



Université  
de Lille



---

## Projet 42 – Coupe de Robotique des Écoles Primaires

TUTEUR : EMMANUELLE PICHONAT

---

Thibault LEPOIVRE | Pierre FRISON | 2018

## Introduction

La CREP ou Coupe de Robotique des Écoles Primaires est une compétition annuelle organisée par l'inspection de la circonscription de Lambersart et Polytech Lille. Chaque année, depuis maintenant 6 ans, 12 écoles répondent à un cahier des charges déterminé avant les vacances d'été. Les écoles doivent construire une piste sur laquelle un robot Lego Mindstorm®, programmé par leur soin, joue une scène en accord avec le thème de l'année. Ce projet leur permet d'aborder une grande partie du programme de CM1/CM2 de manière ludique et concrète. Le thème de cette année est l'agriculture et les jardins.

Tout au long de l'année, les étudiants de Polytech Lille rendent visite aux écoles pour les aider dans la programmation du robot. 2 interventions les jeudis sont prévues pour les 12 écoles avec un minimum de 2 élèves par intervention.

Les écoles viennent ensuite à Polytech vers la fin de l'année scolaire (le 2 mai pour cette année) pour présenter leurs réalisations durant une présentation de 20 minutes devant 3 autres classes où ils sont notés par un jury. Le système de notation change cette année : dans les éditions précédentes, le jury comptait un total de point puis donnait la victoire à la classe qui en a reçu le plus ; cette année, le jury s'organise en points de compétences : il faut à une école 2/3 des points dans une compétence pour la valider ; l'école qui a le plus de point de compétences est désignée grand vainqueur de la CREP. En plus de ces présentations, les classes visitent notre école d'ingénieur où l'on leur présente les divers laboratoires et lieux de travail ainsi que la vie étudiante avec les clubs.

Pour organiser les interventions les jeudis ainsi que le jour de la CREP, un petit groupe d'étudiants se portent volontaire. Cette année nous étions trois personnes : Virginie QUAREZ (en filière GB-IAAL), Pierre FRISON et Thibault LEPOIVRE (tous deux en filière IMA). Nous avons pris parti aux réunions entre Polytech Lille et l'inspection pour d'abord définir le cahier des charges de l'année, pour organiser un emploi du temps pour les interventions, puis pour organiser le jour de la CREP. Nous avons notamment établi la communication avec les étudiants et les clubs de Polytech Lille.

Notre projet IMA qui nous a été confié nous demande de nous assurer du bon déroulement de la CREP d'une part, et nous demande de réaliser un robot et une piste avec des contraintes supplémentaires en plus de celles du cahier des charges actuel d'autre part. Évidemment, interdiction d'utiliser un robot en kit, nous devons le concevoir nous-même.

## Table des matières

Introduction .....	1
I – Scénario et premières réflexions .....	3
II – Cahier des charges .....	3
A – Le robot .....	3
B – La piste .....	4
III – Choix techniques.....	5
A – Déplacement du robot.....	5
B – Contrôle des LEDs.....	6
C – Mécanisme des portes .....	6
D – Communications .....	7
IV – Modélisation.....	7
A – Le robot .....	7
B – La piste .....	8
V – Réalisations .....	9
A – Circuits imprimés .....	9
B – Le robot .....	11
C – La piste .....	12
D – Les logiciels d'aide au développement .....	13
1 – PercTeacher .....	13
2 – VRGNYMusicLights .....	14
E – Les programmes .....	15
1 – Le programme du robot .....	15
2 – Le programme de la piste .....	15
VI – La journée CREP .....	16
VII – Conclusion.....	17
VIII – Remerciements .....	17

## I – Scénario et premières réflexions

Avant de définir un cahier des charges, il nous faut d'abord réfléchir à un scénario. Pour justifier l'ajout d'éléments automatiques et électronique dans le décor, nous avons choisi un environnement futuriste. Notre histoire se déroulera dans une station spatiale nommée VRGNY (en référence à Virginie qui a organisé la CREP avec nous). Perc (CREP à l'envers), notre robot, est chargé du bon fonctionnement d'une section produisant des légumes et diverses plantes pour nourrir la population à bord de la station. Au milieu de la présentation, un élément perturbateur survient : la station est attaquée par un pirate informatique. Perc va alors sauver la station en le chassant du réseau à partir d'un terminal.

Une première problématique se pose : le robot ou la piste ont-ils réellement besoin de capteurs ? En effet, le parcours et les actions du robot sont prédéterminés. Rien ne justifie l'ajout de capteurs ni sur le robot, ni sur la piste. Cependant, une difficulté découle de ce manque de capteur : les mouvements du robot devront être très précis. En effet, la séance dure 10 minutes et certaines actions requièrent une précision de l'ordre du centimètre. Une autre difficulté sera de concevoir le programme du robot : nous devrons trouver un moyen de programmer le robot facilement. En effet, un parcours de 10 minutes est compliqué à écrire sans avoir un retour sur la position du robot à l'instant t.

Nous avons décidé de faire des parcelles en lignes où le robot pourra passer au-dessus pour leur entretien. Cela va contraindre le robot en forme de U inversé.

Pour rendre la piste esthétique, nous avons choisi de nous imposer une décoration avec des LEDs. Des animations pourront être jouées et rythmées par une vidéo qui accompagnera la présentation. Cette contrainte implique que nous développions un système pour nous aider à la programmation des LEDs.

Nous avons fixé un nombre de 3 pièces pour la piste : un couloir, un sas de commande et le jardin. 3 portes automatiques relient les trois pièces ensemble.

Avec ces contraintes en tête, nous nous sommes penchés sur la réalisation d'un cahier des charges pour résumer toutes les contraintes.

## II – Cahier des charges

### A – LE ROBOT

Le robot doit tout d'abord répondre aux contraintes imposées par le cahier des charges de la CREP. Il devra donc :

- Suivre un scénario prédéfini par nos choix dans un milieu proche du monde des maraîchers.
- S'arrêter devant un objet du décor et l'admirer.

- Déplacer un objet du décor.
- Faire une marche arrière.
- Au vu de la charge de travail déjà présente, l'esquive de l'usager se déplaçant sur la piste sera optionnelle.
- Posséder un bumper robotisé pouvant s'abaisser et pousser un objet.

Ensuite, il doit répondre aux contraintes supplémentaires :

- Avoir une forme de 'U' inversé afin de pouvoir parcourir les parcelles et les arroser par le dessus (voir la section réservée à la piste).
- Devra connaître sa position sur la piste en temps réel.
- Devra se déplacer avec une importante précision.
- Être esthétique.

## B – LA PISTE

De même que le robot, la piste doit répondre aux contraintes imposées par le cahier des charges de la CREP. Elle devra donc :

- Posséder un triangle isocèle collé à triangle équilatéral avec un coté de même longueur et un parallélogramme.
- Avoir trois volumes différents pouvant faire partie du décor.
- Et sera limitée en surface : de 4 à 6 m<sup>2</sup>, en largeur < 2 m, en longueur < 3 m et en hauteur < 1 m.

Ensuite, elle devra répondre aux problématiques supplémentaires :

- Comportera plusieurs jeux lumineux afin de nous plonger dans un univers spatial.
- Comportera 3 portes motorisées reliant les différentes pièces de la station.
- Les trois solides seront fabriqués avec du plexiglas, indépendant et décorés de façon électronique.

Le cahier des charges maintenant défini, il est temps de commencer une liste de matériel qui découlera de nos choix techniques.

### III – Choix techniques

#### A – DEPLACEMENT DU ROBOT

Cette partie est sûrement la plus délicate. En effet, après nos premières réflexions, nous avons conclu que le robot devait se déplacer avec une grande précision. C'est ainsi que nous avons choisi d'utiliser des moteurs pas-à-pas. Utiliser dans les imprimantes 3D pour leur précision et leur faible jeu, ces moteurs se contrôlent en envoyant du courant dans ces quatre fils, les uns après les autres. Nous avons choisi deux SY35ST26-0284A car leur couple est suffisant pour notre application, leur petite taille est souhaité et leur coût est raisonnable pour des moteurs pas-à-pas.

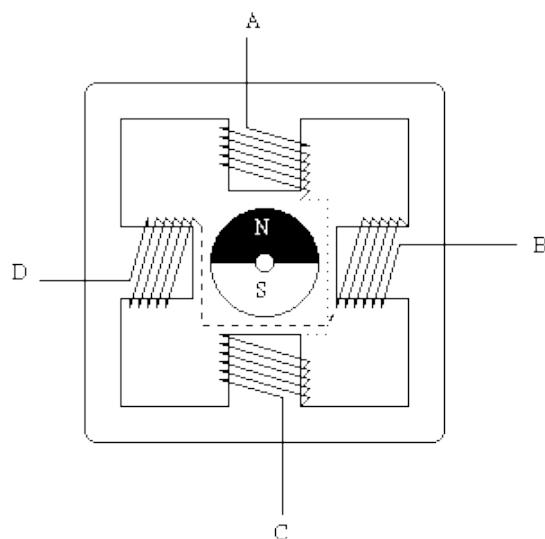


Figure 1 - Fonctionnement simplifié d'un moteur pas-à-pas.

La carte électronique ne pourra directement alimenter les moteurs. En effet, si la carte n'est pas déjà détruite par le courant délivré, la limitation du courant fera sauter un pas au moteur, diminuant la précision. Il nous faut donc des contrôleurs moteurs qui vont prendre une alimentation extérieure et une commande pour délivrer le courant aux moteurs. Nous avons choisi deux DRV8825 car nous étions déjà familiers avec ce matériel et connaissions son fonctionnement. Ces deux contrôleurs moteurs prennent en commande la direction de fonctionnement et une impulsion pour effectuer un pas : une configuration très simple qui nous épargnera du travail dans la programmation.

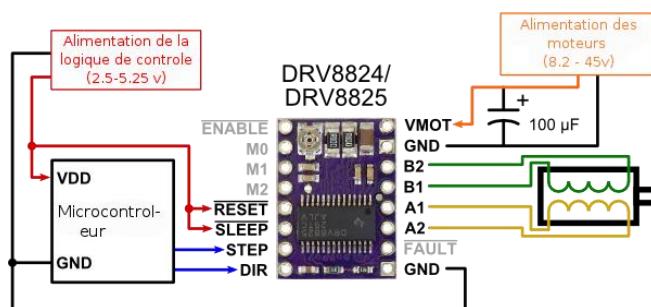


Figure 2 - Câblage du DRV8825. Notez les pins "STEP" et "DIR".

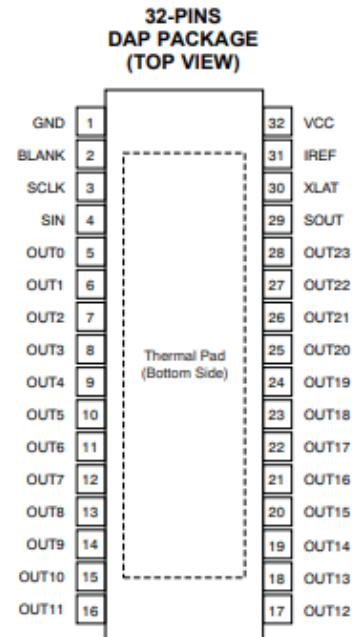
Avec seulement deux roues, le robot est instable. Nous avons choisi d'installer deux roulettes à l'arrière. Ces roulettes, plus pratique que des roues folles, nous permettront une précision plus importante et nous permettront des déplacements plus aigus au besoin.

## B – CONTROLE DES LEDS

Nous avons choisi de disposer une LED tous les 10 centimètres. Après un calcul, cela nous fait 216 LEDs à contrôler. Nous avons opté pour 9 contrôleurs de 24 LEDs chacun, le TLC5947DAP. Nous avons aussi choisi de poser 24 LEDs supplémentaires sur le robot avec un dixième contrôleur de LEDs.

Le TLC5947DAP se contrôle en envoyant un flux de donnée binaire à son entrée "SIN", avec une horloge sur "SCLK" pour synchroniser la réception. Le flux de donnée contient les intensités, à envoyer à chaque LEDs sur 8 bits, les unes à la suite des autres. Il est permis de mettre plusieurs contrôleurs de LEDs à la chaîne en reliant le "SOUT" du précédent au "SIN" du suivant. Ainsi, nous avons choisi de faire 3 paquets de 3 contrôleurs de LEDs pour la piste.

Figure 3 - Pinmap du TLC5947DAP.



Le contrôleur de LEDs laisse passer ou non le courant dans les pins réservés aux LEDs (les "OUTn"). Pour régler le courant maximal autorisé, il faut attacher une résistance d'une valeur précise à "IREF" (le second pôle de la résistance est relié à la masse). Cette valeur, en fonction du courant typique des LEDs (dans notre cas 20 mA) a pu être calculée grâce à la documentation technique du composant. Dans notre cas, nous avons une valeur de 2460  $\Omega$ .

## C – MECANISME DES PORTES

Les portes de la station sont automatiques, il faut donc un moteur et un mécanisme pour les ouvrir ou les fermer.

Pour le moteur, nous avons choisi un simple servomoteur SG92R pour sa simplicité et sa disponibilité dans le matériel déjà présent dans l'école. Il se contrôle en envoyant une impulsion entre 1 ms et 2 ms : à 1 ms le moteur tourne dans un sens, à 1,5 ms le moteur est arrêté et à 2 ms le moteur tourne dans le sens opposé.

Pour le mécanisme nous avons cherché un système le plus simple possible. Une roue accrochée au moteur guide une ficelle reliée aux deux côtés de la porte. Par la friction, la ficelle est entraînée dans un sens ou dans l'autre, fermant ou ouvrant la porte.

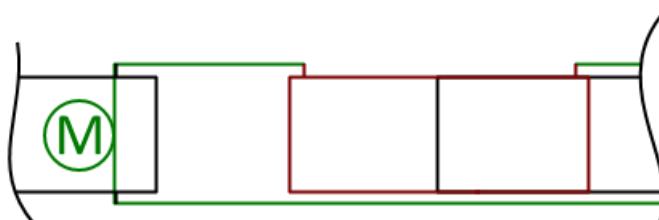


Figure 4 - Mécanisme des portes.

## D – COMMUNICATIONS

Pour synchroniser le top départ à travers la présentation vidéo projetée depuis l'ordinateur, le programme de la piste et le programme du robot, une communication est nécessaire. Le robot n'étant pas relié physiquement le jour de la présentation, il faut une communication sans fil pour celui-ci. Nous avons donc conclu le réseau suivant : une communication série (filaire) entre l'ordinateur et la piste, et une communication Bluetooth entre le robot et la piste. Pour les modules Bluetooth, nous avons choisi les MH-10 car simple d'utilisation et permet un mode maître et un mode esclave pour en relier une paire ensemble. Cette configuration va inclure une contrainte sur le choix de la carte électronique de la piste : elle devra pouvoir avoir au moins deux ports séries. C'est ainsi que nous avons choisi les Arduino Mega.

## IV – Modélisation

### A – LE ROBOT

Le robot doit être esthétique. Pour nous permettre d'être exigeant sur la forme du robot, nous avons besoin de l'imprimer en 3D. Nous avons donc modélisé le robot et ces composants sur SolidWorks, un logiciel de conception assisté par ordinateur.

L'électronique étant à l'intérieur du robot, il faut prévoir un moyen d'accès. Ce problème a été résolu en séparant le robot en deux parties : une partie haute et une partie basse.

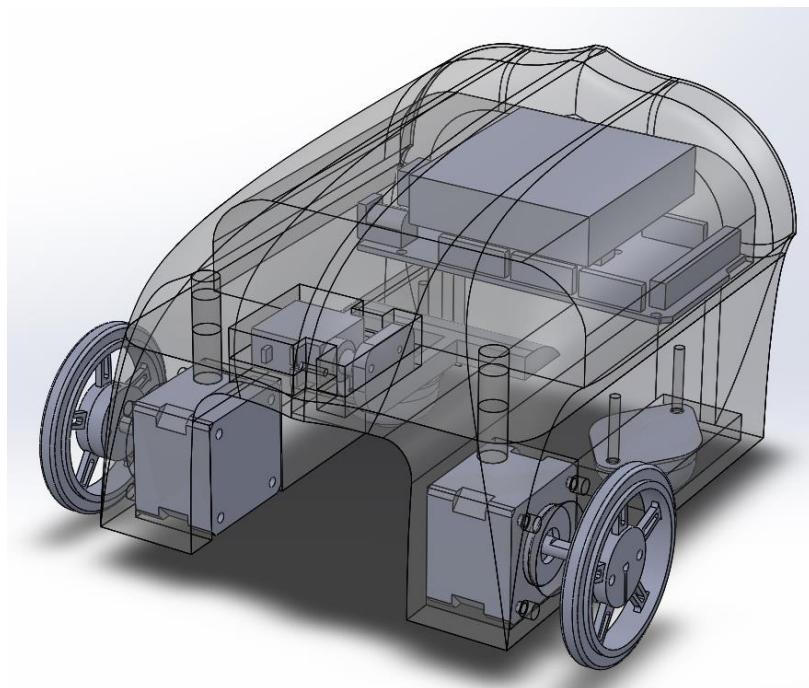


Figure 5 - Modélisation 3D du robot.

## B – LA PISTE

Nous avons modélisé la piste sur le logiciel OpenSCAD pour sa simplicité. On a donc pu déterminer les dimensions de chaque pièce et la dimension totale de la piste (nous avons choisi 2 m par 3 m). Puis nous avons vérifié que les dimensions du robot étaient assez petites pour pouvoir s'y promener. De la place a aussi été laissé pour les divers éléments de décoration non modélisé sur le plan ci-dessous.

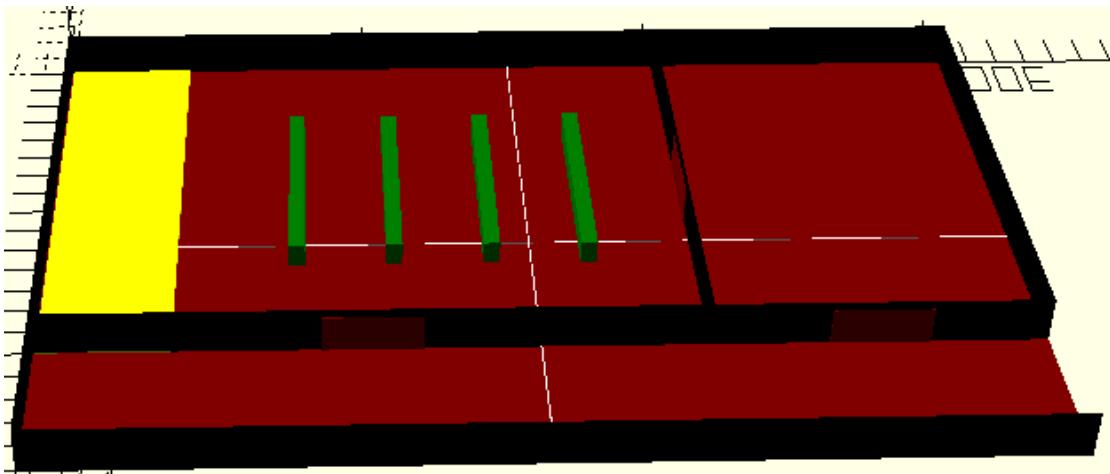


Figure 6 - Modélisation de la piste.

Les parties vertes sont les lignes de cultures où notre robot passera, la partie jaune est réservée pour y mettre des cultures avec des formes plus particulières (notamment les parcelles en triangle isocèle collé à triangle équilatéral avec un coté de même longueur et un parallélogramme requit dans le cahier des charges).

Il a maintenant dû trouver un plan de découpe et les dimensions des planches à découper pour réaliser la piste selon les plans. Une première solution consistait à prendre des planches de 122 cm par 250 cm, puis de les couper de façon à avoir 1/4 de piste par planche. Malheureusement, cette solution produit beaucoup trop de chutes. La seconde solution qui a été retenue est ci-contre. Ici, on dispose les 6 planches de 80 cm par 160 cm et l'on découpe 2 m par 3 m pour la piste. Il reste ensuite à séparer le reste par des bandes de 10 cm de large pour les murs. Nous avons donc 1680 cm de long, c'est suffisant pour faire nos 1400 cm de murs sans générer trop de chutes.

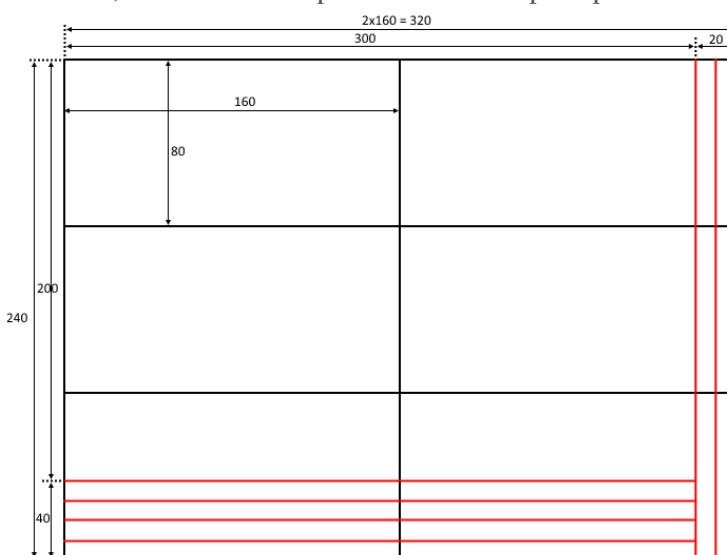


Figure 7 - Plan de découpe pour la piste



*Figure 8 - Pilier conçu pour la piste.*

Pour cacher l'électronique de la piste, nous avons décidé de surélever la piste de quelques centimètres à l'aide de piliers montés sur chaque coin des planches. Après plusieurs tests, nous avons opté pour une liaison avec des pions entre la piste et les piliers car elle laisse le dessus de la piste plate.

## V – Réalisations

## A – CIRCUITS IMPRIMÉS

Les TLC5947DAP sont des composants en surface, il est donc nécessaire de concevoir des cartes électroniques. Pour la piste, 3 circuits imprimés identiques contiennent chacun 3 TLC5947DAP, les headers pour y connecter les LEDs et un header pour y connecter la carte Arduino Mega. Pour le robot, nous avons opté pour un shield pour l'Arduino Mega sur lequel y sera soudé 1 TLC5947DAP, les headers pour les LEDs, les 2 DRV8825, 2 headers pour les moteurs, un header pour le servomoteur du bumper.

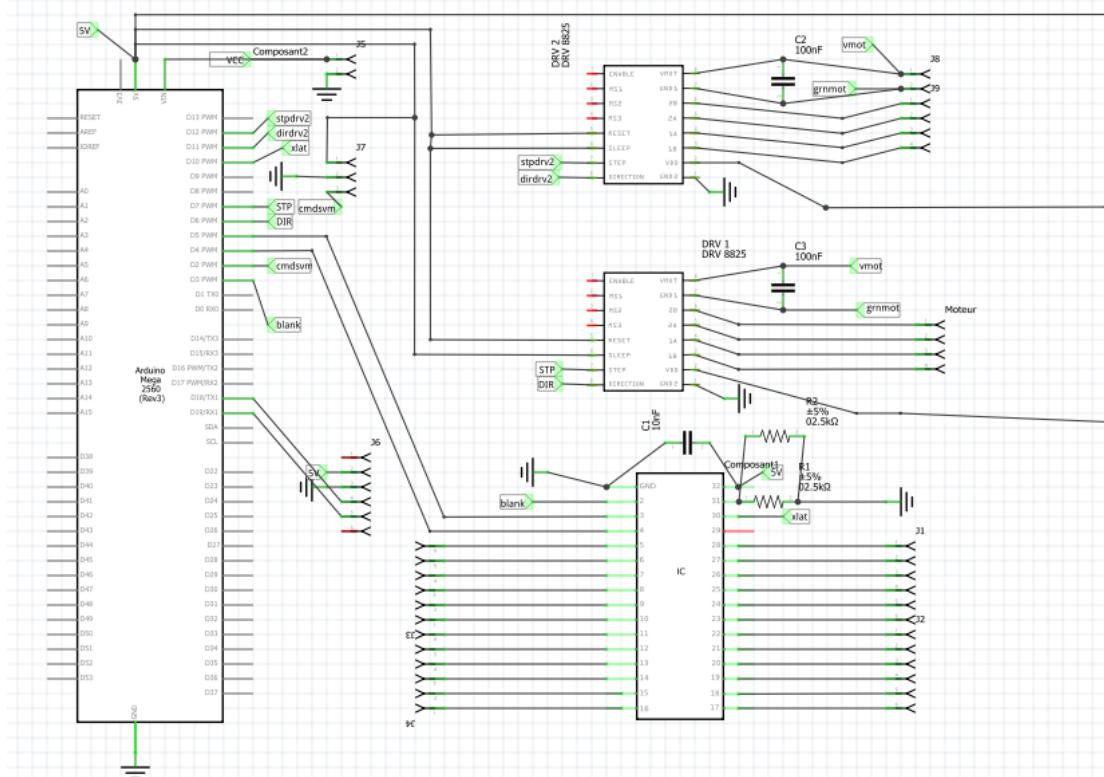


Figure 9 - Schéma électronique du shield pour le robot.

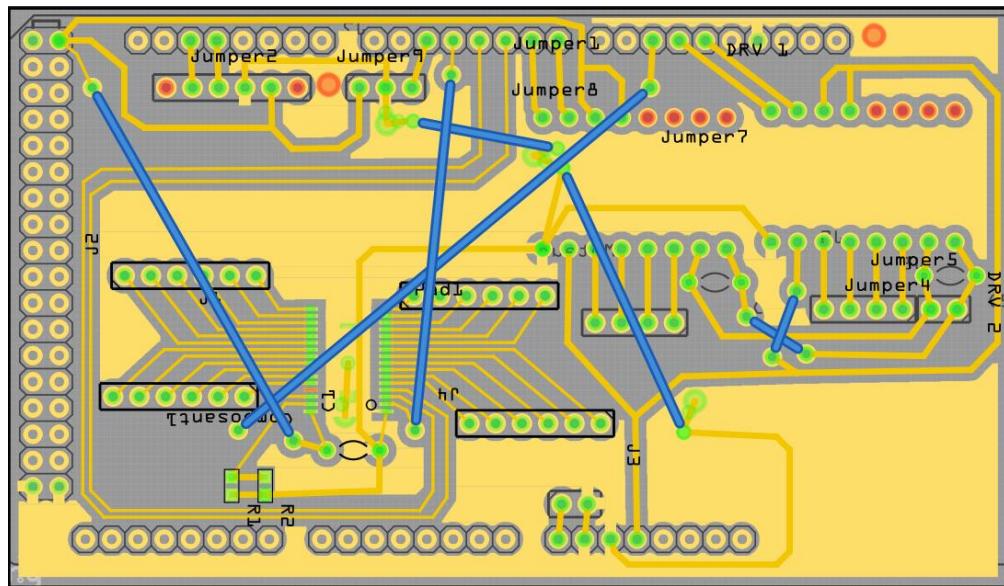


Figure 10 - Circuit imprimé du shield

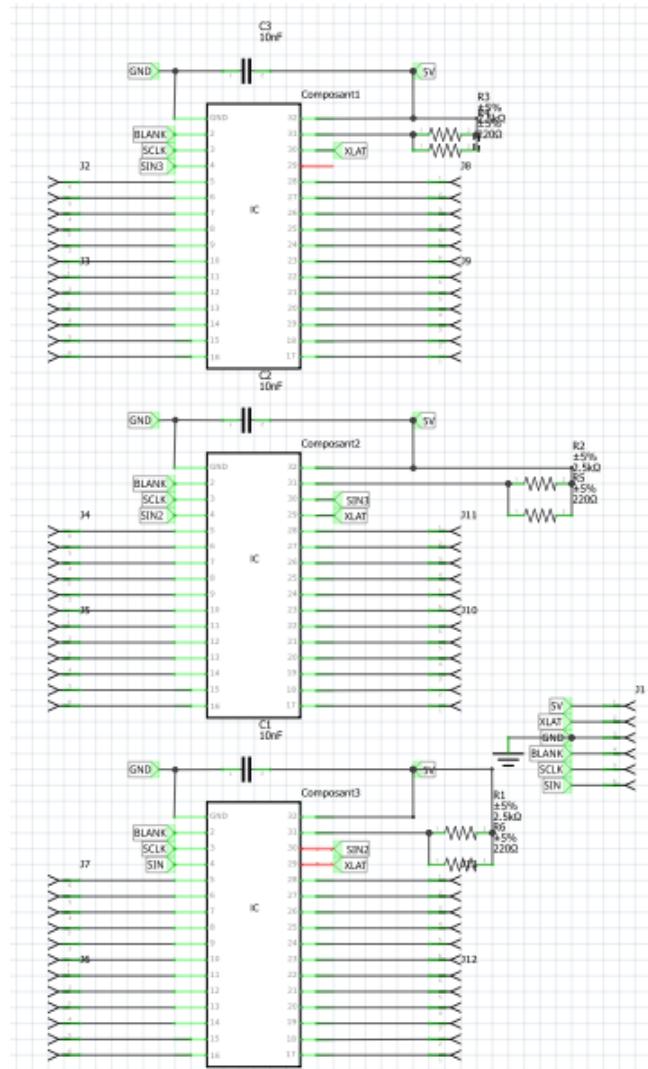
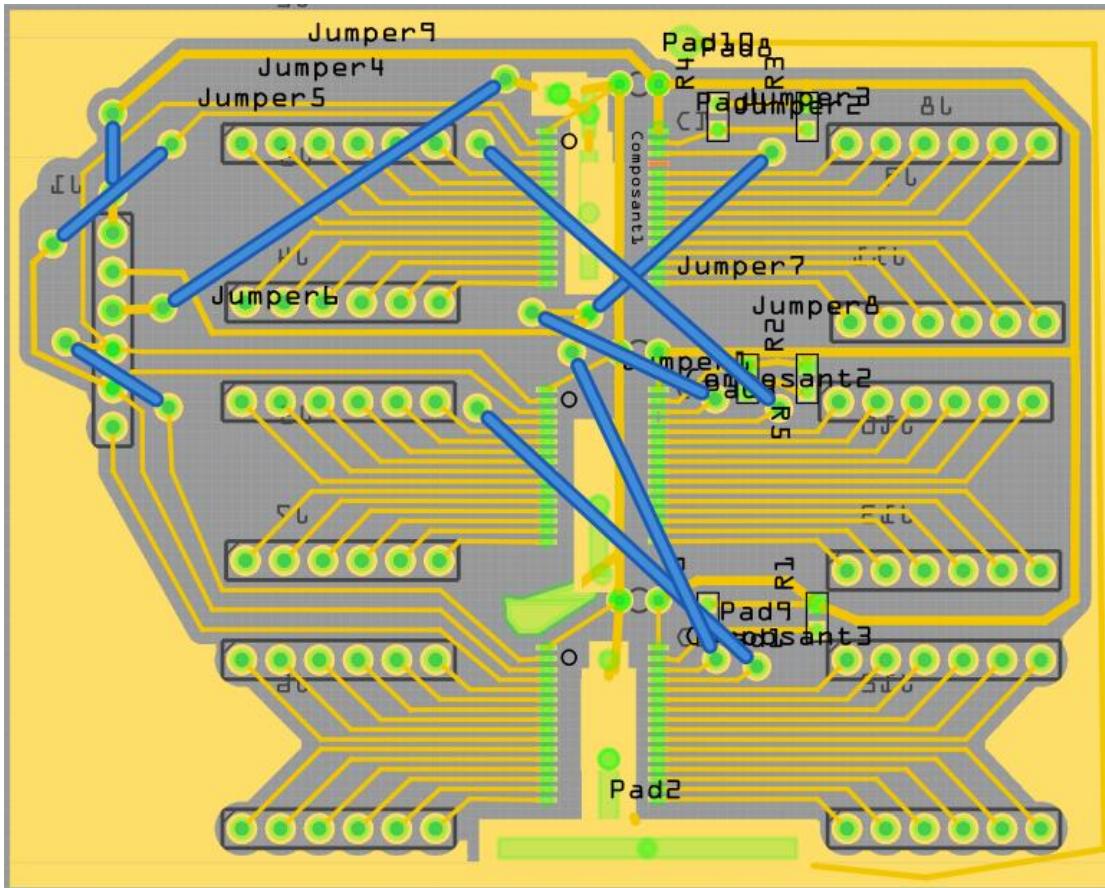


Figure 11 - Schéma électrique pour les contrôleurs de LEDs.



*Figure 12 - Circuit imprimé des contrôleurs de LEDs.*

B – LE ROBOT

L'impression et le montage du robot n'ont pas posé de soucis particuliers. On ne peut pas dire la même chose côté électronique.

Premièrement, nous avons fait une erreur lors de la conception du circuit imprimé : les deux contrôleurs moteurs sont du mauvais côté. Cette erreur induit un espace supplémentaire entre le shield et l'Arduino Mega et les header ne sont pas assez long. Ce premier problème a été résolu en créant nos propres header avec des fils rigides (de la colle chaude nous a permis de les regrouper pour plus de rigidité). Malheureusement, un second problème survient et l'ensemble shield plus Arduino Mega ne rentre plus dans le compartiment prévu pour l'électronique. Ce second problème a été résolu en pliant les fils constituant les headers dans le sens de la largeur (par rapport à l'Arduino Mega). Les contrôleurs moteurs ayant générés par le port USB ont trouvé une place entre le port USB et le port d'alimentation de l'Arduino Mega.

Secondement, nous avions oublié une résistance de pull-down sur le pin "BLANK". Cet élément a été rajouté sans trop de difficulté.

Troisièmement, l'alimentation de 6 volts prévus pour les moteurs est insuffisante pour les contrôleurs moteurs, un minimum de 8 volts est requis. Nous avons choisi une alimentation de 18 volts constitués de 2 piles 9 volts pour optimiser la place.

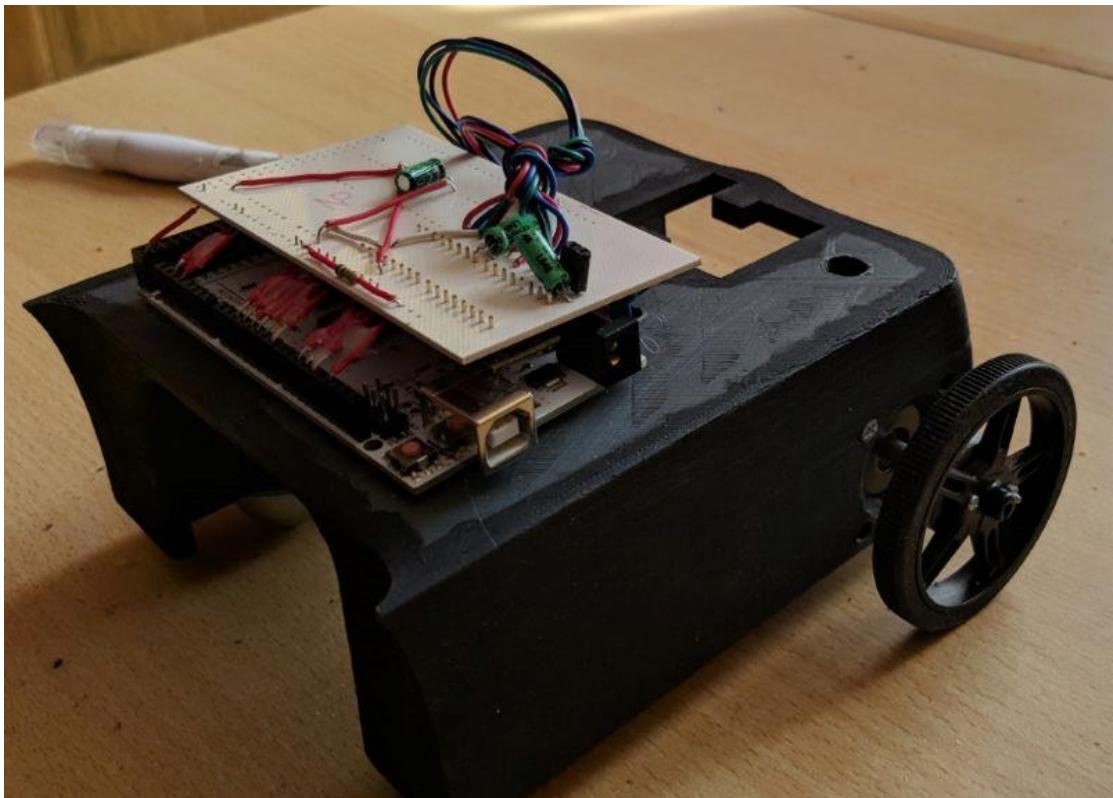


Figure 13 - Le robot avec sa partie électronique sans la partie haute.

Malgré tous ces problèmes, le robot fonctionne comme prévu au départ.

### C – LA PISTE

La réalisation de la piste est malheureusement un échec : sa réalisation nous a coûté beaucoup trop de temps que de prévu et n'aurait pas pu être honoré dans les temps. La cause de ce temps perdu est due à plusieurs facteurs.

Premièrement, sa grandeur. En plus du temps mis pour les tâches prévues les planches ne sont pas assez épaisses et se courbent sous l'action de la pesanteur. Il fallait rajouter des piliers supplémentaires.

Secondement, sa complexité. Nous avons prévu beaucoup trop de détails pour la piste. Placer (positionnement, perçage, collage) les LEDs sur la piste est sûrement la tâche qui nous a demandé le plus de temps sur le travail de la piste. À l'heure actuelle, il nous reste encore à souder les LEDs aux circuits imprimés.

Troisièmement, les murs. Après trois échecs consécutifs (joint imprimé en 3D, attache de pions sur les murs, vissage d'équerres) de conception d'un système démontable pour relier les murs et la piste, nous avons collé les murs et la piste avec des équerres en bois. L'ensemble, bien que solide, est encombrant.



Figure 14 - Système de fixation entre les murs et la piste.

## D – LES LOGICIELS D'AIDE AU DEVELOPPEMENT

Comme annoncé dans les premières réflexions, il a fallu concevoir des outils pour nous aider au développement des programmes qui vont occuper la mémoire des cartes électroniques. Ces logiciels ont été réalisés en Java car nous maîtrissons déjà ce langage de programmation et qu'il nous permet de réaliser des interfaces graphiques assez simplement.

### 1 – PercTeacher

PercTeacher (Perc étant le nom du robot) est un logiciel qui nous permet de programmer les déplacements du robot et de voir le résultat en temps réel. On peut y ordonner différents types de déplacements et leur durées. Lorsque nous sommes satisfaits du parcours, le programme génère une suite d'instructions dont pourra directement se servir le programme final du robot.

Le logiciel s'organise en "actions", une action étant un mouvement uniforme (tout droit, tourner à gauche, rotation sur soi-même, etc.). À la fin de chaque mouvement, il faut penser à créer une nouvelle action. Des raccourcis claviers ont été implémentés pour faciliter la saisie.

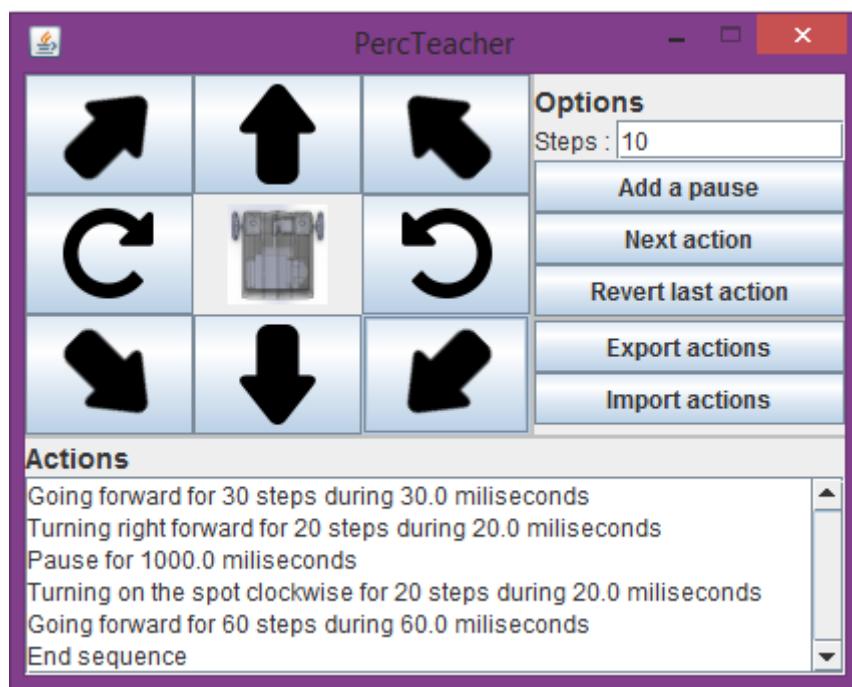


Figure 15 - Interface graphique de PercTeacher.

Au démarrage, le logiciel recherche les communications séries disponibles et demande à l'utilisateur sur laquelle est branché le robot. L'interface graphique ci-dessus est ensuite présentée à l'utilisateur. À la demande d'une action, le logiciel envoie les données au robot sous cette forme : deux octets représentant le nombre de pas à effectuer au moteur gauche et deux autres pour le moteur droit. Le logiciel bloque l'utilisateur pendant ce temps. Le programme sur le robot exécute l'instruction et renvoie un signal par liaison série lorsque l'exécution est terminée. Le logiciel débloque

alors l'utilisateur attend une nouvelle instruction. Lorsque le parcours est terminé, l'utilisateur exporte le résultat. Il est aussi possible, par l'importation et l'exportation, de sauvegarder et restaurer un parcours.

Après un rapide test, le robot et le logiciel fonctionnent bel et bien.

## 2 – VRGNYMusicLights

Pour programmer les animations des 241 LEDs de la piste, il nous a fallu développer VRGNYMusicLights (VRGNY étant le nom de la station spatiale). Ce logiciel permet de programmer des animations et de voir le résultat en temps réel. Il est aussi possible de programmer sans la piste avec la visionneuse. L'idée de ce logiciel était d'imiter les logiciels de montage vidéo avec la ligne temporelle où les effets y sont répertoriés.

Le logiciel s'organise en "paternes", un paterne est décomposé en cinq temps : un temps au niveau bas, un temps de monté, un temps au niveau haut, un temps de descente et un temps au niveau bas. Il est aussi possible de modifier certaines options des paternes tel que leur volume, leur nombre de répétitions, leur type d'effet (flash, horizontal, vertical, en cercle, etc.) et la durée de l'effet. Lorsque deux paternes sont joués en même temps, le logiciel additionne les deux et sature le résultat entre 1 (totalement allumé) et 0 (éteins).

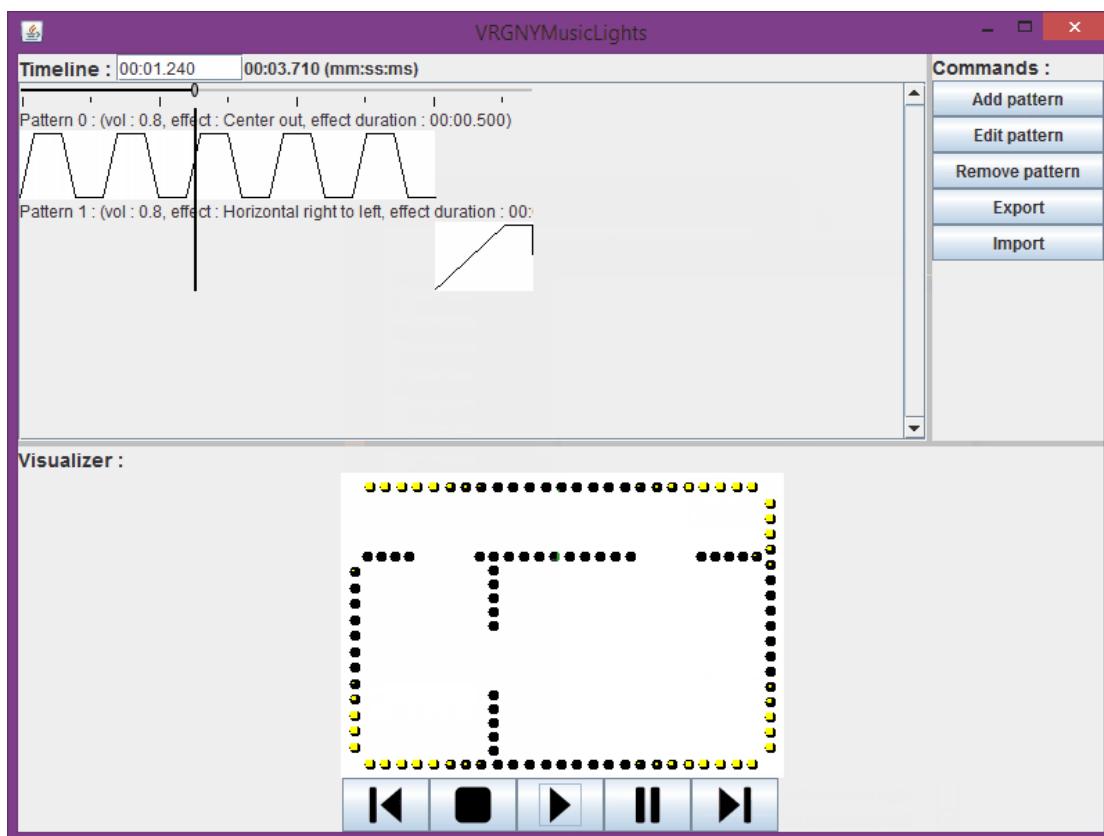


Figure 16 - Interface graphique de VRGNYMusicLights.

Créer et modifier un paterne est possible grâce à l'éditeur de paterne. Le logiciel fait la conversion entre les différents formats de temps automatiquement pour faciliter l'utilisation.

Comme pour PercTeacher, lorsque nous sommes satisfaits du résultat nous pouvons exporter les données dans notre programme pour la piste.

## E – LES PROGRAMMES

Pour programmer les cartes Arduino Mega de la piste et du robot, nous avons choisi le langage C avec la bibliothèque AVR car nous avions besoin de faire un ordonnancement.

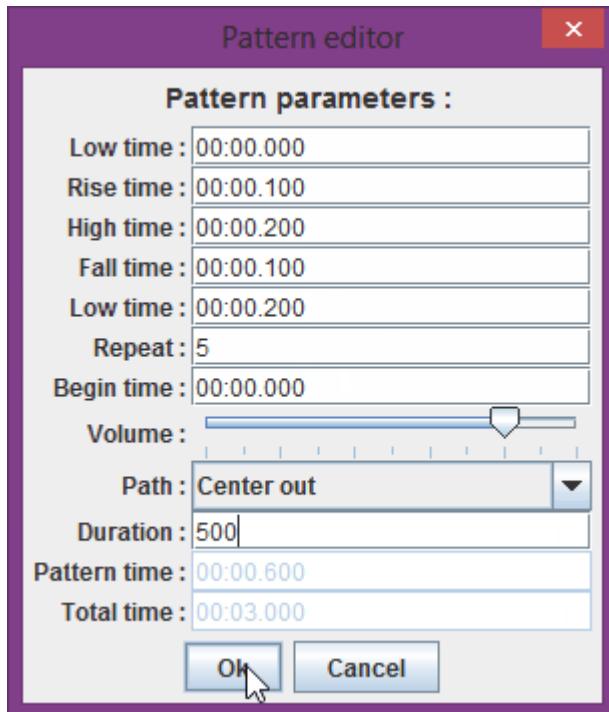


Figure 17 - Interface de l'éditeur de paterne

Pour la programmation des contrôleurs de LEDs, nous nous sommes inspirés du travail de Lirui Zhang et de Lihe Zhang dans leur projet de mandala électronique (projet numéro 19 de l'année 2017 / 2018). Nous avons pris leur bibliothèque sur le TCL5947.

### 1 – Le programme du robot

La programmation est assez simple pour le robot : un ordonneur passe l'exécution à quatre tâches :

- La première tâche est responsable de la commande du moteur gauche.
- La seconde s'occupe du moteur droit.
- La troisième, d'envoyer la position du robot par liaison Bluetooth.
- La dernière, d'exécuter l'animation des LEDs sur le robot.

Malheureusement, nous avons seulement eu le temps de faire la partie pour les déplacements du robot.

### 2 – Le programme de la piste

La piste n'étant pas finie, il n'avait pas beaucoup d'intérêt à commencer le programme fini. Cependant, nous avions réussi nos tests sur les circuits imprimés pour le contrôle des LEDs.

## VI – La journée CREP

Malheureusement, notre projet était loin d'être prêt à être présenté aux enfants le jour de la CREP. Il nous restait quand même une dernière mission à remplir : l'organisation de la journée CREP pour accueillir les 283 enfants à Polytech Lille.

Tout d'abord, un mot sur l'organisation des interventions. Nous avons dû organiser les interventions dans les écoles primaires participantes, pour ce faire nous avons réuni un ensemble d'une dizaine d'intervenants, chaque semaine d'intervention nous avons créé un sondage sur un groupe Facebook afin d'avoir les disponibilités physique et matériel (une voiture notamment) de chacun d'entre eux. En fonction des réponses, nous formions les groupes d'intervenants (2 personnes minimum). Ces mêmes intervenants s'occupaient d'une classe qu'ils avaient rendue visite le jour de la CREP, dans la mesure du possible.

Une part non-négligeable de la journée CREP est les activités avec les clubs. Nous avons donc tenu une réunion avec les présidents des clubs pour les informer sur l'événement. Nous avons aussi envoyé de nombreux messages électroniques dans le même but. Parmi les clubs qui ont répondu présent nous citons le BDE, Le Studio, La Sono, Le Gymnase, L'Huma, Les Pompoms, L'Éléphant Phare, Robotech, Poly'games et L'Instru. Tous ont fait preuve d'une autonomie remarquable.

Pour récompenser les classes de leur effort à travers l'année, un trophée leur est remis à la fin de la journée. Le dessin des trophées a été confié à Crispin Djamba élève en IMA2A3. Les trophées ont été réalisés à la découpeuse laser : le support a été fait en bois et la plaque en plexiglas.

La réservation des salles, des repas et la communication avec l'administration en générale a été réalisé par Mme. Pichonat.

**Jeudi 2 mai 2019**

<b>8H45</b>	Arrivée des 12 écoles Vestiaire en salle Pasteur		
<b>9H</b>	Accueil dans l'amphithéâtre Migeon par l'équipe de Polytech Lille et répartition en groupes Propos introductif par l'équipe de direction de Polytech Lille		
	Groupe A	Groupe B	Groupe C
<b>9H15–10h45</b>	Présentation des défis	Visite de l'école et test de compétences	Sport et culture avec les clubs de Polytech
<b>11H00–12H30</b>	Sport et culture avec les clubs de Polytech	Présentation des défis	Visite de l'école et test de compétences
<b>12H30–13H30</b>	Pique-nique sur les pelouses de Polytech Lille		
<b>13H30–15H</b>	Visite de l'école et test de compétences	Sport et culture avec les clubs de Polytech	Présentation des défis
<b>15H00</b>	Dernière activité sport et culture commune dans le hall		
<b>15H15</b>	Remise des badges de compétences et du Grand Prix de la CREP dans l'amphithéâtre Migeon		
<b>15H45</b>	Goûter devant l'amphithéâtre Migeon et le Fabricarium		
<b>À partir de 16H</b>	Départ des écoles		

Figure 18 - Emploi du temps de la journée.

## VII – Conclusion

Ce projet nous a permis de mettre en œuvre une véritable démarche d'ingénieur à commencer par l'établissement d'un cahier des charges, puis à élaboration du suivi d'une liste de matériel pour respecter ce dernier et enfin, à la réalisation d'un calendrier prévisionnel du travail à faire.

Nous avons ensuite commencé notre projet par une modélisation grâce à plusieurs logiciels de conception. SolidWorks pour la modélisation des impressions en 3D, OpenSCAD pour le plan de la piste et Fritzing pour l'élaboration des circuits électronique.

Plusieurs problèmes imprévus nous ont barré la route mais une analyse de risque nous a permis de rapidement pallier aux plus simples et de prévoir leurs solutions avant même qu'ils n'apparaissent. Au fur et à mesure de l'avancée du projet, nous nous sommes vite rendu compte que nous avions eu les yeux plus gros que le ventre quant à la conception de la piste, nous l'expliquons par la peur d'un manque de contenu IMA dans le projet. Après de nombreux échecs, nous avons décidé de nous concentrer pleinement sur le robot afin d'avoir du contenu IMA à présenter quitte à délaisser notre piste.

Pour nos derniers mots nous voulions souligner le fait que, malgré notre échec à remplir l'entièreté du cahier des charges, ce projet nous a permis de développer des compétences de gestion de projet et de travail d'équipe qui des fois, malgré une parfaite entente entre nous, peut s'avérer plus difficile que prévu. Et par-dessus tout, ce projet nous a permis de mettre en application nos compétences en modélisation 3D, en électronique et en programmation ce qui est le point le plus important des projets IMA selon nous.

## VIII – Remerciements

Ce projet n'aurait pas pu aboutir sans l'aide de ces précieuses personnes, c'est à elles que nous dédions cette section entière.

Nous tenons tout d'abord à remercier chaleureusement notre encadrante Emmanuelle Pichonat qui nous a accompagnés tout au long de cette année pour l'organisation de la journée CREP comme elle le fait bénévolement chaque année, et de nous avoir encadrés pour ce projet.

Nous remercions également nos encadrants des projets IMA Xavier Redon, Alexandre Boé et Thomas Vantroys qui ont été présent pour répondre à nos interrogations et ont pris du temps pour corriger notre travail sur les cartes électroniques notamment.

Nous avons aussi une pensée toute particulière pour Thierry Flamen, qui nous a aidé à réaliser nos cartes électroniques et nous a permis d'accéder à la salle C201 même durant les vacances d'avril.