ftp://gemini.haystack.mit.edu/pub/web/src/source_srt_newsrt-source_ver9.tar.gz) à l'aide du protocole FTP (File Transfer Protocol). Ce code permet de simuler en local, l'utilisation d'une antenne SRT à l'aide d'une interface graphique développée avec la librairie gtk en C. Ensuite, j'ai dû lire l'ensemble du code et l'ensemble des fonctions, ainsi que comprendre le fonctionnement et la structure. J'en ai profité pour le commenter afin de mieux le comprendre. Cela m'a pris du temps mais m'a permis, pour le futur, de comprendre chaque partie du code et ainsi de gagner du temps. J'ai pu lancer des simulations en locale pour comprendre l'ensemble des fonctions que proposent la simulation.



Figure 6 : Fenêtre de simulation de l'antenne en local (interface graphique gtk)

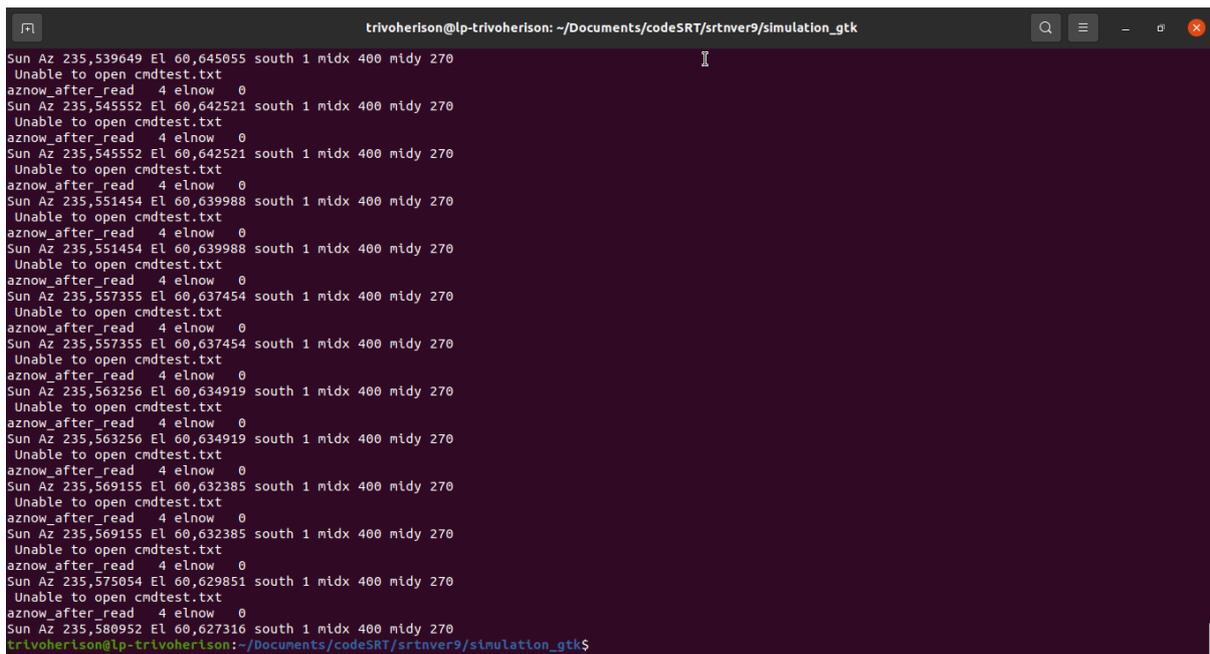


Figure 7 : Fenêtre de simulation de l'antenne en local (Terminal)

Comme on peut le voir sur ces captures d'écran, tout ce qu'on fait avec ce code n'est que de la simulation en local, n'ayant aucun impact sur l'antenne. La première étape de développement du code, était le nettoyage. J'ai dû enlever tout ce qui fait référence à l'interface GTK, inutile au pilotage de l'antenne, tout en gardant la structure et les fonctions de celui-ci. Après ce nettoyage, j'ai dû réécrire les fonctions présentes dans la barre des fonctions car ceux-ci fonctionnent du fait de l'interaction avec l'interface graphique, via des boutons. Voici un exemple de réécriture des fonctions. À noter que ces fonctions servent seulement à prendre des paramètres et à les affecter aux fonctions internes.

```
void button_azel_clicked(void) {
    if (d1.entry1)
        return;
    //stock l'entree clavier
    entry1 = gtk_entry_new();
    // une entree a ete rentree
    d1.entry1 = 1;
    // on pause le programme
    d1.stoppoc = 1;
    gtk_table_attach(GTK_TABLE(table), entry1, 0, NUMBUTTONS, 2, 3, GTK_FILL, GTK_FILL, 0, 0);
    gtk_widget_show(entry1);
    // param : 1:widget amet le signal 2:le signal a attraper 3:fonction a appeler quand le signal est attrape 4:donnee pour la fonction
    g_signal_connect(G_OBJECT(entry1), "activate", G_CALLBACK(hit_enter_azel), NULL);
    gtk_entry_set_text(GTK_ENTRY(entry1), "enter az el: ");
    gtk_entry_set_position(GTK_ENTRY(entry1), 12);
    gtk_entry_set_visibility(GTK_ENTRY(entry1), TRUE);
}

void hit_enter_azel(void) {
    const gchar *str;
    // quit if no entry
    if (!d1.entry1)
        return;
    // recuperer l'entree clavier dans une chaine de caractere gchar
    str = gtk_entry_get_text(GTK_ENTRY(entry1));
    if (d1.debug)
        printf("str=%s\n", str);
    if (str != NULL) {
        // associe l'entree clavier aux variables azcmd et elcmd
        sscanf(str, "%s %s %s %lf %lf", &d1.azcmd, &d1.elcmd);
    }
    if (d1.debug)
        printf("cmd %F %F\n", d1.azcmd, d1.elcmd);
    d1.track = 0;
    soutrack[0] = 0;
    gtk_widget_destroy(entry1);
    d1.entry1 = 0;
    d1.stoppoc = 0;
}
```

Figure 8 : Ancienne fonction changement azel

```
void setAzel(double az, double el)
{
    if (d1.entry1)
        return;

    // une entree va etre rentree
    d1.entry1 = 1;
    // on pause le programme
    d1.stopproc = 1;

    // quit if entrey isnt ready
    if (!d1.entry1)
        return;
    // recuperer l'entree clavier de la variable prepare pour
    if (d1.debug)
        printf("az %.2f el %.2f\n", az,el);
    d1.azcmd = az;
    d1.elcmd = el;

    if (d1.debug)
        printf("cmd %.2f %.2f\n", d1.azcmd, d1.elcmd);
    d1.track = 0;
    soutrack[0] = 0;
    d1.entry1 = 0;
    d1.stopproc = 0;
}
```

Figure 9 : Nouvelle fonction changement azel

L'ancienne fonction *azel* récupère les paramètres via l'interface graphique gtk et la nouvelle les récupèrent directement depuis le terminal. Il en va de même pour les autres fonctions. Néanmoins, ce n'est pas la solution finale que nous espérons car celui-ci nécessite encore une intervention extérieure. Je ne l'ai utilisé que pour pouvoir supprimer les utilisations à l'interface graphique.

2. Développement (5 semaines)

Avant d'entamer la partie développement, je tenais à faire le point. Jusqu'ici, j'ai compris la totalité de la structure du code et de l'ensemble des fonctionnalités. J'ai aussi réécrit presque toutes les fonctions existantes (et utiles) mis à part la fonction record qui demande un peu plus de travail. Néanmoins, l'absence de cette fonction ne pénalise pas l'avancement du projet. Bien-sûr, je traiterai en temps voulu, quand l'ensemble du développement sera opérationnel, cette fonction spéciale.

Après avoir compris le code et après avoir supprimé les parties du code inutiles (référence à `gtk`), j'ai testé les fonctions que j'ai réécrites avec un nouveau main, puis que j'ai testé ces mêmes fonctions via des appels depuis un script python : un script python qui, par un appel au script, transmet les paramètres nécessaires au code en C. Exemple de commande python lancé pour changer les coordonnées azel :

```
python3 cmd.py azel 120 30
```

Le script python va comprendre qu'on veut s'adresser à la fonction *azel* avec les paramètres nécessaires et donc ce script va appeler le logiciel de pilotage en C avec ces paramètres. Ces paramètres seront récupérés par le code C via les arguments du main lors du lancement de l'application C. Un premier problème survient alors, le script python lancera le logiciel de pilotage en C avec ces paramètres et c'est tout ; on ne peut recharger les coordonnées si ce n'est qu'en relançant le programme car le programme s'exécute une fois et rentre dans une boucle *while*, or ce n'est pas ce qu'on veut, nous souhaitons pouvoir changer les coordonnées autant de fois que nécessaires sans relancer systématiquement l'application. Il a donc fallu trouver une autre solution pour faire cela.

J'ai mis en place un menu interactif via le terminal proposant l'ensemble des fonctions à l'aide de `printf` et de `scanf`. Pour permettre l'interaction qu'il nous manquait à la solution précédente (ne pas pouvoir interagir avec le code pour changer de position pendant l'exécution du programme), j'ai changé le `while(d1.run)` en `if(d1.run)`. Cela permet de passer une seule fois dans la boucle qui exécute le code une fois puis de redemander à nouveau, à la fin de tout cela, ce que l'utilisateur veut faire et ainsi de suite, comme voulu. Mais cette solution atteint ses limites malgré qu'elle fonctionne et qu'elle répond à 70 % de la problématique. En effet, il est facile de faire une interaction comme celle-ci via un terminal en local, mais maintenant, il faut pouvoir faire la même chose qu'avec le terminal, mais via une interface web. C'est pourquoi, cette solution n'était pas suffisante.

J'ai donc pensé à une lecture constante sur un fichier : le code permet de récupérer les paramètres de l'antenne via une lecture sur fichier (existant déjà dans le code, seulement utilisé lorsque c'est spécifié) et parallèlement, le script python permet d'écrire dans ce fichier. Le travail se fait simultanément : le logiciel lit le fichier de commande pour récupérer les paramètres tandis que le script python écrit dans ce même fichier de commande les nouveaux paramètres. Cela serait facile à mettre en place sur une interface web, qui après avoir récupéré les paramètres via le formulaire, l'écrit dans un fichier grâce au script python, et ainsi, le logiciel continuerait de faire comme avec le menu du terminal. Voici un exemple d'utilisation :

```

trivoherison@lp-trivoherison: ~/Documents/codeSRT...
waiting on antenna 1
aznow 103 eInow 31 k 2
waiting on antenna cmd 100 30 now 103 31 kk 2
waiting on antenna 2
aznow 102 eInow 30 k 3
waiting on antenna cmd 100 30 now 102 30 kk 3
waiting on antenna 3
aznow 100 eInow 30 k 4
19:47:53 PC aznow 100.00 eInow 30.00 freq 1420.40 stow 0
19:47:54 PC aznow 100.00 eInow 30.00 freq 1420.40 stow 0
19:47:55 PC aznow 100.00 eInow 30.00 freq 1420.40 stow 0
19:47:56 PC aznow 100.00 eInow 30.00 freq 1420.40 stow 0
19:47:57 PC aznow 100.00 eInow 30.00 freq 1420.40 stow 0
19:47:58 PC aznow 100.00 eInow 30.00 freq 1420.40 stow 0
19:47:59 PC aznow 100.00 eInow 30.00 freq 1420.40 stow 0
2021:187:19:47:59 PC ant slewing to stow
aznow 28 eInow 8 k 0
waiting on antenna cmd 4 0 now 28 8 kk 0
waiting on antenna 0
aznow 16 eInow 4 k 1
waiting on antenna cmd 4 0 now 16 4 kk 1
waiting on antenna 1
aznow 10 eInow 2 k 2
waiting on antenna cmd 4 0 now 10 2 kk 2
waiting on antenna 2
aznow 7 eInow 0 k 3
waiting on antenna cmd 4 0 now 7 0 kk 3
waiting on antenna 3
aznow 6 eInow 0 k 4
waiting on antenna cmd 4 0 now 6 0 kk 4
waiting on antenna 4
aznow 4 eInow 0 k 5
19:48:05 PC aznow 4.00 eInow 0.00 freq 1420.40 stow -1
19:48:06 PC aznow 4.00 eInow 0.00 freq 1420.40 stow -1
19:48:07 PC aznow 4.00 eInow 0.00 freq 1420.40 stow -1
19:48:08 PC aznow 4.00 eInow 0.00 freq 1420.40 stow -1
trivoherison@lp-trivoherison: ~/Documents/codeSRT/srtnvr9/srtnvr9-clean$
python3 cmd.py azel 150 50
trivoherison@lp-trivoherison: ~/Documents/codeSRT/srtnvr9/srtnvr9-clean$
python3 cmd.py azel 100 30
trivoherison@lp-trivoherison: ~/Documents/codeSRT/srtnvr9/srtnvr9-clean$
python3 cmd.py stow
trivoherison@lp-trivoherison: ~/Documents/codeSRT/srtnvr9/srtnvr9-clean$
python3 cmd.py quit
trivoherison@lp-trivoherison: ~/Documents/codeSRT/srtnvr9/srtnvr9-clean$

```

Figure 10 : Pilotage de l'antenne grâce à des appels python

À gauche, la simulation de l'antenne qui lit un fichier `cmd.test` continuellement toute les 4 secondes, à droite, des appels au script python qui vont écrire dans le fichier `cmd.test`. Les `printfs` sont nécessaires pour voir l'évolution dans le code. On constate que les paramètres `azel` sont modifiés et ainsi, les `printfs` « *waiting one antenna* » montrent bien que l'antenne se déplacerait dans des conditions réelles. On constate l'exécution en simultané des commandes à droite et leurs effets à gauche (1 avec 1, 2 avec 2, 3 avec 3). Il suffira de changer le script python pour qu'au lieu de ne recevoir que la fonction qu'on lui met en paramètre, il récupère les données du formulaire et l'écrit dans le fichier de commande.

Maintenant que toutes les fonctions marchent et que le pilotage de l'antenne est opérationnel grâce à la lecture sur fichier, il ne reste qu'à faire la fonction `record` avant de pouvoir installer le tout avec l'interface web. Cette fonction a un rôle majeur dans le projet car c'est celle-ci qui va permettre d'enregistrer les données récoltées avec l'antenne sur un fichier et donc de pouvoir l'interpréter ensuite sur l'interface web. J'ai donc repéré une fonction `outfile` dans le code qui permet de générer un fichier contenant certaines informations. Hélas, le site web ne reconnaît (d'après l'ancienne structure mis en place) que des fichiers sous format json (une structure propre et défini). J'ai donc dû modifier cette fonction pour qu'il génère un fichier de même structure que ceux interprétable par l'interface web. Pour cela, je me suis inspiré de l'ancienne structure qui faisait ce fichier mais celui-ci était un `.java` et donc, je l'ai codé en C en m'inspirant de ce fichier `.java`. Après plusieurs erreurs et plusieurs modifications, mon programme arrive enfin à générer un fichier correspondant au format interprétable par l'interface web.

Je ne l'ai pas précisé, mais durant toutes ces modifications, j'ai dû réadapter l'ensemble du code pour qu'il fonctionne malgré mes modifications (comme le `while` en `if` par exemple). Comme vous avez pu le remarquer aussi, les `printf` sont différents, car ils aident à mieux comprendre que les précédents : `aznow` et `eInow` permette de savoir les positions de l'antenne et `cmd` correspond aux commandes souhaitées.

Maintenant que tout est prêt, le pilotage de l'antenne, l'ensemble des fonctions de l'antenne et notamment la fonction record, on peut passer à la mise en relation avec l'interface web.

3. Installation et connexion (3 semaines)

Je ne pourrais malheureusement pas vous présenter ce que j'ai fait car étant donné que la soutenance et le rendu du rapport se sont fait 3 semaines avant la fin du stage, je n'ai pas encore pu faire cette partie. Néanmoins, nous en avons déjà parlé avec l'équipe de travail et donc je peux vous présenter, théoriquement, comment nous allons procéder.

L'ancienne interface fonctionnait avec un appel à un exécutable en Java dans un code en PHP, en l'occurrence, callSRT.php. Ce fichier exécute un fichier .jar qui servait, autrefois, à piloter l'antenne. Nous pensions remplacer cet appel d'exécutable par la commande python avec comme paramètres, les différents champs du formulaire (qu'on avait préparé précédemment). Cela écrira dans le fichier de commande que le logiciel de pilotage liera et ainsi agira en fonction des données du formulaire de l'interface web. Cela n'est que théorique car la manipulation des champs du formulaire se fait progressivement dans le fichier callSRT.php et donc cela complique la chose. Mais globalement, c'est ce qui restera à faire durant ces trois dernières semaines.

CONCLUSION

RESULTAT

Pour rappel, ils m'ont confié la transition logiciel du programme de pilotage de l'antenne SRT de l'Observatoire de Paris, afin de le remettre en état de marche. Celui-ci pourra alors être guidé via une interface web développée par une autre stagiaire. Depuis le début du stage, j'ai réussi à développer l'application de pilotage de l'antenne ainsi que la réécriture des fonctions associées à celle-ci. Si la solution que j'ai proposée correspond aux attentes de l'Observatoire ? Je l'espère, du moins, lors de nos réunions, ils m'ont toujours soutenu et semble avoir approuver mes choix. Néanmoins, le travail n'est pas fini et il n'est pas question de se relâcher.

ÉVOLUTIONS

Les missions qu'ils m'ont proposées n'était même pas le début du projet IAU-SKACON. En effet, ma mission a été de remettre en état de marche une antenne qui ne marchait plus. De là, le projet peut démarrer. À partir de mon travail, on peut pousser le projet encore plus loin afin de toucher un maximum de personne. Une des solutions pensées par Mr Philippe Salome était d'en faire une application mobile. Donc, les appels php sur un programme en python ne seront donc pas les mêmes. De plus, plusieurs fonctions peuvent être ajoutés ; je le rappelle, je n'ai contribué qu'au développement des principales fonctions, nécessaires, mais ils en existent d'autres (comme le beamswitch).

DIFFICULTES RENCONTREES

J'ai rencontré plusieurs problèmes lors de l'installation du code car il manquait des bibliothèques et des packages. Aussi, lors de la compilation, certains modules n'étaient pas encore installés. Enfin, comme évoqué dans le rapport, différentes solutions apportées ne répondaient pas entièrement aux problèmes et donc, la recherche de nouvelles solutions s'imposait. L'utilisation de Visual Studio Code et Gitlab ne me sont pas familières mais j'ai quand même réussi à les maîtriser en peu de temps afin d'en tirer le maximum. Et pourtant, malgré toutes les fois où j'étais bloqué, ou je ne savais pas comment faire, mes deux tuteurs m'ont supporté et m'ont aidé, ou du moins, soutenus, à trouver une solution.

AMELIORATIONS

Évidemment, tout peut être amélioré, et ce dernier n'est pas une exception. En effet, à partir des choses faites, il est possible d'améliorer la structure, afin d'éviter de passer par un fichier de commande pour guider l'antenne, mais directement un lien entre le formulaire et le récepteur de l'antenne. Aussi, les parties du code réécrites peuvent sûrement être plus efficace qu'ils le sont déjà. Une documentation mieux rédigée et en anglais serait un vrai plus à cette application afin que quiconque voulant reprendre ce projet, puisse le faire.

ACQUIS

TECHNIQUEMENT

Ce stage m'a permis de mettre en application sur un projet professionnel et non plus dans un cadre d'éducation et d'apprentissage, un ensemble de compétences que l'on m'a enseignées au sein de l'IUT de Vélizy. De ce fait, ce n'est plus une note que je vise mais un livrable à délivrer à un client dont la réputation de l'équipe de travail en découle directement. J'ai donc dû me perfectionner dans le développement tant en C qu'en Python ainsi que dans la compréhension du PHP et du Java. Ce projet m'a permis d'aborder une panoplie de fonction sur l'utilisation et le développement en C et en Python.

J'ai aussi découvert et appris à utiliser un nouvel environnement de travail qui est Visual Studio Code et j'ai enfin pu mettre en application, sur un projet d'envergure, l'utilisation et les bénéfices d'un dépôt Gitlab. De plus, les méthodes de travail apprises durant ces années à l'Université m'ont permis d'avancer efficacement dans mon travail, notamment, la documentation de code. Ce projet m'a fait comprendre l'impact d'un code bien documenté, sur sa compréhension et sa structure.

Enfin, ce stage m'a permis d'acquérir un ensemble de savoir et de connaissances liées au domaine de l'astronomie et de l'astrophysique. En effet, pour mieux comprendre le sujet, j'ai dû m'intéresser davantage à ce domaine et en profiter pour nourrir cette passion de l'astronomie. De plus, étant un projet international, j'ai dû communiquer en anglais avec les autres membres du projet dans un domaine aussi technique et complexe que l'astronomie et l'astrophysique ainsi que des partages de documentation principalement en anglais (documentation du code de l'antenne – fichier pdf).

PERSONNELLEMENT

En plus d'un apport sur le domaine technique, ce stage m'a aussi aidé à grandir, à mûrir. En effet, mes tuteurs m'ont donné beaucoup d'autonomie, qu'il fallait réussir à gérer. Au début, ce n'était pas facile car il est très facile de se laisser distraire, notamment lorsque je suis en distanciel. Mais au fur-et-à-mesure, j'ai compris l'importance de cette autonomie et de la confiance que mes tuteurs m'ont accordé.

Ce stage nécessite aussi un travail d'équipe exemplaire, basé sur la communication et l'entraide ainsi que le partage de connaissance. En effet, durant mes années universitaires, j'ai pris l'habitude de chercher solution à mon problème par moi-même. Mais ce stage m'a fait réaliser qu'une équipe est complémentaire et que parfois, il est préférable de se tourner d'abord vers son équipe plutôt que vers internet. En général, lorsque je bloquais sur un problème et que la solution ne se trouvait pas sur les premiers liens, je bloquais pour chercher une solution convaincante et à chaque fois, après un appel avec Mme Yaye Awa Ba ou avec Mr Philippe Salomé, le problème était résolu dans la plupart des cas. Cette communication efficace et cette confiance ainsi que ce travail d'équipe m'a beaucoup appris tant sur le relationnel que sur le personnel.

Travailler dans le domaine de l'astronomie et de l'astrophysique demande une certaine curiosité car c'est un domaine assez complexe rempli de mystère et évoluer dans ce domaine nécessite un apprentissage constant du fait de l'évolution constante que subit ce domaine. Aussi, il faut être à jour car chaque jour, de nouvelles découvertes peuvent changer le cours des choses.

Enfin, le développement d'un code aussi important m'a obligé à avoir une bonne gestion et une bonne organisation. En effet, il arrivait parfois que je travaillais sur plusieurs parties du code en même temps et donc ne pas se mélanger sur les différentes fonctions et les différentes modifications apportées. Il m'a fallu prendre des notes pour ce qui était accompli et ce qu'il restait à faire.

PROFESSIONNELLEMENT

Auparavant, ma seule expérience professionnelle était celle des projets tutorés et des projets de groupe dans le cadre de l'éducation et de l'apprentissage. Ce stage m'a permis de faire un premier pas dans le monde du travail et d'y découvrir ce que l'on m'enseignait. J'ai pu concrétiser mes connaissances théoriques ainsi qu'appliquer mes compétences techniques à un projet professionnel. Cette première expérience a été très enrichissante professionnellement car elle m'a permis de découvrir d'un œil de technicien, le travail d'un développeur informatique, ce qu'il doit accomplir, son environnement de travail et ainsi de suite. Cela m'a donné une perspective sur les chemins que je veux suivre et parcourir pour accomplir mon projet professionnel.

BILAN GENERAL

Ce stage a été pour moi une révélation, du fait de l'aspect technique qu'il proposait ainsi que la contribution de l'informatique en astronomie et dans n'importe quel domaine. En effet, j'ai toujours eu une passion pour tout ce qui touche à l'espace, les planètes, la galaxie et l'univers en générale. Cependant, la physique, qui est une matière importante pour travailler dans ce domaine, n'est pas mon fort, et n'est pas vraiment une matière que j'apprécie. J'ai donc voulu travailler dans ce domaine mais via la voie de l'informatique, en supposant que tous les domaines futurs dépendent de l'informatique. Ce stage m'a permis d'assembler et de concrétiser un peu plus mon projet professionnel. Il réunissait en lui seul, les choses que j'apprécie de l'informatique (développement notamment en C et en Python), et ceux de l'aérospatiale (les découvertes et l'étude de l'univers). J'ai pu grâce à lui mettre en application aussi, une variété de compétences secrètement acquis durant mes années à l'université que je ne soupçonnais pas posséder jusqu'ici, tant sur le domaine technique que relationnel. Mes échanges avec différentes personnes travaillant dans le domaine m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences et j'espère trouver, plus tard, un environnement de travail aussi porteur et rempli de passionné que celui-ci.

Pour conclure, j'ai réalisé que mon projet professionnel n'était pas seulement une utopie mais bel et bien un projet, quoi que difficilement atteignable, faisable et réalisable, à l'instar de ce stage. Aussi, les compétences acquises durant mes années à l'université me seront précieuses pour la suite de mes études et de ma carrière en générale et que cette base solide n'est pas à négliger. Enfin, je reconnais que travailler au sein de l'Observatoire de Paris, l'un des lieux de naissance de découvertes scientifiques incroyables, ainsi qu'un lieu d'apprentissage et de recherche comme celui-ci, d'une reconnaissance à l'international a été une chance extraordinaire pour moi et j'en suis totalement reconnaissant, auprès de Mme Barbot qui m'a aidé à trouver ce stage, ainsi qu'à mes tuteurs de m'avoir fait confiance en m'engageant à leurs côtés.

ANNEXE

Annexe	31
Sujet du stage	32
Sujet	32
Contexte	32
Objectifs	32
Compétences requises	32
Localisation	32
Durée	32
Cahier des charges	33
Le projet, son contexte et sa finalité	33
Les contraintes	33
Prestations attendues	33
Besoins fonctionnels	34
Ressources allouées au projet	34

SUJET DU STAGE

SUJET

Développement d'un service de communication distante entre une interface web et un logiciel de pilotage d'antenne radiotélescope, mise en production dans <http://euhou.obspm.fr>

CONTEXTE

Le LERMA au sein de l'Observatoire de Paris héberge 2 radiotélescopes à usage pédagogique. Ces instruments sont destinés au grand public mais aussi aux étudiants de Licence et de Master. Dans le cadre de l'utilisation par le grand public, une interface de pilotage à distance a été développée. Il est donc possible d'utiliser ces instruments depuis un simple navigateur web dans une salle de cours pour les professeurs des écoles ou bien depuis chez soi pour les particuliers.

Ces radiotélescopes permettent d'observer la raie HI à 21cm de l'hydrogène atomique et donc cartographier le gaz dans les bras de la Voie-Lactée, notre galaxie. La mesure des vitesses des nuages de gaz par spectromètre permet également de construire la courbe de rotation de notre galaxie et de discuter la présence de matière noire dans son halo.

OBJECTIFS

L'objectif de ce stage est d'effectuer la transition logicielle de l'interface de pilotage de ces instruments à la suite d'un changement de récepteurs. Concrètement, il s'agit de redéfinir les protocoles de communication distante entre l'interface web (formulaires de saisies d'information telles que position, fréquence) codé en PHP et le logiciel de pilotage de l'antenne codé en C. Une fois les actions effectuées, le logiciel produit des fichiers de résultats dont il faut adapter le format de sortie pour un affichage dans le navigateur (cette partie est codée en Python).

COMPETENCES REQUISES

- Méthode de communication distante
- Langages de programmation : PHP, C et Python
- Technologies Web : HTML, Ajax, Javascript, CSS

LOCALISATION

Observatoire de Paris, 77 boulevard Denfert-Rochereau, 75014 Paris

DUREE

3 mois

CAHIER DES CHARGES

LE PROJET, SON CONTEXTE ET SA FINALITE

- Porteur : Philippe Salomé (Astronome-Adjoint), Yaye-Awa Ba (Ingénieure d'Étude).
- Structure : Observatoire de Paris > LERMA > Projet euhou-skacon
- Mise à disposition d'une interface de pilotage à distance d'un télescope à but pédagogique dans le cadre des activités d'enseignement et de communication scientifique en préparation de la mise en service du SKA (Afrique du Sud / Australie). Le Square Kilometer Array est un instrument phare de l'astronomie pour la prochaine décennie. Sa construction est entamée et la France participe à ce projet d'infrastructure internationale. Euhou-skacon propose des séances d'apprentissage de l'utilisation de l'outil pédagogique aux partenaires du projet en Haïti et au Cameroun.
- Les utilisateurs visés par le projet euhou-skacon sont les professeurs de niveau lycée, les clubs d'astronomie et les amateurs avertis ayant des bases simples de mathématique et de physique. Une utilisation au niveau Universitaire est également possible.
- Les objectifs du projet de développement proposé dans ce stage sont : (i) l'adaptation des codes de pilotage de l'antenne après l'installation d'un nouveau récepteur (ii) la gestion des appels depuis un navigateur de ces nouveaux développements.
- L'interface de pilotage fonctionne parfaitement avec un code en java qui pilote une ancienne génération de récepteur. La transition vers un nouveau récepteur et son code d'appel en c implique une adaptation des interfaces d'appels de ce code.

LES CONTRAINTES

- Système d'exploitation : Linux. Déploiement du logiciel sur (i) un ordinateur proche du télescope et (ii) un serveur central. Le développement se fera sur un ordinateur portable mis à disposition par le laboratoire. L'accès Internet est nécessaire pour le développement et les tests.
- Besoin : connaissance des langages de programmation c, de script python, php, javascript et html.

PRESTATIONS ATTENDUES

- Développement du code c. Modification du code initial pour rendre possible des appels via un navigateur web (récupération de paramètres dans un formulaire, exécution de certaines actions du code, récupération des résultats d'observation pour affichage dans le navigateur et archivage sur un serveur).
- Déploiement du code sur l'ordinateur de pilotage du télescope, sauvegarde et versionning.

- Exécution de tests
- De-bug

BESOINS FONCTIONNELS

- Fonctionnalités attendues sous la forme de commandes python (i) faire bouger le télescope à des coordonnées précises dans le ciel (ii) changer la fréquence (iii) faire un étalonnage (iv) ajouter des offsets de position (v) enregistrer les données acquises dans un format JSON prédéfini. Supprimer les affichages gtk et rendre le code interactif à distance sans utiliser son interface graphique originelle.
- Enchaînement logique des tâches : une fois ces appels rendus possibles : les inclure dans la chaîne d'appels de commandes existante (remplacer les appels php en java par des appels en python, récupération des données pour inclusion dans la chaîne existante d'affichage et d'archivage).

RESSOURCES ALLOUEES AU PROJET

- Deux Co-encadrants (scientifique / technique). Un réseau d'interlocuteurs participants au projet (une vingtaine de personnes : étudiants, ingénieurs, chercheurs).
- Indemnités de stage. Mise à disposition d'un ordinateur portable. Accueil dans les locaux du laboratoire. Accès cantine, ressources informatiques mutualisées de l'établissement.
- Plateforme de discussion et d'échange sur Discord. Réunions en visioconférence via zoom.
- Délai de mise en œuvre souhaité : 3 mois. Deadline : fin juillet 2021.

GLOSSAIRE

RADIOTELESCOPE

Télescope spécifique qui permet de capter les ondes radioélectriques émis par les astres, essentiellement utilisé en radioastronomie.

ASTRONOMIE

Science qui étudie les astres, les origines, l'évolution et les propriétés physiques et chimiques.

ASTROPHYSIQUE

Branche interdisciplinaire de l'astronomie visant principalement à étudier l'origine de l'univers et le déplacement des astres.

METROLOGIE

Science de la mesure, regroupant l'ensemble des techniques permettant de réaliser des mesures, de les interpréter et d'en assurer leur fiabilité.

MERIDIEN DE PARIS

Le méridien est une ligne imaginaire reliant le pôle Nord au pôle Sud. C'est à partir de cette ligne que le système métrique est créé. Le méridien de Paris est un méridien calculé par Aragon, qui fut abandonné au profit du méridien de Greenwich lors d'une conférence internationale. Il est important que cela soit une décision internationale car c'est du fait de cette ligne que les fuseaux horaires ont été départagés.

MIDI VRAI

Aussi appelé Midi solaire, il correspond au moment de la journée où le Soleil atteint son point culminant de la journée en un endroit donné ; son angle horaire est alors égale à zéro.

GRAND ETABLISSEMENT

En France, « grand établissement » est un statut juridique de certains établissements nationaux d'enseignement supérieur et de recherche jouissant de la personnalité morale et de l'autonomie pédagogique et scientifique, administrative et financière.

Un grand établissement est un type particulier d'établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel (EPSCP). Les conditions de reconnaissance en tant que grand établissement sont fixées dans le code de l'éducation.

SRT

Small Radio Telescope (SRT) est une antenne développée par MIT Haystack Observatory dans un but scolaire afin d'enseigner la radioastronomie aux étudiants d'universités et aux lycéens. C'est une antenne que l'on peut construire soi-même à partir de matériaux trouvables en commerce. Les ressources sont disponibles sur le site (d'où le code a été récupéré donc).

AZIMUT ET ELEVATION

L'azimut est un angle formé par le nord géographique et la direction du satellite (un peu comme une boussole et son nord magnétique).

L'angle d'élévation ou l'angle de site est l'angle formé entre le plan horizontal où est fixé un appareil et la droite allant depuis cet appareil vers un objet visé.

COORDONNEES GALACTIC

Le système de coordonnées galactiques est basé sur le plan de la Galaxie et permet de repérer un objet sur la voûte céleste. Il est centré sur le Soleil, et le point de longitude et de latitude o pointe directement vers le centre de la Galaxie.

BIBLIOGRAPHIE

https://fr.wikipedia.org/wiki/Observatoire_de_Paris

<https://psl.eu/universite/nos-etablisements/luniversite-psl/observatoire-de-paris-psl>

<https://www.observatoiredeparis.psl.eu/-observatoire-de-paris-.html>

<https://vm-weblerma.obspm.fr/psalome/teaching/>

<https://www.haystack.mit.edu/haystack-public-outreach/srt-the-small-radio-telescope-for-education/>