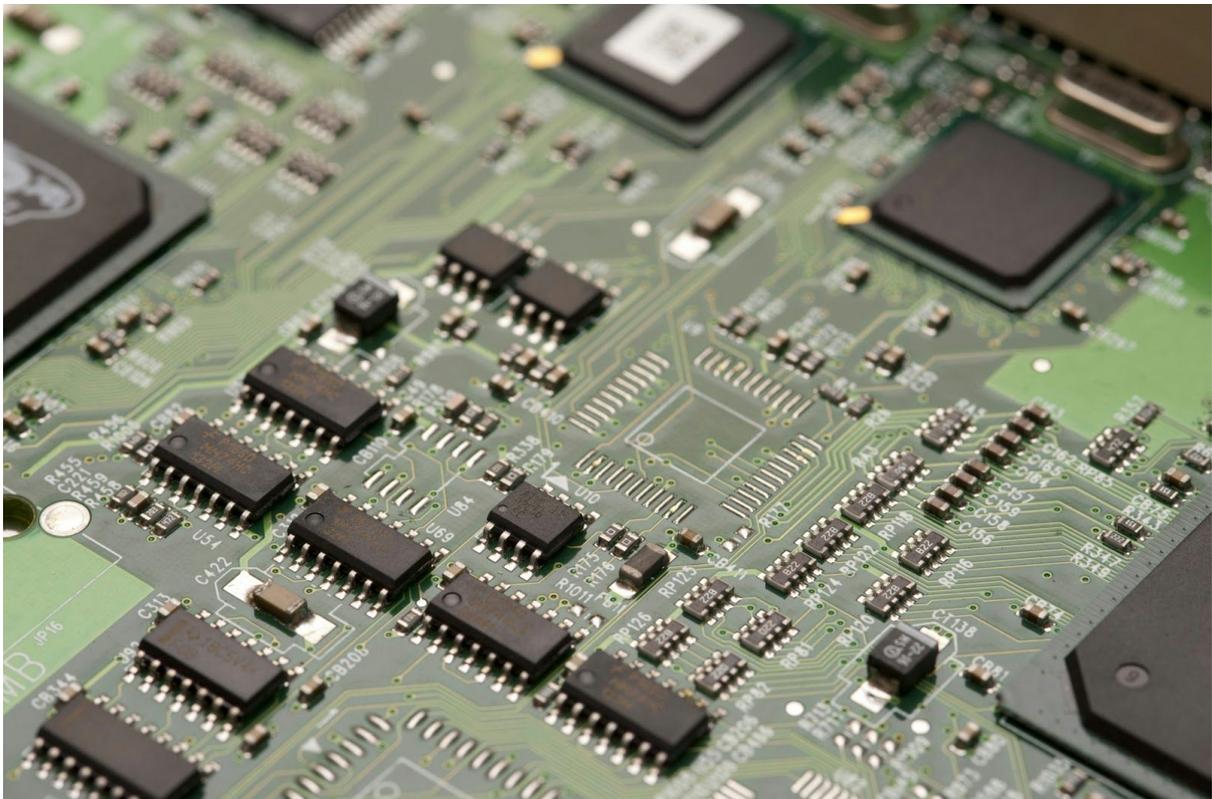


Rapport de mi-projet de 5ème année

Automatic Soldering System Project



Sommaire

Remerciement

1> Présentation du projet et enjeux

1.1> Présentation

1.2> Cahier des charges

1.3> Liste des tâches

2> État actuel du projet

2.1> Fabrication de l'infrastructure mécanique

2.1.1> La partie usinage

2.1.2> La partie impression 3D

2.2> Motorisation et asservissement en position

2.2.1> Besoins et choix des moteurs

2.2.2> Commande des moteurs Pas à Pas

3> Travail restant

3.1> Sur le plan hardware

3.2> Sur le plan software

Conclusion

Remerciement

Nous souhaitons très fortement remercier l'atelier mécanique de PolytechLille, et plus particulièrement Yohann Dhondt pour le soutien qu'il nous a apporté durant l'usinage de certaines pièces. Nous souhaitons aussi remercier M. David et M. JP pour leur aide sur la découpe des pylônes.

Nous souhaitons, par la même occasion, remercier M. Astori, enseignant en Conception Mécanique et responsable du FabLab de Polytech Lille pour les conseils de conception qu'il a pu nous apporter. Nous tenons par ailleurs également à remercier chaleureusement Antoine, contributeur actif au Fablab de Polytech Lille, pour son partage d'expérience à propos de la création de son imprimante 3D RepRap, projet similaire au notre.

Finalement, nous souhaitons remercier M.Redon, M.Vantroys et M.Boé pour leur soutien en tant que tuteur de projet. Ainsi que M. Flamen, responsable du service électronique de Polytech Lille, pour son expertise et son apport de connaissance.

1> Présentation du projet et enjeux

1.1> Présentation

Le service EEI de Polytech s'est récemment équipé d'une machine de gravure. En plus de la gravure proprement dite, la machine permet le dépôt de pâte à braser pour coller les composants CMS (Montés en Surface). Après passage au four, la carte est prête (hors insertion de composants traversants qui reste manuelle).

Le but de ce projet est de réaliser une machine permettant de placer les composants suivant les fichiers fournis par le logiciel de CAO. Elle pourra s'appuyer sur une base de CNC (Computer Numerical Control). Elle permettra de récupérer des fichiers provenant du logiciel de CAO et les transformer en déplacement de la machine, de prendre les composants par aspiration, de les déposer à la bonne position avec la bonne orientation.

Afin de mener ce projet à bien, nous avons maintenu un contact constant avec M. Flamen, responsable du service EEI de PolytechLille. Il nous a permis de centrer les exigences attendues, notamment en terme de précision. Il nous a également apporté un grand apport de connaissance dans les divers domaines en relation avec notre projet.

1.2> Cahier des charges

En accord avec cette présentation, nous avons établi le cahier des charges suivant. Notre machine doit être capable de prendre un composant. Pour cela, il sera nécessaire de stocker les composants sur une carte et d'identifier leur position (éventuellement à l'aide d'une caméra). Ensuite, il sera nécessaire de maintenir le composant durant le déplacement par aspiration.

Il sera aussi nécessaire de repérer la position de la carte nue ainsi que son orientation. La solution devra permettre de déplacer les composants par translation selon les trois axes. De plus, il sera aussi obligatoire de permettre une rotation selon l'axe Z afin d'orienter correctement le composant sur les pastilles.

De plus, durant la dépose du composant, il sera obligatoire de s'assurer que l'outil d'aspiration n'endommage ni la carte, ni le composant lors de la dépose. Pour cela, il sera nécessaire de détecter le contact et le composant.

Enfin, il sera nécessaire de connaître la position désirée pour la dépose du composant. Pour cela, la solution devra permettre de récupérer les fichiers provenant d'un logiciel de CAO et de les transformer en déplacements machines. Pour permettre cela, le projet devra fournir une interface visuelle (sur ordinateur) indiquant les éléments de la machine et permettant leur calibrage.

1.3> Liste des tâches

Pour avoir une meilleure visibilité au cours de notre travail, nous avons choisi de séparer les différents objectifs en tâches. Nous avons donc été amené à créer la liste de tâches suivante.

- Créer l'infrastructure mécanique de la machine (châssis)
 - Fabrication du châssis
 - Design des pièces mobiles et impression 3D de ces pièces au FabLab (chariot comportant l'outil d'aspiration et "guides tubes" assurant la transformation de la rotation des moteurs en mouvement de translation (glissières) sur des barres métalliques)
 - Assembler l'outil d'aspiration au chariot
- Concevoir la commande d'aspiration par pompe
- Organiser la commande des moteurs du système pour l'asservissement en position de la machine
 - Étude et prise en main des drivers pour les moteurs Pas à Pas
- Réalisation de l'interface commande-puissance
- Réaliser la conversion des données de position (relatives) de l'emplacement souhaités des composants en mouvements pour la machine
 - Concevoir l'interface de récupération des données du fichier Gerber de l'utilisateur
 - Caractérisation des différents repères (repère de la machine, repère de l'outil et repère de la carte) et établir le lien entre eux
 - Détecter l'origine du repère de la carte au moyen d'une caméra fixe

2> État actuel du projet

2.1> Fabrication de l'infrastructure mécanique

Notre projet comprend une partie extrêmement importante de conception. Sur conseils de M. Astori, nous avons donc décidé d'utiliser une organisation plus particulière. Le principe de cette organisation est de créer des pièces (on parle ici uniquement de leur impression à l'imprimante 3D et de la phase de conception sous Catia) rapidement, avec une faible taux de remplissage (de l'ordre de 30%). Le but de cette méthode est de créer un nombre de pièces plus important, permettant plus facilement rectifications en fonction des remarques que nous tirons du montage.

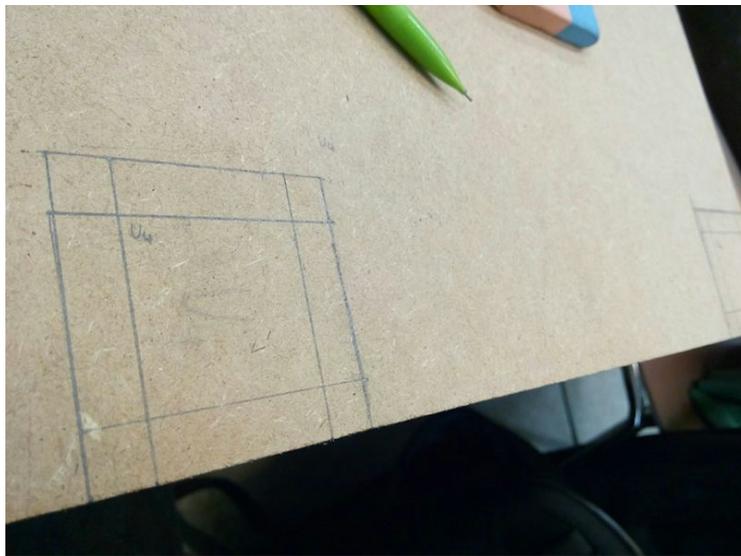


Figure 1 : Marquages sur le support pour la pose de pylônes

2.1.1> La partie usinage

Nous avons commencé par acheter un support contre-plaqué en bois. Sur ce support, nous avons disposé quatre pylônes reliés deux à deux par un axe métallique. Nous avons donc découpé à la scie à chantourner plusieurs linteaux de bois pour fabriquer les pylônes. Ensuite, nous avons usiné les pylônes à l'aide d'une perceuse à colonne pour leur permettre de recevoir l'axe métallique.



Figure 2 : Usinage des pylônes à la perceuse à colonne

Ensuite, nous avons eu la surprise de recevoir des poulies non percées. Nous avons donc du les percer. Nous avons percé les deux premières à l'aide de la perceuse à colonne. Le désavantage de cet outil est son imprécision sur la largeur de perçage. De plus, il n'était pas possible d'y ajouter un mécanisme permettant son maintien au moteur. Par conséquent, nous avons eu la chance d'être aidé par l'atelier mécanique. Ainsi, nous avons usiné les deux dernières poulies à l'aide d'un tour conventionnel (sous la supervision du responsable de l'atelier mécanique). Nous avons ensuite, toujours avec l'aide de M.Yohann Dhondt, percé les deux poulies selon un axe perpendiculaire au précédent et créé un filetage pour permettre l'insertion d'une vis sans tête pour assurer la fixation au moteur.



Figure 3 : Tour conventionnel utilisé pour le perçage

Pour des raisons pratiques et esthétiques, nous avons demandé à la menuiserie de Polytech Lille de corriger nos pylônes pour assurer leur perpendicularité. Cette correction a été effectuée par M. David et M. JP à l'aide d'une scie à bande. Par la suite, nous avons marqué le support pour faciliter le perçage et l'ajustement des pylônes. Une fois les marquages, nous avons percé le support et les pylônes pour assurer une bonne fixation.

2.1.2> La partie impression 3D

Nous avons commencé par créer un chariot permettant le déplacement selon l'axe X, et permettant d'embarquer le moteur pour le déplacement selon Y. Nous l'avons créé à l'aide du logiciel Catia. Les cotes imposés sur le schéma sont celles fournies par la documentation et par mesure des axes métalliques au pieds à coulisse.

Après impression, nous nous sommes aperçu que la documentation comprenait une erreur importante sur la taille des moteurs, nous obligeant à réimprimer une deuxième pièce. Nous avons profiter de la deuxième impression pour réduire la surface de contexte entre l'axe X de la pièce et l'axe métallique X.

La deuxième pièce est très identique à la première à la différence près qu'elle n'embarque pas de moteur. Elle embarque uniquement une poulie permettant le passage de la courroie de transport en Y. Cette version, bien que fonctionnelle, n'a pas eu (pour le moment) l'amélioration apportée par la deuxième version de la pièce 1 (c'est à dire la réduction de surface de contact).

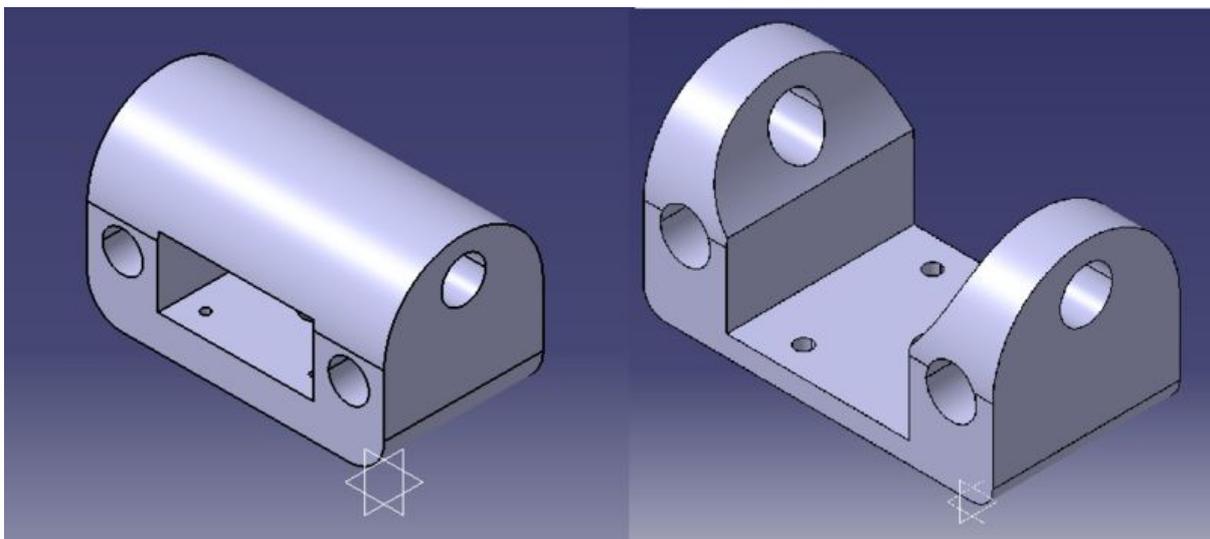


Figure 4 : Version 1 et 2 du guide axe avec moteur

Les deux dernières pièces sont des pièces de support pour permettre au moteur de l'axe X et à la poulie de l'axe X de se maintenir sur leur pylône respectif. Le support de poulie n'a tenu que deux jours avant de rendre l'âme. Nous avons donc remplacé de façon temporaire son axe par une longue vis à bois. Le support de moteur n'a, lui, pas cassé, mais nécessite d'être imprimé une deuxième fois car la documentation du moteur était incorrecte (encore une fois).

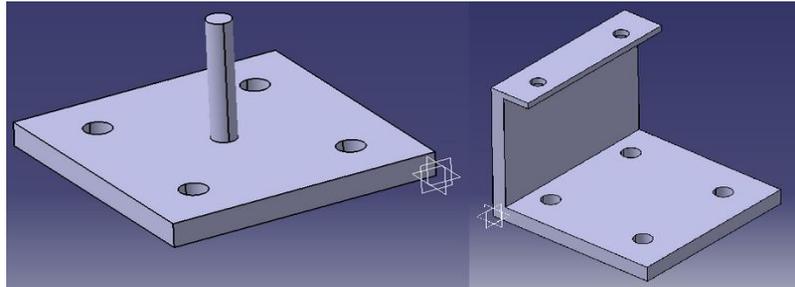


Figure 5 : Guide de poulie et garde moteur

Quelques jours avant la pré soutenance, les pièces semblent fonctionnelles. Une amélioration peut être apportée dans un second temps en modifiant les guide d'axe par des poulies (imprimées à l'imprimante 3D) permettant de suivre plus fidèlement l'axe métallique. Ce système sera développé durant les semaines suivants la pré soutenance.

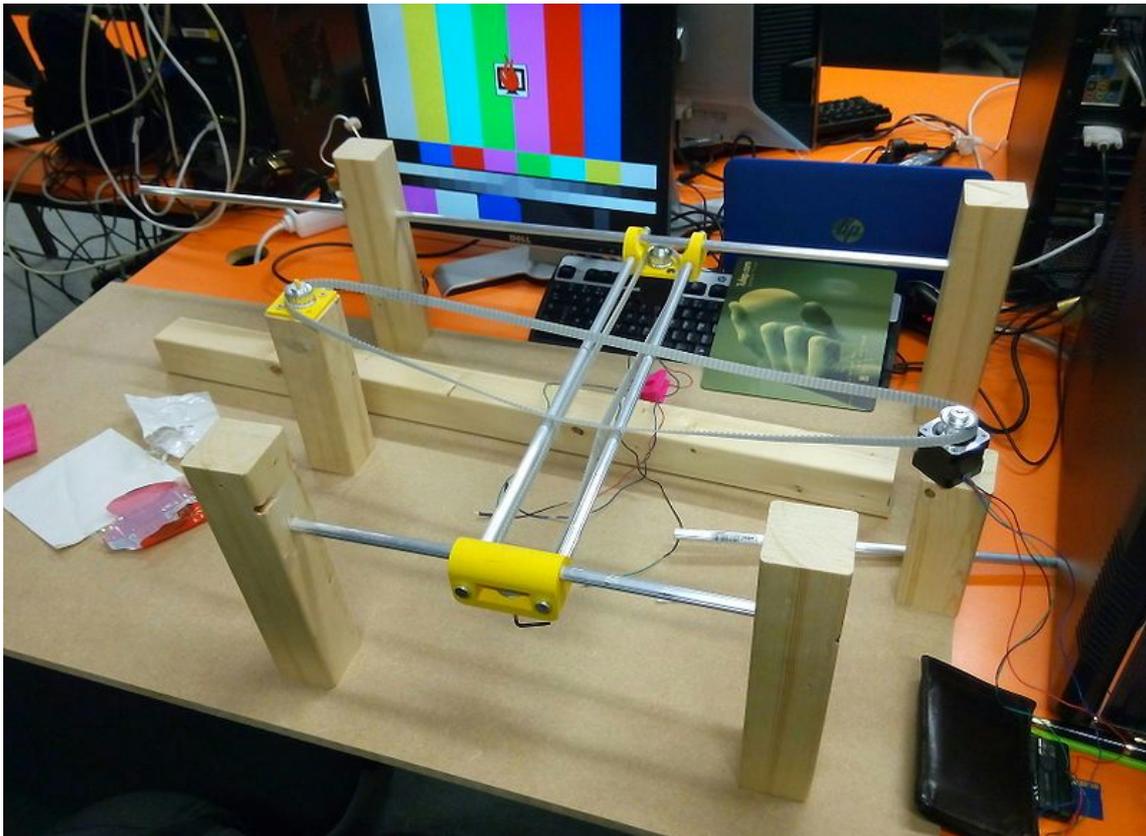


Figure 6 : État de la maquette avant la fixation finale

2.2> Motorisation et asservissement en position

2.2.1> Besoins et choix des moteurs

Nous avons besoin de déplacer notre chariot comportant l'outil d'aspiration qui manipule les composants selon les 3 axes de l'espace X, Y et Z. Afin d'assurer les translations dans le plan (X,Y), nous nous sommes orienté vers un système moteur-poulie-courroie sur chacun de ces 2 axes. Nous avons besoin d'une précision en position de l'ordre de 0,2mm et n'avons pas un besoin en couple important, ni d'un asservissement en vitesse spécifique.

Nous avons donc choisi d'utiliser des moteurs Pas à Pas, qui offrent les avantages d'être précis en terme de position angulaire, de pouvoir adapter cette précision en les commandant en micro-pas et surtout de pouvoir réaliser l'asservissement en position sans capteurs. En effet, nous nous baserons sur le comptage du nombre de pas que l'on a fait effectuer au moteur, en supposant qu'aucun pas n'est sauté durant le déplacement. En effet, dans notre application la charge a entraîner est suffisamment faible et le déplacement se fera a une vitesse suffisamment basse afin d'assurer cette hypothèse.

Dans une seconde version, pour être sûr du positionnement et pour palier aux imprécisions (type jeux sur la maquette...) sur la position initiale, la position de la poulie et son diamètre, nous mettrons en place un système d'ajustement via une caméra, où l'utilisateur viendra valider le placement du composant avant dépose sur la carte.

Le déplacement de position est alors déduit ainsi :

$$\Delta X = \mu_{micropas} * \theta_{Pas_{nominal}} * R_{poulie} * \Delta N_{Pas}$$

avec $\theta_{Pas_{nominal}}$ le pas angulaire de nos moteurs en radian (ici, $1,8^\circ=0,031415$ rad), $\mu_{micropas}$ le facteur de micro-pas choisi (typiquement 1/2, 1/4, voire 1/8), R_{poulie} le rayon du moyen de la poulie crantée en mm (ici 7,15mm) et ΔN_{Pas} le nombre de pas demandé (dans un sens ou dans un autre).

Pour enfin connaître la position absolue, il s'agit de connaître la position initiale du chariot. Ceci sera réalisé avec des capteurs "fin de course", type contacteurs à lamelles.

2.2.2> Commande des moteurs Pas à Pas

Le principal inconvénient des moteurs Pas à Pas réside dans la commande de ceux-ci. En effet, un moteur Pas à Pas est un moteur particulier sans balai et alimenté par une alimentation continue. Il comporte plusieurs bobines permettant de créer un champ magnétique à l'intérieur et ainsi d'orienter des aimants fixés au rotor dans la direction du champ magnétique créé, ce qui provoque la rotation de l'arbre. On utilise le terme Pas à Pas car le champ magnétique créé à l'intérieur se fait par incréments. Ainsi pour faire tourner l'arbre entièrement, il faut effectuer l'alimentation des bobines pour une position 1, puis position 2, et ainsi de suite, selon la géométrie et la technologie du moteur utilisées.

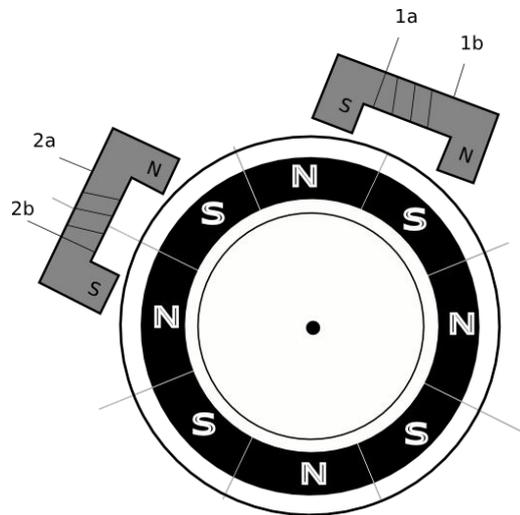


Figure 7 : Schéma symbolisant les phases et l'arbre du moteur Pas à Pas bipolaire

Ainsi, le contrôle de celui ci s'effectue par une séquence d'alimentation spécifique de ses différentes phases. Dans notre cas, nous avons choisi des moteurs bipolaires (de type Hybride, c'est à dire combinant les avantages des technologies "à aimant permanent" et à "réductance variable"). Le sens de rotation des ces moteurs dépend de l'ordre d'alimentation des 2 bobines, ainsi que du sens du courant.

Ce pilotage peut s'effectuer au moyen d'une électronique de puissance type pont en H, sur laquelle on pilote les séquences de commutation des différentes cellules de commutation (transistor + diode en sens inverse en parallèle). Cependant une telle structure est compliquée à mettre en place au niveau des séquences, n'intègre pas directement de limitation active du courant délivré dans la bobine et surtout n'intègre pas directement de variation de courant afin de contrôler le moteur en micro-pas.

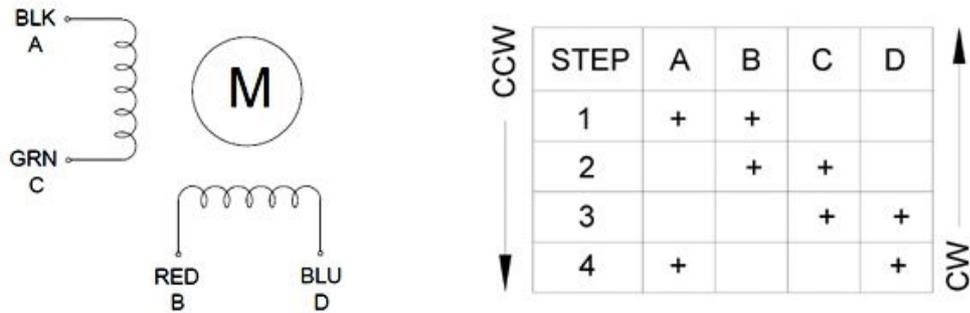


Figure 8 : Schéma de la séquence d'alimentation complète du moteur bipolaire, en pas complet

Présentant des prix très faibles (environ 5€) pour l'économie de temps et la simplicité d'utilisation qu'ils représentent, nous avons donc cherché des solutions de drivers adaptés à nos moteurs. Basé sur le circuit A4988 d'Allegro, nous nous sommes tourné vers ce driver pour moteur bipolaire (Pololu A4988 Stepper Motor Driver Carrier). Son principe est simple : il intègre directement cette structure de pont en H et les séquences d'alimentation. Il permet ainsi de faire effectuer au moteur un pas en envoyant une impulsion (front montant) sur sa pin STEP, dans le sens défini par l'état (haut ou bas) de sa pin DIR.

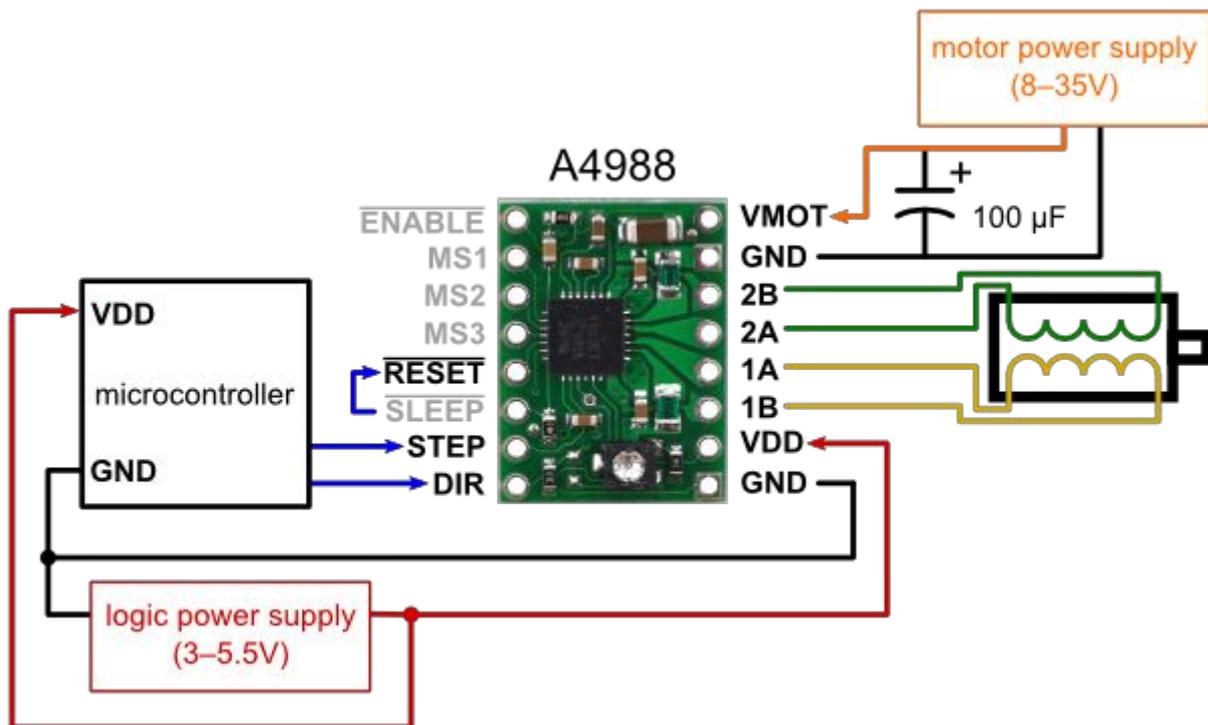


Figure 9 : Schéma du fonctionnement et du branchement du driver

Ce driver réalise également l'interface commande-puissance, il comporte une alimentation séparée pour le circuit logique (5V) et l'alimentation de puissance des moteurs (ici 12V). Il est très important pour éviter la surchauffe et l'endommagement des moteurs de contrôler le courant envoyé dans ses bobines. Nous limitons ainsi activement ce courant grâce au driver au moyen d'un potentiomètre à régler sur ce dernier. Nous avons réglé cette valeur par rapport aux courants nominaux par phase de nos moteurs.

L'avantage majeur de ce driver est qu'il comporte une solution de fonctionnement en micro-pas directement. Par l'état de ses pins MS1, MS2 et MS3, il nous permet de piloter du pas complet, au 1/16 de pas (maximum). Nous ne piloterons pas jusqu'au 1/16 de pas pour des soucis de stabilité du couple mécanique et pour éviter de sauter des pas, 1/4 voire 1/8 de pas devrait être suffisant. Le choix du micropas maximum sera à déterminer avec les tests sur la machine.

Ainsi, nous pilotons toutes ces différentes entrées par le biais d'un Arduino Mega. Plus tard, cet Arduino Mega servira d'interface entre la consigne de position envoyée depuis l'application PC et les moteurs.

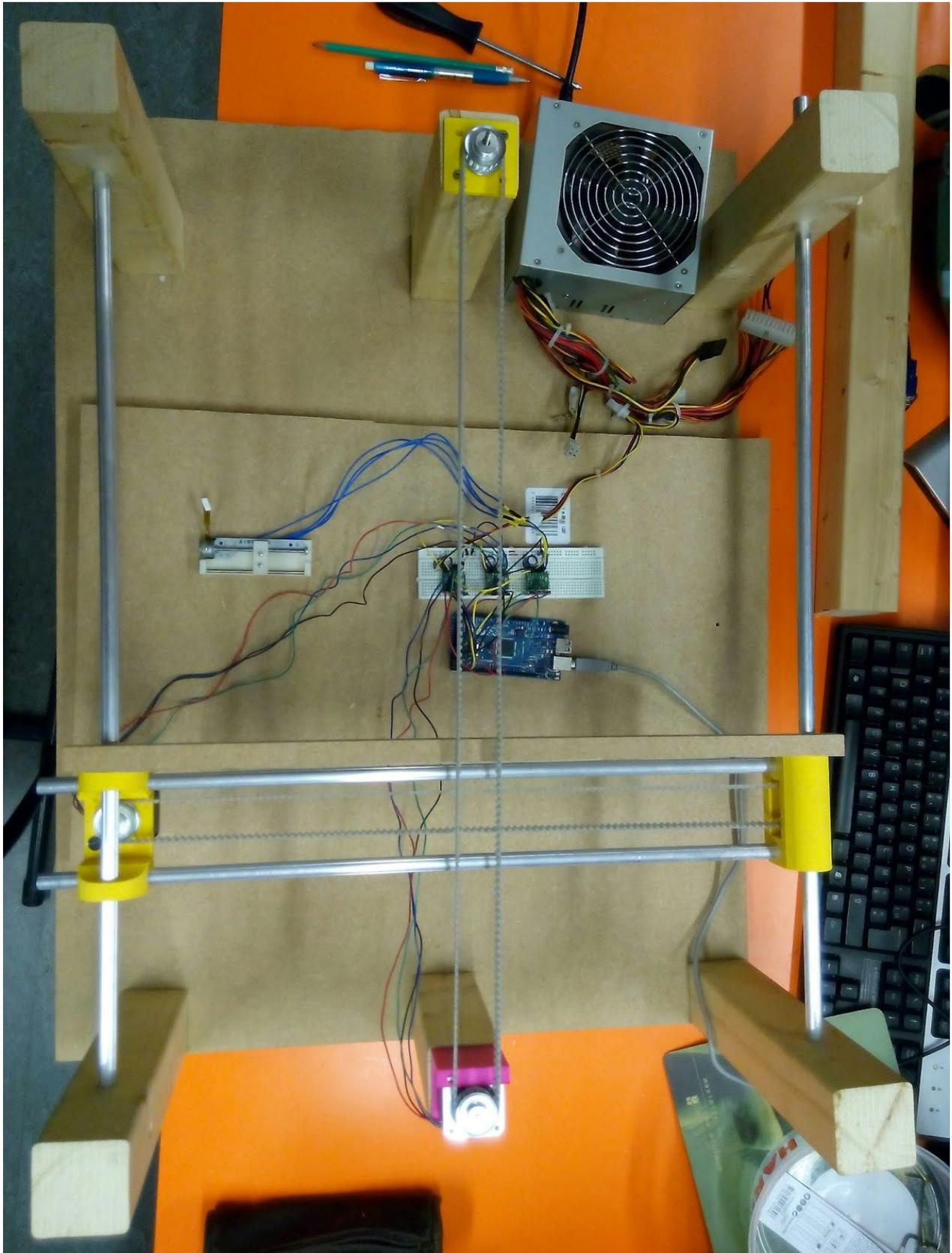


Figure 10 : Maquette fixée sur son support, comportant les moteurs, l'électronique de commande et l'alimentation

3> Travail restant

3.1> Sur le plan hardware

Actuellement, des fonctions minimales sont opérationnelles. La rotation des moteurs pour effectuer les translations en X et en Y sont fonctionnelles. L'ajustement des positions des poulies pour assurer une bonne tension des courroies est lui aussi terminé. La liaison entre la courroie de l'axe X et le chariot reste à fabriquer.

Une réflexion a été menée sur le chariot permettant l'ensemble des fonctions de pose avec retour de pression. Sa conception sera complexe car il devra embarqué un moteur permettant la rotation selon l'axe Z, un moteur pour permettre une translation selon l'axe Z, une seringue pour la prise des composants et éventuellement un système de compensation de forces à ressort (pour la pose délicate des composants).

Lorsque cette pièce sera créé, nous devons aussi contrôler la commande de l'air comprimé à l'aide d'une pompe d'aquarium et d'un distributeur. La commande du distributeur sera légèrement difficile dans la mesure où le seul distributeur que nous aillons réussi à avoir est un distributeur 5/2 à trois tiroirs, dont l'utilisation est plus complexe que les distributeurs standards.

Un autre des points à étudier au niveau organisation spatiale reste la conception et l'intégration de la solution permettant de stocker les composants que l'on a à poser. Afin de déterminer la position initiale des composants avant la pose, un système de repérage via un damier, sur lequel l'utilisateur déposera les composants est envisagé. La machine viendra attraper le composant au moyen d'un réglage fin qui se fera avec la caméra, de façon "manuelle" dans un premier temps, où l'utilisateur viendra monitorer et piloter la machine.

3.2> Sur le plan software

Le logiciel que nous développons est pour le moment conforme à nos attentes. C'est à dire qu'il est capable de commander la maquette selon l'axe X et l'axe Y. Le déplacement en Z est fonctionnel lui aussi, mais n'étant pas encore intégré à la maquette, son intérêt est moindre. La rotation en Z n'est elle, pour le moment, pas gérée. Nous devons racheter un driver pour en remplacer un qui est défaillant.

De plus, bien que pour le moment le logiciel ne le permette pas, il sera nécessaire d'interpréter les fichiers Gerber que l'utilisateur voudra utiliser. Puisque nous avons déjà largement étudié la norme régissant le Gerber, cette fonctionnalité devrait être disponible sous peu.

Les deux dernières fonctionnalités qui n'ont pour le moment pas encore été développées sont la gestion de la caméra et le traitement de l'image pour déterminer les positions des composants. Elles représentent la partie la plus complexe du logiciel.

Conclusion

Au terme de cette première moitié de projet de fin d'étude, nous pouvons être confiant quant à la réussite à venir de notre projet. En effet, grâce à une grande quantité de travail dans des domaines multidisciplinaires fournie par notre binôme, en plus des créneaux horaires originaux, nous pourrons présenter lors de notre pré soutenance une démonstration minimale fonctionnelle.