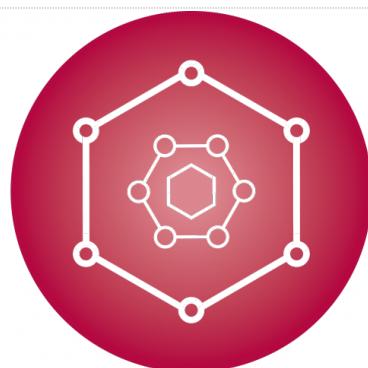


Nom et prénom de l'élève ingénieur : Florian RUIZ
Année / Spécialité : 2023 / Systèmes Numériques-
Instrumentation

Tuteur Polytech : Jean-Jacques CURTELIN

RAPPORT DE STAGE FI4

Tomographe Optique Miniature



SYMME



Laboratoire SYMME
7 Chemin de Bellevue, 74940 Annecy

Sous la direction de : Madjid BOUTEMEUR,
Enseignant-Chercheur

Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier mon maître de stage Madjid BOUTEMEUR, qui m'a offert l'opportunité de travailler à ses côtés et abreuillé de connaissances. Il m'a permis de découvrir le cadre particulier qu'est un laboratoire de recherche.

Je tiens également à remercier le laboratoire SYMME de m'avoir accueilli en son sein ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont aidé, plus particulièrement à Pascal BERGERET et J-C MARTY, qui m'ont gentiment offert leur aide pour tout ce qui était matériel.

Je voudrais également adresser mes remerciements au personnel de Polytech Annecy pour leur diligence, et notamment à Laurent CHAMBON, qui m'a aidé pour la réalisation des connectiques de mon projet.

Table des matières

Remerciements :	2
Introduction :	4
Présentation du stage :	5
Sujet de stage :	7
Mission :	7
Organisation du projet :	8
Cahier des charges :	9
Présentation du système :	9
Connectivité :	17
Utilisation de Scientific Linux :	19
Programmation en C/C++ :	20
Conclusion :	21

Introduction :

Mon stage d'assistant ingénieur à Polytech Annecy, d'une durée de 8 semaines, s'est déroulé au laboratoire de SYMME (SYstème et Matériaux pour la Mécatronique). J'ai été sous la direction du professeur des universités et chercheur en physique nucléaire Madjid BOUTEMEUR, qui m'a accompagné dans la compréhension et l'élaboration d'un tomographe optique miniature.

Le tomographe est un système composé de plusieurs parties : l'une matérielle, l'autre logicielle. La première permet d'obtenir des images de coupe d'un objet étudié : une pièce industrielle, un échantillon de matériau, de roche ou de terre, une plante, un corps humain ou animal.... Le but est d'appliquer une source d'énergie ou un signal sur l'objet, bien souvent des ondes ou une source de lumière (invisible ou non) et de récupérer l'information à l'aide de différents capteurs, régulièrement des caméras de différents types (optique, infrarouge, etc...). Ensuite la partie logicielle prend le relais avec des logiciels spécialisés, permettant de reconstruire les images en coupe et de visualiser les structures internes des corps étudiés, voire de réaliser des reconstructions 3D de ces corps.

La partie support et mécanique ayant déjà été réalisée au préalable, le but est de m'atteler à l'instrumentation du tomographe, ainsi qu'à l'étude logicielle du système. Je dois donc réaliser les différentes connexions entre les différentes sections électroniques et électrotechnique de l'appareil que sont l'alimentation, le moteur, la carte de contrôle et l'ordinateur de traitement.

Dans la suite de ce rapport, vous découvrirez le cadre dans lequel j'ai pu travailler, le principe de la tomographie, la conception du système et son cahier des charges, la réalisation des connectiques ainsi que le développement de l'instrumentation du système. Je conclurai par un retour sur mon travail, ce qui pourrait être envisagé pour le futur et les compétences que cette expérience m'a apportées dans le cadre de ma formation.

Présentation du stage :

Le laboratoire SYMME

Le laboratoire SYMME (SYstèmes et Matériaux pour la Mécatronique) est un laboratoire de recherche situé en France, affilié à l'Université Savoie Mont Blanc. Il se spécialise dans le domaine de la mécatronique, qui est une discipline interdisciplinaire combinant la mécanique, l'électronique et l'informatique pour la conception et le développement de systèmes automatisés.

Le laboratoire SYMME est organisé comme ceci :

Organisation de Symme

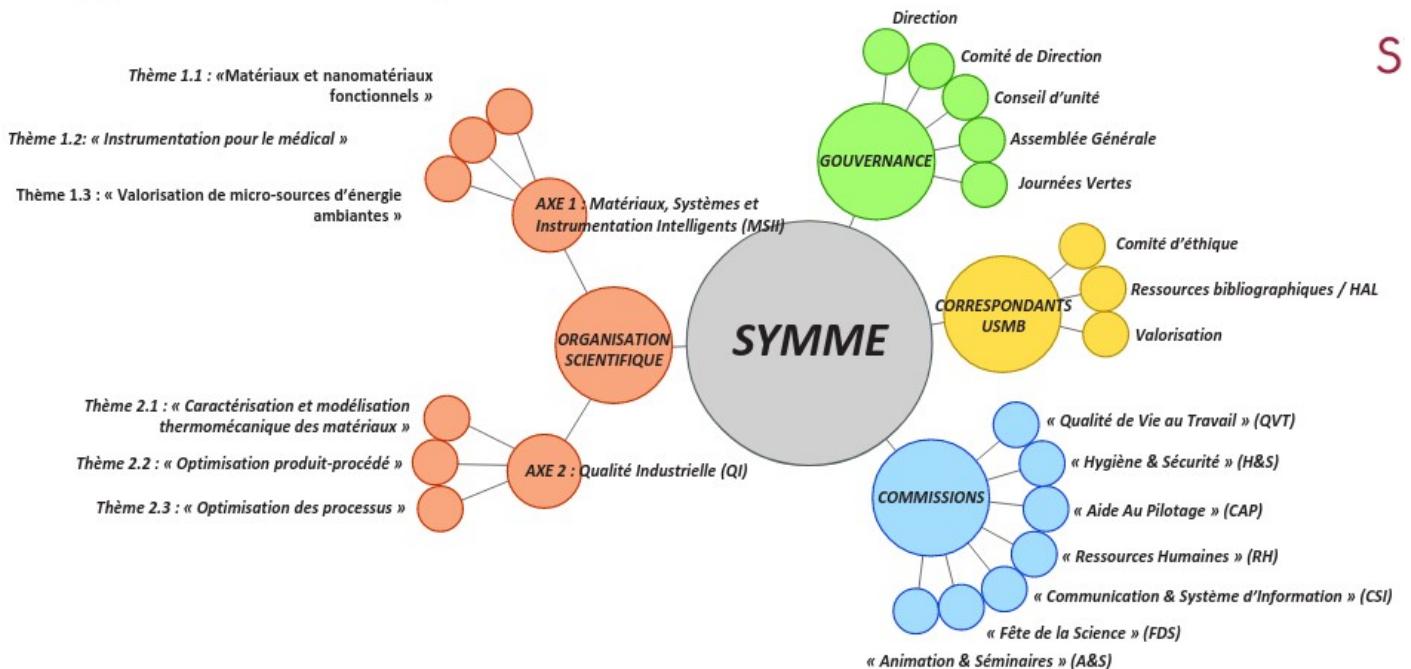


Figure 1 : Schéma d'organisation du laboratoire SYMME

Comme indiqué sur la figure 1, le laboratoire est organisé en quatre grands pôles;

- la gouvernance, qui gère le bon fonctionnement du laboratoire et la partie administrative.
- les correspondants USMB, qui s'occupent de la bonne intégration du laboratoire dans la vie du campus universitaire.
- les commissions, qui complètent et aident la partie gouvernance.
- l'organisation scientifique, qui gère les thèmes étudiés, les axes de développement choisis dans l'optique de la recherche scientifique.

C'est dans ce dernier pôle que je travaille, afin de développer une solution pour le problème que l'on m'a confié. Pour ce qui est de la recherche au laboratoire SYMME, deux axes ont été définis : la qualité industrielle et les matériaux, les systèmes et l'instrumentation intelligente. Mon domaine de travail se situe dans cette dernière. Dans ces cadres-là, le laboratoire mène des recherches sur le comportement des matériaux, l'optimisation de procédés techniques et processus organisationnels industriels ainsi que sur la conception et la création de nouveaux capteurs, de la valorisation de micro-sources d'énergies et d'instrumentation dans un cadre médical. Le point commun de toutes ces recherches est l'utilisation de matériaux "fonctionnels", avec de multiples propriétés physiques, de structures "intelligentes" et un domaine d'application lié à l'énergie et au médical.

Le laboratoire est rattaché à l'école d'ingénieur Polytech Annecy-Chambéry et à l'USMB (Université Savoie Mont-Blanc). Il a été fondé en 2006, sur deux sites différents (les mêmes que l'USMB) : un dans le bassin Annécien et l'autre au Bourget du Lac. Les effectifs sont d'environ 40 enseignants-chercheurs, 50 doctorants, 5 personnels administratifs et techniques ainsi qu'une dizaine de stagiaires.

Le laboratoire travaille en collaboration avec le LAPP (Laboratoire d'Annecy de Physique des Particules) et le CETIM (Centre Technique des Industries Mécanique) qui sont des organismes bien ancrés dans le bassin Annécien. Le laboratoire peut travailler occasionnellement avec des entreprises locales telles que NTN-SNR, Fournier, Schneider Electrics... Où il apporte ses compétences et son expertise.

Mon stage s'est déroulé sur le site d'Annecy-le-Vieux, dans la "Maison de la mécatronique", bâtiment dans lequel se situe la partie Annécienne du laboratoire SYMME. C'est un bâtiment relativement récent, construit en 2006, avec énormément d'équipements expérimentaux permettant de faire tout un panel d'expériences. J'ai donc eu accès à tout le matériel dont j'avais besoin à ma disposition et demander des informations précises au personnel qualifié. L'autre avantage de travailler dans un laboratoire, et non des moindres, est la possibilité d'organiser ses journées comme on le souhaite aussi bien au niveau de son travail que des horaires.

Lors de mon stage, j'ai également pu participer à différents évènements organisés par le laboratoire SYMME : Soutenance d'un chercheur qui voulait devenir également enseignant, conférences de doctorants sur des sujets aussi divers qu'intéressants.... J'ai également participé à une formation pour la sécurité dans le laboratoire, pour appréhender mes autorisations et savoir comment réagir en cas de danger.

Sujet de stage :

La tomographie, qu'est-ce que c'est ?

La tomographie est une technique d'imagerie qui permet d'obtenir des images en coupe détaillées de l'intérieur du corps humain ou d'autres objets. Elle est utilisée dans divers domaines, notamment la médecine, l'industrie et la recherche scientifique.

La tomographie repose sur le principe d'acquisition d'informations à partir de différents angles ou positions autour de l'objet étudié. Cela permet de reconstruire une image en coupe transversale, montrant les structures internes avec une résolution élevée.

Différents types de tomographie existent, tels que la tomodensitométrie (TDM) utilisant les rayons X, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) utilisant des champs magnétiques et des ondes radio, l'échographie utilisant des ondes sonores, et la tomographie optique utilisant la lumière.

La tomographie est largement utilisée en médecine pour le diagnostic et le suivi des maladies. Elle permet de visualiser les organes, les tissus, les vaisseaux sanguins et les structures anatomiques en fournissant des informations détaillées sur leur forme, leur taille et leur composition.

Au-delà de la médecine, la tomographie trouve des applications dans l'industrie pour l'inspection des matériaux, la géophysique pour l'étude de la Terre, la recherche des matériaux pour l'analyse des structures internes, l'archéologie pour l'étude des objets anciens, et les sciences des plantes pour comprendre leur structure et leur croissance.

Mission :

Le projet de réalisation d'un tomographe dans le domaine du visible rentre dans le cadre de l'imagerie 3D d'objets tels que des solutions, des gels transparents ou semi-transparent. La finalité étant l'analyse du contenu volumique ou l'homogénéité de l'objet en question.

Le prototype déjà réalisé consiste en quatre parties distinctes : La source de lumière monochromatique avec spot circulaire ou conique, le support mécanique équipé d'une table tournante supportant la cible à étudier, une caméra haute résolution pour l'acquisition de l'image projetée pour chaque pas de la table tournante et enfin d'un système d'acquisition comprenant une station de travail équipée du software d'acquisition, d'analyse et de reconstruction d'images 3-D.

Ce stage adresse particulièrement la partie électronique du tomographe. Il est nécessaire de réétudier la carte électronique de contrôle du dispositif. Le stagiaire devra installer une caméra haute résolution sur le support mécanique existant tout en lui apportant les modifications de finesse nécessaires. La partie répétabilité et erreur associées de la rotation de la cible ainsi que ses vibrations devront être analysées. La carte électronique de synchronisation de la prise d'images par la caméra avec les mouvements du moteur pas-à-pas devra être réalisée et testée.

Dans quel but je réalise ce projet ? Celui d'établir un système pour réaliser une tomographie lors d'une ou plusieurs séances de travaux pratiques pour des Masters.

Organisation du projet :

L'organisation et la planification d'un projet sont des éléments qu'il convient de prendre en compte sérieusement avant de se lancer. En préalable, j'ai donc jugé nécessaire, de réaliser un planning et une ébauche sur ce que je pensais qu'il se passerait au cours de son exécution. Évidemment, avec le recul et les problèmes rencontrés, il a été nécessaire de corriger et d'ajuster en permanence le planning pour que j'arrive à la compléction complète du projet.

Voici également un exemple de journée standard : regarder mes mails, y répondre si besoin, en envoyer, regarder ce que j'ai fait la veille, reprendre où j'en étais, faire du développement ou de la soudure, faire de la documentation. Enfin, prendre une heure pour continuer le rapport et compléter mon carnet de compétences Karuta, noter les problèmes et ce qu'il reste à faire.

Il faut pouvoir faire en sorte que le projet soit utilisable par tous et qu'il soit facilement maintenable. De même, il faut également, si le projet n'est pas fini, qu'il soit possible de le reprendre, de le continuer et surtout de le finir. D'où l'importance de la collecte et de la mise en forme du maximum d'informations possible associées à un moyen facile et efficient de les stocker et de les transmettre. A cette fin, tout au long du stage, j'ai réalisé de la documentation, collecté les données de tous les composants utilisés, leurs fiches techniques, etc... J'ai fait de même pour tout ce qui concerne Linux et la programmation en C, en notant les commandes utiles et l'intérêt de leur présence dans un fichier.

En complément de ce rapport nous trouverons un dossier contenant tous les fichiers utiles à la réalisation du projet. Ce même dossier avec l'ensemble des fichiers est disponible sur GitHub également pour faciliter l'accès au projet. (Lien fourni en annexes).

Cahier des charges :

Concernant le pilotage, il se fera via un ordinateur en passant par la carte de contrôle SONCEBOZ.

En utilisant 3 variables : Enable, Direction (Sens de rotation), Clock, qui fonctionnent avec une sortie numérique, binaire, soit 1, soit 0, qui enverra soit du 5V, soit 0V. Enable est maintenu à 0 ou 1, avec 0 qui interdit l'utilisation du moteur et 1 qui autorise l'utilisation du moteur. La variable Sens sera également maintenue à 0 ou 1, avec 0 qui permet de tourner le moteur dans le sens trigonométrique et 1 qui permet de tourner dans le sens anti-trigonométrique ou horaire. La variable Clock marche par impulsion de 1 en front montant ou descendant, avec chaque impulsion permettant de faire tourner le moteur d'un pas. Quand Clock est à 0, il ne se passe rien. Il faut également brancher les différentes phases du moteur pour son bon fonctionnement, ce qui mène à l'utilisation de 7 bits pour son contrôle.

Le fonctionnement du système complet devra se faire comme ceci : après avoir autorisé l'utilisation du moteur et choisi le sens de fonctionnement de celui-ci, on donne l'ordre de « tourner ». Le moteur reçoit une impulsion pour tourner d'un pas, il s'arrête après l'impulsion, la caméra doit prendre l'image, puis l'écrire sur un espace de stockage, vérifier que c'est bien le cas et ensuite revenir à l'ordre de « tourner ». Si la vérification est négative, la caméra doit reprendre une image, écrire celle-ci de nouveau dans l'espace de stockage et la vérifier.

La commande du système se fera via un ordinateur, en programmant le script qui permettra de piloter le système en C, en le compilant et en l'exécutant via le terminal de commande de l'ordinateur. Le transfert de données se fera via un port Série, ici USB (Universal Serial Bus).

Concernant le système total, il doit être fiable, robuste et maintenable. Pour cette raison, nous devons nous assurer que les solutions trouvées pour répondre au problème sont les plus simples possibles et bien organisées. L'objectif étant de mettre le système à disposition pour des travaux pratiques, il est nécessaire qu'il soit le plus simple possible. Le but du TP est la compréhension de la tomographie, ses utilités et ses domaines d'application.

Présentation du système :

En amont du projet, il est nécessaire de comprendre ce que l'on demande de réaliser, quelles sont les fonctionnalités indispensables, quels sont les moyens à disposition et quelles sont les conséquences pour le projet ?

Dans un premier temps, évoquons la composition du système.

Le système est donc composé de :

- Alimentation stabilisée (référence : MW S-100F-24)



Figure 2 : Photo de l'alimentation stabilisée du système

L'alimentation possède les caractéristiques suivantes (lien en annexes) : 230V/1,5A et 50Hz en alternatif en entrée et 24V et jusqu'à 4,5A en sortie (0,7A en moyenne en sortie). Cette alimentation a été légèrement modifiée pour avoir une connectique de sortie différente, ressemblant à celle d'un ordinateur portable. Par conséquent, j'ai dû trouver parmi les chargeurs d'ordinateurs portables présents au laboratoire une connectique correspondant à celle de l'alimentation. Sur une dizaine, deux étaient compatibles. Pour en adapter une, j'ai donc dû couper entre la connectique et la partie transformateur de tension, dénuder les câbles d'alimentation et faire des raccordements nécessaires pour pouvoir relier l'alimentation et la carte de contrôle du moteur pas-à-pas.

- Carte de contrôle du moteur pas-à-pas (Référence : SONCE 9103 P001-001)

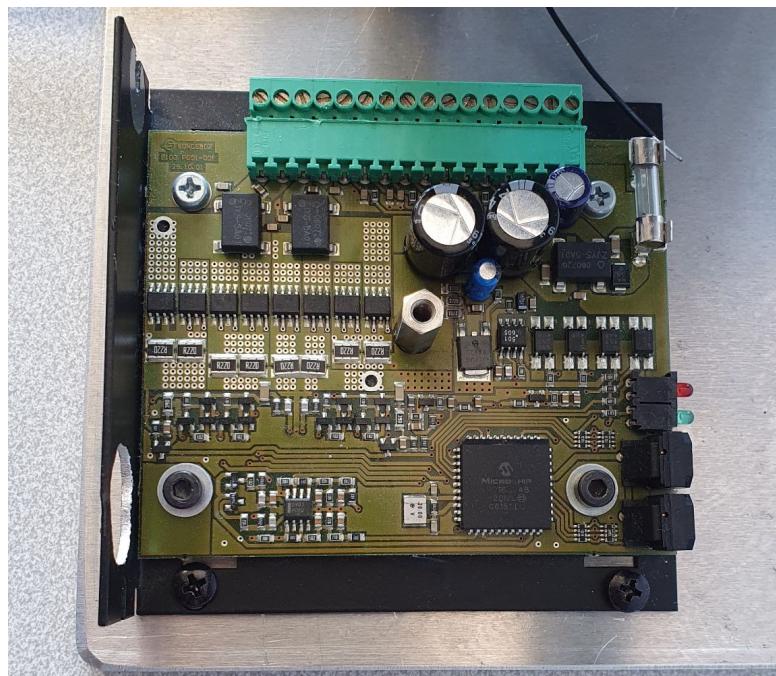


Figure 3 : Photo de la carte de contrôle du moteur pas-à-pas

Cette carte est très importante pour pouvoir régler et piloter le moteur pas-à-pas selon les paramètres souhaités lors du projet. Une partie de la carte sert uniquement à alimenter le moteur pas-à-pas, une autre à régler le signal reçu et transmis au moteur. La dernière partie de la carte sert à régler le pas du moteur. Dans mon cas, je dois le régler pour qu'il fasse au minimum 360 pas. D'après la fiche technique (voir annexes), le nombre de pas varie par multiple de 200, (200 étant le minimum, 8000 le maximum). Par conséquent, le réglage final sera établi à 400 pas, 400 étant suffisant pour couvrir un tour complet du plateau sans perte de précision.

- Moteur pas-à-pas (Référence : 17HD6403-09N)



Figure 4 : Photo du moteur pas-à-pas

Le moteur pas-à-pas sert à faire tourner le plateau sur lequel repose la pièce que l'on étudie. Comme nous voulons avoir une modélisation assez précise et que nous désirons à minima une image par degré de rotation, il faut bien choisir son moteur pas-à-pas. J'ai donc vérifié que celui-ci correspondait au cahier des charges. A l'aide de sa fiche technique, j'ai également pu comprendre comment s'effectuait son branchement.

- Laser (domaine du visible)



Figure 5 : Photo du laser

Le laser est une source de lumière qui émet dans le domaine du visible, il a l'avantage de n'avoir besoin d'aucune protection particulière. Il sera suivi d'une série de lentilles qui permettront de focaliser le faisceau sur l'objet étudié. Le choix de prendre un laser qui émet dans le domaine du visible est évident quand on comprend que le tomographe est manipulé lors de travaux pratiques pour mettre en évidence les utilisations de la tomographie.

- Caméra HD

Ici, la caméra est notre unique capteur pour la tomographie, il faut donc que la celle-ci fournisse des images suffisamment de bonne qualité pour pouvoir les exploiter ensuite. Par conséquent, nous avons sélectionné une caméra qui fasse au minimum de la Full Haute Définition (ou FHD), donc capable de prendre des images en 1080p.

- Logiciel de traitement d'image, modélisation (Computed Tomography Reconstruction ou CTR)

- Plaque tournante

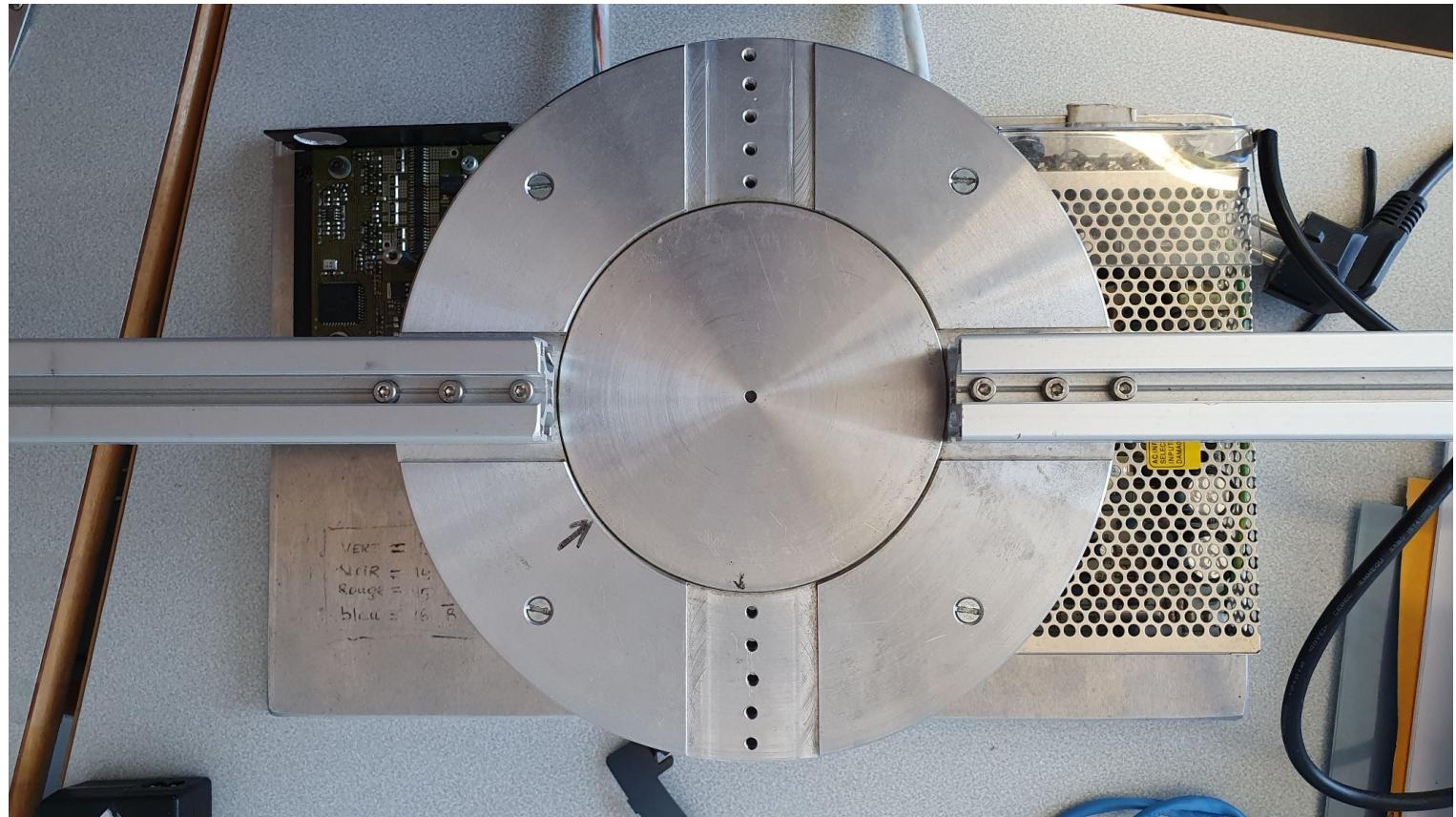


Figure 6 : Photo de la plaque tournante (l'objet à étudier se place au centre, le moteur fait tourner la plaque avec l'objet dessus)

Le système a été conçu ainsi, car, dans son utilisation, le tomographe sera utilisé pour étudier des objets relativement petits, dû au fait qu'il doit être transportable. Dans l'étude initiale du tomographe, il a été préférable de résoudre le problème en faisant bouger l'objet. Dans le cas où l'objet n'aurait pas dû bouger, il aurait fallu réaliser un système où la caméra se déplace autour de lui ou entourer l'objet de caméras. Pour des raisons de coût et de simplicité, l'action de faire tourner l'objet a été retenue.

- Ordinateur de contrôle (sous l'OS Scientific Linux)



Figure 7 : Logo de Scientific Linux, OS qui nous permettra de piloter le système complet.

Nous avons choisi un OS (Operating System soit système d'exploitation en français) Linux, pour son adaptabilité et sa légèreté dans l'utilisation des ressources de l'ordinateur. En outre, la plupart des distributions Unix sont gratuites, nombreuses et adaptées à une multitude d'utilisations différentes. Ces avantages permettent, pour notre projet, d'avoir une solution peu coûteuse, peu énergivore et qui puisse fonctionner sur une grande variété de matériel. Ainsi, il n'est pas forcément nécessaire d'avoir une machine très puissante.

Dans le cadre du projet, j'ai utilisé la distribution Scientific Linux, qui est une distribution basée sur l'une des trois grandes distributions Unix : Red Hat Enterprise Linux (RHEL). Scientific Linux (ou SL) est un OS développé pour les scientifiques, avec une grande variété d'outils compatibles et inclus directement dans son installation, en collaboration avec le FermiLab (Fermi National Accelerator Laboratory) et le CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire).

Pour chacune des parties évoquées, vous pourrez retrouver les fiches techniques des éléments ou des liens de documentation que j'ai pu compiler, dans les annexes.

Après avoir abordé les différentes parties du système, nous allons pouvoir nous concentrer sur le système dans son ensemble :

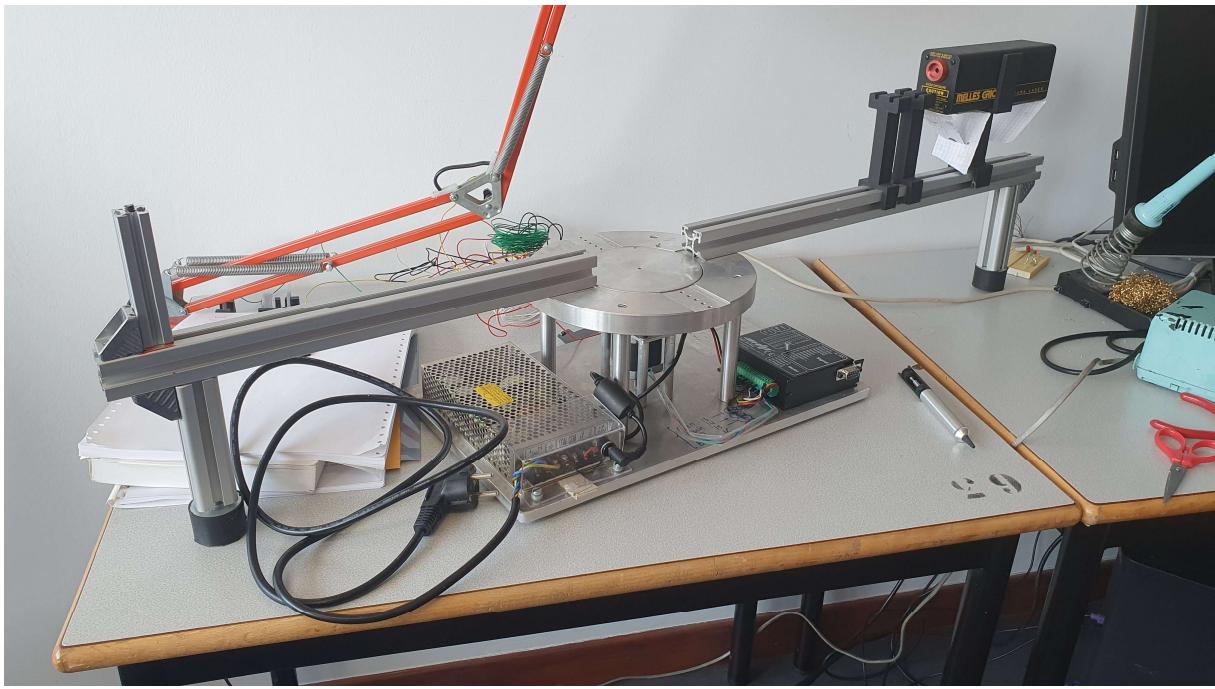


Figure 8 : Photo du système dans son ensemble

Connectivité :

Maintenant l'objectif est de faire communiquer chacun des éléments entre eux. Comme évoqué plus tôt, chacune des parties a des ports différents, ce qui implique de réaliser des ajustements, et à adapter le matériel pour pouvoir tout brancher ensemble. Il faut également comprendre comment brancher les différents éléments entre eux, pour que le système fonctionne. Ayant pu trouver les différentes fiches techniques des différents éléments du tomographe, j'ai pu déterminer comment réaliser les branchements. Voici le résultat :

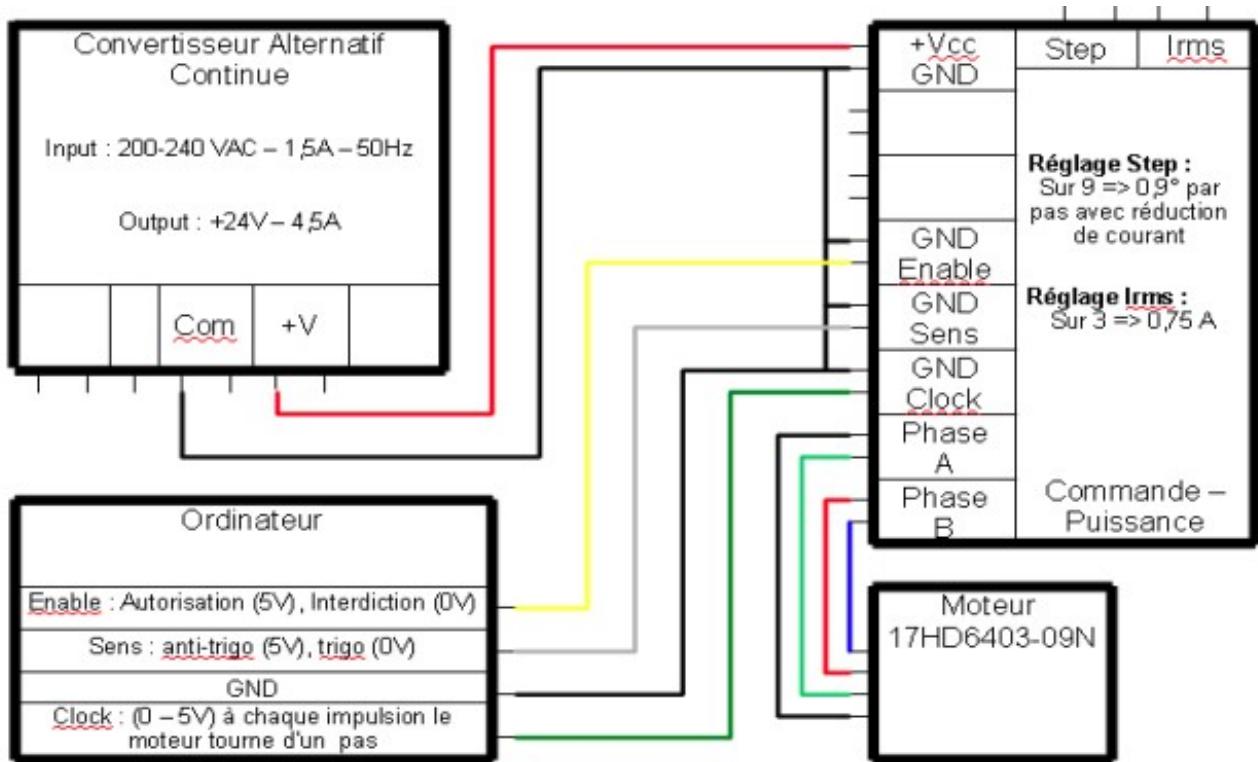


Figure 9 : Schéma du système complet du tomographe

La première connexion sur laquelle j'ai travaillé est l'alimentation du système et la carte de contrôle. Avant mon arrivée, la sortie de l'alimentation avait été modifiée : deux fils, un rouge et un noir, ont été branchés à un port femelle semblable à celle d'une batterie d'ordinateur portable. Comme nous pouvons le voir sur la figure 10, le branchement de l'alimentation se fait sur la carte de contrôle. La carte de contrôle n'accepte que des petits fils.

La solution trouvée pour réaliser le branchement entre les deux a été de récupérer différents chargeurs de laptops, tester les différents ports mâles sur le port d'alimentation, couper le câble pour qu'il corresponde à la longueur souhaitée, le dénuder et l'adapter pour qu'il puisse être branché sur la carte de contrôle (figure 11).



Figure 10 : Câble d'alimentation du système

A l'aide des fiches constructeur, j'ai pu déterminer les branchements à réaliser entre la carte de contrôle et le moteur :

- Câble Noir Moteur sur le port 13
- Câble Vert Moteur sur le port 14
- Câble Rouge Moteur sur le port 15
- Câble Bleu Moteur sur le port 16

La dernière connexion, celle reliant la carte de contrôle et l'ordinateur permet le pilotage du système. Le but, ici, est de trouver une solution permettant de relier un port USB et une entrée de plusieurs petits câbles.

La recherche de solution a été un peu longue à prendre dans la mesure où il fallait prendre en compte les avantages et les inconvénients des différentes solutions envisagées. Le souci est que les solutions trouvées dans les boutiques spécialisées ne correspondent pas au cahier des charges.

La solution retenue a été d'utiliser un adaptateur USB vers Parallèle. Finalement, il est très compliqué de trouver ce genre de solution facile à utiliser déjà préfabriquée, donc nous avons dû réaliser et construire cette solution nous-même.

Pour pouvoir piloter le moteur, au-delà des branchements de son alimentation que nous avons déjà évoqués plus haut, d'après le cahier des charges, il faut 3 câbles :

- un pour la fonction Enable
- un pour la fonction Direction
- un pour la fonction Clock

En plus de tout cela, il faut également relier toutes les masses entre elles, donc tirer un câble pour chacune et réaliser un circuit pour les relier ensemble.

Pour pouvoir réaliser l'ordinateur qui servira de centre de commande, j'ai récupéré un ancien laptop, sur lequel j'ai démonté le disque de stockage SSD originel afin d'en installer un vierge. J'ai ensuite installé l'OS SL en partitionnant le disque SSD à la main.

Utilisation de Scientific Linux :

Scientific Linux est un OS basé sur la distribution RedHat (même distribution que Fedora), ce qui implique qu'il y a un fonctionnement particulier et une syntaxe particulière à adopter lors de son utilisation.

Par exemple, j'ai un ordinateur portable qui fonctionne sous la distribution Debian et la syntaxe du terminal est proche mais pas tout à fait la même. Ces différences subtiles dont je n'avais pas conscience au début m'ont amené à faire des erreurs que je ne comprenais pas et qui ont pris du temps à être corrigées.

Au-delà de ces erreurs venant d'une différence de distribution, il a fallu également que je recherche comment manipuler un port USB à partir d'un terminal et d'un programme en C/C++.

Donc pour commencer, ma priorité a été d'apprendre le fonctionnement de SL et de son terminal, sa syntaxe et les fonctionnalités existantes et utiles pour mon projet.

Après m'être familiarisé avec le terminal et la structure de SL, j'ai réalisé des recherches pour déterminer comment je pouvais piloter un port USB, à l'aide d'un programme que je réaliserais en C/C++. Pour qu'il soit exécutable, il faut donc un éditeur de texte, emacs ici qui est natif sous Linux, ainsi qu'un compilateur, qui permet de transformer le code en langage binaire lisible pour la machine qui l'exécute. Il faut également trouver ou développer un outil qui nous permet de communiquer avec un port USB en langage C. L'intention ici a été de rechercher une bibliothèque déjà existante permettant de pallier le problème.

N'étant pas très familier de l'environnement Linux, je m'attelle à l'installation de la bibliothèque et de la recherche d'un compilateur. Au fur et à mesure de mes recherches, je trouve qu'il existe un compilateur pour le langage C natif sous Linux. J'essaye de comprendre son fonctionnement en réalisant un petit programme en langage C tout simple. Ce programme C affiche tout simplement "Hello World !" quand on l'exécute. J'arrive finalement à le compiler et à l'exécuter.

Ensuite, je recherche une bibliothèque permettant la communication avec un port USB en C et je trouve finalement la bibliothèque "libusb", qui semblerait-il est une bibliothèque très complète et stable. Je passe à l'installation de « libusb ». Ici, en passant par les commandes que l'on me préconise, on m'explique que la librairie

est bien installée mais quand j'essaye de compiler, j'obtiens des erreurs. Je regarde où elle est installée grâce à la commande “whereis libusb” et je n'obtiens qu'un emplacement vide. Je vais sur le site officiel de la bibliothèque et je la télécharge sur Github. Ensuite, je l'installe manuellement en suivant les étapes et les commandes évoquées dans le fichier « README » et « INSTALL ». Je me heurte une nouvelle fois à des problèmes de syntaxe mais j'arrive malgré tout à installer correctement la librairie. Après quelques nouvelles erreurs de syntaxes, j'arrive finalement à compiler un script qui utilise la librairie « libusb ».

Jusqu'à maintenant, je n'ai pas encore pu réaliser les tests de mon programme complet sur le système et donc déterminer les problèmes qui en découlent. Malgré tout, j'ai pu réaliser certains tests pour vérifier que la bibliothèque libusb est bien compatible, que ses fonctions tournent correctement. J'ai même pu tester avec un adaptateur USB vers Parallèle, l'ouverture du port USB.

Programmation en C/C++ :

Pour la réalisation du programme, il faut prendre en compte évidemment le cahier des charges mais également les contraintes liées au matériel utilisé.

Voici donc différents paramètres à prendre en compte, notamment la vitesse de fonctionnement des différents composants, avec la mise en valeur de 4 différentes constantes :

- le moteur est relativement lent de l'ordre des millisecondes.
- la caméra et le laser dont la transmission est très rapide, de l'ordre de la vitesse de la lumière.
- le traitement de l'image est très lent, de l'ordre des minutes.
- la partie électronique est rapide de l'ordre des nanosecondes.

En ne prenant pas en compte le traitement de l'image, qui se fait après la prise des 400 images, dans la partie hardware, nous déduisons que le moteur est le facteur limitant et qu'il faudra donc s'assurer avant chaque prise de photo que celui-ci a bien fini de tourner. Par exemple, il faut penser à rajouter un délai de l'ordre des millisecondes entre chaque pas pour être sûr que chacun d'entre eux a bien été réalisé.

Maintenant, pour la conception du programme, il est essentiel d'imaginer différents scénarios, pour déterminer quel ensemble de données doit être envoyé.

J'ai donc commencé à imaginer la structure de mon code. Il faut une boucle while qui fait fonctionner le moteur pas-à-pas pendant 400 pas, qui sera sa condition. Tant que les 400 pas du moteur ne sont pas réalisés, il doit continuer à tourner. Dans le même bloc, il doit réaliser une capture de l'image à chaque pas et également vérifier à chaque pas que l'image a bien été prise et enregistrée sur le disque.

Ensuite, il faut mettre des conditions if, une pour chaque scénario mis en avant plus tôt.

Il faut également penser à initialiser la bibliothèque libusb, puis ouvrir le port USB que l'on veut utiliser. C'est également à l'aide de la bibliothèque libusb que le programme peut envoyer les données à la carte de contrôle. Il faut également penser à fermer le périphérique USB que l'on utilise avant d'arrêter le programme.

Au moment de l'écriture du rapport, les tests sur le système n'ont pas pu être réalisés bien que comme évoqué précédemment, les tests concernant la bibliothèque ont été concluants.

Conclusion :

Ce projet m'a permis de découvrir le monde de la recherche, au travers de mon stage. Malgré le fait qu'il a été réalisé dans un laboratoire, le laboratoire SYMME est un laboratoire de recherche appliquées, ce qui fait que les problématiques des enseignants-chercheurs sont proches de celle des ingénieurs. Par conséquent, il n'a pas été difficile de faire le lien entre mon projet et les enseignements reçus dans mon cursus.

Le sujet du projet, le tomographe miniature, est particulièrement intéressant et cohérent avec la formation que j'ai reçue. Le sujet regroupe les domaines de l'instrumentation, l'électronique, la programmation et le traitement d'image et du signal, qui sont des composantes majeures de mon cursus.

Le projet a été finalement découpé en 2 sous-parties : réalisation de la connectique, pilotage du moteur et caméra. Au moment du rendu du rapport, 6 semaines sur les 8 semaines totales sont passées, et seul la connectique du système a été réalisé complètement. Le système peut être alimenté et recevoir des signaux de contrôle. Le moteur pas-à-pas a également été câblé à la carte de contrôle et la connexion Série UBS/Parallèle a également été réalisé. La structure du code en C a été imaginé, et les outils pour l'appliquer ont été trouvés. Le pilotage du port USB a été testé.

Le projet n'ayant pas été encore complété, je suis déçu de ne pas avoir pu réalisé le système dans son ensemble. Cela m'a montré qu'un projet est soumis à différents paramètres, notamment le temps de prise en main du sujet ainsi que les problèmes rencontrés qui peuvent allonger de manière importante la durée du projet. Au début du stage, je pensais

D'un point de vue personnel, le stage m'a permis de mettre en pratique les compétences acquises lors de ma formation, de les maîtriser et de surcroît, d'apprendre de nouvelles compétences humaines et professionnelles que sont l'autonomie, la proactivité ainsi que la prise d'initiative.

En prenant du recul, je pense avoir manqué un peu d'initiative, de motivation quand je ne trouvais pas de solution. Je pense également avoir sous-estimé le temps de prise en main du sujet.

Ce stage m'a également permis de grandir, en tant qu'adulte, avec les personnes qui étaient auparavant mes professeurs ou figure d'autorité. Ils deviennent des collègues de travail, avec qui on peut se permettre d'être plus critique ou plus familier. Le rapport ayant changé, j'ai compris que j'avais plus de responsabilité, notamment concernant les conséquences de mes actes et comment ceux-ci peuvent déteindre sur mon environnement.

ANNEXES et SOURCES

Toutes les sources et les annexes sont disponibles sur le GitHub du projet, disponible sur le lien suivant :

https://github.com/FRUIZ343/Projet_Tomographe_Miniature_Instrumentation