

# Rapport de stage

## CNRS, Institut Néel

## Grenoble

# Développement d'une compression d'image sans perte sur une caméra rapide

Nicolas VERHELST - Ing3 ECE Paris

9 janvier 2017 - 20 février 2017

## Table des matières

|   |          |
|---|----------|
| <b>Introduction</b>   | <b>4</b> |
| <b>1 Le CNRS</b>  | <b>4</b> |
| 1.1 L'institut Néel . . . . .   | 4        |
| 1.1.1 Son histoire . . . . .  | 4        |
| 1.1.2 Aperçu en chiffres . . . . .                                    | 4        |
| 1.1.3 Les équipes . . . . .   | 5        |
| 1.2 Moyens mis à disposition . . . . .                                | 5        |
| 1.2.1 Moyens matériels . . . . .                                      | 5        |
| 1.2.2 Moyens immatériels . . . . .                                    | 6        |
| <b>2 Plan</b>   | <b>6</b> |
| <b>I Politique, gestion de l'entreprise et missions de l'étudiant</b> | <b>7</b> |
| <b>1 LES BASES D'UNE ANALYSE FINANCIERE</b>                           | <b>7</b> |
| 1.1 Regard analytique sur les liasses fiscales . . . . .              | 7        |
| 1.1.1 Points forts du bilan . . . . .                                 | 7        |
| 1.1.2 Points forts du compte de résultat . . . . .                    | 8        |
| 1.2 Regard analytique sur l'évolution de la trésorerie . . . . .      | 9        |
| <b>2 ORGANISATION ET POLITIQUE "DE L'ENTREPRISE"</b>                  | <b>9</b> |
| 2.1 Politique "de l'entreprise" . . . . .                             | 9        |
| 2.2 Organisation "de l'entreprise" . . . . .                          | 9        |
| 2.3 Ambiance de travail . . . . .                                     | 10       |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3 DESCRIPTION DE LA MISSION</b>                                     | <b>10</b> |
| 3.1 Contexte du stage . . . . .  | 10        |
| 3.2 Réalisations techniques . . . . .                                  | 12        |
| 3.2.1 Fabrication d'une mire . . . . .                                 | 12        |
| 3.2.2 Acquisition des paquets, formation des images et des vidéos .    | 13        |
| 3.3 Difficultés rencontrées . . . . .                                  | 14        |
| 3.4 Visite du CEA et aide dans diverses expériences . . . . .          | 17        |
| 3.4.1 Visite d'une expérience du CEA . . . . .                         | 17        |
| 3.4.2 Aide dans diverses expériences . . . . .                         | 17        |
| <b>II Bilan des compétences</b>  | <b>19</b> |
| <b>1 Le bilan personnel</b>  | <b>19</b> |
| 1.1 Les savoirs et savoir-être acquis . . . . .                        | 19        |
| 1.2 Les axes d'amélioration . . . . .                                  | 19        |
| <b>2 Le bilan professionnel</b>  | <b>19</b> |
| 2.1 Qualités, compétences et manques au niveau professionnel . . . . . | 19        |
| 2.2 Organisation du travail . . . . .                                  | 20        |
| <b>III Interview d'un cadre : Mathieu GIBERT</b>                       | <b>21</b> |
| <b>1 Présentation du cadre</b>   | <b>21</b> |
| <b>2 Questions et réponses</b>   | <b>21</b> |
| <b>Conclusion</b>  | <b>23</b> |

# Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Je tiens à remercier vivement mon maître de stage, M. Mathieu GIBERT, chercheur à l'institut Néel au sein du CNRS à Grenoble, pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien. Grâce aussi à sa confiance j'ai pu m'accomplir totalement dans mes missions. Il fut d'une aide précieuse dans les moments les plus délicats.

Je remercie également toute l'équipe HELFA pour leur accueil et en particulier M. Emeric DUROZOY, qui m'a beaucoup aidé à comprendre les problématiques des écoulements superfluides, et M. Panayotis SPATHIS qui a gentiment répondu à mes questions concernant ses TP.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont conseillé et relu lors de la rédaction de ce rapport de stage : ma famille, mon amie Elora PELISSIER.

# Introduction

La recherche de ce stage a été effectuée exclusivement par internet : désireux de trouver un stage dans le domaine de la recherche j'ai cherché à joindre des centres de recherches près de mon domicile. Après plusieurs échanges de mail, j'ai reçu des avis favorables et j'ai pu choisir le stage que je trouvais le plus intéressant et le plus adapté. Le stage ainsi choisi portait sur le développement d'une compression d'image sans perte pour une caméra rapide dotée d'un FPGA embarqué dans le cadre d'un projet de recherche fondamentale au CNRS à Grenoble. J'ai pu procéder par étapes pour me rapprocher de l'objectif final, et bien que la durée du stage n'ait pas été suffisante pour me permettre de mener ma tache à son terme, j'ai pu faire progresser le projet en y apportant des modules fonctionnels.

## 1 Le CNRS

### 1.1 L'institut Néel

#### 1.1.1 Son histoire

L'Institut Néel est un laboratoire de recherche en physique de la matière condensée situé à Grenoble qui dispose d'un effectif de 450 personnes dont 175 chercheurs et chercheurs enseignants. Ce nom a été donné en l'honneur du scientifique Louis Néel, venu s'installer à Grenoble dès 1940 et devenu le principal instigateur du polygone scientifique de Grenoble à la fin des années 1950.

Il s'agit d'une unité propre de recherche du CNRS créée en 2007 par regroupement de quatre laboratoires de recherche : le Centre de Recherches sur les très basses températures (CRTBT), le laboratoire d'étude des propriétés électroniques des solides (LEPES), le laboratoire Louis Néel (LLN) et le Laboratoire de cristallographie (LdC).

#### 1.1.2 Aperçu en chiffres

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Effectif</b>                  | 450 personnes, dont 125 chercheurs et 50 enseignants-chercheurs, 130 ingénieurs, techniciens, administratifs, 145 non permanents |
| <b>Organisation</b>              | 3 départements, 17 équipes de recherche, 17 services et pôles technologiques   |
| <b>Surface</b>                   | 15 000 m <sup>2</sup>  |
| <b>Publications</b>              | 400/an dans des revues à comité de lecture   |
| <b>Doctorats</b>                 | 30 soutenances par an  |
| <b>Etudiants Master</b>          | 60 stages par an   |
| <b>Valorisation industrielle</b> | Liens avec 30 partenaires privés et de R&D par le biais de contrats de recherche<br>38 brevets actifs, 24 licences de production |
| <b>Séminaires</b>                | 100 par an   |
| <b>Prix</b>                      | 13 membres du laboratoire récompensés depuis la création de l'Institut NEEL  |
| <b>Budget</b>                    | 35M€ consolidé (salaires compris)  |

### 1.1.3 Les équipes

En 2016, le site du CNRS à Grenoble s'organise selon l'organigramme suivant :

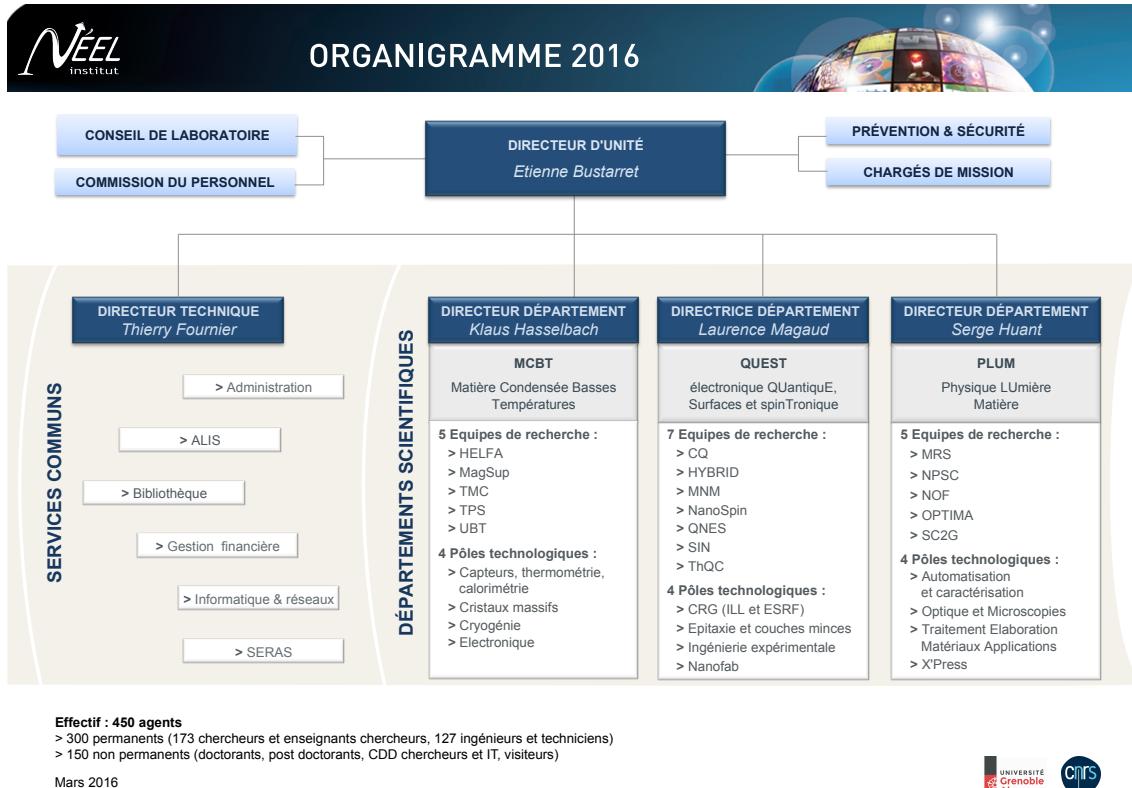


FIGURE 1 – Organigramme de l'institut Néel du CNRS en 2016

Pour ma part je faisais partie de l'équipe HELFA au sein du département MCBT (matière condensée basse température). L'équipe présente dans mon laboratoire était assez restreinte : il n'y avait qu'un chercheur, un ingénieur, un doctorant, et moi. La plupart du temps nous étions seulement deux dans le laboratoire : le doctorant et moi.

Une part conséquente du personnel est d'origine étrangère ; en majorité des espagnols, des anglais, des allemands et des italiens.

## 1.2 Moyens mis à disposition

### 1.2.1 Moyens matériels

**L'azote liquide** est une ressource très utilisée dans les laboratoires du CNRS ; à ce titre, des stocks importants sont présents sur le site, et l'accès est grandement facilité : des robinets spéciaux sont présents dans les locaux, ainsi que des dewares<sup>1</sup> et du matériel cryogénique.

**Une ferme de calcul** est présente sur le site et est disponible sous réservation : elle permet d'effectuer rapidement des calculs informatiques au profit des chercheurs.

1. Récipients spéciaux pour l'azote liquide.



FIGURE 2 – Aimant lévitant sur un supraconducteur refroidi à l'azote liquide  
© CNRS Photothèque / BOBROFF Julien & Citerne en cours de remplissage

**Un service électronique** est présent sur le site et pourvoit aux besoins en matériels communicants, aux besoins d'interfaçage...

**Un service mesure et capteur** en étroite collaboration avec le service électronique permet des mesures performantes avec des sondes personnalisées en cas de besoins spécifiques.

### 1.2.2 Moyens immatériels

Un personnel qualifié et spécialisé est présent sur le site du CNRS pour aider les équipes des laboratoires et pour assurer la sécurité des biens et des personnes. Parmi eux on peut compter des professionnels de la climatisation (assurant une ambiance de travail correcte, en température et en composition de l'air), des professionnels de la sécurité et des risques, des chargés de reprographie, des ingénieurs spécialisés, etc...

## 2 Plan

Dans un premier temps je vais faire une analyse de la politique du CNRS, de sa gestion et je présenterai mes activités, puis je ferai le bilan des compétences acquises, et enfin je présenterai un chercheur au biais de questions/réponses.

# Première partie

## Politique, gestion de l'entreprise et missions de l'étudiant

### 1 LES BASES D'UNE ANALYSE FINANCIERE

Un problème se pose d'emblée : le CNRS est un établissement public de recherche, il n'admet donc pas de bilan comptable au même titre qu'une entreprise. En effet, les chercheurs reçoivent des fonds de la part de différents organismes (ANR<sup>1</sup>, Europe, etc...), puis en reversent une partie au CNRS au titre des biens communs (pour avoir accès aux matériels et à la matière disponible sur le site), et finalement utilisent l'argent restant pour les achats de matériel et de matière spécifique au projet, pour payer des entreprises, pour payer des doctorants, des stagiaires, etc... afin de faire aboutir la recherche en cours.

#### 1.1 Regard analytique sur les liasses fiscales

##### 1.1.1 Points forts du bilan

Ne pouvant pas véritablement parler de bilan, nous associerons les postes du bilan à ce qui s'en rapproche le plus au CNRS.

**Les capitaux permanents** Les capitaux permanents sont tels que précisés dans la section 1.1.2.

**Les actifs immobilisés** Par définition ce sont les biens acquis par une entreprise non pour être vendus, mais pour être utilisés. Au CNRS, il s'agit là de tous les matériels achetés et utilisés par les chercheurs.

**Les actifs circulant** Par définition ce sont les biens acquis par une entreprise pour être vendus sur le marché, soit en l'état, soit après transformation. Au CNRS on pourrait dire que les matériaux et les matériels sont acquis par le chercheur et trouvent leur valeur ajoutée lors de la découverte scientifique à l'issue d'une recherche. La transformation serait donc la recherche, et le produit fini serait la nouvelle connaissance scientifique. Mais comme les matériaux et matériels ne sont pas revendu, ni en l'état ni transformé, il n'existe alors aucun actif circulant au CNRS. Cependant, certains savoirs faire sont vendus avec des licences d'exploitations, des appareillages et des brevets.

**Les passifs circulant** Le passif circulant étant considéré comme étant l'ensemble des dettes de l'entreprise dont le dénouement est prévu à court terme, et comme les chercheurs n'admettent aucune dette, on peut alors parler de passif circulant que pour les dettes sociales et fiscales : impôt sur les revenu et taxes liées aux bâtiments, au terrain et aux employés du CNRS.

---

1. Agence Nationale de la Recherche

**La trésorerie nette** La trésorerie nette étant l'argent mobilisable à court terme, on peut l'associer, dans le cas du CNRS, à l'argent disponible pour la recherche des chercheurs. Cette somme d'argent varie d'un chercheur à l'autre, en fonction de sa recherche en cours, de ses projets, et de l'origine des fonds. En 2016, le nombre de chercheur était de 125, et le budget qui leur était alloué était de 35 millions d'euro.

### 1.1.2 Points forts du compte de résultat

Les mêmes problèmes se posent du fait que le CNRS est un établissement public, et non une entreprise.

**Ventes** Le CNRS ne vend presque<sup>1</sup> rien, il met à disposition une plateforme de recherche pour augmenter la connaissance humaine. Cependant, certains contrats privés sont passés avec quelques laboratoires du CNRS ; il s'agit alors là d'embaucher un chercheur pour profiter de son expertise dans le but de développer un produit.

**Lien avec les fournisseurs** Au CNRS les fournisseur principaux sont ceux de l'azote liquide, de l'hélium liquide, et du matériel informatique.

Le CNRS ayant de grands besoins en azote liquide, des citernes verticales sont installées à plusieurs endroit du site ; lorsque les sondes présentes sur les citernes en font ressentir à distance, le besoin, un fournisseur rétablit le niveau de liquide en remplissant ces citernes avec des camions spéciaux. Une alternance régulière entre deux fournisseur est observée : actuellement l'entreprise *Messer* est chargée du remplissage des citernes ; l'alternance se fait avec l'entreprise *AirLiquide*.

Concernant le matériel informatique, une alternace du même type est observée entre les entreprises *Dell* et *HP*.

**En charge des personnels** Des services administratifs à plusieurs niveaux se répartissent les tâches pour gérer les personnels, chercheurs, doctorants, stagiaires, externes, etc... L'administration remonte jusqu'à Paris.

**En matière de remboursement de crédit** L'argent de la recherche venant de l'état, ce sont les banques qui font crédit à l'état.

**En matière d'impôt sur la société** Le CNRS n'est pas une société et ne subit donc pas cet impôt.

**En matière de résultat net et son affectation** Les résultats ne sont que de la connaissance. Ils sont publiés dans des revues scientifiques à travers des publications de thèse, de recherche, etc... Dans certains cas particuliers (cas de contrats avec des privés), les chercheurs permettent la réalisations de produits qui sont par la suite lancés sur le marché.

---

1. Certains dispositifs électroniques élaborés par le CNRS sont mis en vente à l'extérieur du CNRS.

## **1.2 Regard analytique sur l'évolution de la trésorerie**

Les chercheurs font des propositions de projet, elles sont lues par d'autres chercheurs qui valident (ou non) les projets, puis l'ANR<sup>1</sup> (ou d'autres agences, dont ERC Grants avec l'Europe) débloque l'argent et le verse dans le compte recherche du chercheur.

# **2 ORGANISATION ET POLITIQUE "DE L'ENTREPRISE"**

## **2.1 Politique "de l'entreprise"**

De nouveau, le CNRS étant un établissement public, aucune politique commerciale n'est à observer.

Concernant la gestion des ressources humaines, les candidatures de stage et de thèse sont étudiées par les chercheurs, alors que les candidature de chercheurs n'existent pas : pour devenir chercheur permanent au CNRS il faut passer un concours. Le nombre de place disponible est déterminé par une commission.

Pour ce qui est du développement du CNRS, il est directement subordonné à l'importance des finances allouées à la recherche, que ce soit en France ou en Europe.

## **2.2 Organisation "de l'entreprise"**

Le CNRS est organisé par une très grande rigueur ; que ce soit dans les tâches administratives ou lors des manipulations, les impératifs de sécurité et de sûreté sont toujours présent. La gestion administrative est accomplie avec une grande efficacité, et les erreurs sont traquées pour être corrigées. En effet, le CNRS est depuis peu devenu un site classé sensible concernant le terrorisme ; à ce titre l'identité et les motivations du personnel sont strictement vérifiés à différentes occasions.

Pour la gestion de la sécurité, une partie du site est prévue pour l'apprentissage (sous forme de stage) de la gestion des risques. Un fascicule est distribué à tout nouvel arrivant pour le prévenir des risques qu'il peut rencontrer. Dans ce carnet on peut relever les risques suivants :

- Le travail isolé ;
- Les incendies ;
- L'électricité ;
- Les lasers ;
- Les rayons ionisant (Rayon X...) ;
- Les produits chimiques ;
- Les nanoparticules ;
- Les récipients cryogéniques ;
- Les équipement sous pression ou sous vide ;
- L'electromagnétisme.

On découvre à cette occasion des risques auxquels on n'aurait pas penser... Par exemple : les nanoparticules traversent la peau et rentrent dans le système sanguin,

---

1. Agence Nationale de la Recherche.

des acides peuvent ronger les os et détruire le cœur par un simple contact avec la peau, etc...

En conséquences de ces formations et de ce fascicule, les conditions de travail sont supérieures à de nombreux autres laboratoires. A l'opposé, le point négatif le plus marquant sur les conditions de travail aura été, selon moi, l'isolation des bâtiments : les salles de manipulations sont souvent peu isolées, or, mon stage a principalement eu lieu dans une de ces salles.

## 2.3 Ambiance de travail

Pour ce qui est de l'ambiance de travail, je n'ai pas côtoyé un grand nombre de personnes, mis à part au repas du midi, et je dirai alors que l'ambiance était sérieuse tout en laissant la possibilité de décompresser si besoin est ; les horaires n'étaient pas stricts mais adaptables à condition que le travail soit effectué à temps.



FIGURE 3 – La partie du laboratoire où j'ai passé la plupart de mon temps.

## 3 DESCRIPTION DE LA MISSION

### 3.1 Contexte du stage

Mon stage s'inscrit dans un cadre de recherche fondamentale à long terme : l'expérience à laquelle j'ai pu participer ne sera finalisée qu'à l'horizon de 2019-2020, tout dépend de la découverte de nouvelles difficultés de mise en œuvre, du personnel, des budgets alloués, etc...

L'expérience à réaliser concerne l'étude du comportement tourbillonnaire de l'hélium superfluide<sup>1</sup> (refroidi à très basse température grâce à un cryostat<sup>2</sup>). Pour faire cette étude, un cryostat sera monté sur une table tournante (max : 2 Hertz) ainsi que des dispositifs pour acquérir des données. Table tournante visible figure 4 page 11. Parmi ces derniers figurent trois caméras haute vitesse Phantom V311 qui peuvent filmer jusqu'à 500 000 images par seconde (visibles figure 5 page 12). Les

1. La superfluidité est un état de la matière dans lequel celle-ci se comporte comme un fluide dépourvu de toute viscosité.

2. Un cryostat est un instrument de physique permettant d'obtenir des températures cryogéniques (de l'ordre de 1 degré Kelvin ( $-272^{\circ}\text{C}$ )) par l'utilisation de l'inertie thermique d'un liquide très froid (azote liquide, hélium liquide...).

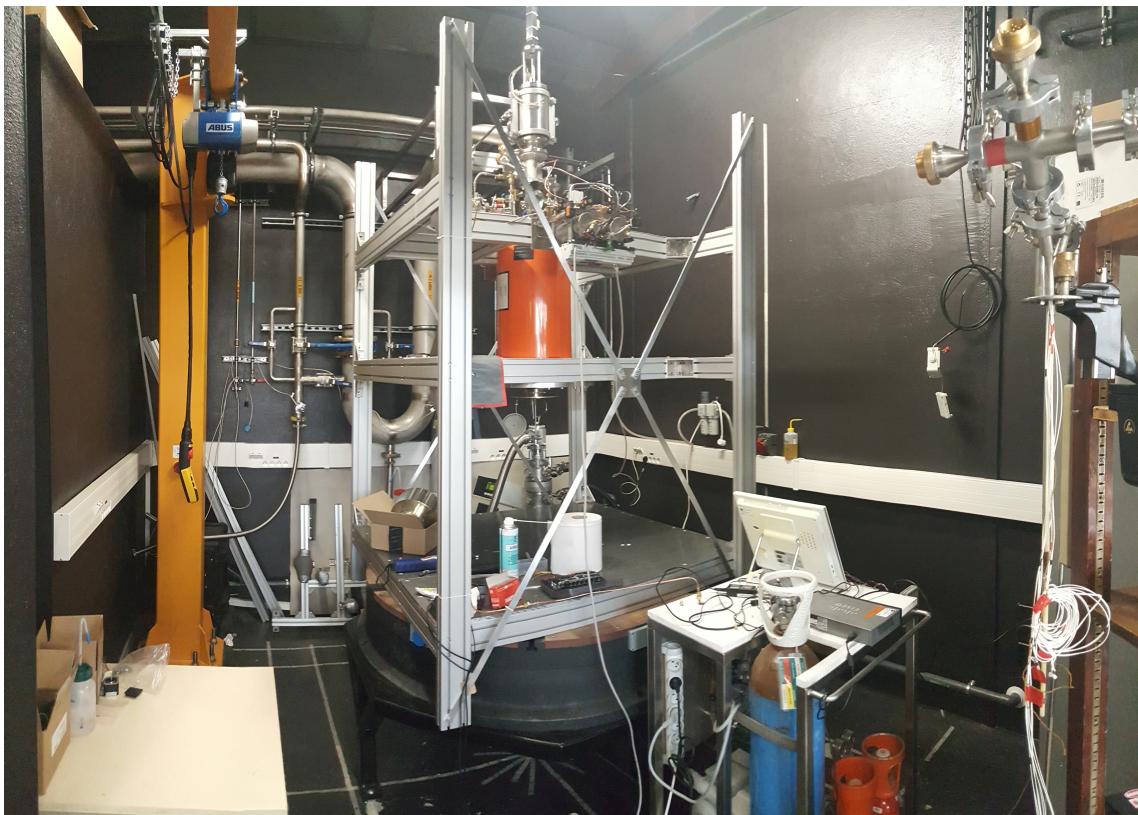


FIGURE 4 – Le cryostat tournant où seront montées les trois caméras.

trois caméra filmeront de la neige tombant dans l'hélium superfluide afin de traquer les mouvements du fluide. Le but de mon stage aura été de participer à l'interfaçage des caméras sur des ordinateur afin d'extraire des données pertinentes. Le plan d'interfaçage est selon les étapes suivantes :

1. La première étape est de réceptionner les images provenant de la camera au biais d'une fibre optique régie par un protocole Ethernet. L'utilisation de fibre optique est nécessaire du fait des débits mis en jeux. Les paquets Ethernet sont construits par un module muni d'un FPGA pré-programmé par une entreprise extérieure. La réception des images se fait par paquet avec le logiciel WinShark ; la construction des images se fait avec MatLab.
2. La deuxième étape est de diminuer le débit passant par la fibre optique en ne laissant transiter par cette dernière que l'information correspondant aux pixels dont la valeur dépasse un seuil arbitraire.
3. La troisième étape est de ne transférer dans la fibre optique, non plus les images capturées par la caméra, mais les coordonnées des flocons de neige. Les flocons étant plus lumineux que le reste<sup>1</sup> : le module portant le FPGA aura pour but final de réceptionner les données brutes sortant de la caméra et de n'envoyer au stockage externe que les coordonnées des flocons de neige.

Au cours de mon stage, par manque de temps, je n'ai pu réaliser que la première étape.

---

1. L'éclairage des flocons se fait par un laser de 10W et permet de visualiser les flocons clair sur un fond sombre.



FIGURE 5 – Camera Phantom V311.

### 3.2 Réalisations techniques

#### 3.2.1 Fabrication d'une mire

Dans l'objectif de synchroniser les trois caméras du projet, il devenait intéressant de construire une mire synchronisable sur un signal rectangle issu d'un GBF.

Pour réaliser cette mire j'ai pu bénéficier du hardware d'une précédente mire ; j'ai par la suite implémenté un code Arduino afin que les LEDs comptent en binaire<sup>1</sup> au rythme d'un GBF. La mire fournie a été montée sur un Arduino Yun Mini, voir figure 6 page 12.



FIGURE 6 – Mire surmontant un Arduino Yun Mini et branché à un GBF par un câble BNC

---

1. Une LED allumée représente un 1, une LED éteinte un 0. Quatre LEDs permettent donc de compter de 0 à 15.

### 3.2.2 Acquisition des paquets, formation des images et des vidéos

Le processus d'acquisition des paquets débute par l'allumage de la caméra : un simple branchement au transformateur externe suffit.

Puis, on donne l'ordre à la caméra de faire transiter les paquets par le FPGA (puis par la fibre optique) : pour cela on ouvre le logiciel propriétaire PCC<sup>1</sup> pour lancer la capture des images par la caméra, puis on ouvre le logiciel EssaiWinPCap<sup>2</sup> pour donner l'ordre à la caméra d'envoyer les paquets par la fibre optique.

Puis on acquiert les paquets avec Wireshark, on obtient un très grand nombre de paquets, voir figure 7 page 13.

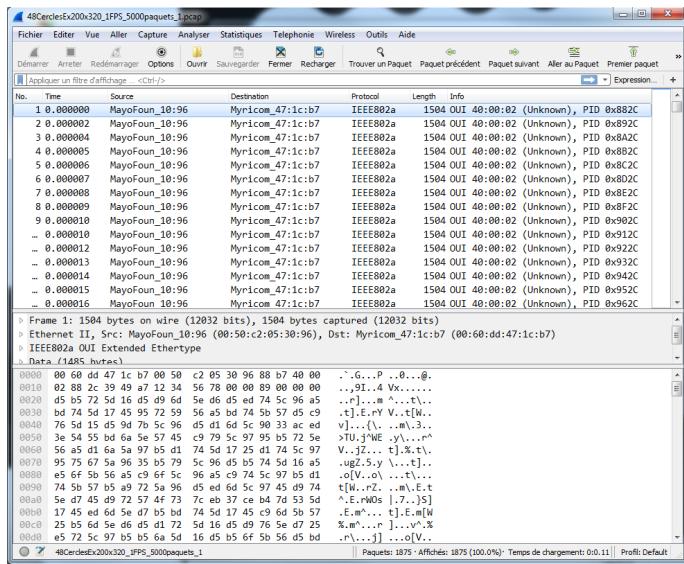


FIGURE 7 – Interface Wireshark

On applique ensuite un filtre dans Wireshark pour ne garder que les paquets qui concernent la caméra (i.e. les paquets concernant les pixels des images) : `eth.src == 00:50:c2:05:30:96`. Cette adresse est trouvée grâce à un clique droit sur un paquet, dans la colonne *Source*, puis en cliquant sur *Appliquer comme un filtre* puis sur *Sélectionné*. Après enregistrement on obtient un fichier PCAP<sup>3</sup> que l'on peut exploiter avec MatLab.

De nombreuses fonctions MatLab ont été implémentées, chacune dans un fichier MatLab différent ; seules certaines fonctions ont été retenues<sup>4</sup> :

- **readPcapVideo3.m** : contient la fonction  
`function [SlowmoVid]=readPcapVideo3(pathAndFileName,nbrImage)`  
et permet de stocker en mémoire vive une structure MatLab contenant les éléments décodés du fichier PCAP. Voir figure 13 page 24 la structure binaire d'un fichier PCAP.  
– *pathAndFileName* : la string du chemin d'accès au fichier PCAP<sup>5</sup>.  
– *nbrImage* : nombre d'image à extraire du fichier PCAP.

1. *Phantom Camera Control* application.
2. Logiciel implanté par l'entreprise ayant pré-programmé le FPGA.
3. Format de fichier prévu pour contenir des paquets issus d'un trafic réseau.
4. Les autres fonctions ont servi à la compréhension de la structure des paquets
5. Chemin absolu.

- **imageMaker3.m** : contient la fonction  
`function []=imageMaker3(SlowmoVid,numeroImage,largeur)` et permet d'afficher une image ainsi formée dans une fenêtre Matlab.  
– *SlowmoVid* : la structure stockée dans MatLab.  
– *numeroImage* : le numéro de l'image du fichier que l'on veut.  
– *largeur* : La largeur (en pixel) de l'image que l'on veut.<sup>1</sup>
- **clipMaker3.m** : contient la fonction  
`function []=clipMaker3(SlowmoVid,nombreImage,largeur, nomFichierVideoAvecExtensionAvi)` et permet d'enregistrer un clip vidéo.  
– *SlowmoVid* : la structure stockée dans MatLab.  
– *nombreImage* : le nombre d'image que l'on veut dans le clip.  
– *largeur* : La largeur (en pixel) de l'image que l'on veut.<sup>2</sup>  
– *nomFichierVideoAvecExtensionAvi* : la string du nom du fichier avec l'extension avi, exemple : '*monFichier.avi*'.

En l'état actuel, on observe des paquets manquants lorsque la résolution est maximale (1280\*800). On observe figure 8 page 15 une ligne noire de la taille correspondant à un paquet perdu, et une zone noire (en bas) correspondant à la perte de nombreux paquets.

Ces pertes de paquet peuvent être dues à :

- Une erreur d'implémentation (ou une volonté non communiquée d'implémenter différemment) le code du FPGA.
- Une mauvaise réception des paquets par le module optique de l'ordinateur.
- Une mauvaise capture des paquets par le logiciel WireShark.
- Une erreur d'implémentation des scripts MatLab.

### 3.3 Difficultés rencontrées

La première difficulté provient du manque d'information concernant la composition des paquets Ethernet transitant par la fibre optique. Des échanges de mails ont permis de clarifier (un peu) la situation ; le reste de la compréhension des paquets aura été faite en faisant varier les paramètres de la caméra et en analysant les variations obtenues dans les paquets.

De plus, comme le montre le quatrième bloc noir de la figure 13 page 24, le header d'image aurait une taille de 32 octets (d'après l'entreprise ayant programmé le FPGA), or, comme le montre le deuxième bloc noir de cette même figure, le header d'image se situe dans une zone mystérieuse de 110 octets (voir aussi figure 9 page 16), d'où l'incohérence. Je me suis penché sur l'interprétation de ces 110 octets, mais je n'ai pas retrouvé ce qui a été annoncé par l'entreprise extérieure. En conséquence, le quatrième cadre noir de cette figure est incertain (il a été rempli par l'entreprise extérieure).

---

1. Attention : le FPGA n'envoie, dans la configuration actuelle, qu'une colonne sur deux, il faut donc diviser la largeur par deux.

2. Attention : le FPGA n'envoie, dans la configuration actuelle, qu'une colonne sur deux, il faut donc diviser la largeur par deux.

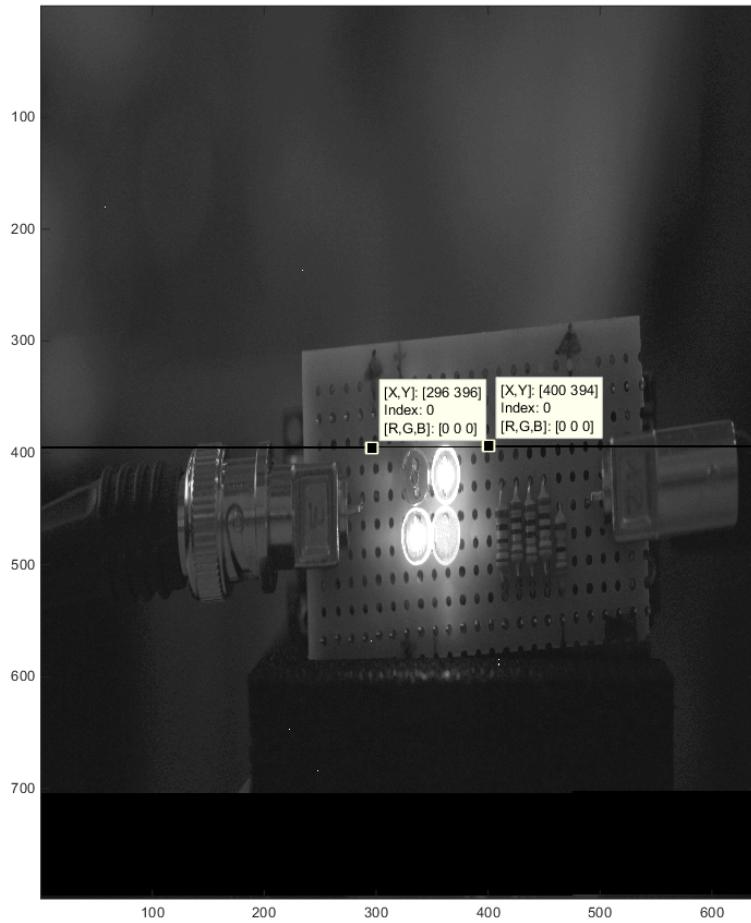


FIGURE 8 – Paquets manquant sur une image en résolution maximale (1280\*800)

J'ai formulé nombreuses hypothèses pour essayer de localiser le header d'image, mais sans succès ; j'ai tenté de :

- Localiser les octets correspondant à la taille (connue) de l'image envoyée en me fiant aux informations fournies par l'entreprise.
- Idem, mais avec une fenêtre coulissante : je simulais un décalage du header d'image par rapport à ce qui était annoncé.
- Me baser non plus sur les octets mais sur les bits : j'ai retourné et interprété les bits dans de nombreux sens, et avec plusieurs théories provenant de plusieurs sources.

Je suppose donc que le FPGA n'envoie pas correctement le header d'image ; du moins, la taille de l'image ne semblait pas transiter dans le header d'image.

Pour m'en assurer j'ai ensuite repris le logiciel créé par l'entreprise<sup>1</sup>, j'ai rajouté des sortie console pour visualiser les valeurs des variables. J'ai lancé le programme, et j'ai observé la variable *lineSize* tout en faisant varier la taille de l'image avec le logiciel PCC<sup>2</sup>. J'ai observé que pour une largeur d'image de 1280 la variable était correctement acquise, mais que pour certaines autres dimensions, la variable du logiciel implémenté par l'entreprise n'acquérirait pas correctement la dimension de l'image. **Le logiciel implanté par l'entreprise ne fonctionne donc pas pour toutes les dimensions : il est lui aussi incapable de lire correcte-**

---

1. EssaiWinPCap.

2. *Phantom Camera Control* application.

| 40 lignes de zéro |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 25 lignes de zéro |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 156               | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 |
| 0                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 9                 | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   |
| 192               | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 |
| 0                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 64                | 64  | 64  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 4                 | 4   | 4   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 56                | 56  | 25  | 240 | 240 | 93  | 93  | 78  | 78  | 20  | 20  | 23  | 23  | 100 | 100 | 25  |
| 32                | 32  | 16  | 0   | 0   | 48  | 48  | 8   | 8   | 0   | 0   | 28  | 28  | 0   | 0   | 0   |
| 3                 | 1   | 15  | 15  | 5   | 5   | 4   | 4   | 1   | 1   | 1   | 1   | 6   | 6   | 1   | 1   |
| 130               | 130 | 145 | 0   | 0   | 211 | 211 | 224 | 224 | 64  | 64  | 113 | 113 | 64  | 64  | 144 |
| 0                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 128 | 128 | 0   | 0   | 192 | 192 | 0   | 0   | 0   |
| 6                 | 6   | 5   | 5   | 3   | 3   | 3   | 3   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 2   | 1   | 1   |
| 16                | 16  | 16  | 0   | 0   | 8   | 8   | 8   | 8   | 16  | 16  | 56  | 56  | 32  | 32  | 16  |
| 0                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 97                | 97  | 80  | 80  | 48  | 48  | 48  | 48  | 17  | 17  | 19  | 19  | 34  | 34  | 17  | 17  |
| 0                 | 0   | 0   | 0   | 128 | 128 | 128 | 128 | 0   | 0   | 128 | 128 | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 6                 | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   |
| 17                | 17  | 44  | 24  | 50  | 51  | 25  | 26  | 59  | 63  | 23  | 26  | 37  | 38  | 3   | 38  |
| 64                | 192 | 64  | 64  | 192 | 64  | 0   | 64  | 192 | 64  | 192 | 0   | 0   | 0   | 192 | 0   |
| 97                | 98  | 97  | 97  | 99  | 97  | 97  | 99  | 97  | 99  | 97  | 97  | 98  | 98  | 98  | 98  |
| 20                | 28  | 204 | 212 | 132 | 140 | 36  | 52  | 144 | 164 | 188 | 252 | 116 | 172 | 80  | 98  |
| 126               | 127 | 169 | 170 | 237 | 238 | 22  | 23  | 82  | 84  | 137 | 143 | 180 | 185 | 208 | 210 |
| 40                | 26  | 38  | 24  | 36  | 22  | 12  | 48  | 47  | 44  | 2   | 18  | 0   | 30  | 48  | 20  |
| 135               | 135 | 138 | 142 | 142 | 129 | 129 | 133 | 136 | 136 | 139 | 139 | 141 | 141 | 143 | 131 |
| 226               | 241 | 146 | 161 | 210 | 225 | 96  | 115 | 34  | 66  | 144 | 241 | 64  | 145 | 33  | 242 |
| 136               | 168 | 104 | 136 | 72  | 104 | 200 | 8   | 248 | 200 | 40  | 40  | 8   | 232 | 8   | 248 |
| 9                 | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   |
| 61                | 61  | 61  | 61  | 61  | 61  | 61  | 61  | 61  | 61  | 61  | 61  | 63  | 63  | 63  | 63  |
| 64                | 64  | 64  | 64  | 64  | 64  | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 64  | 64  | 128 | 128 |
| 147               | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 |
| 212               | 212 | 212 | 212 | 216 | 216 | 216 | 216 | 216 | 216 | 216 | 216 | 244 | 244 | 248 | 248 |
| 79                | 79  | 81  | 81  | 86  | 86  | 89  | 89  | 93  | 93  | 96  | 97  | 99  | 99  | 80  | 86  |
| 6                 | 10  | 60  | 63  | 26  | 29  | 5   | 12  | 4   | 12  | 39  | 2   | 27  | 50  | 58  | 58  |
| 196               | 196 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 197 | 198 | 198 | 198 | 196 | 197 | 197 | 197 |
| 240               | 240 | 19  | 19  | 97  | 97  | 144 | 144 | 208 | 208 | 2   | 16  | 49  | 49  | 0   | 48  |
| 108               | 172 | 204 | 252 | 172 | 220 | 92  | 204 | 76  | 204 | 124 | 44  | 188 | 44  | 172 | 156 |
| 3                 | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 58                | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 58  | 11  | 11  | 11  | 11  |
| 51                | 51  | 51  | 51  | 51  | 51  | 51  | 51  | 51  | 51  | 51  | 51  | 16  | 16  | 16  | 16  |
| 160               | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 176 | 176 | 176 | 176 |

FIGURE 9 – Header image exporté depuis MatLab

**ment le header d'image.** Je suppose donc d'autant plus que le FPGA n'a pas été programmé correctement.

**Un travail de re-programmation du FPGA est donc à envisager.**

### 3.4 Visite du CEA et aide dans diverses expériences

Au cours du stage j'ai eu l'occasion d'observer une expérience de cryogénie prenant place sur le site du CEA, j'ai aussi pu participer à la réalisation d'autres expériences au CNRS.

#### 3.4.1 Visite d'une expérience du CEA

Au CEA j'ai eu l'occasion de me faire expliquer le fonctionnement d'un cryostat de 2000 litres d'hélium liquide. De nombreux détails techniques m'ont été communiqués, comme par exemple la puissance dissipable par le cryostat (400W), la consommation électrique du système de refroidissement qui remplit plusieurs entrepôts (400 000W), la pression dans la cuve des expériences (3bar), etc...

Ce cryostat se destine à des températures de travail comprises entre 1 et 2 degré Kelvin.

Cette visite a été pour moi l'occasion de rencontrer des ingénieurs très spécialisés dans le domaine de la cryogénie. J'ai aussi pu observer l'organisation de l'espace dans le hangar d'expérience : la coiffe du cryostat faisant la taille de deux tables familiales, les scientifiques et leur matériel devaient se répartir en rond autour de l'expérience, chaque équipe ayant le droit à une armoire et à une table.

Une salle de contrôle dédiée contrôlait les automates qui pouvaient fonctionner en autonomie en cas de coupure de courant ; trois ordinateur avaient la tache de communiquer avec les automates, avec deux écrans pour chaque ordinateur.

Aucune photo n'étant autorisée sur le site du CEA, je n'ai donc pas pu mettre de photo en lien avec cette visite dans ce rapport.

#### 3.4.2 Aide dans diverses expériences

De retours sur le site du CNRS, j'ai eu l'occasion d'aider au montage d'un autre cryostat : il s'agissait de fixer la paroi la plus intérieure et de vérifier l'étanchéité parfaite de l'ensemble.

J'ai alors prêté mes bras, ainsi que mes idées... Après montage de la partie visible figure 11 page 18, il y avait une fuite conséquente (5 milliBar par minute). Différentes théories ont été annoncées, mais il a fallu utiliser un spectromètre de masse spécialement conçu pour détecter l'hélium afin de déterminer la position de la fuite. L'intérieur du cryostat en cours de montage est visible figure 12 page 20.

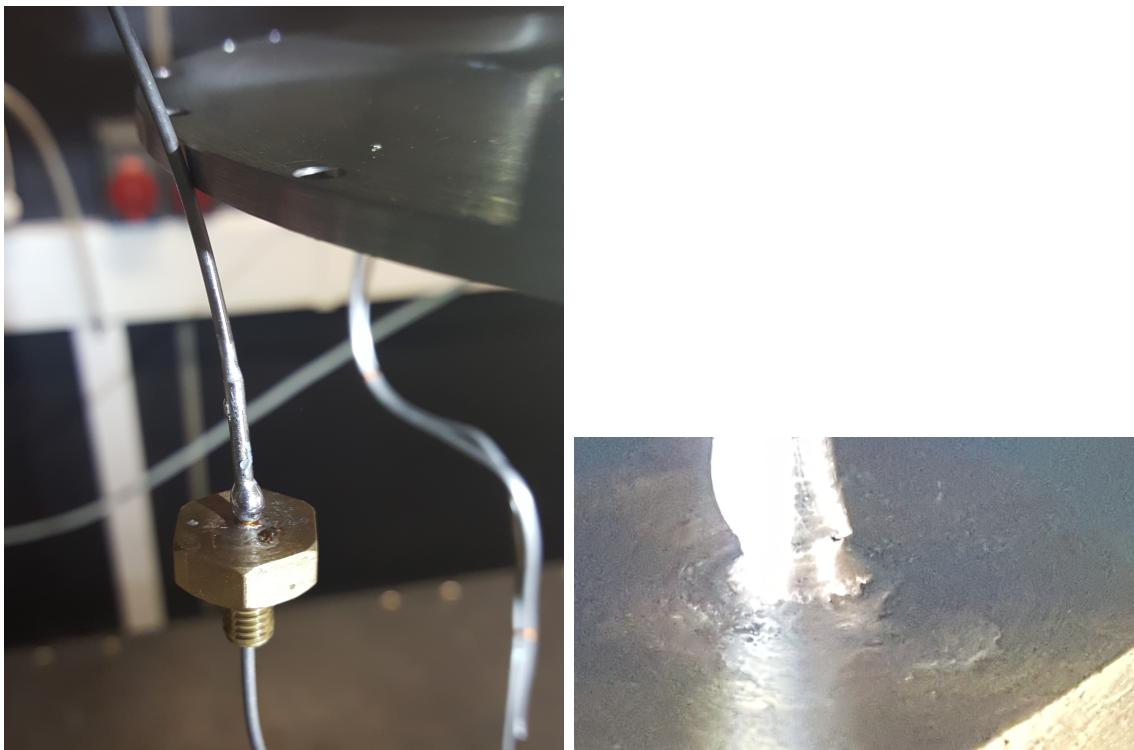


FIGURE 10 – Fuite ayant causé la perte de vide du cryostat.



FIGURE 11 – Paroi interne du cryostat avec les hublots pour les caméras

# Deuxième partie

## Bilan des compétences

### 1 Le bilan personnel

#### 1.1 Les savoirs et savoir-être acquis

J'ai appris à observer, à analyser, à prendre le temps de bien faire les choses, à confirmer la bonne exécution des tâches étape par étape. J'ai par exemple pu observer le processus de vérification de l'étanchéité d'un cryostat, ainsi que la réfaction des sites de fuite. Un cryostat ne se monte pas en une semaine...

En outre j'ai pu développer mes compétences en programmation MatLab, et en C. A ce titre j'ai pu découvrir de nouvelles fonction MatLab, et j'ai découvert l'univers de la programmation objet au biais du C++.

J'ai de plus compris l'intérêt des connaissances acquises au cours de mes études ; je me suis rendu compte de la praticité des analyses dimensionnelles, des approximations en ordre de grandeur, de l'informatique. Il était par exemple intéressant de constater que le spectromètre de masse utilisé pour détecter les fuites indiquait le taux de fuite dans une unité homogène à une puissance : la fuite était donc mesurée en puissance (en  $milliBar \cdot Litre \cdot seconde^{-1}$ ).

#### 1.2 Les axes d'amélioration

Je pense dorénavant utiliser plus souvent les approximations en ordre de grandeur pour prévoir le résultat d'une expérience, je pense utiliser plus souvent les calculs de dimension pour mieux appréhender les grandeurs sur lesquelles on travail.

### 2 Le bilan professionnel

#### 2.1 Qualités, compétences et manques au niveau professionnel

A travers ce stage j'ai pu découvrir concrètement le métier de chercheur, j'ai pu observer le quotidien des personnes travaillant sur le site du CNRS de Grenoble et sur le site du CEA. Par cela j'ai pu me figurer plus précisément la réalité des métiers ayant trait au domaine de la recherche. J'ai pu à cette occasion parler avec des ingénieurs en électronique, et je peux désormais confirmer mon attrait pour le métier d'ingénieur en électronique. C'est donc avec un avis encore plus renforcé que je pense choisir, l'un prochain, la majeure *Système embarqué*.

Je n'ai pas rencontré de personnes *incompétentes*<sup>1</sup> au CNRS, mis à part les personnes en apprentissage (thèse, stage...) ; en effet, le CNRS étant un centre de haut niveau, pas seulement à l'échelle de la France, mais aussi à l'échelle mondiale, il regroupe un personnel d'une grande compétence et d'une grande spécialisation.

---

1. Par personne *incompétente* j'entends une personne qui n'a pas encore la compétence d'accomplir seule sa mission.

## 2.2 Organisation du travail

J'ai découvert qu'il est possible de faire avancer un travail de manière substantielle même en l'absence d'horaires fixes : le fait est que l'on peut aussi bien arriver tard pour dormir un peu plus, que de repartir très tard pour finir un travail en cours.

J'ai perfectionné mon principe d'organisation de fichiers informatiques : au cours de mon stage je me suis satisfait d'un simple dossier portant mon nom.



FIGURE 12 – Intérieur du cryostat avec un chauffage (au fond) et des pales tournantes.

## Troisième partie

# Interview d'un cadre : Mathieu GIBERT

## 1 Présentation du cadre

Actuellement chercheur permanent 2<sup>eme</sup> classe au CNRS dans l'institut Néel (équipe MCBT), Mathieu GIBERT a étudié à l'ENS, a passé l'agrégation de physique, est devenu professeur à l'ENS avant d'entamer des travaux de recherche au Chili puis en France. Il a continué ses activités de recherche post-doctorales en Allemagne pour enfin devenir chercheur permanent en France à Grenoble.

Ces 6 dernières années il a fait 6 publications, a participé à 10 représentations orales dont 7 internationales, a bénéficié de plus de 4 contrats de financement (dont un de 700000 euros, et un de 100000 euros), et fait parti de plusieurs comités scientifiques.

## 2 Questions et réponses

1. **Q :** Comment êtes vous devenu chercheur ?

**R :** Par le concours national du CNRS. Ce concours est extrêmement sélectif puisque il y a chaque année environ 150 candidats pour 5 places (au grand maximum).

2. **Q :** Quels étaient vos objectifs professionnels ? Quels sont ils aujourd'hui ?

**R :** Pouvoir développer mes projets de recherche et animer un groupe dynamique de chercheurs, ingénieurs et techniciens.

3. **Q :** Quel est votre supérieur direct et quelles relations entretenez vous avec lui ?

**R :** Mon supérieur est le directeur du département MCBT. Même si il n'est pas un N+1 au sens de l'entreprise puisqu'il ne contrôle pas mon évolution de carrière. Nous avons de très bonnes relations visant à développer les activités du département.

4. **Q :** Vous trouvez vous stressé par votre travail ?

**R :** Oui par phases qui reviennent périodiquement.

5. **Q :** Avez vous des horaires fixes ?

**R :** Non, je suis maître de mes horaires de travail qui débordent largement des 35h ! Et qui s'invitent souvent dans mes soirées et mes weekends.

6. **Q :** Avez vous une gestion intelligente de l'énergie et des ressources ?

**R :** Concernant l'énergie, on essaye... Et pour ce qui est des ressources, nous avons un gros pool de matériel partagé.

7. **Q :** Essayez vous de maintenir une bonne ambiance au travail, et si oui, comment ?

**R** : Oui ! La bonne ambiance est primordial de mon point de vu. Pour l'atteindre j'essaie de cacher mon stress à mes collaborateurs et j'essaie de les pousser en montrant l'exemple voire en faisant les "petits boulots". (+ des apéros de temps à autre...)

8. **Q** : Quel est le point positif du travail de chercheur ? Le point négatif ?

**R** : De mon point de vu, LE point positif est la liberté de pouvoir tester ses idées, alors que le LE point négatif apparaît dans le contre coup de cette liberté Je ferais remarquer au passage que cette liberté se réduit de plus en plus à cause des modes de financement de la recherche qui s'est mise en place depuis 10 ans.

9. **Q** : Quels sont les avantages de travailler dans le secteur public ?

**R** : Je n'en vois pas vraiment... Les salaires ne sont en rien au niveau du travail fourni.

10. **Q** : Quelle a été la dernière grande découverte dans le domaine de la recherche scientifique ?

**R** : Dans le domaine de la recherche en général je dirais le Higgs<sup>1</sup>, alors que dans le domaine spécifique à mon sujet je dirais les méthodes pour voir les vortex quantiques !

---

1. Le boson de Higgs est une particule élémentaire dont l'existence a été prédite en 1964, et prouvé en 2012, qui permet de comprendre "*la brisure de l'interaction unifiée électrofaible en deux interactions*", et qui permet donc d'expliquer pourquoi certaines particules ont une masse alors que d'autres n'en n'ont pas.

# Conclusion

Ce stage a été pour moi l'occasion de confirmer mes aspirations professionnelles, à savoir : l'électronique dans le domaine de la recherche. J'ai pu rencontré des personnels compétents qui ont su répondre à mes nombreuses questions. J'ai pu utiliser du matériel de pointe, j'ai pu participer à la réalisation d'expériences sensibles, et j'ai appris la gestion de l'organisation d'un laboratoire.

J'ai pu me perfectionner sur certains logiciels et j'ai appris à en maîtriser de nouveaux (LabView). J'ai, entre autres, découvert le monde du protocole Ethernet. J'ai compris l'efficacité et les limites d'utilisation du logiciel MatLab.

De plus, j'ai pour la première fois envisagé la gestion de l'argent dans le cadre d'une activité professionnelle (fonds des chercheurs, leur rémunération, etc...).

J'ai aussi eu l'occasion de visiter une expérience du CEA ; j'ai compris qu'avec de grands moyens (financiers) il est possible d'atteindre une niveau de précision et d'expertise surprenant.

De plus, ce stage m'a permis de découvrir l'importance des relations professionnelles objectives lorsqu'il s'agit de communiquer des données techniques ; il ne s'agirait pas d'être approximatif lors d'une communication avec un autre professionnel, même s'il eut été d'une entreprise extérieure.

Pour finir, ce stage aura lui même été une *expérience* pour moi, l'une de celles passionnantes que l'on est fière d'avoir vécu, et que l'on espère revivre encore dans sa vie, espérant y trouver son métier.

Je réintègre donc mon école d'ingénieur avec motivation et de nouvelles idées en tête.

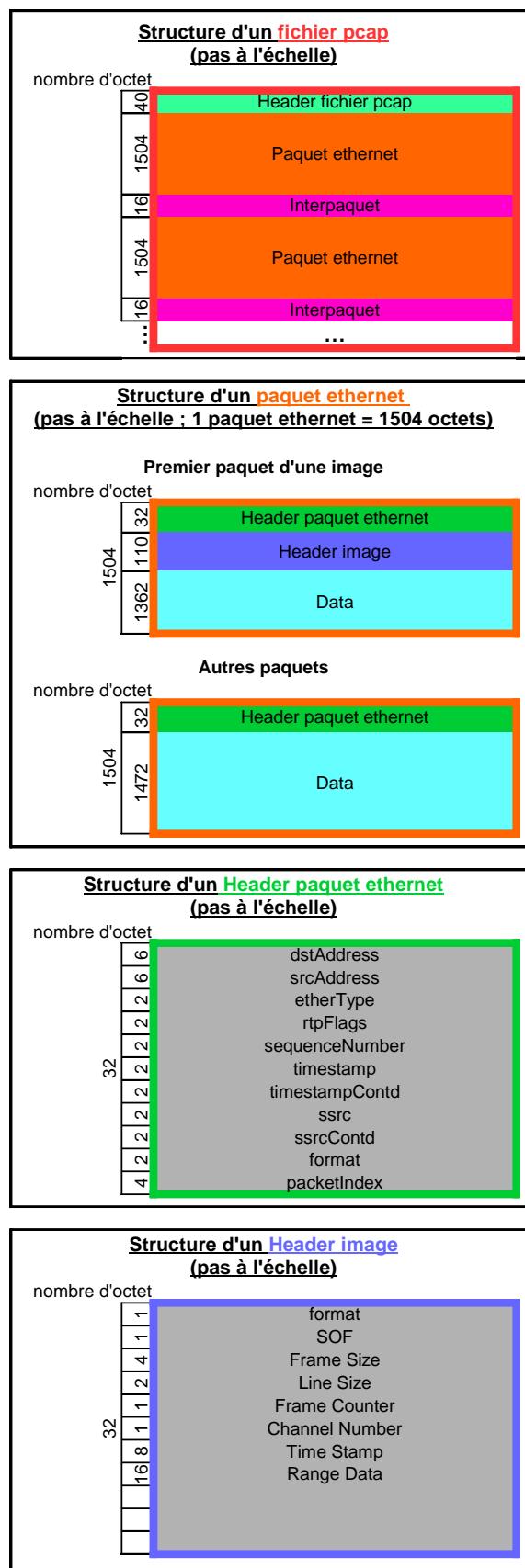


FIGURE 13 – Structure d'un fichier PCAP.