



POLYTECH[®]
SORBONNE

Rapport de Robotique
Dossier de conception détaillé
(rapport adapté aux sources Fablab)

SOMMAIRE :

1. Tâche du robot

2. Mécanique

3. Modélisation

4. Electronique

5. Commande

1.Tâche du robot :

Nous réalisons ici un projet d'école de fabrication d'un robot. Celui-la ne doit suivre qu'une seule contrainte. Il ne peut utiliser que l'électronique mise à disposition. Ici 2 moteurs à pas ... d'angle maximum 180° et 1 moteur à pas Plus là-dessus dans la partie 4. Electronique.

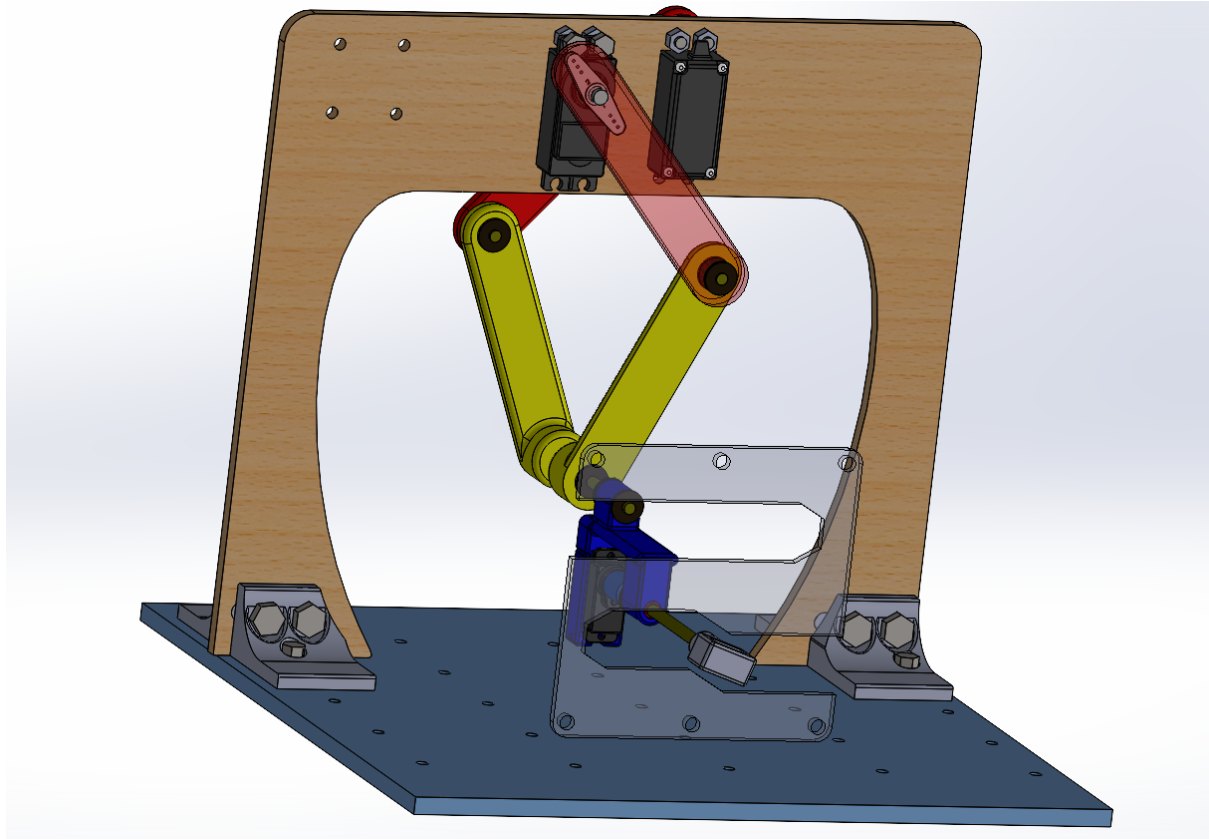
Pour ce qui est de sa fabrication, les élèves (en l'occurrence, ceux qui écrivent ce rapport) peuvent utiliser tous les moyens qu'ils veulent pour concevoir et fabriquer ce robot dans les limites de temps imparti de quelques mois. Ils sont toutefois invités à utiliser les nombreux moyens mis à leur disposition pour cela.

Ce robot doit pouvoir faire suivre à un effecteur un chemin prédécoupé dans une plaque en bois de 8cm x 8cm x 5mm. A la fin de ce trajet, il doit lâcher un écrou tenu de l'autre côté de la plaque par l'effecteur. Cette plaque en bois est attachée à une plaque support en plastique qui pourra également servir de bâti au robot.

Pour répondre au cahier des charges, nous avons décidé d'utiliser un modèle delta deux axes soutenu en l'air par une arche.

2.Mécanique :

Pour la modélisation sur Solidworks nous avons séparé le système en 3 parties mobiles (rouge, jaune, bleu) et une partie fixe (blanche).



Modélisation de notre système sur Solidworks

Les solides en rouge et en jaune sont constitués d'un même modèle de pièces doublées et reliées entre elles à l'aide de liaisons pivots faites à partir d'axes et de paliers lisses. La translation selon l'axe de cette liaison est bloquée par des rondelles serrant l'axe. Cette même liaison est faite entre le solide jaune et bleu.

Les parties mobiles seront réalisées par impression 3D plastique.

Les bras du robots ont été dimensionnés à partir d'une esquisse sur SolidWorks mettant en avant que l'entièreté de l'espace de travail était atteignable. Ainsi nous avons choisi de mettre 8 cm entre chacune des liaisons pivots des bras.

Le léger moment créé par l'éloignement de l'effecteur (perpendiculairement) aux bras (comme on peut le voir en regardant l'image ci-dessus) est contrecarré par un écartement de la distance selon l'axe des paliers lisses tenant l'axe de cet effecteur.

La partie blanche (bâti) est stabilisée par 4 pieds qui sont reliés à la plaque par des axes.

Les pieds du bâti seront aussi en plastique, imprimés en 3D, mais l'arche sera

réalisée à l'aide d'une découpeuse laser de par son volume et sa forme qui s'y prête bien (et parce que c'est assez cool quand même).

Cette forme incurvée vers l'extérieur de l'arche permet d'assurer un plus grand espace de travail à la liaison entre les deux bras (même si cela n'est a priori pas nécessaire, une telle forme pourrait se révéler avantageuse plus tard).

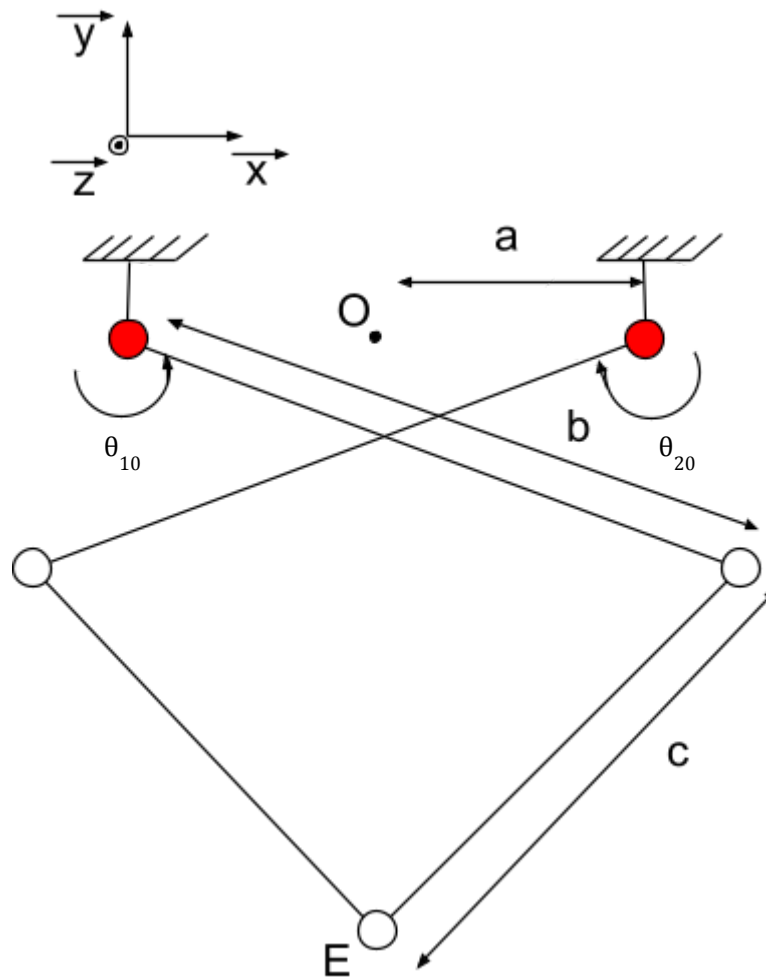
On peut aussi noter que l'arche possède à ses pieds des ouvertures longues (que l'on ne voit pas sur la photo, se référer aux fichiers en annexe) permettant de laisser une marge de déplacement sur les côtés lors de la mise en position.

Nous avons modélisé deux types d'effecteurs pouvant effectuer la même tâche. L'un (effecteur A) étant une tige portant un écrou en son bout, cette tige pouvant basculer et laisser tomber le écrou. L'autre (effecteur B) est un piston portant l'écrou et entouré d'un fourreau. Lorsque le piston se retire, l'écrou est bloqué par le fourreau et se retrouve sans support et tombe inévitablement.

Il est important de noter que les effecteurs A et B sont considérés et modélisés comme des modules de la structure principale. L'orientation verticale de l'effecteur est censée être assurée par un déséquilibre autour de la liaison pivot entre les bras et l'effecteur. Cette méthode a un léger défaut car elle force à avoir une certaine distance non négligeable entre cet axe et le bas de l'effecteur. En réponse à cela, nous avons simplement augmenté la hauteur de l'arche et décidé de monter la plaque en bois à faire suivre au robot.

Nous précisons que toutes les parties sauf celles électroniques (comme les moteurs), métalliques (comme les axes et les paliers lisses) ou l'arche (qui est en bois) seront en plastique.

3.Modélisation :



Le mécanisme est en chaîne cinématique fermée dont l'organe terminal (point E) est relié à la base par plusieurs chaînes cinématiques indépendantes. Seules les liaisons avec le bâti (en rouge) sont motorisées, les autres sont des liaisons passives. Toutes sont des pivots.

Comparé à un robot cartésien, ce genre de mécanisme est beaucoup plus rapide mais subit une plus grande complexité des modèles, comme en témoignent les équations ci-dessous. Comparé à un robot série, l'avantage réside dans le fait de pouvoir déporter les moteurs au niveau du bâti, réduisant ainsi les problèmes d'inertie et de câblage.

Modèle Géométrique Direct :

$$x_e = b * \cos(\theta_{10}) + c * \cos(\theta_{30}) + a$$

$$y_e = b * \sin(\theta_{10}) + c * \sin(\theta_{30})$$

Modèle Géométrique Inverse :

$$\theta_{10} = -\pi + \operatorname{atan2}(y_e, x_e - a) - \arccos\left(\frac{c^2 - (x_e - a)^2 - y_e^2 - b^2}{2b\sqrt{(x_e - a)^2 + y_e^2}}\right)$$

$$\theta_{20} = \pi + \operatorname{atan2}(y_e, x_e + a) - \arccos\left(\frac{c^2 - (x_e + a)^2 - y_e^2 - b^2}{2b\sqrt{(x_e + a)^2 + y_e^2}}\right)$$

4. Electronique :

a) Matériel disponible :

- Une carte arduino UNO
- Un joystick
- Alimentation 5V
- Câbles, LEDs, boutons poussoirs, résistances
- Deux servomoteurs HS422 180°
- Un servomoteur Emax ES08A 180°

b) Schéma électronique :

L'arduino est alimenté en 5V.

La connexion des servomoteurs est similaire pour les deux modèles. Une connexion est donc faite avec le pin +5V et GND de l'arduino, de plus on rajoute une connexion pour la commande avec un pin digital de l'arduino.

Pour les transmissions des pins digitaux, et afin de s'assurer une communication à l'état haut, nous rajoutons des pull ups résistance de 10kOhm (valeur conseillée par la documentation Arduino).

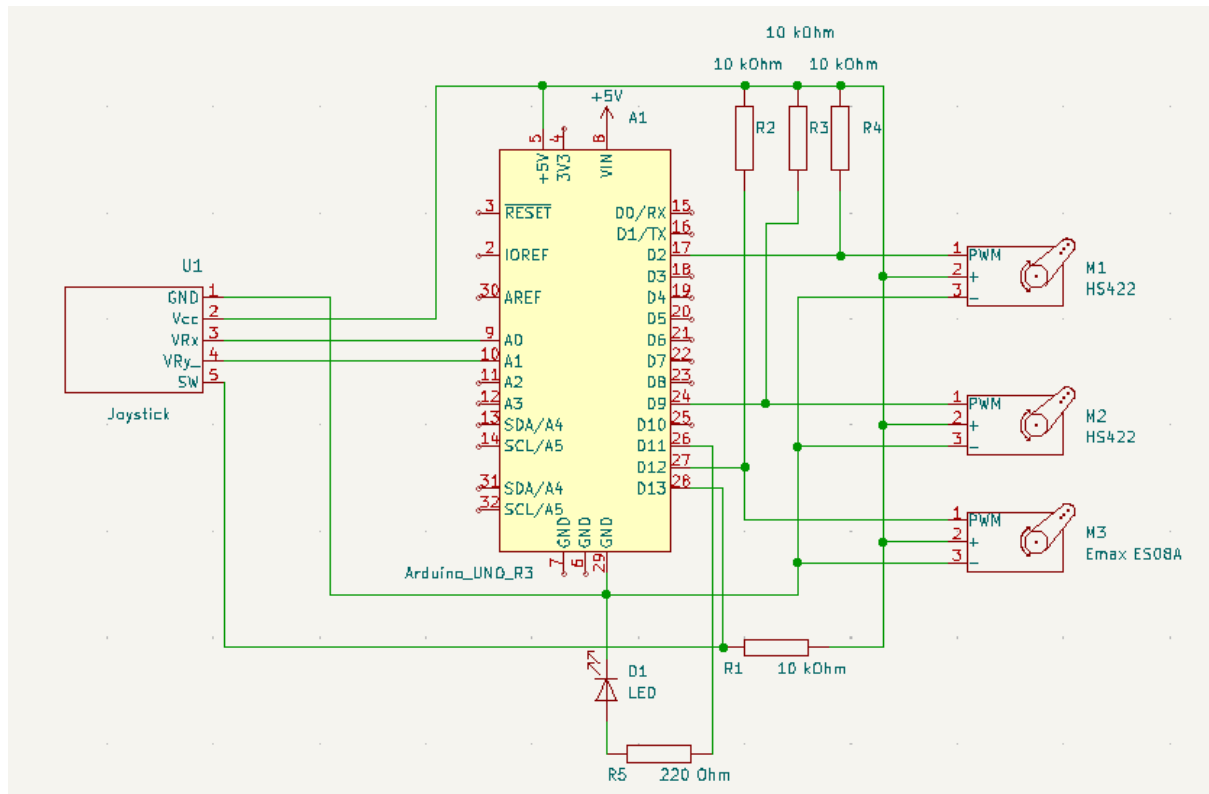


Schéma électronique de notre projet

La connexion avec le joystick est faite par 3 sorties : 2 pour les axes X et Y du joystick qui sont reliées à des entrées analogique de l'arduino et une dernière qui est un bouton poussoir reliée à une entrée digitale avec une pull up résistance de 10k Ohm.

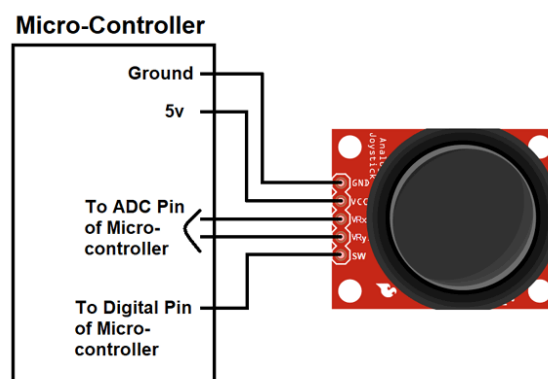


Schéma de connexion d'un joystick avec un microcontrôleur (ref <https://components101.com>)

Enfin, on ajoute une LED afin d'améliorer l'IHM du système qui est liée à l'aide d'une résistance, de 220 Ohm, à une sortie digitale à l'anode.

5.Commande :

Variables :

teta1/teta2 : angle de consigne des servomoteurs pilotant le bras

teta3 : angle de consigne du servomoteur pilotant l'outil

boutonOn: bouton d'allumage

boutonMode: bouton de mode (manuel ou « automatique »)

modeManuel: valeur booléenne fixant le mode

trace : valeur entière correspondant au numéro du tracé

Fonctions :

Allumage()

LED_allumage ON

teta1 ← consigne de départ

teta2 ← consigne de départ

lacher_boulon()

mode_auto(trace)

cas trace vaut 1 :

Xe ← consigne de départ (potentiellement 0)

Ye ← consigne de départ (potentiellement 0,75)

attendre 1 seconde

Xe ← la valeur de l'extrémité (potentiellement +0,80)

attendre 2 secondes

Xe ← consigne de départ

attendre 2 secondes

cas trace vaut 2 :

Xe ← consigne de départ (potentiellement 0)

Ye ← consigne de départ (potentiellement 0,75)

attendre 1 seconde

Xe ← valeur intermédiaire (potentiellement 0,30)

attendre 1 seconde

Xe ← 0,5

Ye ← 0,2

attendre 1 seconde

Xe ← 0,8

cas trace vaut 3 :

```
    Xe ← consigne de départ (potentiellement 0)
    Ye ← consigne de départ (potentiellement 0,8)
    attendre 1 seconde
    Xe ← valeur intermédiaire (potentiellement 0,40)
    attendre 1 seconde
    Ye -= 0,4
    attendre 1 seconde
    Xe += 0,4
```

mode_Manuel()

```
    Si joystick haut alors :
        Ye++
    Sinon si joystick bas alors :
        Ye--
    Sinon si joystick gauche alors :
        Xe--
    Sinon si joystick droite alors :
        Xe++
    Sinon si appuie sur bouton joystick alors :
        lacher_boulon()
```

Initialisation :

```
modeManuel ← Vrai
Si appui sur boutonOn alors :
    Allumage()
```

Boucle :

```
Si appui sur boutonMode alors
    modeManuel ← valeur réciproque de modeManuel

Si boutonMode vaut Vrai alors :
    mode_Manuel()
Sinon :
    pour i allant de 1 à 3 faire :
        mode_Auto(i)
```

On pourra par la suite améliorer l'algorithme avec des pins d'interruption.

5. Erreurs commises :

Au moment de l'écriture de ce rapport, ce projet n'est pas encore abouti. Donc nous ne pouvons pas assurer que tout ce qui est présenté ici fonctionne parfaitement ou soit une méthode pratique pour réaliser le projet. Cependant nous sommes déjà en capacité de faire certaines remarques quant aux erreurs commises et de donner quelques conseils.

Tout d'abord, les bras du robot font 5 mm d'épaisseur. Si cela n'a pas encore posé le moindre problème en termes de résistance des matériaux, cela est en revanche sûrement trop court pour les liaisons pivots à partir de paliers lisses. En effet, il y a un léger jeu entre l'axe et les paliers lisses. Comme le palier lisse entre les bras primaire et secondaire ne mesure que 5mm de long, le jeu laisse au bras des mobilités non voulues. Ce phénomène est bien plus faible sur les paliers lisses de l'effecteur qui eux mesurent 10 ou 15 mm de long. Nous conseillons donc d'épaissir les bras au moins au niveau des liaisons comme ça a été fait pour les bras secondaires (en jaune) afin de garder un meilleur contrôle sur les mouvements du robot.

Ensuite, l'encastrement originellement prévu pour le moteur Emax de l'effecteur s'est montré problématique pour l'alignement du moteur et de la liaison effecteur-axe. Cela avait été prévu mais la marge laissée pour déplacer le moteur n'a pas été suffisante. Ainsi, nous avons changé d'approche et décidé d'attacher le moteur à l'effecteur grâce à un serrage par vis qui, on l'espère, devrait permettre de régler ce problème d'alignement.

Les convertisseurs fil-axe, moteur-axe et moteur-fil n'ont pas beaucoup été testé mais semblent peu pratiques et sont probablement trop petits.

Contrairement à la croyance populaire, les moteurs que nous avons utilisés ont des fils et les objets ne se traversent pas aussi facilement que dans SolidWorks. Ainsi, les moteurs HS n'ont pas pu être rentrés dans les découpes rectangulaires prévues dans l'arche en bois.

Nous avons donc dû scier la partie inférieure pour faire rentrer les moteurs. A cause de cela, les moteurs n'ont pas d'attaches en bas et sont plus à-mêmes à bouger par rapport à l'arche. De plus, l'arche s'en trouve fragilisée au niveau de ces découpes rectangulaires.

Notre conseil serait d'agrandir ces découpes afin de laisser les moteurs rentrer dans leurs emplacement même de là à ne pas utiliser les emplacements pour des vis qu'ils ont en bas.

Enfin, pour la conception, nous avons accès aux modèles SolidWorks et aux documentations techniques des moteurs. Cependant, celles-ci se contredisaient sur de nombreux points. Ainsi, il n'a pas été facile de faire correctement et de manière adaptée ces convertisseurs ou des trous pour les vis attachant les moteurs.