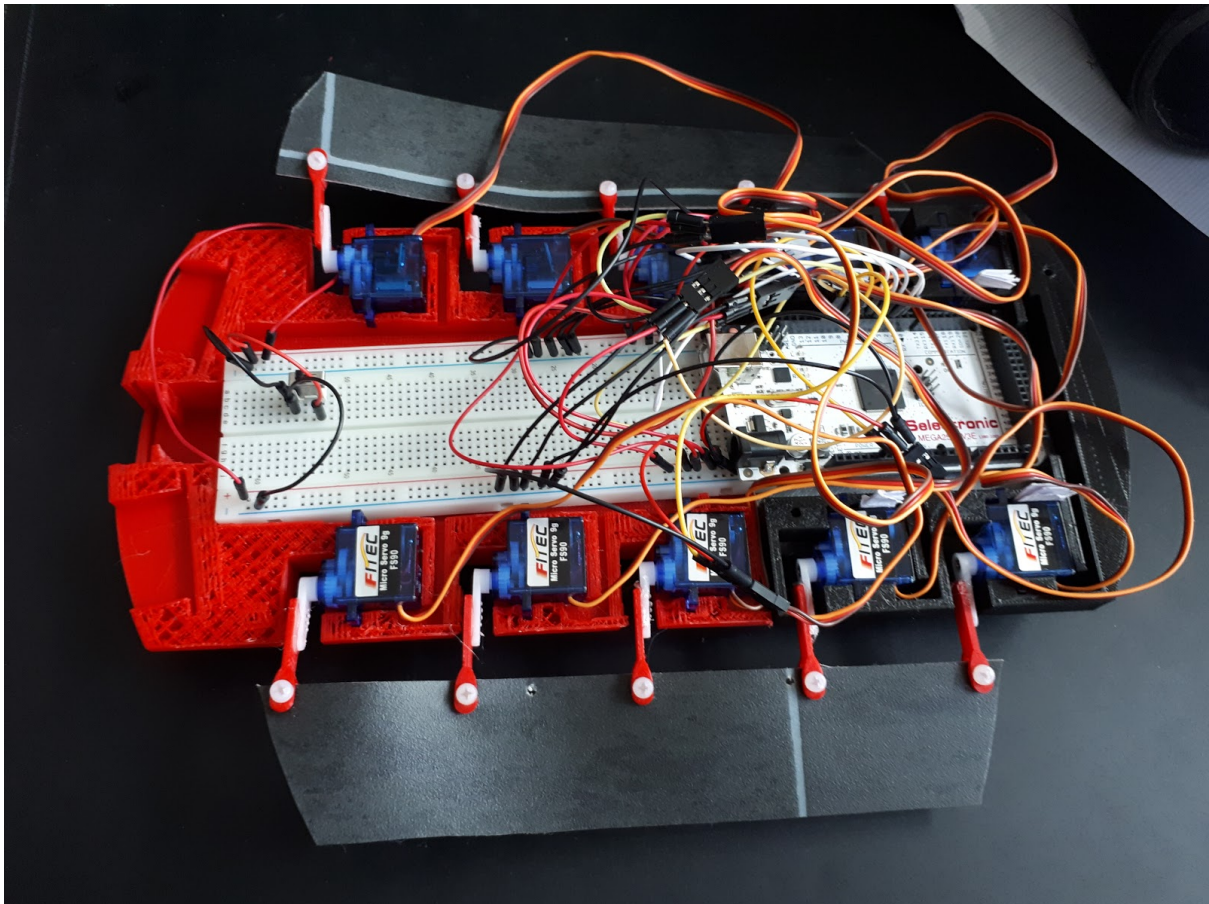


Projet 13

Robot à système de propulsion déformable



Sommaire

Sommaire	2
Introduction	3
I. Présentation globale du projet	4
1.1. Objectifs	4
1.2. Cahier des charges	4
1.2.1. Propulsion	4
1.2.2. La carte électronique	4
1.2.3. Le Châssis	5
1.2.4. Contrôle et détection de l'environnement	5
II. Réalisations au cours du semestre	6
2.1. Système de propulsion	6
2.1.1. Les servomoteurs	6
2.1. Conception et impression du châssis	7
2.3. La carte électronique	8
2.3.1. Composants à intégrer	8
2.3.2. Schematic et routage	8
III. Limites et perspectives pour les prochains semestres	9
3.1. Amélioration des nageoires	9
3.2. Contrôle manuel ou autonome du robot	9
Conclusion	10
Annexe: Schema électrique de la carte	11

Introduction

Sur le marché actuel, on trouve très peu de robots amphibies. En effet, les systèmes de propulsion traditionnellement utilisés sont développés pour des tâches bien précises et ne sont pas adaptés pour fonctionner dans différents environnements. Cependant, de nouvelles techniques voient le jour, notamment grâce à l'émergence de la robotique molle (Soft Robotics). Ce nouveau domaine s'inspire fortement de la manière dont les organismes vivants se déplacent et s'adaptent à leur milieu. L'un des objectifs de la robotique déformable est notamment d'accroître la mobilité des systèmes électromécaniques en utilisant des matériaux à la fois rigides et déformables.

Une grande majorité des animaux amphibiens utilise un mode de déplacement très particulier propre à leur anatomie. On retrouve notamment le mouvement d'ondulation caractéristique de certains serpents aquatiques. Ce même mouvement est également repris par la raie manta, lui permettant de se déplacer dans l'eau. Seul l'inclinaison de l'ondulation (sur un plan horizontale ou verticale) différencie le mode de déplacement de ces deux animaux.

L'objectif principale de ce projet est donc de développer un robot doté d'un système de propulsion par ondulation lui permettant d'évoluer aussi bien dans un milieu aquatique que sur la terre ferme.

I. Présentation globale du projet

1.1. Objectifs

Nous avons décidé de retranscrire le mouvement d'ondulation à travers des nageoires dont on peut changer l'inclinaison pour adapter le déplacement du robot en fonction de son environnement. Il nous faut pour cela trouver un matériau aux propriétés physiques adaptées au mouvement souhaité et développer le système électromécanique permettant de le mettre en oeuvre. Il nous faut également concevoir une carte électronique ainsi qu'un algorithme permettant le contrôle du dispositif. De plus, nous souhaitons qu'à terme, le robot devienne autonome et pour cela la carte électronique doit pouvoir accueillir différents capteurs permettant de détecter à quel environnement le robot fait face.

1.2 Cahier des charges

1.2.1. Propulsion

Le robot est doté de deux nageoires artificielles ondulantes de chaque côté de son châssis. On utilise des servomoteurs alignés pour donner le mouvement d'ondulation aux pales. Le nombre de servomoteurs est défini en fonction de la longueur de la pale, de l'amplitude des ondulations ainsi que du nombre de points d'appuis au sol souhaités. Concernant ce dernier point, nous avons fixé à 2 le nombre d'appuis au sol de chaque côté du robot afin que le dispositif soit stable. La jonction entre la nageoire et les servomoteurs se fait via une bielle. La nageoire doit être assez déformable pour pouvoir supporter l'ondulation imposée par les servomoteurs et doit être assez rigide pour supporter le point du robot. De plus, le matériau utilisé doit avoir une certaine rugosité pour pouvoir adhérer au sol et permettre au robot d'avancer correctement.

1.2.2. La carte électronique

L'avantage de fabriquer sa propre carte électronique est de pouvoir utiliser uniquement les entrées/sorties du microprocesseur dont on a besoin et de ne pas surcharger la carte de fonctions inutiles au projet. De plus, cela nous permet d'adapter la disposition des pins de connexion des servomoteurs et des différents capteurs et donc de gagner énormément de place. La principale contrainte pour cette carte est que le microprocesseur utilisé doit pouvoir générer assez de signaux PWM pour accueillir au moins 10 servomoteurs. De plus, la carte doit pouvoir adapter la tension d'alimentation de la batterie aux différents besoins des composants.

1.2.3. Le Châssis

Le châssis du robot doit pouvoir accueillir les servomoteurs nécessaires à la propulsion ainsi que la carte électronique, le système d'alimentation (batterie) et les différents capteurs inhérents au fonctionnement autonome du robot. Les dimensions du châssis sont fixées notamment par le nombre de servomoteurs utilisés et par la taille des autres composants électronique. Afin de limiter le poids total de la structure nous utilisons l'impression 3D qui permet de fabriquer des objets à la fois creux et résistants. Enfin, l'appareil étant amené à se déplacer dans l'eau, le châssis doit donc être étanche. Étant donné que le projet porte en premier lieu sur les compétences IMA, l'étanchéité du robot fera l'objet d'une étude secondaire avec l'aide d'étudiants en Conception Mécanique.

1.2.4. Contrôle et détection de l'environnement

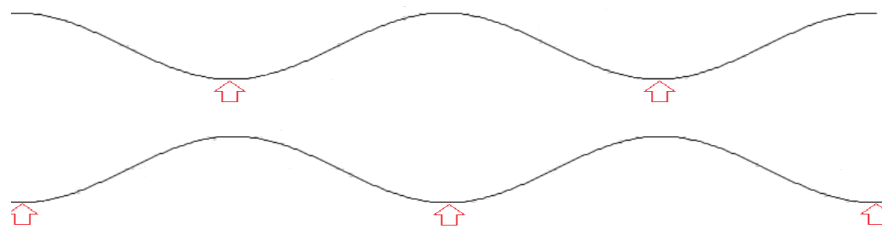
Le dispositif a pour but final d'être complètement autonome. Pour cela nous implémentons un algorithme qui permet de reconnaître son milieu et d'adapter son déplacement en fonction. Pour ce faire, le robot doit intégrer des détecteurs d'obstacles ainsi qu'un système permettant la reconnaissance de milieu aquatique. L'appareil doit également être télécommandable pour que l'utilisateur puisse prendre la main sur son déplacement. Nous proposons pour cela d'intégrer une télécommande infrarouge au projet ainsi qu'une caméra.

II. Réalisations au cours du semestre

2.1. Système de propulsion

2.1.1. Les servomoteurs

Nous avons tout d'abord commencé par réfléchir au nombre optimal de servomoteurs pour avoir un appui stable avec le sol lorsque la pale est à l'horizontale. Etant donné sa forme ondulée, il faut au moins deux points d'appuis de chaque côté pour assurer la stabilité. On en a donc conclu qu'il fallait au moins 5 servomoteurs de chaque côté:



Pour limiter la longueur du robot nous avons cherché des modèles de servomoteur de petites tailles tout en faisant un compromis sur le couple développé par ce dernier. Le SG90 est le modèle le plus facile à trouver et aussi celui que nous avons sous la main. Il peut développer un couple de 1800g/cm. On estime alors la masse total du robot à environ 500 g et en se plaçant dans la configuration la plus défavorable le poids est réparti sur 4 points d'appuis (125 g chacun). On a donc un couple appliqué sur chaque servomoteur $C = 125 \times L$ g.cm et on en déduit une largeur de pale $L = 1800/125 = 14,4$ cm à ne pas dépasser pour que le robot puisse supporter son propre poids.

2.1.2. Choix du matériau et conception de la pale

Le caoutchouc est un matériau déformable et rugueux et paraît être parfaitement adapté à notre problème. Nous avons donc pensé à découper nos premiers prototypes de nageoire dans des feuilles de caoutchouc. Cependant, faute de livraison de ce matériau, nous nous sommes contenté de lino pour découper les pales. La faible rigidité de ce matériau s'est reflété au cours des tests que nous avons effectués. Concernant les dimensions de la nageoire, nous avons pensé à différentes configurations qui ont toutes été testées.

2.1.3. Tests avec différents formats de pale

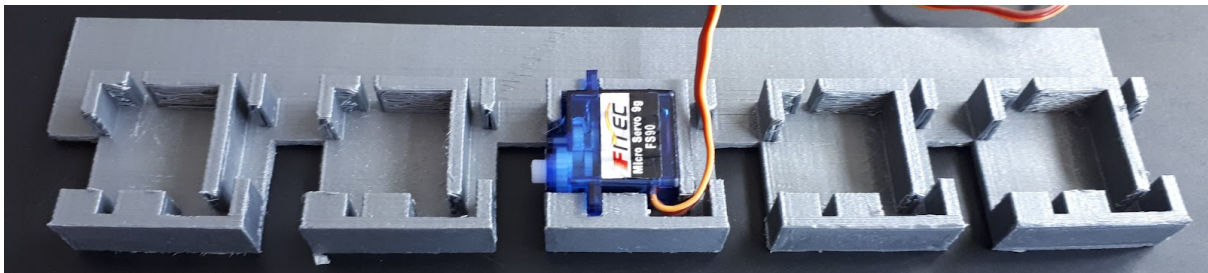
Pour la première simulation nous avons donné une forme ondulée à la nageoire qui décrit un arc de cercle parfait entre chaque bielle. Cependant, la forme donnée à la pale impose trop de contrainte aux servomoteurs et le matériau est trop déformable donc on ne retrouve pas le mouvement d'ondulation commandé par les servomoteurs. Pour pallier à ce problème, il

aurait fallu espacer davantage les servomoteurs ce qui nous aurait contraint d'avoir un châssis plus long et donc plus lourd.

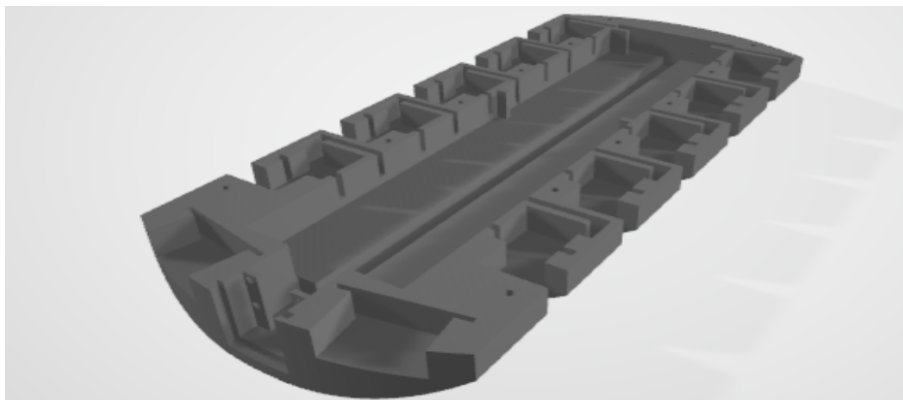
Nous avons donc réessayé en redimensionnant la pale avec une forme ondulée moins prononcée que précédemment. Pour cela, on s'est fixé une amplitude du mouvement des servomoteurs de 20° et on a calculé la longueur nécessaire de la pale entre chaque bielle. Cette fois ci, on s'est rendu compte que l'algorithme d'ondulation comme nous l'avions implémenté pour 5 servomoteurs ne permet pas de faire onduler la nageoire correctement. Encore une fois on constate qu'il faudrait augmenter la distance entre les servomoteurs ou en ajouter un sixième. Nous sommes donc passé sur un deuxième modèle avec 6 servomoteurs. Dans ce cas les servomoteurs sont deux à deux en phase ce qui permet d'avoir 2 points d'appuis au sol en permanence. Ce nouveau modèle permet bien d'obtenir une ondulation des pales. Nous avons également testé en inclinant les pales à la verticale comme prévu pour le déplacement terrestre. Le résultat obtenu n'est pas concluant étant donné que le matériau est trop flexible et ne permet pas de soutenir le poids du robot.

2.1. Conception et impression du châssis

Dans un premier temps nous avons conçu un châssis faisant uniquement office de support pour 5 servomoteurs alignés. Ce premier prototype a été imprimé assez rapidement afin de pouvoir réaliser les premiers tests sur les nageoires.



Dans un second temps, nous nous sommes penchés sur le châssis pouvant accueillir tous les composants du robot, à savoir les 10 servomoteurs, la carte électronique, la batterie ainsi que les capteurs de distance et d'eau et la caméra. Nous avons rencontré différents problèmes lors de l'impression, notamment le fait que la pièce finale était trop grande pour être imprimée en un seul morceau. Seul la partie basse a été imprimée puisqu'elle suffit pour réaliser les tests de déplacement.



2.3. La carte électronique

2.3.1. Composants à intégrer

Nous avons fait le choix d'utiliser le microprocesseur ATMEGA-2560 qui peut fournir 12 signaux PWM indépendants nous permettant ainsi de contrôler tous les servomoteurs. Nous avons également choisi d'utiliser deux capteurs de distance infrarouge qui seront placés à l'avant du robot. Ces derniers permettent au robot, en mode autonome, de ne pas heurter un obstacle dans sa course. Concernant la détection du milieu aquatique, nous n'avons pas trouvé de capteur adapté à notre problématique. En effet, nous avons uniquement trouvé des capteurs d'humidité dont la mesure n'est pas du tout caractéristique d'un milieu aquatique ou terrestre. Nous avons trouvé une autre solution : on place deux électrodes à l'extérieur du châssis et on applique une tension sur l'une des deux. Si le robot est bel et bien dans l'eau, on peut détecter une tension sur la deuxième électrode. Pour ce qui est du pilotage manuel, nous intégrons au montage un récepteur infrarouge (tsop) qui permettra de commander le robot à distance grâce à une télécommande (qui fera l'objet d'une autre étude au prochain semestre).

Pour alimenter le robot de manière autonome, nous avons choisi une batterie de type 'power bank' qui possède 2 sorties USB 5V. Cela nous permet notamment d'alimenter indépendamment la carte et les servomoteurs qui sont très gourmands en énergie lors du fonctionnement du robot. De plus, cette batterie possède déjà un régulateur ce qui nous permet d'alimenter le microprocesseur fonctionnant également sous 5V, sans avoir besoin d'adapter la tension en entrée.

2.3.2. Schematic et routage

Pour effectuer le schematic, nous avons tout d'abord lu la datasheet des différents composants pour savoir à quelles broches du microcontrôleur les relier. Par exemple le servomoteur a une pin de masse, d'alimentation(5V) et une pin numérique (cf annexe). Pour éviter les hautes fréquences au niveau du quartz, nous avons dû mettre des capacités de découplages. Nous n'avons pas encore effectué le routage car nous avons quelques problèmes techniques. Pour faciliter la réalisation du schematic, nous avons repris un fichier fritzing que nous avons converti pour le rendre compatible sur Altium mais le logiciel ne reconnaît pas certaines empreintes de composants.

III. Limites et perspectives pour les prochains semestres

3.1. Amélioration des nageoires

Lors des prochaines séances de projet, nous souhaitons refaire chacun des tests sur les différents formats de nageoires mais cette fois-ci avec du caoutchouc. Ce matériau possède les caractéristiques que nous recherchons et le comportement des nageoires observé lors des précédents tests pourrait être totalement différent. À l'issue de ses expérimentations, nous pourrions définitivement valider le choix du matériau et nous concentrer davantage sur le contrôle du robot. Le seul inconvénient que nous avons anticipé avec le caoutchouc est qu'il a une masse volumique importante et donc demande plus de puissance aux servomoteurs lors du déplacement. Pour pallier à ce problème, nous avons pensé à l'impression 3D avec un matériau déformable tel que le TPU (polyuréthane thermoplastique). L'intérieur de la nageoire serait donc remplie sous forme de mésostructure à la fois rigide, déformable et de faible masse.

3.2. Contrôle manuel ou autonome du robot

Afin de prendre le contrôle manuellement sur le robot nous avons décidé de fabriquer une télécommande infrarouge capable de communiquer avec la carte électronique. Pour cela nous souhaitons concevoir entièrement une carte électronique permettant à l'utilisateur de diriger le robot, d'adapter sa vitesse et de changer l'inclinaison des pales. Néanmoins, l'utilisateur doit pouvoir se rendre compte de l'environnement qui entoure l'appareil. C'est pourquoi nous avons décidé d'intégrer une caméra au robot. Du fait que la récupération des images de la caméra à distance est impossible à mettre en œuvre avec une simple carte basée sur l'ATmega, on utilise une carte Raspberry Pi capable d'interagir avec un ordinateur via le réseau wifi.

L'objectif final du projet est que l'appareil soit totalement autonome et qu'il accomplisse seul la mission pour laquelle il est programmé. En fonction du cas d'utilisation, nous aimerions développer un algorithme de reconnaissance d'objet permettant au robot de détecter la cible qu'il doit atteindre sans intervention humaine.

Conclusion

Nous avons passé notre semestre sur la conception de ce robot. Nous avons défini un cahier des charges qui nous permet de voir où nous en sommes et la direction à prendre dans les semestres futurs. Nous avons aussi créé différents prototypes pour vérifier nos hypothèses. La conception du premier châssis nous a permis de vérifier s'il était possible de faire des ondulations. Nous avons aussi créé un châssis complet permettant de tester si le robot pouvait se déplacer. Ce test nous a montré que notre idée de base n'était pas possible et nous a ouvert les yeux sur d'autres types de possibilités d'ondulation.

L'année prochaine sera alors dédiée principalement au déplacement du robot, la finition du PCB et le guidage du véhicule.

Annexe: Schema électrique de la carte

