

Conception d'un traceur vertical



Léonard Marsault
Encadrant : Laurent Berthelot

PiNG
EXPLORER LES PRATIQUES NUMÉRIQUES

PLATEFORME
Nantes Fablab
Hangar 30

Remerciements :

Je remercie l'association PiNG de m'avoir permis d'effectuer un stage parmi eux et d'avoir trouver un sujet de stage intéressant dans le domaine du numérique. Je remercie toute l'équipe de PiNG qui m'a accueilli et aidé tout au long de mon stage. Je remercie plus particulièrement mon maître de stage Laurent Berthelot sans qui je n'aurais pas été capable d'avancer autant sur mon projet. Il m'a appris à utiliser les machines et fourni des astuces de conception. Je remercie les adhérents qui m'ont donné des conseils et qui m'ont fait découvrir de nombreux projets.

Introduction :

Durant tout le mois de janvier, j'ai eu la chance d'effectuer un stage à l'association Ping, dont l'axe de développement est basé sur des problématiques du numérique, dans le cadre de mon cursus de L3 Physique à l'Université de Nantes. Cette association est répartie sur deux endroits de Nantes : un local administratif au pôle associatif 38 rue du Breil et un atelier appelé Plateforme C au hangar 30 sur l'île de Nantes.

Mon stage avait pour finalité la conception d'un traceur vertical : un robot qui, par un système de deux poulies contrôlées par moteur pas à pas et un stylo relié aux poulies par un fil, pourrait se déplacer sur une surface vertical et dessiner le fichier image désiré par l'utilisateur.

Pour y parvenir, je suis passé par plusieurs étapes : la bibliographie des solutions existantes, la proposition d'une solution réalisable au sein de l'atelier, la réalisation et les tests des différents éléments constituant le prototype, la documentation¹ des différentes phases du projet sur le Wiki fablabo.net. J'ai ainsi pu utiliser tous les outils mis à disposition à Plateforme C tels que la découpe laser, la foreuse, le fer à souder ,etc.

¹ http://fablabo.net/wiki/Traceur_vertical

Partie 1 :

1)Ping

PiNG est une association qui se développe autour des pratiques numériques et qui participe à une réappropriation des technologies. C'est un foyer de la culture libre, ce qui signifie que toute création dans le cadre de l'association, que ce soit par les adhérents ou par l'équipe salariée, doit être documentée. Toutes les machines et les logiciels utilisés sont libres de droit.

PiNG accompagne et soutient des projets innovants, générateurs de ressources. Des entrepreneurs viennent y développer des prototypes.



Illustration 1: Plateforme C et ses adhérents

C'est une association qui aime partager ses connaissances : de nombreuses initiations et formations professionnelles sont proposées et leur partenariat avec l'école d'architecture et de design de Nantes attire de nombreux étudiants.

Les bureaux de PiNG sont basés au pôle associatif du 38 Breil à Nantes et ils ont un Fablab au hangar 30 sur l'île de Nantes. Le Fablab est un concept américain des années 1990 développé au MIT par Neil Gershenfeld² qui consiste en la mise à dispo de ressource de conception et de fabrication. Il favorisant la créativité, l'innovation, la diffusion des connaissances et la

² http://fr.wikipedia.org/wiki/Neil_Gershenfeld

compréhension des technologies. Toute personne peut venir expérimenter, apprendre et fabriquer tout type d'objet grâce aux machines mises à disposition (imprimante 3D, découpe laser, fraiseuse numérique, etc).

2) Mes attentes

Durant ma recherche de stage, je cherchais à découvrir les domaines de l'électronique et de l'ingénierie dans lesquelles je voudrais me réorienter. L'association Ping était donc le choix parfait, je m'attendais à découvrir de nombreux aspects du domaine du numérique en effectuant un travail d'ingénieur sur un projet du début jusqu'à la fin. Je voulais toucher à de l'électronique, de la mécanique et de l'informatique. Suite à ce stage, je souhaitais confirmer ma volonté de réorientation dans le domaine de l'ingénierie électronique. De plus, la vie associative est un milieu que je côtoyais souvent en tant qu'adhérent ou bénévole mais jamais en tant que membre

Je désirais rencontrer des personnes porteurs de projets afin de stimuler ma créativité et de me faire des contacts.

3) Bilan personnel

Ce stage m'a donné l'occasion de m'intégrer dans les rouages d'une association pour me faire une vision globale du travail d'équipe : la communication, les réunions, etc. De surcroît j'ai évolué au sein d'un milieu dans lequel j'ai pu voir mes projets personnels se développer.

De plus, cela m'a apporté des connaissances et de l'expérience dans de nombreux domaines. Notamment en ingénierie mécanique car j'ai résolu des problèmes de résistance des matériaux, de fixation, de frottements.

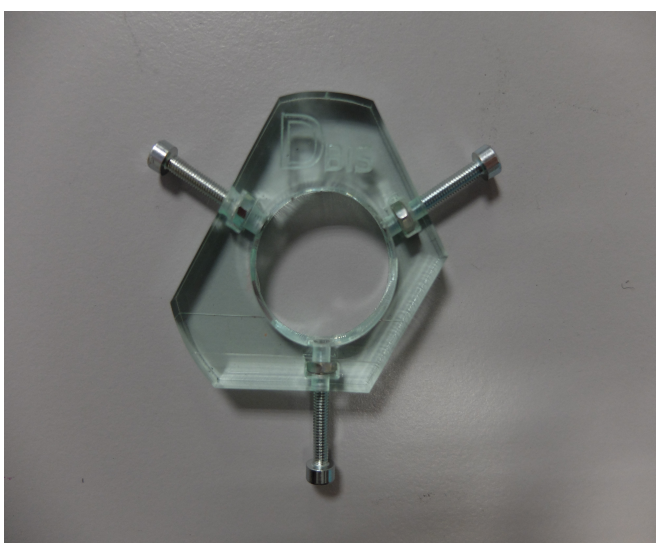


Illustration 3: Astuce de l'écrou bloqué



Illustration 2: Découpe laser

On m'a également révélé de nombreuses astuces, par exemple : placer un écrou bloqué dans le support pour éviter de faire un pas de vis. J'ai été initié à l'usage des machines tel que la découpe laser qui requiert un réglage précis en fonction de la nature du matériau utilisé. En effet, il faut que la focal du laser corresponde à l'épaisseur du matériau, que la puissance et la vitesse de déplacement du laser soient adaptées pour découper ou graver le matériau sans qu'il prenne flamme.

Même si j'espérais travailler davantage sur l'électronique, on m'a tout de même enseigné des rudiments pratiques (brasure, sertissage) et théoriques (arduino, driver moteur, moteur).

Aussi bien pour concevoir les pièces que pour programmer le microcontrôleur, il a fallu que je me familiarise avec certains logiciels informatiques. Je me suis servi de Inkscape (éditeur d'image vectorielle), d'openSCAD (modélisateur d'image 3D à partir de code) et j'ai appris le langage Python et Arduino pour pouvoir communiquer avec le microcontrôleur.

J'ai eu la chance d'assister, en compagnie des membres de l'association, à une formation sur le droit à la propriété intellectuelle et son importance dans le milieu de la culture libre. J'ai participé à la culture libre en documentant leur wiki à propos de mon prototype et j'ai découvert de nombreux aspects de la culture numérique. Enfin je me suis aperçu que la réorientation que je voulais opérer vers l'ingénierie électronique me convient.

Partie 2 :

Le traceur vertical fonctionne de la manière suivante :

- Fichier image sur ordinateur transcrit en code interprétable par arduino.
- Transformation de ce code par Arduino en impulsions électriques binaires pour les drivers moteurs et le servomoteur.
- Interprétation des impulsions par les drivers en courant dans les quatres branches de chaque moteur pas à pas.
- Modification des longueurs poulies/traceur par rotation des moteur qui engendre un mouvement ordonné du traceur
- Mise en contact du stylo à la surface contrôlé par le servomoteur

Partie mécanique

1)Le porteur de stylo

C'est une partie cruciale du traceur vertical qui va s'assurer que le stylo ou marqueur reste droit et que l'écart entre le stylo et la poulie reste connue. Le prototype que j'ai proposé s'est principalement inspiré des robots de de Norwegian Creation³ à gauche et Der kritzler à

³ <http://www.norwegiancreations.com/2012/04/drawing-machine-part-2/>

droite⁴ :

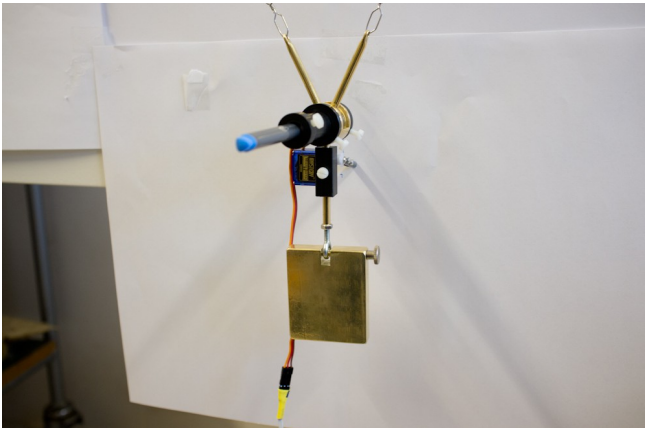


Illustration 5: Prototype traceur de Norwegian Creation

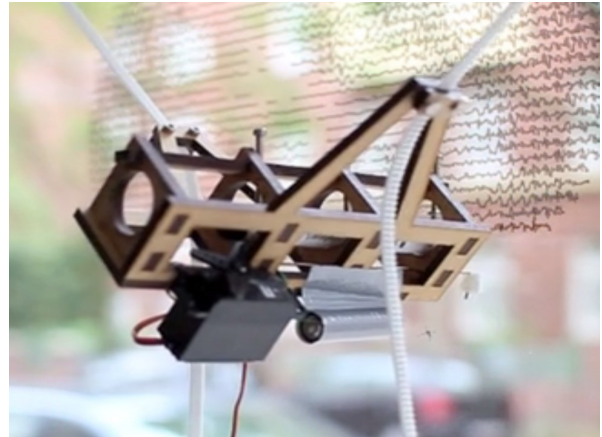


Illustration 4: Prototype traceur Der Kritzler

Je vais citer deux exemples de réalisations existantes pour illustrer des défauts courants :

- Dans le premier prototype (illustration 5), les deux cordes ne s'attachent pas au même niveau du cylindre, ce qui peut entraîner une légère déviation à cause des efforts tranchants normaux aux fils. Mais pour pallier à ces vibrations, ils utilisent un lesté qui se trouve sur l'axe des cordes ce qui rend le support de stylo plus stable en éliminant les nuisances des cordes qui deviennent négligeables par rapport à la force exercée par le poids. Le fait que le cylindre ne puisse accueillir qu'un diamètre de stylo bien précis laisse très peu de liberté à l'utilisateur.
- Le deuxième prototype (illustration 4) répartit les efforts dus aux deux fils de manière symétrique sur la structure, ainsi les efforts tranchants s'annulent. Il reste cependant un problème de localisation du stylo depuis la poulie. En effet, selon l'angle sous lequel le porteur de stylo reçoit la corde, le stylo ne se trouvera pas au croisement du prolongement des deux fils car la structure est fixe⁵. Cela crée une marge d'erreur qui, si les deux longueurs des cordes diffèrent, peut devenir conséquente.

Le prototype (illustration 6/7) que je propose est basé sur les éléments suivants :

- Il se construit autour d'un tube de PVC de diamètre 25mm de façon à pouvoir utiliser un gros marqueur comme un critérium. J'y ai fait trois trous à deux reprises pour insérer des vis qui vont ancrer le stylo au centre du tube.
- Pour avoir plus de liberté, j'ai ajouté un support qui peut accueillir un servo moteur (moteur qui peut tourner de maximum 180°) qui puisse éloigner le stylo de la paroi si aucun tracé n'est requis.
- Pour accrocher le fil au tube en faisant en sorte que les efforts tranchants se compensent, j'ai conceptualisé des structures qui transmettent la force sur deux points du tube. Les quatre points ont été choisis de telle sorte à ce que les deux points d'entrée du fil soit sur le même axe. Pour que les deux structures puissent tourner autour du tube sans faire bouger le tube, je les ai montés sur des roulements à bille.

4 <http://tinkerlog.com/2011/09/02/der-kritzler/>

5 <http://www.polargraph.co.uk/2013/03/hanging-v-myths-or-im-not-very-good-at-geometry/>

Ainsi j'ai, en théorie, résolu les défauts des deux porteurs de stylo que j'ai analysé au dessus, mais mon traceur présente des problèmes de distribution pondérale. C'est pourquoi il faut que je construise une barre qui s'attacherait au support du servomoteur et à un autre support identique à l'autre bout du tube auquel je pourrais ajouter des poids pour rééquilibrer dans la longueur le traceur.

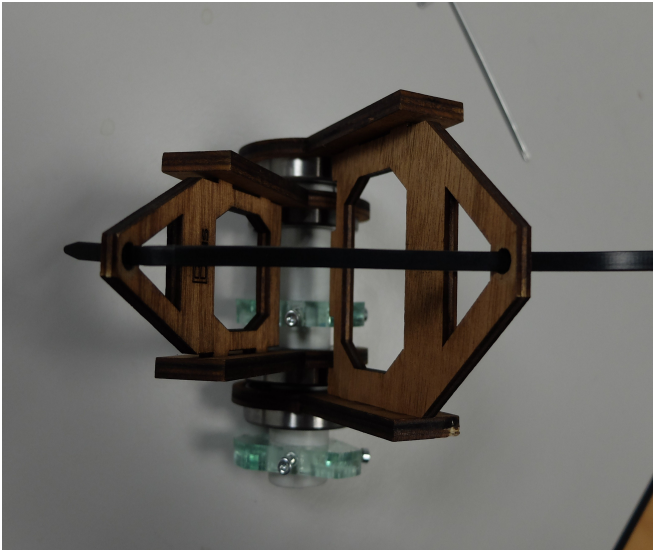


Illustration 6: Porteur de stylo vue de dessus

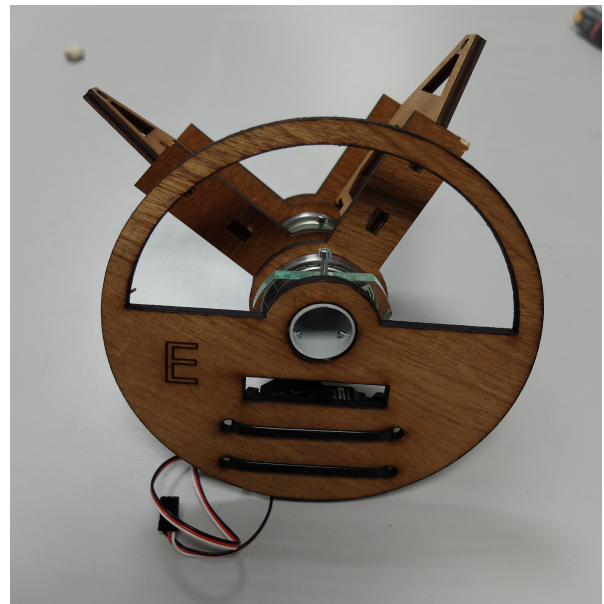


Illustration 7: Porteur de stylo vue de face

2)La chaîne et les poulies

Il existe plusieurs alternatives concernant le fil qui relie la poulie au porteur de stylo : un fil simple enroulé autour de la poulie, une courroie crantée ou un fil boulé qui passe autour d'une poulie crantée de la même façon.

L'enroulement du fil simple autour de la poulie pose problème car plus il s'enroule, plus le rayon de la poulie devient grand, ce qui crée une imprécision. De plus, sans possibilité de contrepoids, le moteur doit être plus puissant.

La courroie crantée est le choix qui réduit au mieux le risque de dérapage étant donné que le pas entre chaque cran est très petit et que les crans ont des bords droits. De plus, sa masse linéique étant faible l'effet chaînette (courbure que prend un câble lorsqu'il est suspendu) est moins prononcé. Les courroies sont généralement trop rigides pour s'adapter à des poulies à faible diamètre et elles sont trop coûteuses pour ce projet.

Mon choix s'est porté par défaut sur le fil boulé qui a une masse linéique élevée et des crans ronds.

Afin de créer mes prototypes j'ai tout d'abord travaillé avec un fil boulé qui n'était pas idéal car il avait un rayon de courbure minimum de 25mm et un pas entre chaque bille de 5mm. Il avait aussi certaines irrégularités entre les billes rendant très difficile la modélisation de poulie. Nous avons ensuite pris la décision d'acheter 10m de fil boulé d'une autre sorte avec un pas et un rayon de courbure plus petit pour gagner en précision. La solidité du fil boulé n'avait pas besoin d'être très élevée car les poids qu'il soutient n'excèdent pas 3kg.

La longueur a été choisi de sorte que le drawbot⁶ réponde aux critères suivants :

- Se déplacer dans un cadre ayant une diagonale de 4m50
- Avoir un écart maximum entre les poulies de 4 mètres.

```
OpenSCAD - pouliev6.scad
File Edit Design View Help
db=1.5; //diamètre de chaque bille en mm
esb=0.5; //espace entre chaque bille en mm
epf=0.5; //épaisseur du fil en mm
rp=20; //rayon de la poulie voulu en mm
n=(2*3.14159*rp)/(db+esb); //nombre de billes que la poulies peut rec
evoir sur 360°
angled = 360/n; //angle entre chaque pas en°

difference(){ //fonction qui va prendre un cercle et va enlever n b
illes sur son rayon
circle(r=rp-(epf/3),$fn=100); //rayon auquelle on enleve le tiers de
l'épaisseur du fil pour que chaque bille loge dans son trou
echo((rp-(epf/3))*2);
for (i=[0 : n])
{
    if(i==0){ // trou pour passer l'axe du moteur et des vis pour soli
dariser la poulie aux bords
        circle(d=5.5,$fn=50);
        translate([10,0])
        circle(d=3.2,$fn=50);
        translate([-10,0])
        circle(d=3.2,$fn=50);
    }
    //positionnement de l'origine du cercle que l'on va retirer en x et
Y
    translate([cos(i*angled)*rp,sin(i*angled)*rp])
    circle(d=db,$fn=50);
}
}
```

Illustration 8: Code openSCAD poulie

Concernant les poulies, il fallait qu'elles soient en accord avec le fil boulé. Je les ai modélisé mathématiquement puis transcrits sous forme de code (illustration 8) pour openscad. La fabrication pouvait se faire par imprimante 3D mais ça aurait été plus long à conceptualiser et à créer, c'est pourquoi je les ai faites à la découpe laser. Chaque poulie est constituée de deux bords et d'un centre denté solidarisé par deux vis.

⁶ Drawbot (Drawing robot) autre appellation du traceur

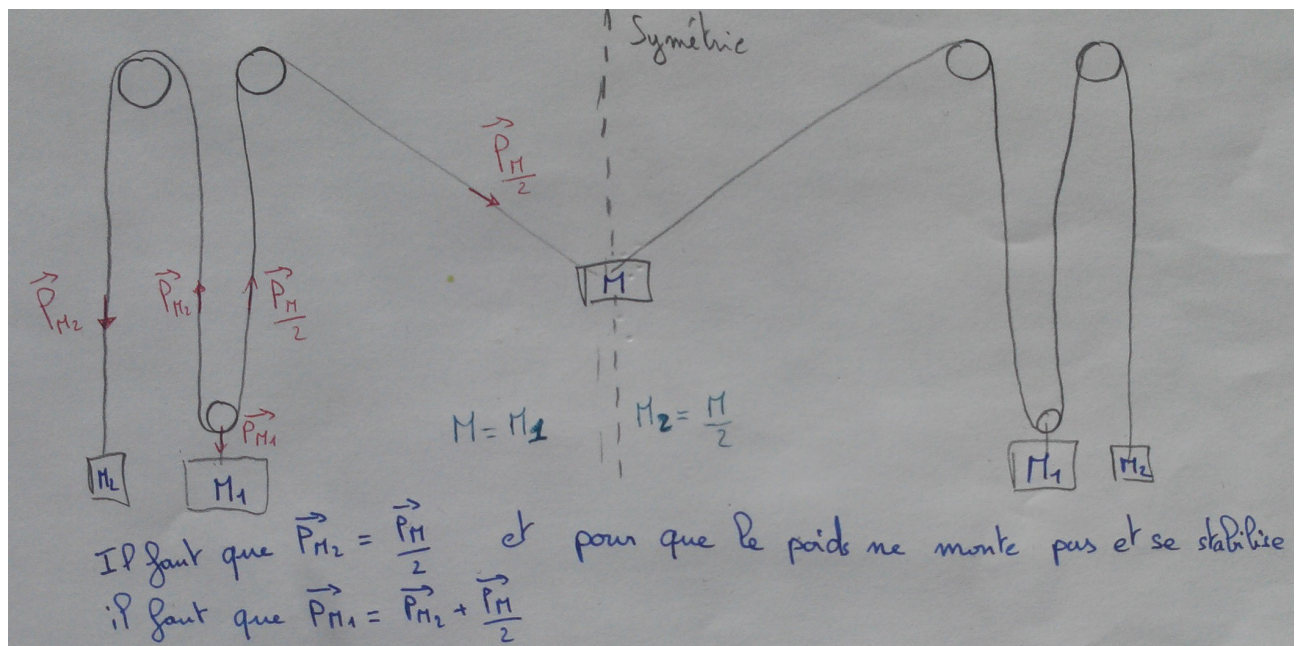
3) Les contrepoids, poulies secondaires et fixations

Afin que les moteurs utilisent le moins de force possible, qu'ils soient au repos pour que le fil boulé ne dérape pas ou qu'ils soient en rotation, il faut utiliser un système de poids attaché à différents points du fil. Dans la mesure où le fil utilisé est très long, il faudra mettre en place des poulies secondaires pour faire parcourir plus de chemin au fil évitant ainsi que le poids touche le sol devenant par conséquent inutile.



Illustration 9: Poulies et poids

Pour calculer la masse que chaque poids doit peser, il faut dans un premier temps savoir quel poids fait le porteur de stylo, dans mon cas, 700g. Ayant deux cotés identiques, il faut opérer une symétrie verticale pour que la puissance à délivrer par les deux moteurs soit identique et minimum quand le traceur se trouve au milieu. J'ai donc réalisé un schéma avec les calculs simplifiés.



Pour fixer les moteurs au mur, j'ai d'abord pensé à un système de ventouses avec pour objectif de pouvoir bouger le drawbot de mur en mur facilement sans affecter le mur. Mais les ventouses dont la puissance de fixation est suffisante coûtent trop cher pour cette phase de développement. J'ai donc opté pour visser une plaque dans le mur à laquelle j'ai fixé la structure qui contient le moteur.

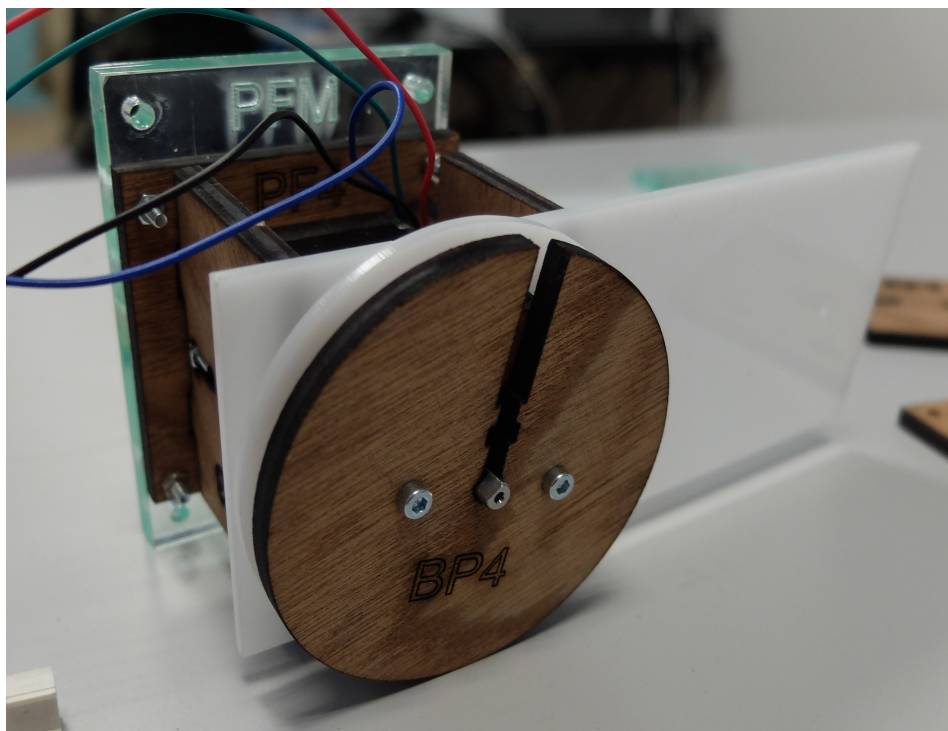


Illustration 10: Système de fixation du moteur