



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE TOURS  
64, Avenue Jean Portalis  
37200 TOURS, FRANCE  
Tél. (33)2-47-36-14-14  
Fax (33)2-47-36-14-22  
[www.polytech.univ-tours.fr](http://www.polytech.univ-tours.fr)

Parcours des écoles d'ingénieurs Polytech

## Rapport de projet S4

# DI45 Robotique Collective Artistique

Auteur(s)

**Juliette Rondeau**

[[juliette.rondeau@etu.univ-tours.fr](mailto:juliette.rondeau@etu.univ-tours.fr)]

**Thomas Bourgoin**

[[thomas.bourgoin@etu.univ-tours.fr](mailto:thomas.bourgoin@etu.univ-tours.fr)]

Encadrant(s)

**Nicolas Monmarché**

[[nicolas.monmarche@univ-tours.fr](mailto:nicolas.monmarche@univ-tours.fr)]

**Polytech Tours**

Département DI

# Table des matières

---

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Projet et tâches</b>	<b>2</b>
1.1 Évolution des robots . . . . .	2
1.2 Objectifs de cette année . . . . .	4
<b>2 Présentation des interfaces et des outils de travail</b>	<b>5</b>
2.1 Les cartes électroniques . . . . .	5
2.2 Les servomoteurs . . . . .	6
2.2.1 Les servomoteurs des roues . . . . .	6
2.2.2 Le servomoteur pour lever le crayon . . . . .	7
2.3 Les capteurs infrarouges . . . . .	7
<b>3 Le mécanisme pour lever le crayon</b>	<b>9</b>
3.1 Idée de départ . . . . .	9
3.2 Modélisation sur Catia . . . . .	10
3.3 Prototypes . . . . .	12
<b>4 Présentation des algorithmes</b>	<b>15</b>
4.1 Programmation pour lever le crayon . . . . .	15
4.2 Programmation pour les toiles . . . . .	15
4.3 Programmation pour les formes et lettres de l'alphabet . . . . .	15
<b>5 Problèmes rencontrés</b>	<b>16</b>
5.1 L'alimentation . . . . .	16
5.2 Interférence entre les pins . . . . .	16
<b>Conclusion</b>	<b>18</b>
<b>Annexes</b>	<b>19</b>
<b>A Liens utiles</b>	<b>20</b>
<b>B Nos réalisations</b>	<b>21</b>
<b>C Fiche de suivi de projet PeiP</b>	<b>22</b>

# Table des figures

---

1.1	Version de 2014 . . . . .	2
1.2	Premiers capteurs infrarouges . . . . .	2
1.3	Première version de la coque . . . . .	3
1.4	Deuxième version de la coque . . . . .	3
1.5	Troisième version de la coque . . . . .	3
2.1	Photo de la carte Parallax branchée sur un Arduino Uno . . . . .	5
2.2	Servomoteur utilisé pour le déplacement du robot . . . . .	6
2.3	Moteur du mécanisme . . . . .	7
2.4	Coque avant du robot avec les deux capteurs infrarouges . . . . .	7
2.5	Constantes nécessaires pour l'utilisation des capteurs infrarouges . . . . .	8
2.6	Initialisation des entrées analogiques . . . . .	8
2.7	Programme pour récupérer et traiter les informations des capteurs infrarouges . . . . .	8
3.1	Maquettes Lego . . . . .	9
3.2	Fenêtre du logiciel Catia V5 R21 . . . . .	10
3.3	Première esquisse de la bielle . . . . .	11
3.4	Volume obtenu après extrusion de l'esquisse(cf figure 3.3) . . . . .	11
3.5	Bras du mécanisme après la poche . . . . .	12
3.6	Premier prototype du mécanisme . . . . .	12
3.7	Deuxième prototype du mécanisme . . . . .	13
3.8	Bielles du mécanisme . . . . .	13
3.9	Troisième prototype . . . . .	13
3.10	Plaque robot du modèle final . . . . .	14
3.11	Modèle final . . . . .	14
4.1	Premier programme pour lever le crayon . . . . .	15
5.1	Emplacements du connecteur numéro 10 de l'Arduino sur la carte Parallax . . . . .	16

# Introduction

---

La robotique est au coeur de l'actualité et ses domaines de compétences s'étendent de plus en plus. En effet, les robots sont aujourd'hui utilisés pour des tâches diverses et variées dans les secteurs industriels, médicaux, ou encore dans le secteur artistique qui est celui auquel nous nous sommes intéressés pour ce projet.

La robotique collective artistique réunit des compétences aussi bien en informatique qu'en électronique ou encore en mécanique ce qui rend ce projet pluridisciplinaire. Le principe du projet est de faire fonctionner une colonie de robots dessinant sur une toile tout en interagissant entre eux mais aussi avec leur environnement. Ce projet repose sur le travail d'étudiants des années précédentes qui ont mis en place différents éléments du robot. Notre but cette année est d'ajouter un mécanisme permettant de faire le crayon au robot.

Dans ce rapport, nous commencerons par expliquer plus en détails le travail réalisé par les anciens groupes sur ce projet ainsi que les objectifs de cette année. Nous verrons aussi les outils de travail dont nous disposons. Ensuite, nous présenterons notre démarche pour la mise en place du mécanisme pour lever le crayon. Enfin, nous vous montrerons la programmation de nos robots.

# Chapitre 1

## Projet et tâches

---

### 1.1 Évolution des robots

Le projet robotique collective artistique existe depuis plusieurs années et les groupes précédents ont amélioré au fil du temps les robots.

Le premier robot dessinateur était équipé de capteurs de contacts appelés “moustaches” pour détecter les collisions entre les robots ou tout autre obstacle de son environnement. De plus, le crayon était attaché au robot par de simples élastiques.

Cette première disposition fut confrontée à plusieurs problèmes : la fixation du crayon n’était pas très stable ce qui entraînait des mouvements involontaires du crayon. De plus, il fallait qu’il y ait contact entre les robots pour qu’ils s’évitent ce qui provoquait parfois des accrochages entre les robots. C’est pourquoi les robots se sont vus équipés de capteur infrarouges afin de remédier à ce second problème.



FIGURE 1.1 – Version de 2014

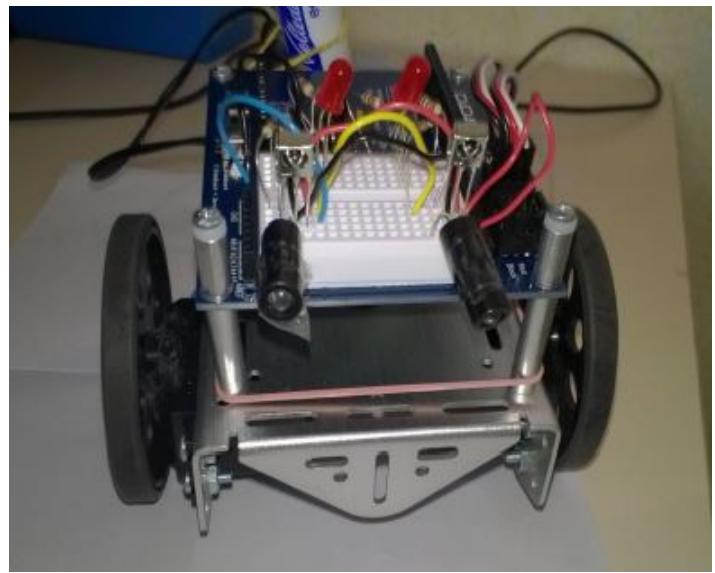


FIGURE 1.2 – Premiers capteurs infrarouges

Par la suite, une coque intégrale a été modélisée par les étudiants GE2I qui permettait d’y intégrer à la fois le feutre et de nouveaux capteurs infrarouges plus précis. Cependant, cette coque s’est avérée assez lourde et encombrante ce qui empêchait le robot d’avancer lorsque le niveau des piles était bas. C’est pourquoi ce modèle de coque a été réduit en ne gardant que la partie avant de l’ancienne coque.

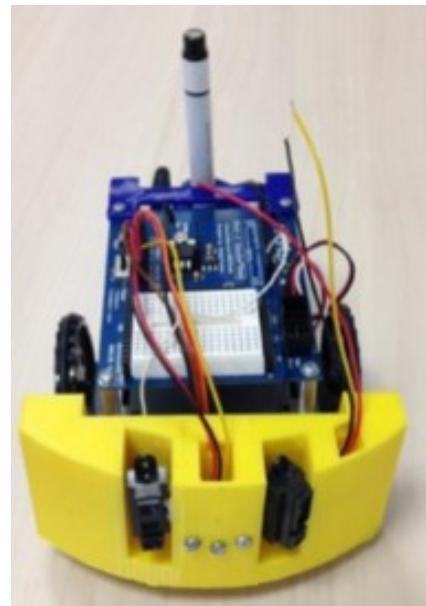
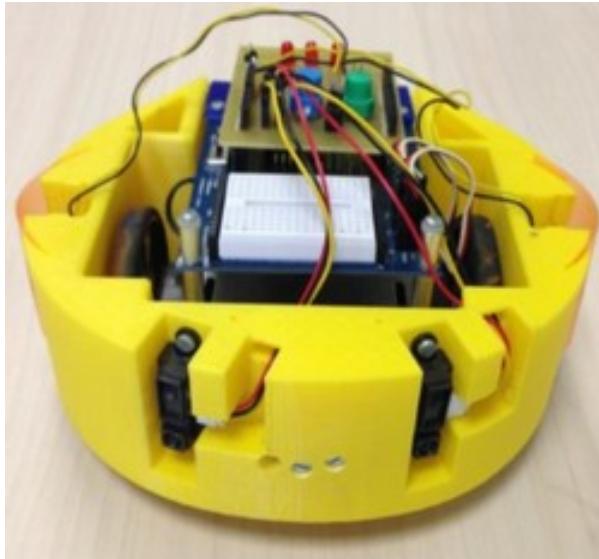


FIGURE 1.3 – Première version de la coque FIGURE 1.4 – Deuxième version de la coque

Enfin, la dernière amélioration datant de l'année dernière fut d'une part d'agrandir les encoches réservées aux capteurs infrarouges afin d'avoir un angle de vue plus grand et d'éviter les détections des capteurs du bord de la coque. D'autre part, un emplacement a été intégré en dessous de la coque afin de pouvoir y intégrer le capteur de couleur. De plus, la coque a aussi été allégée.

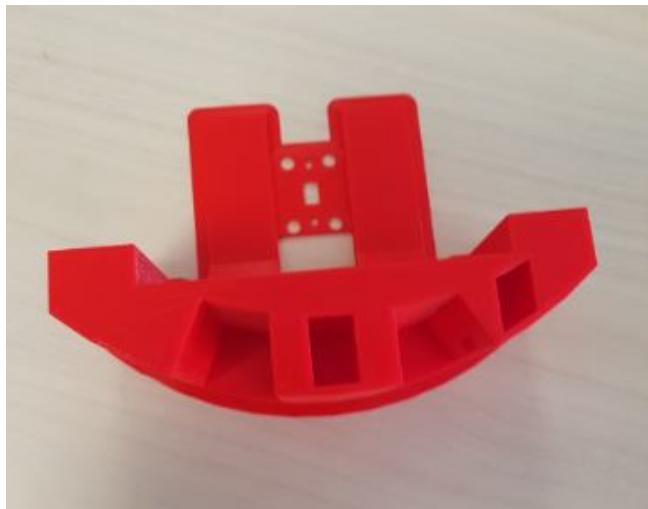


FIGURE 1.5 – Troisième version de la coque

## 1.2 Objectifs de cette année

Cette année, nous allons tout comme les années précédentes continuer à améliorer le robot avec comme objectif principal la mise en place d'un mécanisme pour lever le crayon. En effet, jusqu'à présent, le crayon était statique ce qui entraînait des tracés involontaires lors des rotations. De plus, l'immobilité du crayon empêchait la réalisation précise de formes complexes tels qu'un logo ou encore les lettres de l'alphabet.

Nous allons donc avoir plusieurs tâches à réaliser :

- un mécanisme pour lever le crayon
- réaliser tout comme les années précédentes une toile artistique avec notre nouveau mécanisme
- des algorithmes pour faire des formes
- un programme permettant d'écrire Polytech
- un programme permettant de réaliser le logo de Polytech

## Chapitre 2

# Présentation des interfaces et des outils de travail

---

## 2.1 Les cartes électroniques

Les robots utilisés lors de ce projet utilisent une carte Arduino UNO. Cette carte se compose d'un microprocesseur programmable avec des entrées et des sorties. Elle utilise un câble USB-B pour communiquer avec l'ordinateur. Toutes les cartes Arduino sont libres de droits cela la rend compatible avec de nombreux composants électroniques. De plus cette plate-forme utilise un langage dérivé du C++ avec des bibliothèques complètes conçues par la communauté Arduino ou par les entreprises qui développent les capteurs, les moteurs ou tout autre composants compatibles Arduino. Les bibliothèques ont généralement des exemples pour pouvoir prendre en main les fonction et les méthodes qui la compose. La carte Arduino est associée à une carte Parallax facilitant les branchements de certains composants. On l'appelle plus communément un shield. Elle permet de redistribuer les connexions de l'Arduino et ajoute des connecteurs spécifiques pour l'utilisation de servo-moteurs. La carte se compose aussi d'une plaque de prototypage. Elle nous a permis de connecter des leds ou des interrupteurs pour tester certains circuits.

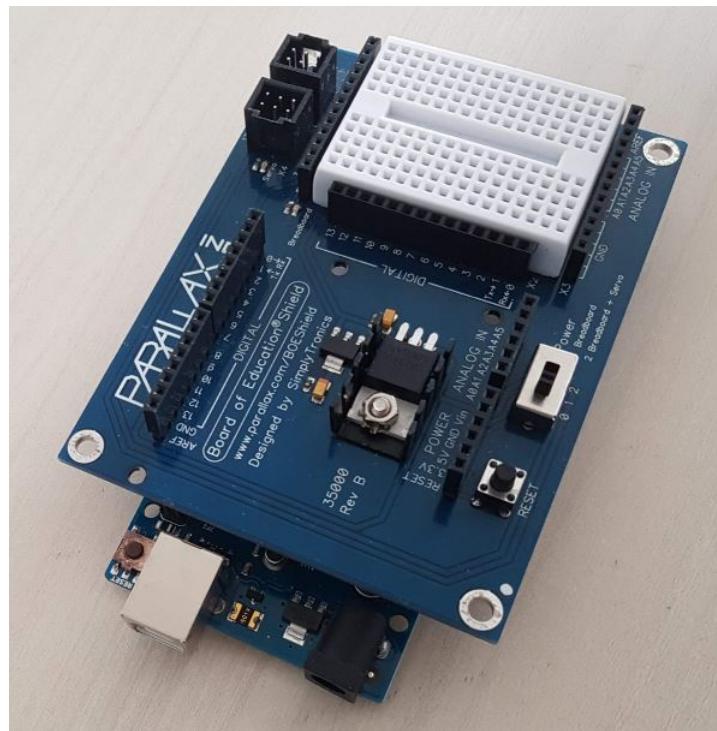


FIGURE 2.1 – Photo de la carte Parallax branchée sur un Arduino Uno

## 2.2 Les servomoteurs

Un servomoteur est un moteur en courant continu qui peut se positionner à un angle précis. Pour le brancher il y a besoin de trois fils : un fil pour l'alimentation (dans notre cas les moteurs utilisent du 5 volt), une masse pour fermer le circuit et un troisième fil qui permet de donner l'information de l'angle au servomoteur. Le troisième fil est branché sur une broche numérique spécifique de l'Arduino capable de moduler la tension en sortie. Ce sont des broches PWM<sup>1</sup> elles sont notées par un tilde : ~ sur la carte.

Pour pouvoir utiliser un servomoteur nous avons besoin d'importer une librairie. Nous utilisons la librairie Servo.h qui est installée en même temps que le logiciel de programmation Arduino.

### 2.2.1 Les servomoteurs des roues

Pour déplacer les robots nous utilisons un servomoteur pour chaque roue. Ce sont des servomoteurs modifiés qui permettent de réaliser une rotation complète. Les servomoteurs sont fixés directement sur le châssis du robot. Pour faire fonctionner le servomoteur on utilise la fonction writeMicroseconds(). Cette fonction a besoin d'un entier en paramètre et ce dernier définit le sens de rotation et la vitesse du moteur le paramètre est compris entre 1300 et 1700. Ces servomoteurs ont été calibrés pour avoir une vitesse nulle avec la constante 1500. Le moteur tourne dans le sens horaire lorsque l'on utilise la constante 1700 et dans le sens anti-horaire avec la constante 1300.



FIGURE 2.2 – Servomoteur utilisé pour le déplacement du robot

1. Power Width Modulation, Modulation de largeur d'Impulsions en français

## 2.2.2 Le servomoteur pour lever le crayon

Pour lever le crayon notre professeur encadrant nous a fourni un petit servomoteur : le Tower Pro SG92R. C'est un servomoteur classique, il ne peut pas réaliser une rotation complète. Nous avons utilisé un pâlonnier pour connecter le servomoteur au mécanisme.



FIGURE 2.3 – Moteur du mécanisme

## 2.3 Les capteurs infrarouges

Les robots sont aussi dotés de deux capteurs infrarouges (le modèle Sharp GP2Y0A21YK) pour détecter les obstacles devant eux. Des cartons sont positionnés autour de la feuille pour éviter aux robots de sortir de la toile. Comme il y a plusieurs robots en même temps sur une même toile les capteurs infrarouges permettent aussi d'éviter les collisions. Les capteurs infrarouges sont disposés dans des pièces imprimées en 3D. Ces pièces ont été conçues pour éviter aux robots de s'accrocher, elles servent aussi de pare chocs. Les capteurs utilisent trois fils comme les servomoteurs pour fonctionner : un fil pour l'alimentation en 5 volt et une masse. Tout comme le moteur le troisième fil permet de transmettre l'information cependant pour le moteur l'information provenait de l'Arduino pour commander le moteur. Ici c'est l'inverse : l'information provient du capteur et elle est récupérée par l'Arduino pour être traitée dans le programme. Ce fil est branché sur une entrée analogique de l'Arduino. Sur les robots le capteur gauche est branché sur le port A0 et le capteur droit sur le port A1.

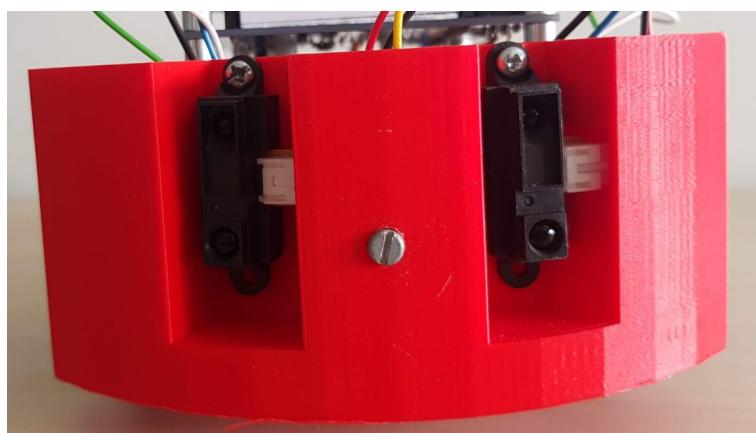


FIGURE 2.4 – Coque avant du robot avec les deux capteurs infrarouges

Les méthodes que nous utilisons pour interpréter le signal des capteurs infrarouges sont natives à l'environnement Arduino, il n'y a pas besoins d'importer de bibliothèques comme pour les servomoteurs. Tout d'abord on définit trois constantes qui sont les deux numéros des entrées analogiques utilisées par les capteurs et une distance qui nous sert dans l'algorithme pour éviter les obstacles.

```
#define IR_DROIT 1
#define IR_GAUCHE 0
#define DISTANCE 11
```

FIGURE 2.5 – Constantes nécessaires pour l'utilisation des capteurs infrarouges

Lorsque l'on programme sur un Arduino il faut définir au début du programme si une connexion est une entrée ou une sortie. On écrit ces lignes de codes dans la méthode setup() générée automatiquement lors de la création d'un nouveau fichier. Dans notre cas ce sont des entrées. Nous réutilisons les constantes définies plus haut. On utilise la fonction pinMode(Int numero\_du\_pin, INPUT<sup>2</sup>)

```
void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    analogReference(DEFAULT);
    Serial.begin(9660);

    pinMode(IR_DROIT, INPUT);
    pinMode(IR_GAUCHE, INPUT);
```

FIGURE 2.6 – Initialisation des entrées analogiques

Maintenant que les connexions sont définies comme des entrées on peut récupérer le signal du capteur. Pour cela on utilise une méthode déjà implémentée dans Arduino : analogRead(Int numero\_du\_pin). Elle prend en paramètre le numéro de la connexion qu'elle doit lire et renvoie un entier entre 0 et 1024. On stocke cette entier dans une variable puis on va l'étalonner avec la fonction map(). On obtient alors un entier entre 0 et 5000. Cette valeur correspond à la tension en millivolt envoyée par le capteur. On peut maintenant déterminer avec une formule la distance entre le robot et l'objet détecté. Ces trois lignes sont écrites dans la méthode loop() du programme, comme la méthode setup() elle est générée lors de la création du fichier.

```
void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:

    int infra_droit=analogRead(IR_DROIT);
    int volt_droit=map(infra_droit, 0, 1023, 0, 5000);
    int cm_droit=(21.61/(volt_droit-0.1696))*1000;
```

FIGURE 2.7 – Programme pour récupérer et traiter les informations des capteurs infrarouges

2. ou OUTPUT si c'est une sortie

## Chapitre 3

# Le mécanisme pour lever le crayon

---

### 3.1 Idée de départ

Pour commencer nous avons fait un brainstorming où nous avons proposé différentes solutions pour lever le crayon. Cela nous a permis de relever les points importants que nous voulions de notre mécanisme final et d'établir un cahier des charges :

- Utiliser la forme de l'ancien porte crayon car le modèle du porte crayon a été validé les années précédentes.
- Le dispositif doit pouvoir se fixer à l'emplacement de l'ancien porte crayon.
- Le mécanisme doit avoir deux positions. Une position haute pour ne pas écrire sur la feuille et une position basse où le crayon est en contact avec la feuille.
- La structure du système doit contenir peu de pièces pour faciliter l'impression car il faut l'imprimer en quatre exemplaires pour que chaque robot puisse avoir cette fonctionnalité.
- Réduire au maximum les frottements du dispositif car nous avons un petit servomoteur.
- Limiter le poids du mécanisme afin que le robot soit stable.

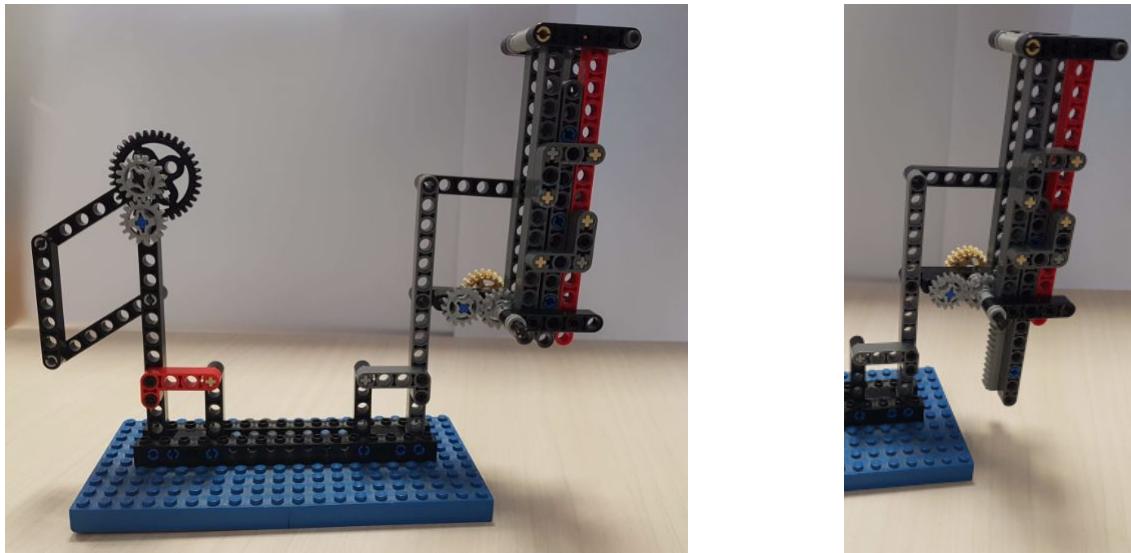


FIGURE 3.1 – Maquettes Lego

Nous avons choisi d'utiliser un dispositif qui ressemble à un parallélogramme<sup>1</sup>. Cela nous permet de lever le crayon tout en restant perpendiculaire au sol. Ce système nous permet aussi de modifier le nombre de bras qu'il comporte et se compose de pièces plutôt simples à dessiner. De plus, cet agencement implique peu de frottements car les pièces sont en contacts sur de petites surfaces.

---

1. la forme est visible si on regarde le mécanisme de profil

À l'inverse le mécanisme de droite qui utilise une crémaillère est légèrement plus complexe ce qui le rend moins intéressant que le dispositif précédent. Son principal défaut est que beaucoup de frottements peuvent survenir entre le châssis et la crémaillère et l'impression doit être très précise pour que cela fonctionne correctement. Cependant il possède un avantage par rapport au premier dispositif : lorsque le crayon est levé il n'est pas avancé et se déplace suivant un seul axe. Cet agencement aurait été beaucoup plus adapté si le crayon était placé au centre du robot et qu'il devait descendre dans un trou au milieu du châssis.

Les maquettes en Lego ont été très utiles au début du projet. Elles nous ont permis de communiquer plus facilement nos idées et de mieux visualiser la direction que nous prenions. Elles ont aussi donné un aperçu des pièces que nous devions modéliser ce qui a facilité cette première étape du projet.

## 3.2 Modélisation sur Catia

La modélisation des pièces est une partie importante du projet. Les années précédentes les groupes apportaient des modifications au pièces déjà modélisées c'est pourquoi, pour gagner du temps, ils réutilisaient les anciens fichiers 3D et donc devaient reprendre le logiciel de CAO<sup>2</sup> utilisé pour le fichier. Les anciennes pièces étaient dessinées avec Google Sketch up. Cependant comme nous créons les fichiers en partant de zéro nous n'avons pas la contrainte d'utiliser Google Sketch up et nous pouvons choisir un autre logiciel à la place. Grâce à l'option de mécanique du semestre 3 nous avons eu une initiation au logiciel Catia V5. C'est un logiciel de CAO très complet qui permet de modéliser des pièces puis de les assembler. Catia s'est donc avérée être une option viable pour le projet, nous avons utiliser la version V5 R21.

Catia est un logiciel avec de nombreuses fonctionnalités qui est utilisé dans de nombreux secteurs comme par exemple l'aéronautique. Nous allons succinctement expliquer son interface utilisateur. Pour créer une pièce on utilise un fichier avec l'extension .CATPart, on obtient alors une fenêtre vide. Nous allons modéliser la pièce au centre de cette fenêtre. Tout autour on peut apercevoir des barres d'outils que l'on peut personnaliser en les déplaçant et en ajoutant ou en supprimant des boutons en fonction des besoins. Une partie de la barre du bas permet de modifier l'angle de vue sur la pièce, sur le côté droit on trouve les principaux boutons pour créer des volumes qui vont constituer la pièce. À gauche on distingue l'arborescence de la pièce, elle montre les différentes fonctions utilisées pour la conception de la pièce, tout ce qui la compose : les mesures, les formes géométriques... C'est un outil indispensable pour modéliser sur Catia.

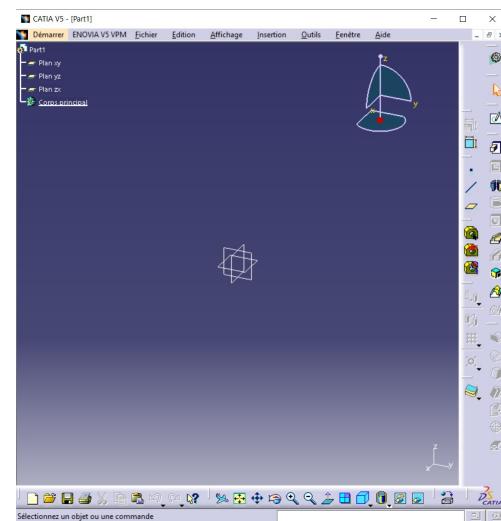


FIGURE 3.2 – Fenêtre du logiciel Catia V5 R21

Pour bien modéliser une pièce il faut d'abord réfléchir à la forme générale de la pièce et aux différentes symétries qui la compose pour obtenir une arborescence lisible. Cela permet de plus facilement modifier la pièce par la suite. Cette réflexion est très importante sur des pièces complexes telle que la pièce fixée au robot qui supporte le moteur.

Pour modéliser un volume avec ce logiciel on crée d'abord une esquisse dans un plan puis on lui applique une fonction 3D. Par exemple dans le cas du bras. On a créé une esquisse du côté de la pièce avec les trous pour les boulons. Pour avoir une esquisse bien définie<sup>3</sup> on doit la contraindre avec des côtes, des coïncidences d'axes ou des tangences entre les éléments qui la compose.

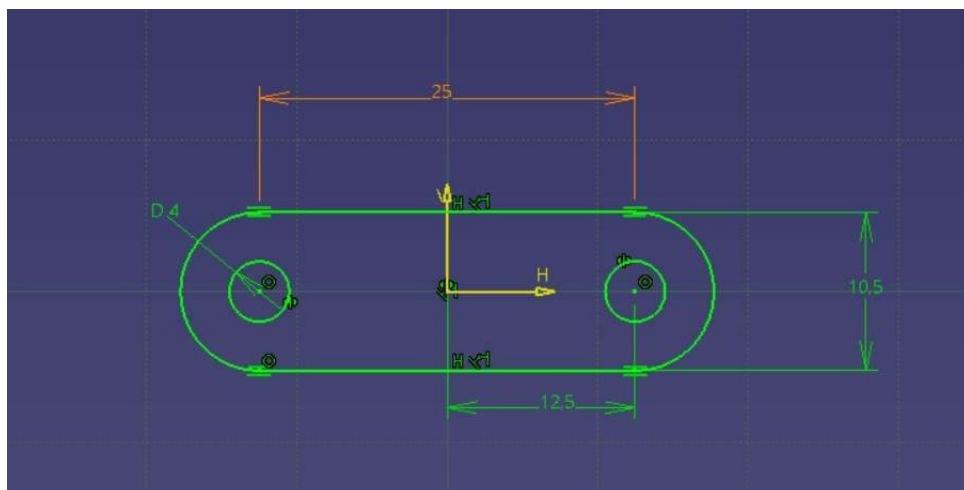


FIGURE 3.3 – Première esquisse de la bielle

Lorsque l'on a créé notre esquisse dans un plan, donc en deux dimension, on peut maintenant lui appliquer une fonction 3D. Il existe de nombreuses fonction 3D pour réaliser différentes opérations. Pour modéliser nos pièces nous avons principalement utilisé deux fonctions : l'extrusion et la poche. L'extrusion permet de donner du volume à l'esquisse. La poche réalise l'opération inverse elle enlève de la matière en suivant la forme de l'esquisse.

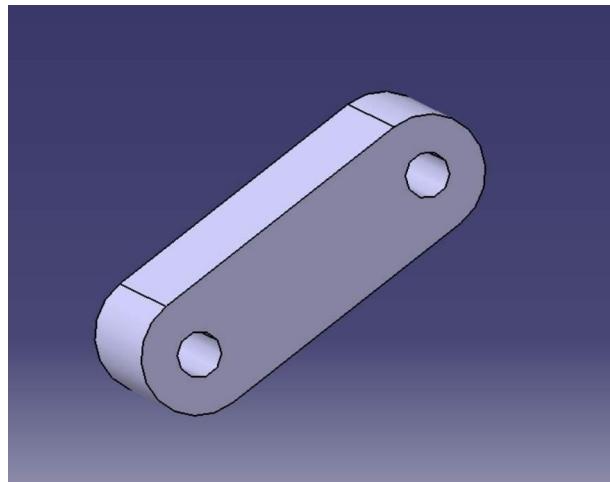


FIGURE 3.4 – Volume obtenu après extrusion de l'esquisse(cf figure 3.3)

3. lorsque c'est le cas l'esquisse devient verte

Pour modéliser les pièces il suffit de faire une esquisse puis de lui appliquer une fonction et de répéter ceci jusqu'à avoir le volume désiré. Pour l'exemple de la bielle, la forme après l'extrusion est très proche de la pièce finale il faudrait juste un trou de chaque côté pour pouvoir emboîter le bras dans les autres pièces du mécanisme. Pour ce faire on va utiliser la fonction poche et enlever la matière en trop.

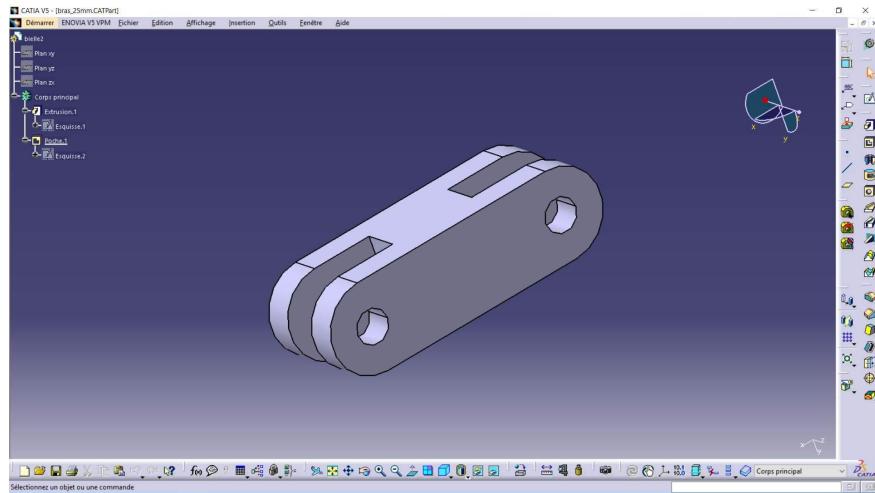


FIGURE 3.5 – Bras du mécanisme après la poche

### 3.3 Prototypes

Une fois la maquette du mécanisme en lego validée (voir la section 3.1 page 9) nous avons commencé la modélisation des pièces du premier prototype sur Catia dans le but de l'imprimer en 3D par la suite. Cette première version de notre mécanisme est composée d'une plaque qui se fixe au robot à l'endroit où l'ancien porte crayon était fixé. Elle possède aussi plusieurs crochets afin de pouvoir y mettre les bielles reliant les 2 parties du mécanisme et de pouvoir tester différentes dispositions. La deuxième plaque du mécanisme possède aussi plusieurs crochets pour y mettre les bielles et des accroches pour pouvoir remettre l'ancien porte crayon. Voici le premier modèle que nous avons obtenu après impression 3D :



FIGURE 3.6 – Premier prototype du mécanisme

Lors de l'implémentation de ce dispositif sur notre robot nous avons remarqué plusieurs problèmes sur la plaque directement fixé au robot. Tout d'abord, dans l'ancien modèle un élément avait été enlevé (la boule noire en dessous) et la stabilité du robot était maintenue avec le crayon fixe. Or, le crayon étant mobile sur notre mécanisme il va donc falloir remettre la boule noir afin de redonner une stabilité constante au robot. C'est pourquoi il faut modifier la pièce côté robot afin de laisser une place pour la boule noire. De plus, l'alignement du servomoteur doit être légèrement modifié afin que le mouvement soit fluide.

Nous avons donc modifié cette pièce et nous avons imprimé le deuxième prototype :

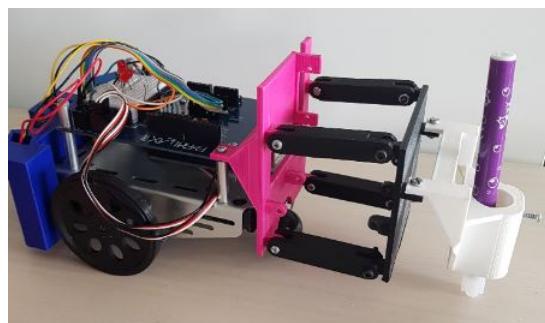


FIGURE 3.7 – Deuxième prototype du mécanisme

Ici, seule la pièce rose (anciennement noire) a été modifiée.

Nous avons pu cette fois-ci, tester ce mécanisme sur le robot et nous avons fait face à 2 problèmes. Tout d'abord, le fait d'avoir 4 bielles entraîne plus de frottements et de force à donner pour le servomoteur qui n'est pas très puissant afin de faire bouger le mécanisme. De plus, les bielles sont un peu trop longues et donne un mouvement pas très fluide. Nous allons donc mettre que 3 bielles et en imprimer de nouvelles moins longues.

Voici donc les nouvelles bielles mises en place sur le mécanisme. La bielle noire est de 6cm et la rose de 3.5cm.



FIGURE 3.8 – Bielles du mécanisme

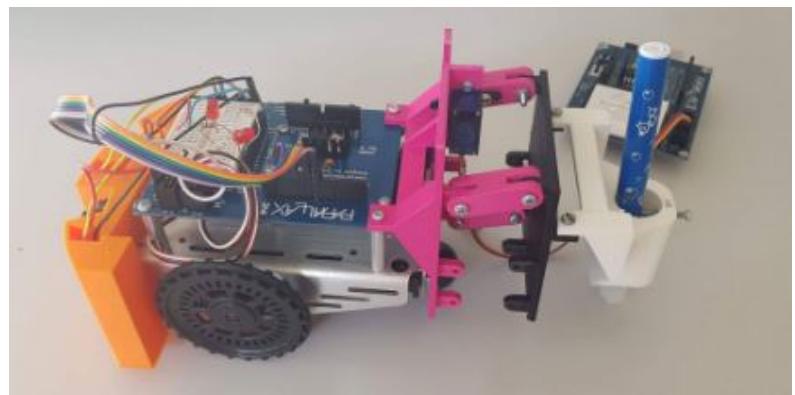


FIGURE 3.9 – Troisième prototype

Bien que ce prototype soit fonctionnel nous avons tout de même un problème. En effet nous ne pouvons pas passer le câble USB B afin de relier l'arduino à l'ordinateur. Il faut démonter une partie du mécanisme pour pouvoir téléverser un programme.

Nous avons donc réalisé une nouvelle pièce côté porte crayon avec cette fois-ci la place de passer le câble USB B. Nous allons par la même occasion enlever les accroches en trop comme nous avons validé la disposition des 3 bielles. De plus, nous avons pensé à intégrer le porte crayon directement dans cette pièce au lieu de fixer l'ancien sur la pièce. Nous allons également imprimer une autre pièce côté robot avec les accroches en moins. Après modélisation et impression notre dispositif est donc le suivant :

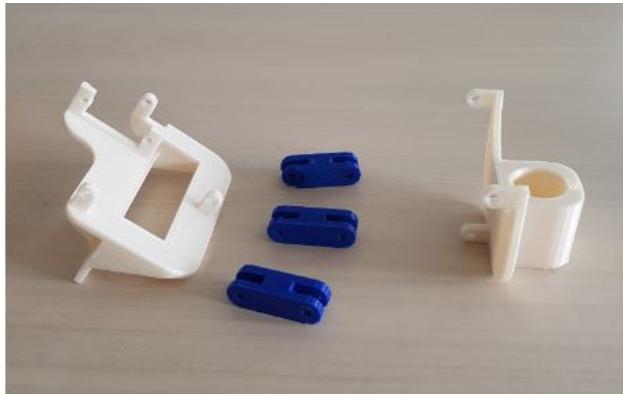


FIGURE 3.10 – Plaque robot du modèle final



FIGURE 3.11 – Modèle final

# Chapitre 4

## Présentation des algorithmes

---

### 4.1 Programmation pour lever le crayon

Grâce au différents prototypes nous avons pu commencer à tester des programmes pour le servomoteur qui allait être installé dessus. Nous avons commencé par le brancher sur une prise pour servomoteur libre de la carte parallax. Le moteur est branché sur la connexion numéro 10 de l'arduino. Pour contrôler le servomoteur on va lui demander avec la fonction write() de se positionner à un angle précis. Pour faire fonctionner notre dispositif correctement nous devons définir deux angles précis qui seront le point haut et le point bas. Le crayon est positionné de tel manière qu'il soit en contact avec la feuille au point bas et le point haut est l'endroit où le crayon ne touche plus la toile. Pour déterminer le point haut et le point bas nous avons fait deux boucles "for" dans la méthode loop du programme. Le servomoteur déplaçait sont palonnier du point bas au point haut en variant son angle d'une certaine constante et attendait un. Nous avons pu déterminer deux constantes 25 et 100 qui sont respectivement l'angle pour le point haut et l'angle pour le point bas.

```
void loop() {  
  
    for (int position = pointHaut ; position <= pointBas && digitalRead(2) == LOW ; position++) {  
        leve.write(position);  
        delay(latence);  
    }  
  
    for (int position = pointBas; position >= pointHaut && digitalRead(2) == LOW; position--) {  
        leve.write(position);  
        delay(latence);  
    }  
}
```

FIGURE 4.1 – Premier programme pour lever le crayon

Lorsque l'on utilise le moteur dans un programme de manière générale on positionne juste le crayon au point haut ou au point bas avec la fonction write(). Pour nous assurer que le crayon est à la bonne position avant de que le robot se déplace nous ajoutons un petit délai juste après.

### 4.2 Programmation pour les toiles

### 4.3 Programmation pour les formes et lettres de l'alphabet

# Chapitre 5

## Problèmes rencontrés

### 5.1 L'alimentation

Lors de l'utilisation des robots, nous avons été confrontés à un problème récurrent : l'alimentation. En effet, chaque robot doit avoir 5 piles bien chargées pour pouvoir fonctionner. Il suffit d'une pile à un niveau un peu plus bas que les autres pour le robot ne marche plus correctement. Cette défaillance de piles peut même parfois conduire à des tracés parasites (des petits arcs de cercle successifs). C'est pourquoi nous avons dû les changer régulièrement lors de nos réalisations. De plus, nous avons observé une différence de tracé lorsque les piles sont chargées au maximum et lorsqu'elles le sont un peu moins. Ainsi, nos réglages dans le programme pour écrire Polytech se sont avérés être légèrement différents en fonction de la charge des piles.

### 5.2 Interférence entre les pins

La carte Parallax est très pratique pour connecter des servomoteurs et sa breadboard permet de brancher différents composants électriques facilement. Cependant il faut faire attention lors de son utilisation car elle ne fait que redistribuer les connexions de la carte Arduino et n'en créer pas de nouvelles. On peut donc accidentellement connecter deux composants sur le même connecteur de l'Arduino. Lorsque nous avons récupéré les robots au début du projet des leds étaient branchées sur les connexions 10 et 11 de l'Arduino. Cependant les pins 10 et 11 sont des pins spécifiques utilisés pour les prises servomoteurs sur la carte Parallax. Pour la sortie digitale 10 il y a un connecteur à côté de la breadboard, en rouge sur la figure 5.1. Il y a une deuxième connexion alignée avec le connecteur de l'Arduino, elle est marquée en vert sur la figure 5.1 et comme le pin numéro 10 est un connecteur PWM il est aussi utilisé dans pour commander les servomoteurs sur la carte. Cela correspond au cercle jaune ci-dessous.



FIGURE 5.1 – Emplacements du connecteur numéro 10 de l'Arduino sur la carte Parallax

Ce qu'il s'est passé c'est que lorsque l'on allumait la led connectée sur le port 10 on envoyait aussi un signal au servomoteur qui lève le mécanisme. Le robot se comportait bizarrement et le servomoteur du mécanisme ne réagissait pas comme nous le voulions. En relisant le programme nous avons vite remarqué que le port 10 était utilisé deux fois. Pour régler le problème nous avons enlevé les leds qui n'était pas nécessaires au bon fonctionnement du robot, elles permettaient d'avoir un retour visuel lorsque le robot tournait.

# Conclusion

---

Ce projet aboutit sur des résultats satisfaisants. Nous avons réussi à produire un mécanisme qui répond aux besoins du robot en partant de zéro. Nous avons réalisé plusieurs maquettes en Lego avant de modéliser puis d'imprimer différents prototypes pour obtenir un modèle final fonctionnel. Ce dernier est raisonnablement léger pour ne pas déséquilibrer le robot, il ne bloque pas la prise USB de l'Arduino et il réutilise le porte crayon déjà validé des années précédentes.

Nous avons aussi eu le temps de réaliser plusieurs programmes pour utiliser la nouvelle fonctionnalité des robots. Nous avons tout d'abord dessiné un rectangle avant de définir des méthodes pour écrire les lettres de Polytech et le logo. Nous avons aussi réalisé une toile avec un dégradé de couleur(cf annexe B).

Nous avons réussi à imprimer les quatre systèmes pour lever le crayon cependant nous n'avons que deux moteurs. La suite du projet pourrait consister à réaliser une grammaire en programmant toutes les lettres de l'alphabet. On pourrait par la même occasion réfléchir à un moyen de communication avec le robot tel que le bluetooth pour lui envoyer un mot qu'il est ensuite capable d'écrire.

# Bibliographie

---

- [1] Pierre Gaucher et Nicolas Monmarché. *Initiation à la robotique mobile PEIP, mise en œuvre matérielle et logicielle*. Première version novembre 2013.
- [2] Scott Fitzgerald et Michael Shiloh *Le livre de projets Arduino*. Version de décembre 2014
- [3] Erik Bartmann [adapté de l'allemand par Danielle Lafarge et Patrick Chantereau]. *Le grand livre d'Arduino*. 2e édition. Éditions Eyrolles. Version de 2015

## Annexe A

# Liens utiles

---

Voici une petite liste d'url intéressantes au sujet de ce projet :

- [www.polytech.univ-tours.fr](http://www.polytech.univ-tours.fr)
- <https://www.carnetdumaker.net/articles/controler-un-servomoteur-avec-une-carte-arduino>
- [https://arduino.education/?page\\_id=15](https://arduino.education/?page_id=15)
- [www.polytech.univ-tours.fr](http://www.polytech.univ-tours.fr)

## Annexe B

# Nos réalisations

---

Voici quelques unes de nos réalisations :

## Annexe C

# Fiche de suivi de projet PeiP

---

Séance n° 1 du 18/01/2019	<p>Lors de cette première séance, nous avons tout d'abord rassemblé le matériel nécessaire pour le démarrage de notre projet. Nous avons ensuite mis en marche les robots et testé le capteur infrarouge. Dans la majeure partie de cette séance, nous avons étudié l'implémentation de notre levé de crayon. Nous avions avant cette séance réfléchi aux mécanismes pouvant être mis en place et nous avions fait 2 maquettes à partir de Légos. Nous avons étudié la forme de la pièce que nous allons modéliser en 3D afin d'y installer ce mécanisme. Nous avons donc dans un premier temps schématisé la pièce puis dans un second temps, commencé sa modélisation sur Catia.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Terminer le premier modèle de la pièce sur Catia</li><li>- Tester les interactions des robots entre eux</li></ul>
Séance n° 2 du 25/01/2019	<p>Lors de cette deuxième séance, nous avons terminé notre premier prototype de la pièce principale sur Catia. Nous avons également modélisé une seconde pièce de notre mécanisme pour lever le crayon sur Catia. Nous avons réfléchi à l'agencement des vis et du mécanisme avec notre moteur afin d'avoir l'espace nécessaire pour le levé de crayon et de l'amplitude pour son mouvement. De plus, nous avons réalisé des tests avec différents robots simultanément afin de vérifier si tous les robots étaient fonctionnels.</p> <p>Enfin, nous avons fait la formation pour utiliser une imprimante 3D et ainsi d'être apte à utiliser les imprimantes du DI et du PLUG and FAB de manière autonome. Cependant, nous n'avons pas encore l'accès à la salle d'imprimante 3D du DI et nous ne savons pas si il y a toujours des moniteurs avec qui nous pourrions collaborer.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- imprimer nos pièces 3D</li><li>- programmer le moteur pas à pas</li></ul>

<p>Séance n°3 du 01/02/2019</p>	<p>Lors de cette troisième séance, nous avons réalisé et testé un programme pour faire fonctionner le moteur pas à pas. Nous avons également terminé l'ensemble de nos pièces 3D sur Catia et réalisé un assemblage. Cependant, nous n'avons pas pu lancer leur impression car nous n'avons pas accès aux imprimantes 3D du DI et les imprimantes 3D du PLUG and FAB étaient déjà en cours d'impression.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- imprimer les pièces 3D</li> <li>- tester le premier prototype</li> </ul>
<p>Séance n°4 du 08/02/2019</p>	<p>Lors de cette quatrième séance, nous avons testé notre premier prototype et effectué des ajustements sur les pièces (utilisation d'une perceuse et ponçage des pièces). Lors de notre test, nous nous sommes aperçus qu'une des pièces de notre prototype était à modifier. D'une part en raison de l'alignement du servomoteur avec l'axe pour faire tourner le mécanisme. D'autre part, dans l'ancien modèle un élément avait été enlevé (la boule noire en dessous) et la stabilité du robot était maintenue avec le crayon fixe. Or, avec le lever de crayon cette stabilité ne sera donc plus constamment maintenue. C'est pourquoi il faut modifier l'une des pièces afin que la boule noire puisse être remise sur son support et ainsi de redonner une stabilité constante au robot.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réaliser et imprimer la nouvelle pièce 3D</li> <li>- assembler ce nouveau prototype (nous aurions d'ailleurs besoin de vis)</li> </ul>

<p>Séance n°5 du 15/02/2019</p>	<p>Lors de cette cinquième séance, nous avons récupéré les nouvelles pièces 3D que nous avons imprimé avec comme amélioration un espace sur notre plaque afin de pouvoir placer la boule noire qui assure la stabilité du robot et l'ajustement au niveau de l'axe de notre servomoteur. De plus, nous avons aussi imprimé de nouvelles barres plus petites (3,5cm à la place de 6cm) afin de réduire le poids de notre système sur le servomoteur et ainsi de rendre le mouvement plus fluide.</p> <p>Nous avons donc implémenté le mécanisme en assemblant les pièces 3D et en les fixant sur l'un des robots. Nous avons également réalisé un premier programme qui nous a permis de le faire marcher. Nous avons cependant modifié notre modèle de départ en ne mettant que 3 barres à la place de 4 dans notre mouvement afin de le fluidifier. Nous avons obtenu un résultat très satisfaisant bien que quelques réglages seront encore nécessaires afin d'avoir une meilleure précision du mouvement pour chacun des crayons.</p> <p>Enfin, un problème s'est posé au niveau de notre pièce. En effet, avec les barres plus courtes le câble permettant de relier la carte Arduino à l'ordinateur ne peut pas passer. Il faut donc démonter une partie de notre mécanisme pour pouvoir téléverser un programme dans notre carte. C'est pourquoi nous allons modifier l'autre pièce afin de pouvoir faire passer la câble. De plus, nos 2 premières étant des prototypes nous avions fait plusieurs supports afin de faire plusieurs tests de placements des barres nous allons par la même occasion enlever celles qui ne servent plus.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- terminer la modélisation des nouvelles pièces 3D</li> <li>- effectuer des réglages pour avoir des mouvements du crayon plus précis</li> <li>- implémenter des boutons sélecteurs</li> </ul>
-------------------------------------	---

Séance n°6 du 01/03/2019	<p>Lors de cette sixième séance, nous avons implémenté un sélecteur afin de pouvoir mettre notre crayon en position basse ou en position haute lors du démarrage. Nous avons également réalisé tous les montages du mécanisme pour lever le crayon sur les cartes Parallax et Arduino du robot.</p> <p>Nous avons également créé un programme plus précis pour lever et baisser le crayon et nous avons aussi effectué un premier programme permettant d'utiliser les capteurs infrarouges, les servomoteurs de déplacement ainsi que le servomoteur du levé de crayon. Nous avons ensuite testé ce programme.</p> <p>Nous avons également terminé la modélisation des 2 nouvelles pièces 3D sur Catia (allégement des plaques, suppression des accroches en trop, place pour le câble USB, intégration du porte crayon sur la deuxième plaque...)</p> <p>De plus, dans le cadre des Journées Portes Ouvertes du 2 mars nous avons préparé une démonstration de notre projet et nous avons récupéré et installé le matériel nécessaire à notre présentation.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- imprimer ces nouvelles pièces et les tester</li> <li>- Créer le code pour couper les servomoteurs de déplacement lors de l'utilisation du bouton poussoir</li> </ul>
-----------------------------	--

Séance n°7 du 08/03/2019	<p>Lors de cette septième séance, nous avons récupéré les nouvelles pièces 3D et nous les avons montées sur un deuxième robot. Après test, nous pensons que le mécanisme actuel sera celui final, nous allons donc le faire valider à notre professeur encadrant. Nous avons également remis les billes sur tous les robots et paramétré les moteurs.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- imprimer et récupérer les pièces validées pour le deuxième robot</li> <li>- améliorer la structure du robot</li> <li>- modification des algorithmes de déplacements des robots</li> </ul>
-----------------------------	--

Séance n°8 du 15/03/2019	<p>Lors de cette huitième séance, nous avons réalisé plusieurs programmes dans le but de pouvoir faire aux robots des tracés rectangulaires. Nous avons aussi soudé un deuxième sélecteur et nous l'avons implanté sur un deuxième robot.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réaliser un programme complet permettant de faire des tracés rectangulaires</li> <li>- faire des tests de ce programme avec 2 de nos robots</li> </ul>
-----------------------------	---

Séance n°9 du 22/03/2019	<p>Lors de cette neuvième séance, nous avons tout d'abord récupéré les pièces 3D de la dernière version afin d'avoir 2 robots parfaitement fonctionnels et de pouvoir ainsi téléverser les différents programmes réalisés sans avoir besoin de démonter une partie de notre mécanisme. Ensuite, nous avons faits des tests pour faire un programme réalisant un rectangle en pivotant à gauche ou à droite. Nous avons pu tester ce programme sur les 2 robots avec succès. Nous avons également implémenté ces réglages dans le programme permettant aux robots d'interagir entre eux et de dessiner sur une toile. Nous avons d'ailleurs pu tester ce programme en réalisant une première toile.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réaliser de nouvelles toiles</li> <li>- réaliser des dessins choisis aux robots ( cercle, carré, lettres de l'alphabet...)</li> <li>- assembler les anciens prototypes pour le rapport et la soutenance</li> </ul>
Séance n°10 du 29/03/2019	<p>Lors de cette dixième séance, nous avons réalisé un programme permettant au robot d'écrire Polytech. Pour cela, nous avons réalisé un algorithme pour chaque lettre comprenant la liaison entre ces dernières. Nous avons également fait dessiner le logo Polytech au robot. Enfin, nous avons monté les anciens prototypes pour notre rapport de projet et notre soutenance orale.</p> <p>Objectifs de la prochaine séance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- améliorer l'écriture de Polytech</li> <li>- réaliser une autre toile</li> <li>- avancer notre rapport de projet</li> </ul>
Séance n°11 du 05/04/2019	<p>Lors de cette dernière séance, nous avons effectué encore quelques réglages pour l'écriture de Polytech et nous l'avons filmé. De plus, nous avons réalisé une toile avec différentes couleurs. Nous avons également pris des photos pour notre rapport de projet ainsi que la soutenance.</p>

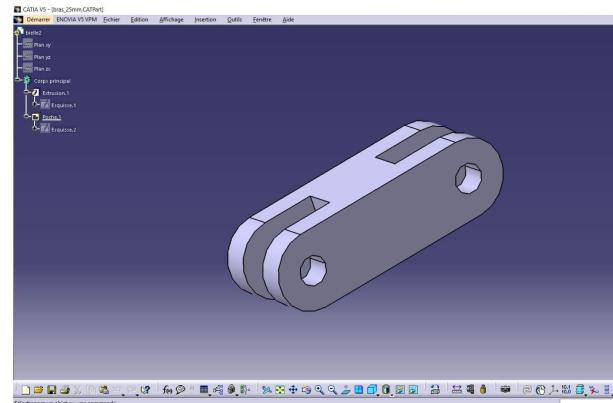
# Projet Parcours des écoles d'ingénieurs Polytech 2 DI45 Robotique Collective Artistique

Thomas Bourgoin et Juliette Rondeau

Encadrant : Nicolas Monmarché

## Modélisation Catia

du texte random pour faire genre c'est un paragraphe d'explication mais en fait s'en ait pas un c'est juste du bla-bla pourri pour remplir la feuille mais au moins c'est assumé pas comme la philo...



bras du mécanisme sur Catia V5 R2010



# Projet Parcours des écoles d'ingénieurs Polytech 2

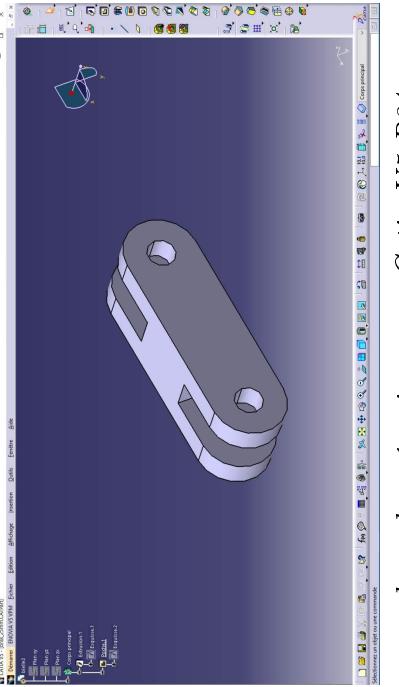
## DI45 Robotique Collective Artistique

### Thomas Bourgoin et Juliette Rondeau

#### Encadrement : Nicolas Monmarché

#### Modélisation Catia

du texte random pour faire genre c'est un paragraphe d'explication mais en fait s'en ait pas un c'est juste du blabla pourri pour remplir la feuille mais au moins c'est assumé pas comme la philo...



bras du mécanisme sur Catia V5 R21

# DI45 Robotique Collective Artistique

---

## Rapport de projet S4

**Résumé :** Integer lorem purus, rutrum quis lacinia in, egestas ut urna. Donec elementum mi id nisi blandit quis ultricies risus semper. Nulla congue tincidunt diam, id tincidunt mauris euismod nec. Nullam faucibus dapibus eros, at consequat odio rutrum quis. Curabitur nisl sem, suscipit in mattis eu, varius a mauris. Ut a augue ac augue fringilla egestas. Etiam non augue felis, in convallis nisi. Maecenas id urna ut justo tempor laoreet in eu ligula. Duis non erat vitae eros rhoncus rutrum sit amet at lorem. Ut tempor cursus ligula, eu bibendum ligula adipiscere eu. Fusce feugiat aliquam dolor, nec interdum nisl convallis vitae.

**Mots clé :** Robotique, Mécanisme, Arduino, CAO, Dessin, Art

**Abstract :** Integer lorem purus, rutrum quis lacinia in, egestas ut urna. Donec elementum mi id nisi blandit quis ultricies risus semper. Nulla congue tincidunt diam, id tincidunt mauris euismod nec. Nullam faucibus dapibus eros, at consequat odio rutrum quis. Curabitur nisl sem, suscipit in mattis eu, varius a mauris. Ut a augue ac augue fringilla egestas. Etiam non augue felis, in convallis nisi. Maecenas id urna ut justo tempor laoreet in eu ligula. Duis non erat vitae eros rhoncus rutrum sit amet at lorem. Ut tempor cursus ligula, eu bibendum ligula adipiscere eu. Fusce feugiat aliquam dolor, nec interdum nisl convallis vitae.

**Keywords :** Robotic, Mecanism, Arduino, CAD, drawing, Art

---

Auteur(s)

Juliette Rondeau

[[juliette.rondeau@etu.univ-tours.fr](mailto:juliette.rondeau@etu.univ-tours.fr)]

Thomas Bourgoin

[[thomas.bourgoin@etu.univ-tours.fr](mailto:thomas.bourgoin@etu.univ-tours.fr)]

---

Encadrant(s)

Nicolas Monmarché

[[nicolas.monmarche@univ-tours.fr](mailto:nicolas.monmarche@univ-tours.fr)]

Polytech Tours

Département DI

Ce document a été formaté selon le format EPUProjetPeiP.cls (N. Monmarché)