

## Projet Tuteuré

# MISE EN OEUVRE DU PRINCIPE DE NUMERISATION EN TROIS DIMENSIONS - SCANNER 3D -

### *Rapport de Présentation*

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier :

- Eric Normandin et Eric Bourdet, nos tuteurs pédagogiques pour leur aide spécifique et leur écoute.
- Le Fablab de Pau, pour son aide précieuse et leurs machines.
- L'Université de Pau et des Pays de l'Adour, pour avoir mis à notre disposition une imprimante 3D et leur aide pour le routage de la carte électronique.
- Le Lycée Saint-Cricq de Pau pour son aide en usinage et la mise à disposition d'une salle de travail qui nous était réservée.
- L'ensemble des personnes qui nous ont aidés à mener à bien notre projet.

## INTRODUCTION

Dans le cadre de la Licence Professionnelle Mécatronique à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, nous devons réaliser un projet tuteuré. Le but de ce projet est de développer le travail d'équipe et l'autonomie, d'acquérir et de développer des connaissances.

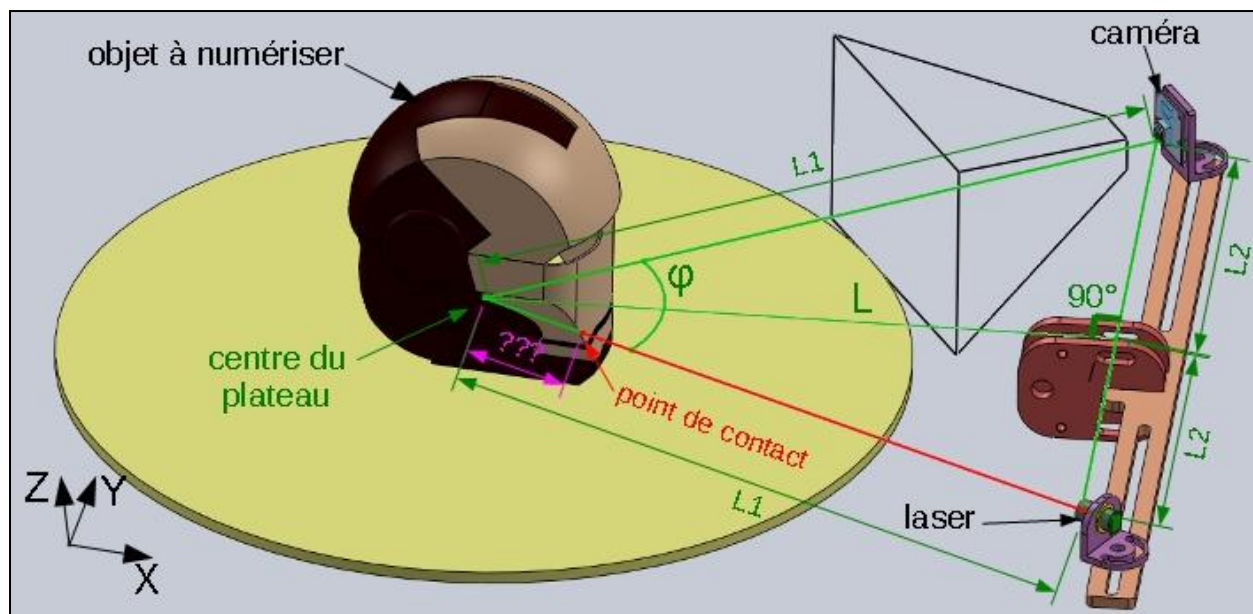
Notre projet tuteuré consiste à concevoir et réaliser un scanner tridimensionnel pour le FabLab de Pau (MIPS LAB). Un scanner tridimensionnel est un appareil de numérisation et d'acquisition en trois dimensions. Cet appareil analyse les objets pour recueillir des informations précises sur la forme de l'objet. Les données ainsi collectées peuvent alors être utilisées pour construire des images de synthèse en trois dimensions. Diverses technologies existent pour la numérisation d'objet en 3D, chacune à ses limites.

### **I. Cahier des charges**

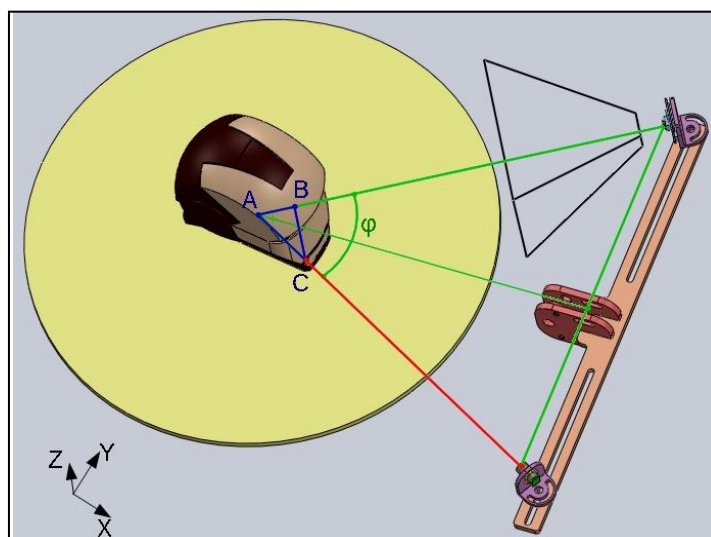
Nous avons choisi la technologie de scanner laser par triangulation. Cette technologie nous semble être la plus simple à mettre en œuvre. De plus nous trouvons plusieurs exemples de scanner « maison » réalisés dans des FabLab ou autre, nous pourrions nous en inspirer. Suite à la procédure de numérisation, l'objectif est de générer un fichier informatique 3D au format STL. Afin de rester cohérent avec le matériel du MIPS LAB, les dimensions de l'objet à scanner seront les mêmes que l'imprimante 3D du FabLab (Longueur : 24.6 cm, Largeur : 15.2 cm, Hauteur : 15.5 cm). Pour réaliser les pièces mécaniques du scanner 3D nous sommes tenus d'utiliser les machines du MIPS LAB : une imprimante 3D et une découpeuse graveuse laser. Si nécessaire, nous pouvons utiliser l'atelier d'usinage du lycée Saint-Cricq. Concernant la partie commande et traitement d'informations, nous pouvons utiliser les composants électroniques et autres microcontrôleurs du stock du MIPS LAB. Si nécessaire pour réaliser une carte électronique nous pouvons utiliser le matériel de l'UFR science. Pour obtenir un scanner à moindre frais nous essayerons de trouver du matériel de récupération (plaque pour la découpe laser, moteur pas à pas..).

## II. Principe de fonctionnement

L'objet à numériser est placé au centre d'un plateau tournant. L'objectif est de récupérer un nuage de points sur la surface du sujet, de coordonnées cartésienne XYZ, l'origine est le centre du plateau. Un laser générateur de ligne est fixé à une distance  $L$  du centre du plateau, et pointe vers le centre du plateau. La ligne est projetée à la verticale sur le sujet à numériser. Nous cherchons à déterminer la distance entre le centre du plateau et le trait du laser qui est sur la surface du sujet. Une caméra est fixée à la même distance  $L$  du centre du plateau, et pointe également vers le centre du plateau, elle est décalée du laser d'un angle  $\varphi$ . Vue du dessus, le laser, la caméra, et le centre du plateau forment un triangle isocèle. Nous connaissons tous les paramètres de ce triangle.



Lorsque nous prenons une photo avec la caméra nous allons obtenir une image 2D avec le trait rouge du laser qui sera décalé par rapport au centre de l'image. Nous savons que la caméra pointe vers le centre du plateau. Vus du dessus nous pouvons donc imaginer un nouveau triangle formé par le trait rouge (point A), le centre de l'image (point B) et le centre du plateau (point C).



Ce triangle est rectangle en B car l'image capturée par la caméra est perpendiculaire à la droite formée entre l'objectif et le centre du plateau. Sur l'image nous pouvons mesurer la longueur du segment [AB] en comptant le nombre de pixel entre le centre de l'image et le trait rouge. Nous cherchons la longueur [AC]. Nous connaissons l'angle  $\varphi$  nous pouvons donc en déduire  $AC = AB / \sin^{-1}\varphi$ . Suite à cette étape nous pouvons calculer les coordonnées X et Y d'un point sur l'objet par rapport au centre du plateau. De plus, chaque ligne de pixel correspond à la hauteur Z. En répétant l'opération sur un tour de plateaux nous obtenons un nuage de point XYZ et nous pouvons générer un fichier numérique 3D.

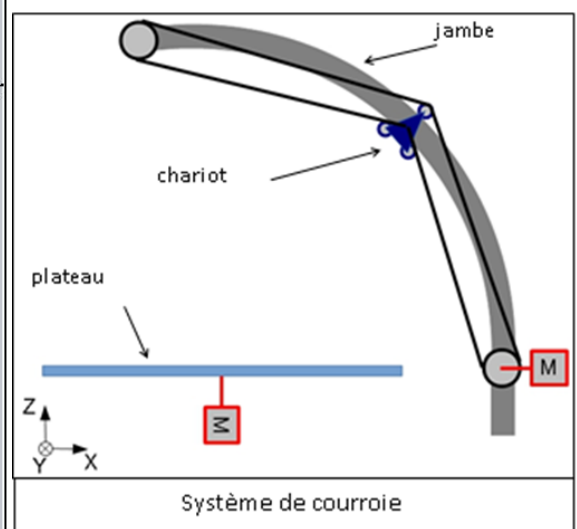
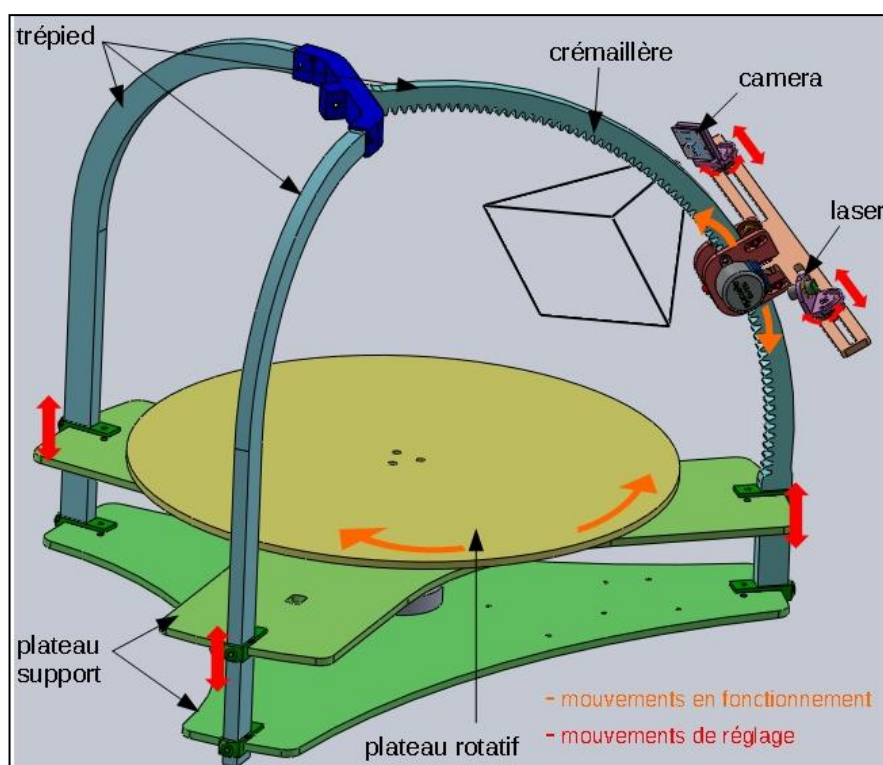
### III. Solutions technologiques imaginées

#### 1. Structure

Nous devons imaginer une structure composée d'un plateau tournant (rotation autour de l'axe Z). Ce plateau va reposer sur un châssis fixe, un moteur entraîne le plateau en rotation. Le châssis est composé d'un autre plateau, fixe, maintenu par un trépied. Pour rigidifier l'ensemble nous allons rajouter un deuxième plateau fixe inférieur sur lequel nous pourrions implanter les cartes électronique. Le laser et caméra sont positionnés sur une réglette, nous devons prévoir un réglage en rotation et en translation.

Lors de la numérisation, si l'objet à une forme complexe, des discontinuités, un creux sur le dessus, il y aura des zones d'ombres, nous ne verrons pas le trait du laser sur les images. Pour améliorer le système nous avons imaginé une nouvelle fonctionnalité : La réglette sera mobile, elle pourra se déplacer et capturer des images depuis le dessus de l'objet. Le laser et la caméra auront un mouvement de rotation autour de l'axe Y.

Pour réaliser le mouvement de rotation de l'ensemble camera laser nous avons pensé utiliser une jambe du trépied. L'ensemble serait porté par un chariot. Le chariot se déplace sur la jambe, il pourrait être mis en mouvement par un moteur et un système pignon crémaillère, ou un système de courroie.



## 2. Actionneurs/Camera

- Nous avons récupéré un laser générateur de ligne dans un niveau laser de bâtiment.
- Pour le mouvement de rotation du plateau nous utiliserons un moteur pas à pas récupéré à l'UPPA.
- Pour le mouvement de rotation de l'ensemble laser/camera sur la crémaillère nous utiliserons un moteur pas à pas d'un kit arduino du FabLab.
- Pour capturer les images nous avons choisi d'utiliser le micro-ordinateur RaspberryPi avec le module camera qui est en stock au FabLab.

## 3. Traitement d'image et contrôle/commande des actionneurs

La RaspberryPi est petit ordinateur. La RaspberryPi fonctionne sous un noyau linux et supporte donc différentes distributions (comme Debian ou Arch). Le processeur a une architecture ARM (identique aux téléphones portables), il y a 512Mb de mémoire vive, la carte SD a la fonction disque dur. Il y a aussi une puce graphique avec sa sortie HDMI, des port USB, Ethernet, Jack... De plus il y a un port GPIO avec des entrées/sorties en 3,3V et qui permet de gérer plusieurs protocoles de communication (UART, I2C, SPI). La Raspberry dispose d'un module camera facile à prendre en main. De plus le système d'exploitation. L'OS Raspbian (Débian optimisé pour la RaspberryPi) permet de développer et compiler des applications en langage C. Sur Raspbian, comme tout système linux, on peut commander directement le système d'exploitation grâce à la console Shell, nous pouvons également rédiger des scripts Shell pour lancer une suite d'instruction.

Le port GPIO peut être piloté en langage C en utilisant la bibliothèque WiringPI sous licence libre GNU. Nous pouvons rédiger un programme, l'enregistrer sur la carte SD, puis le lancer depuis la console Shell. Concernant la partie traitement d'image nous avons choisi d'utiliser la bibliothèque OpenCV disponible en langage C, C++ et python. Cette bibliothèque libre sous licence BSD est une référence dans le domaine de la vision par ordinateur. Elle est compatible avec linux et fonctionne bien sur le RaspberryPi.

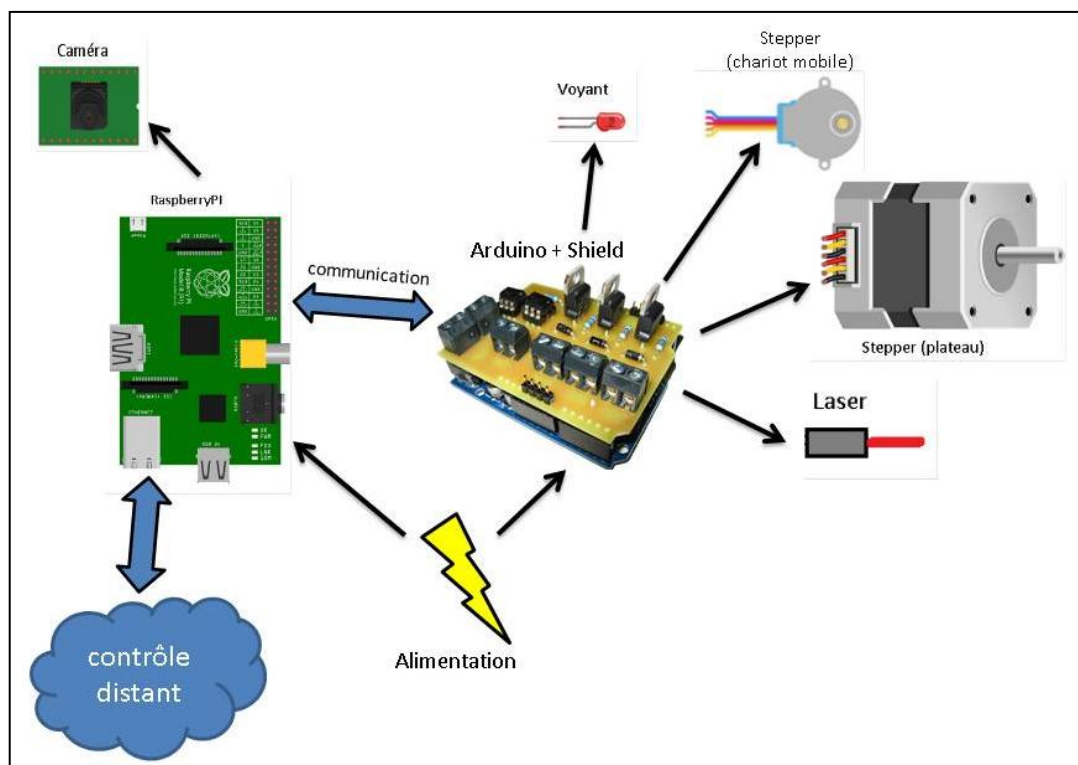
## **IV. Etapes du projet**

La 1ère étape du projet a consisté à se familiariser avec le Raspberry pi, et à commencer à piloter les actionneurs. En parallèle nous avons suivi le tutoriel opencv sur le site openclassroom afin d'évaluer la difficulté de la partie traitement d'image. Nous voulions aussi être certains de pouvoir avancer. Après avoir définis les solutions électroniques et informatiques que nous allons mettre en œuvre, nous avons commencé la conception mécanique.

Notre système est donc composé des actionneurs suivants : 2 moteurs pas à pas et un laser. Ces actionneurs sont du type puissance, ils consomment du courant. Nous ne pouvons pas les alimenter

directement, nous devons réaliser une carte ayant sa propre alimentation et des transistors pour piloter les actionneurs. Nous testons les moteurs pas à pas sur une platine d'expérimentation. Nous utilisons un réseau de transistor (ULN) pour piloter chaque bobine. Nous programmons la séquence de chaque pas avec WiringPi. Cependant, lors de premiers essais, nous avons des problèmes pour utiliser WiringPi et piloter les moteurs pas à pas. La RaspberryPi est un ordinateur, en conséquence nous n'avons pas la main sur l'ordonnanceur (objet informatique qui gère l'exécution des tâches dans le temps). A tout moment la carte peut stopper le programme en cours et lancer une autre tâche en arrière-plan. Pour éviter ce risque nous avons choisi d'utiliser une carte Arduino, que nous connaissons bien, pour gérer les actionneurs.

Ainsi, avec la RaspberryPi, nous allons uniquement gérer la caméra et le traitement des images. Les deux cartes devront communiquer, la RaspberryPi envoie des ordres à l'Arduino qui va piloter les actionneurs. Nous devons rajouter un shield (carte fille) sur l'Arduino. Cette carte fille va contenir : des transistors de puissance pour la commande des actionneurs. Des connecteurs, car les actionneurs sont déportés. Une arrivée d'alimentation. Deux voyants pour indiquer l'activité du scanner.



Concernant la partie traitement d'image, l'objectif est d'enregistrer dans un fichier texte le nombre de pixels entre le centre de l'image et le trait du laser pour chaque ligne. Voici la procédure que nous avons décidé de mettre en œuvre après plusieurs essais:

- 1) Recadrer l'image
- 2) Modifier le contraste et la luminosité pour optimiser la binarisation.
- 3) Seuiller l'image: toutes les pixels rouges qui correspondent au trait du laser seront blancs, tous les autres pixels parasites seront noirs. Nous obtenons une image binaire.

- 4) Filtrer l'image grâce à des opérateurs morphologiques.
- 5) Calculer la distance recherchée en pixel et convertir cette donnée en millimètre.
- 6) Créer le fichier texte qui contient une multitude de coordonnées de points avec l'extension XYZ.

D'autre part, la RaspberryPi va nous permettre de gérer le lancement du scan. En effet nous pouvons agir sur les paramètres suivants : choisir le nombre de prises au cours du scan, régler l'écart entre le laser et la camera, agir sur tous les paramètres du traitement d'image.

Nous avons imaginé relier la Raspberry à internet, nous pourrions régler tous les paramètres depuis un autre ordinateur en accédant à une interface dans un navigateur web, ces paramètres s'enregistrent sur la Raspberry. Lorsque le scan est lancé la Raspberry lit les paramètres, et réalise le scan en envoyant des ordres à l'Arduino. Une fois que le fichier XYZ est créé il est renvoyé et peut être enregistré et ouvert depuis l'ordinateur distant. Le fichier XYZ est ouvert sous le logiciel MeshLab pour créer le volume 3D et aboutir sur un fichier STL. Cette ultime étape sera réalisée en dernier suivant le temps restant.

Nous savons maintenant de quoi est composé le scanner 3D, nous connaissons tous les éléments que nous devons concevoir et réaliser en synergie.

Dans nos rapports respectifs nous allons exposer de manière plus détaillée :

- Les solutions mécaniques nous avons choisi
- Les problèmes que nous avons rencontrés au cours de la fabrication mécanique
- La conception de la partie électronique
- La réalisation électronique
- Les programmes que nous avons élaborés pour piloter les actionneurs
- Les problèmes rencontrés au cours des premiers tests des actionneurs et leurs solutions.
- Les programmes de communication entre les deux cartes
- Les programmes de traitement d'images

Nous concluons en exposant l'avancée du projet au bout de la période dédiée, le travail restant et les améliorations envisageables.