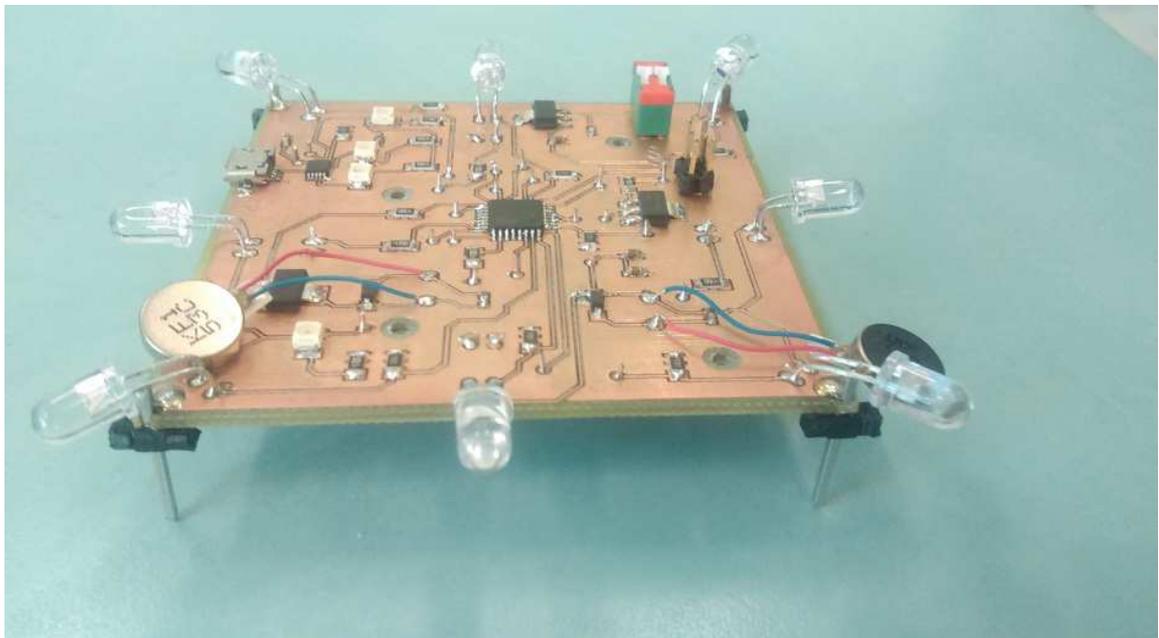


# Micro Robots Auto Organisés

---

*Tuteur : Alexandre Boé et Xavier Redon*



Introduction.....	2
I - Présentation générale du projet .....	3
1. Objectif du projet .....	3
2. Description du projet.....	3
II – Déroulement du projet.....	4
1. Préambule .....	4
2. Conception générale du robot .....	4
3. Carte électronique.....	4
4. Programmation.....	9
5. Partie mécanique.....	10
III – Impression sur le projet.....	12
1. Problèmes rencontrés et tests .....	12
2. Retour sur le projet .....	12
Conclusion .....	13
Annexes .....	14

# Introduction

---

Le comportement en essaim est un phénomène naturel chez beaucoup d'insectes. Ce phénomène se base sur la collaboration. Les fourmis par exemple se servent de leur capacité à communiquer et à collaborer entre elles pour leur survie. En effet, nous avons tous déjà observé une colonie de fourmis transportant de la nourriture ayant une taille bien supérieure à la leur.

Dans le cadre de notre projet de quatrième année, spécialité Informatique Microélectronique et Automatique à Polytech Lille, nous avons choisi le projet permettant de reproduire ce phénomène de collaboration grâce à des micros robots auto organisés.

Nous commencerons par une présentation générale de notre projet puis nous expliciterons les différentes parties du robot. Enfin, nous donnerons un avis sur notre projet ainsi que les possibilités d'améliorations.

# I - Présentation générale du projet

---

## 1. Objectif du projet

L'objectif de ce projet est de créer dans un premier temps un premier robot. Celui-ci devra être le plus petit possible et de moindre coût. Ce robot devra être capable de se déplacer et de communiquer. Le tout dans l'optique de simuler un essaim d'insectes.

Notre but est donc de créer deux robots capables de se déplacer et d'échanger des informations entre eux.

## 2. Description du projet

Pour réaliser ce projet, nous devons dans un premier temps imaginer le robot. Avant la conception nous avons réfléchi à ce que fera le robot comme action simple. Nous avons alors choisi de reproduire le comportement de chasseur et de proie. Lorsque la proie détecte l'attrapeur, la proie devra s'enfuir dans la direction opposée à son prédateur.

Notre robot doit donc être capable de se déplacer et de communiquer. Nous avons choisi de nous déplacer par vibration et de faire la détection par communication infrarouge.

## II – Déroulement du projet

---

### 1. Préambule

Pour la conception de notre robot, il a fallu dans un premier temps réfléchir à son design, sa taille ainsi que sa géométrie et faire nos choix sur les différentes possibilités qui s'offraient à nous. Pour ce faire, nous avons dans un premier temps fait des recherches sur ce qui avait déjà été fait dans le domaine. L'université d'Harvard a conçu le robot « Kilobot » utilisant la méthode des essaims d'insectes pour effectuer une tâche complexe. Nous nous sommes vite aperçu que pour concevoir le plus petit robot possible à bas coût nous devrions faire des choix stratégiques.

Nous avons donc décidé de commencer à réfléchir sur papier aux actions du robot, les solutions technologiques les plus appropriées ainsi que sur la conception de la carte électronique.

Par la suite, pour une meilleure efficacité nous avons séparés les tâches. Pendant que l'un de nous s'occupait de finir la carte électronique (routage – soudure) et de la partie mécanique, l'autre s'occupait de la programmation des robots.

### 2. Conception générale du robot

Pour construire le plus petit robot à bas coût nous avons décidé d'utiliser la carte électronique du robot comme châssis. Cela nous a permis d'utiliser moins de pièces et donc de nous rapprocher de notre objectif.

Pour les mouvements du robot, nous avons hésité entre un moyen de locomotion classique, à savoir des roues, et un déplacement par vibrations. Pour actionner des roues il est nécessaire d'utiliser des réducteurs mécaniques et des hacheurs électroniques. Autant de composants qui augmentent la taille, le coût et la complexité du robot.

Par conséquent nous avons opté pour le mouvement par vibrations. Pour ce faire nous utiliseront deux moteurs vibreurs de téléphones. Ils seront commandés en tout ou rien (allumé ou éteint) et donc sans variation de vitesse. Ils seront alors fixés sur une petite pièce mécanique au-dessus de la carte électronique. Il suffirait ensuite d'ajouter des petites pattes métalliques afin de surélever le robot et d'assurer son déplacement.

Pour la communication, nous avons choisi l'infrarouge. Pour une communication optimale on placera huit récepteurs sur le dessus de la carte et quatre émetteurs sur le dessous. Les émetteurs sont ainsi séparés des récepteurs afin qu'ils ne soient pas perturbés. Notre robot sera commandé par un microcontrôleur Atmega 328p programmé par ses broches ISP.

### 3. Carte électronique

#### 3.1 Choix des composants

Pour le choix des composants, nous comptions utiliser des composants traversant. Après discussion avec l'un de nos tuteurs nous avons plutôt opté pour des composants de surface (CMS) qui nous permettrait de gagner de la place sur la carte électronique du robot.

Pour choisir nos composants, nous avons commencé par faire une liste des éléments utiles

permettant ses fonctions de bases (alimentation, déplacement, communication et programmation) :

- 2 moteurs vibreurs
- 1 Atmega 328P AU
- 4 émetteurs - infrarouges
- 8 récepteurs – phototransistors
- 1 batterie et 1 chargeur de batterie

En admettant ces premiers éléments, nous avons choisi les résistances et condensateurs adéquats pour la réalisation du schéma électronique. Nous avons ajouté des LEDS de fonctionnements pour la batterie et on a décidé d'ajouter un interrupteur ON/OFF d'alimentation.

Afin d'avoir une source d'énergie constante, il nous a fallu choisir un régulateur de tension qui nous permettrait de délivrer une tension constante de 3V utile pour les moteurs. Pour le choisir il nous a d'abord fallu faire une analyse de la consommation de nos éléments :

Eléments	tension d'alimentation et courant
2 Moteurs	2*90 mA
1 Atmega 328P	0.2 mA
4 LED infrarouges	4*20 mA
8 Phototransistors	8*1.5 mA
LED de fonctionnement	4*20 mA
	<b>Total</b> 312.2 mA

Pour notre régulateur, nous avons donc choisi un régulateur 5V -> 3V avec un courant de sortie maximum de 1A.

Nous avons également choisi de ne pas mettre d'oscillateur à quartz dans notre circuit. En effet, le microcontrôleur Atmega 328P dispose d'un oscillateur interne de 8 MHz. A la programmation on peut configurer le microcontrôleur pour qu'il utilise son oscillateur interne au lieu d'un oscillateur externe. Cela nous permet de ne pas mettre d'oscillateur à quartz sur la carte et donc d'économiser de la place et de minimiser les couts.

### 3.2 Conception de la carte électronique sous eagle

Pour la conception de la carte électronique, nous utilisons le logiciel eagle. Ce logiciel nous a permis de réaliser notre schéma électronique et le routage.

Certains de nos composants électroniques tels que le régulateur de tension et le chargeur de batterie ne se trouvaient pas dans la bibliothèque des composants d'eagle. Nous avons donc créé leur empreinte sous eagle. Pour le câblage du microcontrôleur nous avons placé les phototransistors sur un même port afin d'utiliser les interruptions de l'Atmega. Voir en annexe le schéma électronique final de la carte.

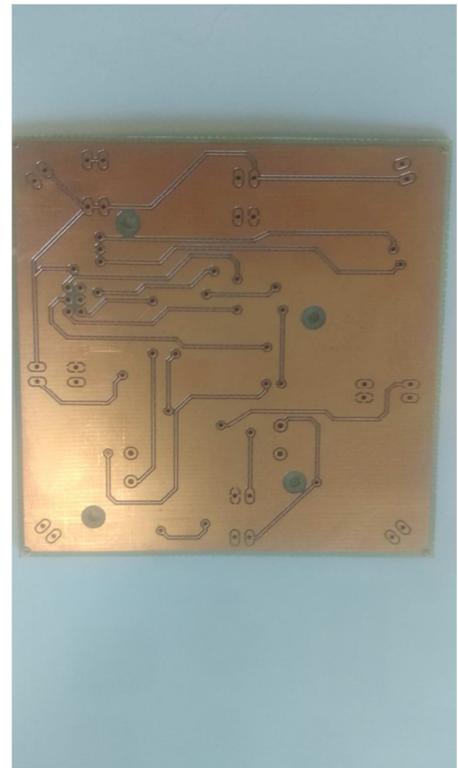
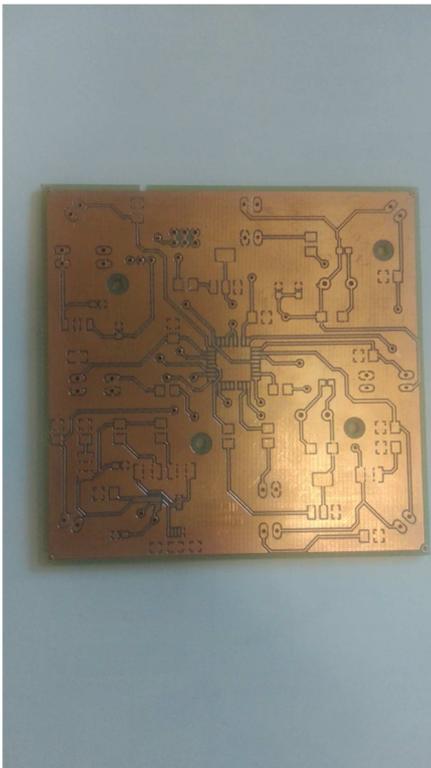
Une fois le schéma électronique réalisé sous eagle, nous avons pu commencer à router notre carte. Au vu de grand nombre de composants à placer, il a été évident de router notre carte en

double face afin d'optimiser la carte au maximum.

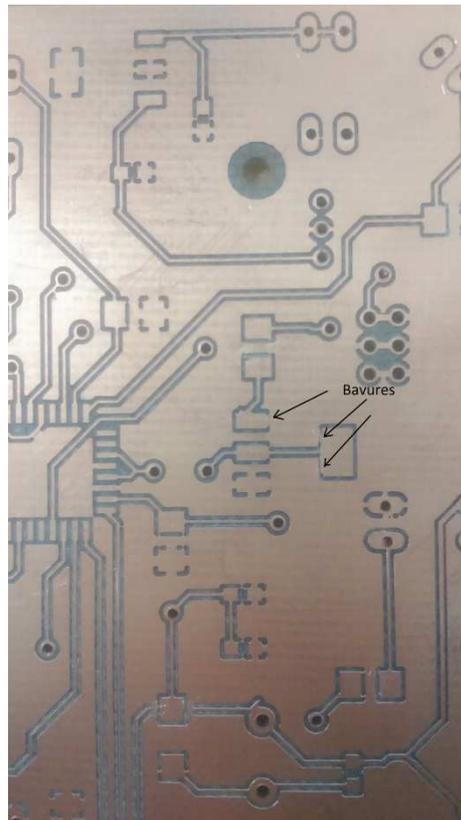
Lors du routage, nous avons d'abord commencé par placer certains éléments. Les émetteurs et récepteurs doivent être placés au bord de la carte de la manière suivante pour améliorer la communication. Les récepteurs seront placés au-dessus de la carte alors que les émetteurs seront placés en dessous pour s'assurer qu'il n'y ait pas d'interférence entre eux. Nous avons aussi placé nos moteurs de manière à ce qu'ils répondent au bon déplacement du robot.

En effet, nous avons choisi des moteurs vibreurs pour assurer le déplacement du robot. Cependant, pour que le moteur avance en ligne droite il faut que les deux moteurs soient placés à égales distance du centre de gravité du robot. Nous essayons donc de placer les empreintes des moteurs de chaque côté de la droite et nous adapterons la partie mécanique de manière à ce que les moteurs soient placés à égales distance.

Une fois, les récepteurs, les émetteurs et les moteurs placés nous plaçons les autres composants de manière à équilibrer la carte et optimiser au maximum la carte tout en restant cohérents avec notre schéma électronique de départ. Nous obtenons au final une carte de 7 cm de côté que nous faisons imprimer à Polytech Lille.

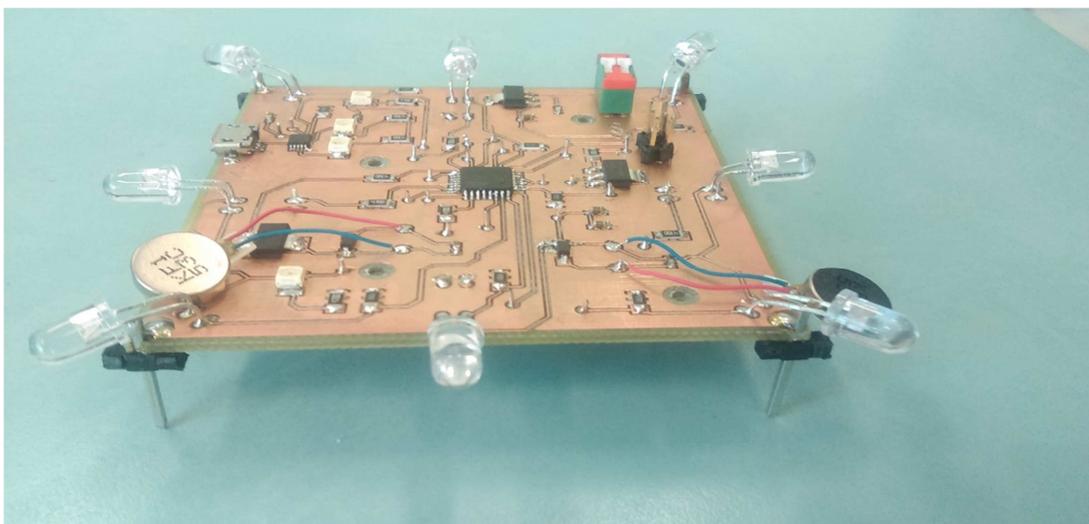


L'impression ne s'est pas déroulée correctement, nous constatons quelques bavures que nous avons récupéré avec un scalpel d'électricien pour fermer les pistes qui ne l'étaient pas. Nous avons ensuite testé avec un multimètre pour vérifier les pistes avant de commencer les soudures.



Comme beaucoup de composants sont des CMS, nous avons demandé à l'entreprise Inodesign de nous permettre d'utiliser leur matériel pour souder nos CMS. Ils nous ont fourni un fer avec une panne très fine afin de souder nos CMS et nous ont conseillé tout au long de l'opération. La meilleure méthode pour souder un CMS au fer à souder est de mettre un peu d'étain sur l'une des empreintes du CMS, puis de positionner le composant, de faire chauffer l'étain préalablement posé puis de souder les autres pattes du composants. Cette méthode permet de placer correctement le composant.

Nous avons fini de souder notre carte à Polytech au fer à souder :



Une fois la carte complètement soudée, nous avons dans un premier temps utilisé une alimentation externe 5V n'ayant toujours pas reçu la batterie. Nous avons pu vérifier les tensions à différents points de la carte.

## 4. Programmation

Pour la programmation nous avons fait le choix d'utiliser les broches ISP de l'Atmega. Au routage de la carte nous avons relié ces broches à un connecteur à 6 pattes. C'est la façon la plus simple de programmer ce microcontrôleur.

La programmation du robot se fait impérativement avec un ordinateur.

### 4.1 Méthode de programmation

Le microcontrôleur peut être programmé en C avec le programme Avrdude. Ou en langage Arduino avec l'IDE Arduino.

Pour programmer le robot on peut utiliser une carte électronique comme l'AVR Dragon qui va assurer la liaison entre les broches ISP du robot et l'USB de l'ordinateur.

Dans notre cas nous avons utilisé une carte Arduino Uno dont nous avons retiré le microcontrôleur. Nous ne sommes pas parvenus à programmer notre microcontrôleur suite à une erreur de programmation lors de la première tentative. Afin de tester notre programme nous avons réalisé une maquette reproduisant les capteurs et le microcontrôleur du robot, les moteurs ont été modélisés par des LEDs. Nous avons programmé notre maquette en langage Arduino à l'aide de l'ide Arduino.

### 4.2 Programme

Notre programme est un programme très simple simulant le comportement d'un animal se dirigeant vers une source de nourriture.

Nous avons programmé le contrôleur de façon à ce qu'il se dirige vers une source de rayonnement infrarouge, à la manière d'un animal vers de la nourriture.

Lorsque le phototransistor à l'avant du robot capte des infrarouges, les deux moteurs sont activés pour faire avancer le robot.

Lorsqu'un des phototransistors de gauche capte, un seul moteur tourne pour placer le robot face à la source infrarouge. Il en va de même pour le côté droit.

Lorsque le phototransistor à l'arrière capte, un seul moteur est allumé afin de se retourner.

Quand aucun phototransistor ne capte, les moteurs sont à l'arrêt.

Le port sur lequel sont connectés les phototransistors est utilisé en interruption. C'est dans le programme d'interruption qu'est réalisée la gestion des phototransistors. En dehors du programme d'interruption, le code réalise une boucle sans fin dans laquelle les moteurs sont à l'arrêt.

## 5. Partie mécanique

Pour la partie mécanique, nous avons dû imaginer la meilleure façon de faire se déplacer le robot tout en gardant en tête que le robot devait être petit. Nous nous sommes inspirés des micros robots créés par l'université d'Harvard – *Les kilobots*.



### 5.1 Corps du robot

Nous avons donc choisi de nous inspirer de la partie mécanique des kilobots. Nous utiliserons notre carte électronique comme le bâti de notre micro robot. Nous avons pensé à faire la carte électronique circulaire. En effet, c'est cette forme qui a le ratio périmètre/aire le plus petit pour. Cependant, nous sommes restés sur une forme carrée pour la première carte pour des raisons de simplicité et de temps. En effet, lors du routage nous travaillons avec l'empreinte du logiciel (carré), nous avons donc essayé dans un premier temps de router la carte le plus rapidement possible afin de la tester, puis par manque de temps lors du projet nous n'avons pas pu refaire une carte.

### 5.2 Déplacement du robot

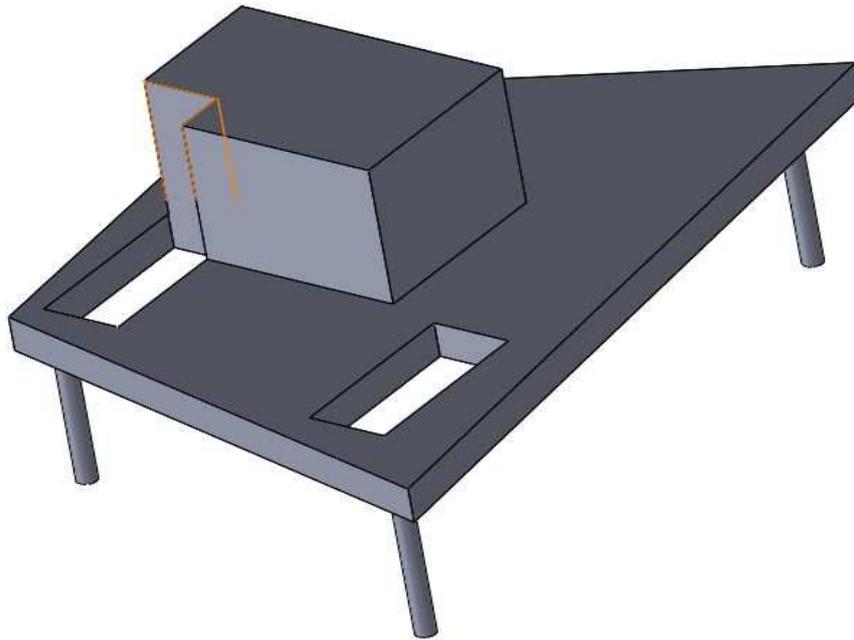
Ensuite, pour le déplacement, nous favorisons le déplacement du robot par vibration devant les roues. Cette solution nous permet dans un premier temps un gain de place sur le robot puisque nous n'aurons pas de roues ni transmission mécanique. De plus, d'un point de vue de la programmation, nous simplifions la tâche puisque les moteurs sont commandés en tout ou rien.

Nous avons fait des recherches pour savoir comment placer nos moteurs. Afin que le moteur ait une trajectoire rectiligne nous devons placer nos moteurs à égale distance du centre de gravité du robot. Ayant choisi des composants petits (CMS), ou traversants disposés de manière équilibrée sur la carte nous avons pris comme hypothèse que le centre de gravité se trouve au centre de notre carte, c'est-à-dire à l'intersection des deux diagonales. Nous avons donc un placement approximatif sur la carte électronique pour souder les fils d'alimentation des moteurs car les fils des moteurs sont très courts. Nous construirons par la suite un support pour ces moteurs qui prendra en compte leur placement plus précisément.

### 5.3 Support des moteurs

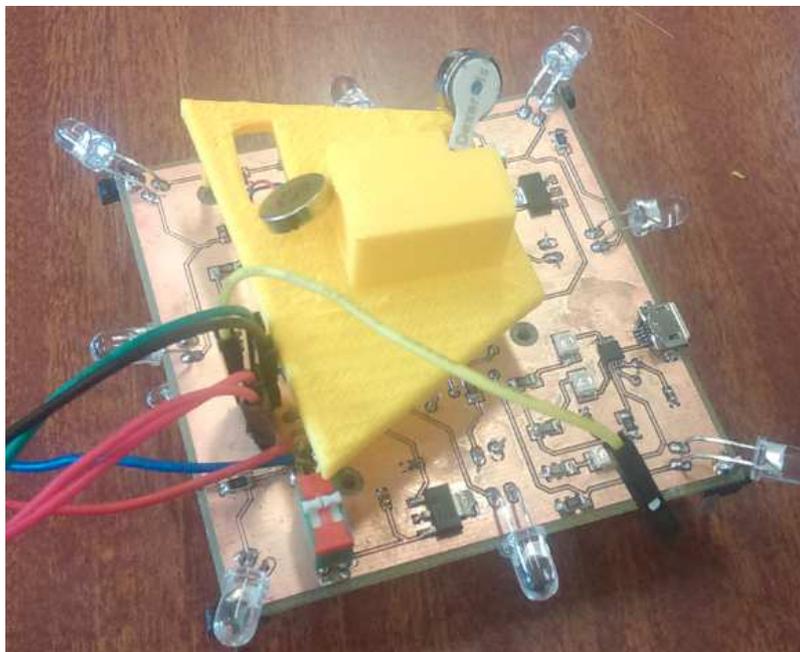
Pour construire le support de nos moteurs, nous avons choisi de créer ce support à l'imprimante 3D pour la légèreté du matériau. Nous avons dans un premier temps modélisé le support en 3D grâce au logiciel SolidWorks. Cependant nous étions contraints par la position des moteurs et par les attaches de fixations. En effet, nous avons lors du routage de notre carte ajouté quatre trous pour la fixation de la pièce.

Ainsi, lors de la modélisation sous SolidWorks nous avons commencé par dessiner notre carte électronique ainsi que l'emplacement de ces attaches et des moteurs. Avant de continuer nous avons repéré le centre de gravité de notre carte. Nous avons alors créé un polygone autour de ces quatre attaches de manière à ce qu'il soit le plus petit possible.



Ainsi, nous avons le contour de notre base pour le support moteur. Il nous a suffi de creuser cette base pour faire passer nos moteurs et d'ajouter une plateforme pour fixer nos moteurs. Cette plateforme a été modélisée de manière à ce que les deux moteurs soient à égale distance du centre de gravité. Les moteurs seront par la suite collés à cette plateforme.

Pour finir, nous fixons notre support à la carte à l'aide de vis.



# III – Impression sur le projet

---

## 1. Problèmes rencontrés et tests

Lors du projet nous avons eu plusieurs problèmes, principalement lors du routage et de la programmation.

Lors du routage, nous avons routé une première fois notre carte, puis nous sommes rendus compte que la carte était trop grande, il nous a fallu recommencer notre routage. Ce problème nous a surtout fait perdre du temps.

Par la suite, nous avons eu un second problème plus important lors de la programmation, nous avons créé notre programme et lors du transfert du programme à l'aide des broches ISP, nous avons configuré le microcontrôleur pour qu'il fonctionne avec un oscillateur externe de 16 MHz. Par la suite nous ne sommes pas parvenus à remédier ce problème.

Afin de tester notre programme, nous avons recréé une partie de la carte sur une breadboard. Nous avons donc placé des phototransistors selon la même configuration que sur notre carte. Pour simuler les moteurs, nous utilisons des LED puisque nos moteurs sont soit allumés soit éteint. Nous avons donc pu tester le programme détaillé dans la partie programmation.

N'étant pas sûr que les moteurs vibreurs soient assez puissant, nous avons monté notre carte avec la partie mécanique et la batterie sur le dessus, et nous avons alimenté nous-mêmes l'un des moteurs pour tester sa puissance.

## 2. Retour sur le projet

L'objectif de notre projet était de créer deux robots afin de recréer un comportement de proie et de prédateur. Finalement, nous avons réussi à concevoir un premier robot qui aurait marché si nous avions réussi à transférer le programme sur l'Atmega.

Le robot reste un peu grand (7 centimètre de côté), avec un peu plus de temps, nous aurions pu refaire la carte électronique plus petite et circulaire. De plus, la batterie choisie est surdimensionnée car nous avons choisi de privilégier le prix devant le poids du robot.

Utiliser un microcontrôleur CMS pour le premier prototype du robot n'était pas la meilleure idée. A la place nous aurions probablement dû choisir un microcontrôleur traversant avec une embase afin de pouvoir le remplacer facilement en cas de problème.

Dans le cas d'une commercialisation, il serait envisageable de créer une carte d'extension (shield) pour l'Arduino Mini. En effet, la Mini est de petite taille et cela permettrait au projet de se greffer au monde Arduino et ainsi de bénéficier de sa renommée.

# Conclusion

---

Ce projet a été effectué dans le cadre de notre projet de quatrième année, département Informatique Microélectronique et Automatique à Polytech Lille.

L'objectif du projet était de concevoir deux robots pour reproduire l'effet proie prédateur. Nous avons malheureusement pu réaliser qu'un seul des deux robots.

Ce projet nous a permis d'apprendre à concevoir une carte électronique avec des composants de surface. Nous avons pu appréhender un système minimaliste tant sur le point de la consommation énergétique que sur le point de l'informatique embarquée.

Lors des séances de projet, nous avons principalement travaillé en autonomie. Cela nous a permis de gérer le projet et notre temps nous-mêmes. De manière générale ce projet nous a beaucoup apporté en termes de connaissances pratiques et techniques.

# Annexes

