

RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ÉTUDES
DE DUT GMP

Sujet : Assemblage et amélioration d'un robot de
type SSL

Jade Pestel
GMP 2019-2021

Maître de stage :
Pierre Grangé-Pradéras

Enseignants :
Céline Dobigeon
Philippe Klepacz

Remerciements

Avant toutes choses, j'aimerais remercier ceux qui m'ont accompagné durant mon stage.

Je tiens à remercier M. Pierre Grangé-Pradéras en qualité de maître de stage, et M. Etienne Schmitz en qualité de chef d'équipe pour m'avoir accueilli, et m'avoir apporté le soutien dont ils ont pu faire preuve tout au long de ma période de stage.

Je remercie également M. Maxime Caillet que j'ai pu solliciter pour des questions techniques.

Je remercie les autres stagiaires et membres de l'équipe NAELIC pour avoir montré un intérêt certain en vue de la réalisation du projet qui nous fut confié, et sur lequel nous pourrions continuer de travailler ensemble dans le futur.

Je remercie enfin M. Philippe Klepacz et Mme Celine Dobigeon en qualité respective d'enseignant responsable des stages au sein du département et d'enseignant référent durant mon stage.

Table des matières

Présentation de la structure d'accueil	6
Présentation de la robocup	7
La ligue SSL	7
L'équipe NAELIC	8
Définition du sujet	9
Module Roue	10
La roue	11
Problèmes du module roue	12
Module kicker + Dribbleur	12
Le kicker	12
Le dribbleur	13
Problèmes du module Kicker + Dribbleur	14
Solutions mises en places	15
Difficultées rencontrées	17
Conclusion	17
Annexe	19
Cahier des charges	19
Baptiste Bordenave - Software	19
Guran le Diréach - Software	20
Godefroy - Système embarqué	21
Sitographie :	23

Introduction

Étudiante en DUT GMP de l'université de Bordeaux (diplôme Universitaires de technologie en Génie Mécanique et productique), parcours robotique. Dans le cadre de mes études, je devais valider un stage de 10 semaines en entreprise.

Mon stage a donc eu lieu au sein de l'équipe de foot-robotique NAELIC, associée au fablab coh@bit et dirigée par M Etienne Schmitz. J'ai effectué mon stage aux dates suivantes : du 10/05/2021 au 02/07/2021. Nous étions durant cette période 4 stagiaires à travailler sur des robots de l'équipe.

Vous pouvez trouver en annexe les cahiers des charges des autres stagiaires.

La mission qui m'a été confiée était d'assembler et d'améliorer un prototype de robot de compétition de type SSL.

1.Présentation de la structure d'accueil

Le stage est effectué à Coh@bit, un fablab de l'université de Bordeaux et au technoshop auquel il est affilié.

Un FabLab (contraction de l'anglais fabrication laboratory, « laboratoire de fabrication ») est un lieu où toute personne, quel que soit son niveau de connaissance, peut venir expérimenter, apprendre ou fabriquer par elle-même tous types d'objets (prototype technique, meuble, objet artistique ou design, objet interactif, etc...). Pour cela, chaque membre peut venir utiliser les différentes machines du FabLab, apprendre des autres membres ou participer aux différents projets collectifs.

Les FabLab sont des lieux ouverts où entrepreneurs, designers, artistes, bricoleur, étudiant ou hackers en tout genre, se côtoient. Ils constituent un espace de rencontre et de création collaborative qui permet, entre autres, de fabriquer des objets uniques : objets décoratifs, objets de remplacement, prothèses, orthèses, outils... Mais aussi de transformer ou réparer des objets de la vie courante.

Le concept de FabLab a été pensé par Neil Gershenfeld, physicien et informaticien, professeur au sein du MIT, à la fin des années 1990.

Le Media Lab du MIT, en collaboration avec le « Grassroots Invention Group » et le « Center for Bits and Atoms » (CBA), également du MIT fonda, en 2001, le premier fablab.

En France, les premières initiatives sont lancées à partir de 2009 : Artilect FabLab Toulouse en 2009, puis Ping, Nybi.cc et Net-iki en 2011, le FacLab de l'université de Cergy-Pontoise, les LabFab de Rennes, de Lannion, Grenoble et Montpellier en 2012...

Pour être appelé FabLab, un atelier de fabrication doit respecter la charte des FabLabs, mise en place par le Massachusetts Institute of Technology (MIT).

La version originale de la charte (en anglais) est disponible sur le site du MIT

Un réseau mondial de plus de 600 FabLab existe maintenant, connectant les gens, les communautés et les entreprises à travers le monde et leur permettant de collaborer, de résoudre des problèmes et de réfléchir à des idées.

2. Présentation de la robocup

La Robocup est une compétition mondiale de robotique. Cette compétition est née d'une idée ambitieuse : faire jouer des robots humanoïdes avec des humains lors de la coupe du monde de foot 2050.



Figure 1: Logo Robocup

Au-delà de cet objectif, la robocup est aujourd'hui l'un des plus gros événements technologiques mondial concernant la recherche et l'éducation en robotique. Cette compétition rassemble plusieurs centaines d'équipes venant de différents pays. Réunissant ainsi une communauté de passionnés, des milliers de participants et un aussi grand nombre de robots. En plus de cela, c'est aussi un symposium international, traitant des différentes technologies et sujets que vous pouvez retrouver au sein de la robocup, le tout étant souvent Open-source.

La Robocup se divise en différentes ligues. Même si à l'origine la robocup ne concernait que le football, aujourd'hui, c'est bien différent. La ligue nous concernant est la ligue SSL : il s'agit d'une épreuve de football, les robots sont confrontés à un environnement dynamique, et comme lors d'une partie de football doivent marquer le plus de points dans le camp adverse.

2.1. La ligue SSL

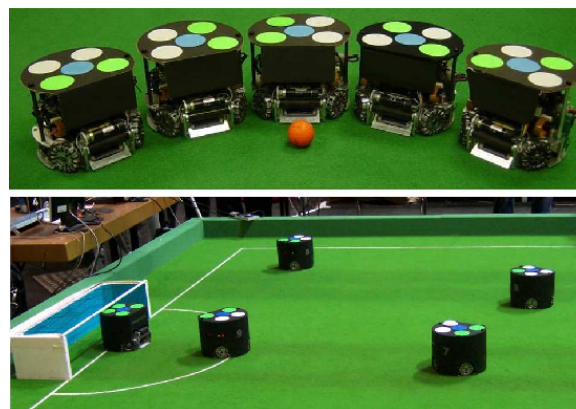


Figure 2: Exemple Robot SSL

Au sein de chaque ligue, il existe des sous-ligues.

La ligue qui nous concerne se trouve être la SSL (Small Size League). Cette ligue a la particularité, outre d'être une des plus anciennes, de se concentrer sur le problème du contrôle de plusieurs robots. Deux caméras sont attaché au-dessus du terrain et transmettent leur flux vidéo à un ordinateur qui va en extraire les données et envoyé des ordres aux robots sur le terrain

Un match nécessite deux équipes de six robots chacune, respectant un cahier des charges précis. Le robot doit correspondre en sa base à un disque de 180 mm et ne doit pas dépasser 150 mm de haut. Le match se joue avec une balle de golf orange sur une moquette verte de 9x6 m. Les communications entre les robots et l'ordinateur qui contrôlent ces derniers doivent se faire en communication radio sur les canaux civils.

2.2.1. L'équipe NAELIC

L'équipe NAELIC (Nouvelle Aquitaine Électrons Libre et Innovation Club) est une équipe fondée il y a peu par le club innovation de l'IUT de Bordeaux et l'association Electron Libre située à Pau. Le gérant de cette équipe est le Dr Patrick Félix, et son chef d'équipe est M Etienne Schmitz. Cette équipe est subventionnée par un projet de la région Nouvelle-Aquitaine. Cette équipe participera avec sa flotte de robots à la Robocup 2022 qui aura lieu à Bangkok. C'est donc au sein de cette équipe que j'ai pu effectuer mon stage.

Pour que l'équipe NAELIC puisse se lancer, l'équipe NAMEC (Nouvelle-Aquitaine Mécatronique Club), une équipe de robotique créée en 2017 avec le soutien de l'équipe Rhoban et d'enseignants-chercheurs du LaBRI, a prêté des robots à l'équipe NAELIC, ce qui a grandement facilité la conception des robots de NAELIC.

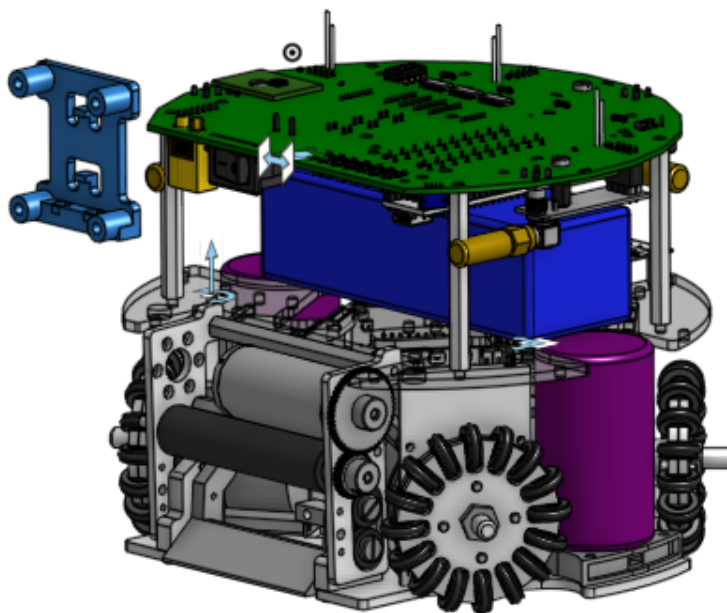


Figure 3 : Modèle 3D du robot NAMEC

3. Définition du sujet

NAELIC étant une nouvelle équipe, elle ne dispose pas encore de robot fonctionnel. Ma mission était qu'à la fin de mon stage, nous disposions d'un prototype de robot fonctionnel.

Un robot SSL doit respecter les règles de la compétition tout en étant capable de remplir sa fonction première : jouer au football. Ainsi, ils doivent répondre à un cahier des charges loin d'être simple. La figure 4 donne un diagramme FAST de ce cahier des charges. Lors de mon stage je me suis plus particulièrement intéressée à la partie mécanique du robot.

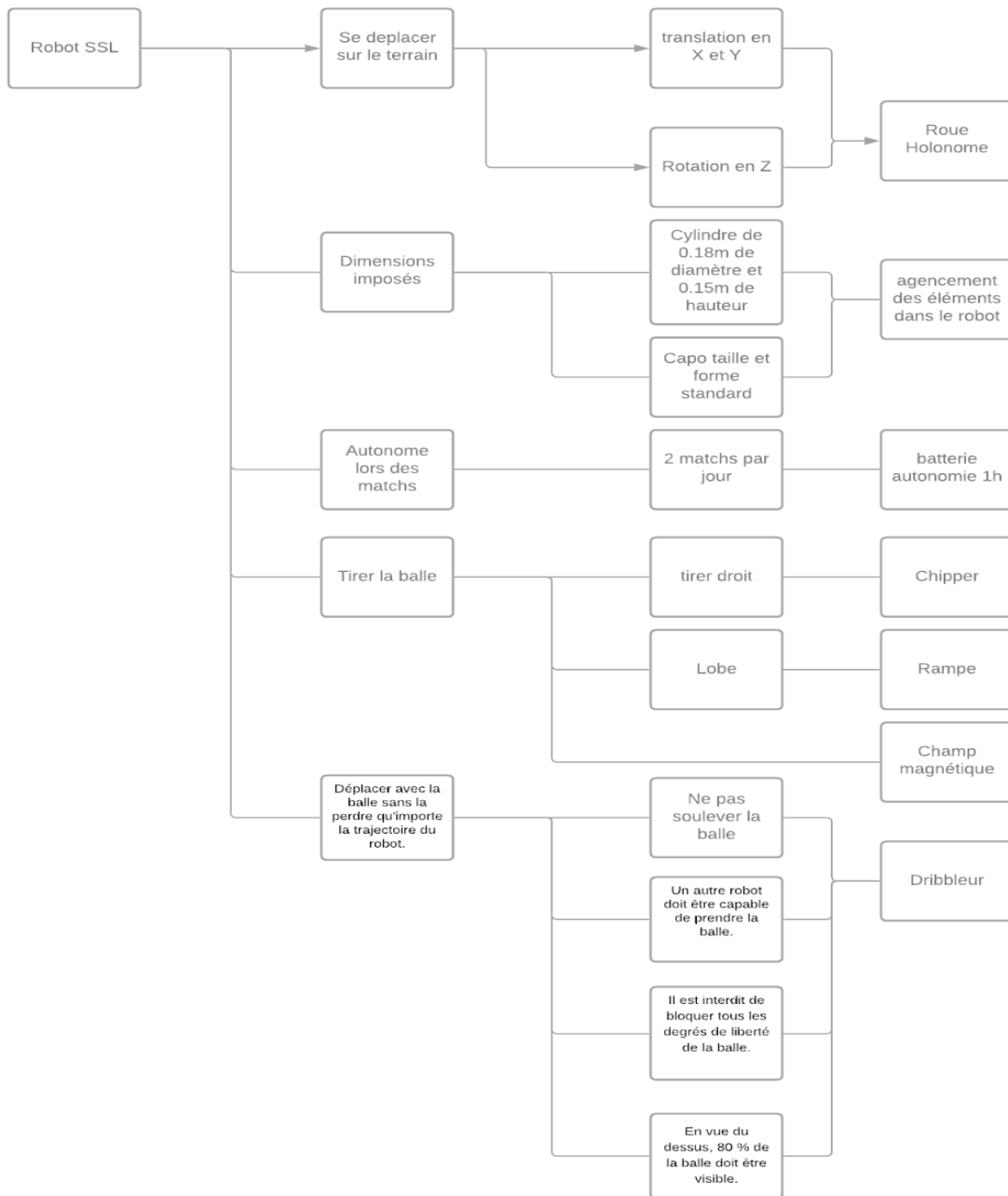


Figure 4: Diagramme FAST de la partie méca du robot SSL

La partie mécanique peut être divisée en plusieurs sous partie appelées "modules". Parmi ces modules j'ai été amenée à travailler sur :

- Roue
- Kicker + Dribbleur

3.1. Module Roue

Pour répondre au CDCF, notre robot possède quatre modules roue.

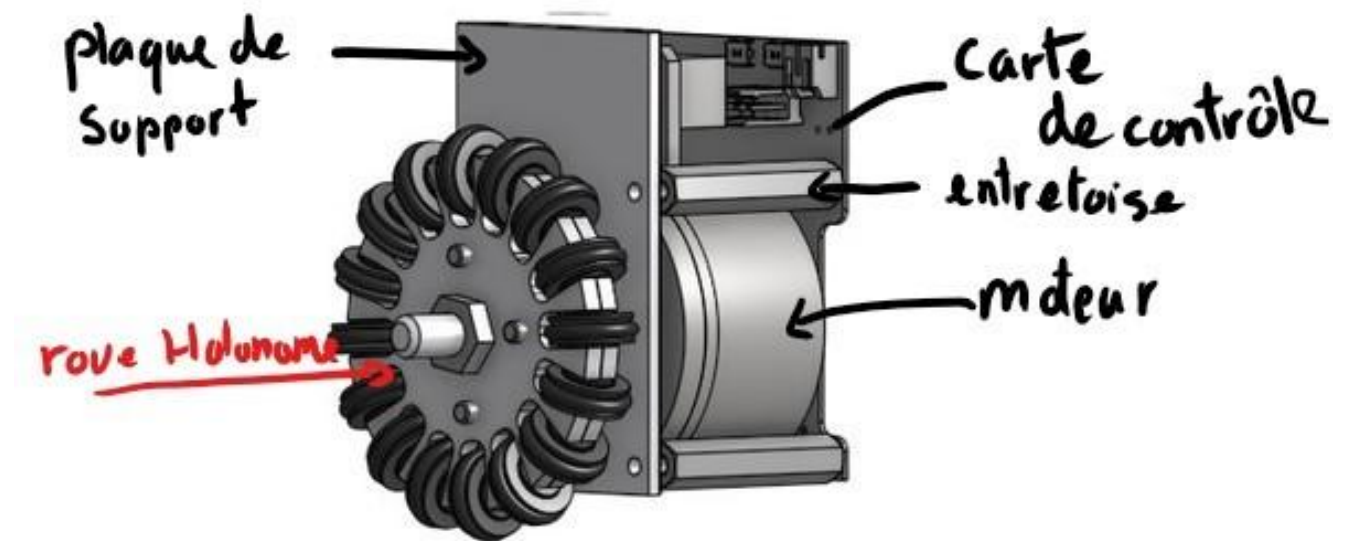


Figure 4: Présentation du module moteur

Le module est constitué de plusieurs éléments:

- une carte de contrôle
- un moteur brushless 70w
- une plaque de support
- 4 entretoise pour maintenir la carte à la plaque de support
- une roue holonome

La roue est liée au moteur grâce à un collet adaptateur serré sur l'axe du moteur.

3.1.1. La roue

Pour répondre à notre besoin, le robot est doté de roues dites "holonomes". Il s'agit d'un mécanisme constitué d'un moyeu et de galets répartis sur sa périphérie.

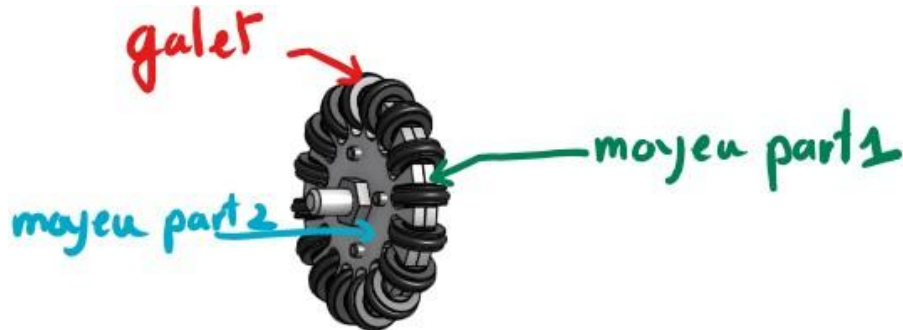


Figure 5: Présentation de la roue Holonome du robot SSL

Le moyeu est composé de deux pièces usinées en CNC en aluminium et d'un collet adaptateur pour fixer la roue à l'axe du moteur.

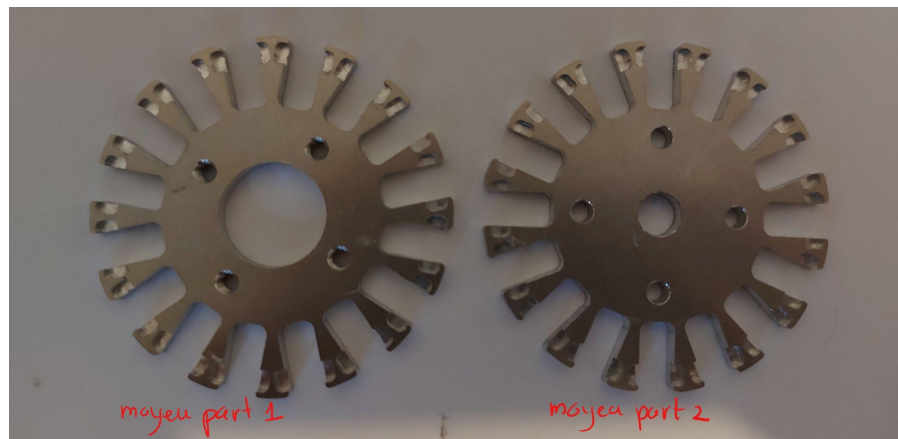


Figure 6: Pièces du moyeu du prototype

Notre roue comporte 16 galets, chaque galet est composé d'une roue, d'un axe et de deux rondelles.

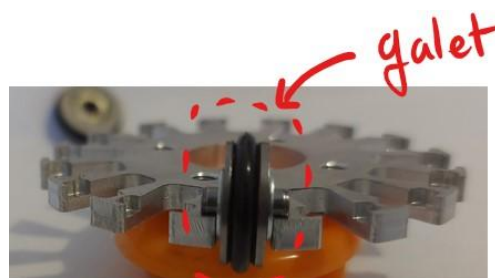


Figure 7: un galet du prototype sur un moyeu 1

3.1.2. Problèmes du module roue

Lors de l'assemblage du robot lors de la première semaine, je me suis retrouvée dans l'incapacité de monter le module pour plusieurs raisons :

- L'alésage du moyeu 1 était trop petit, et le collet, qui doit normalement faire un appui plan sur le moyeu 2, ne pouvait pas passer.
- Certains éléments standards n'étaient pas conformes à nos besoins : les entretoises présentent un pas de vis à gauche alors que nous avons besoin de pas de vis standard et les axes des galets avaient une mauvaise longueur (8mm au lieu de 6mm).
- La carte électronique ne nous a pas été livrée.

3.2. Module kicker + Dribbleur

3.2.1. Le kicker

Le kicker sert à tirer la balle, il doit être capable d'effectuer des tirs droits, mais aussi de "lober", c'est-à-dire d'envoyer la balle en l'air avec un angle. Pour arriver à avoir ses deux effets, le kicker du robot est équipé de deux sous-ensembles :

- Le kicker droit ou "chipper"
- Le kicker lobe

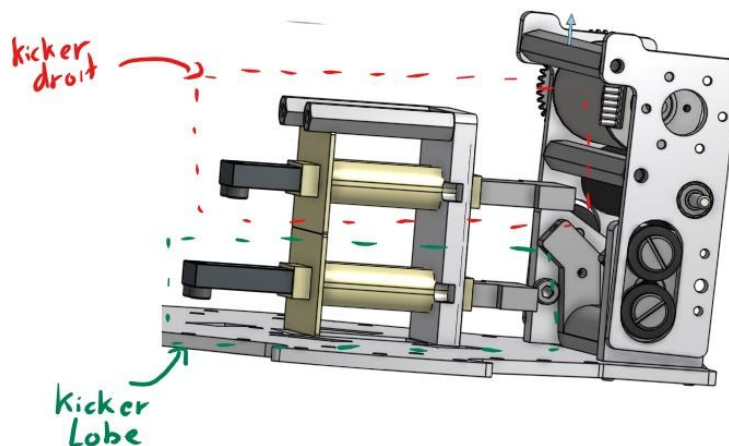


Figure 7: Présentation du Module kicker

Le kicker droit va directement frapper la balle, pour l'envoyer en ligne droite.

Le kicker lobe lui va indirectement frapper la balle. Il va d'abord frapper une rampe (voir figure 9) qui va par la suite frapper la balle, lui donnant un angle.

Les kickers sont en liaison glissière avec le cœur (figure 8). Pour créer cette liaison, le cœur est bobiné de fils de cuivre (fil de diamètre 0.8mm) et est relié à une source de courant pour créer un champ magnétique. La moitié du kicker est faite en acier et est liée à l'autre partie du kicker, lui fait d'aluminium, ainsi lorsque le circuit est fermé le champ magnétique pousse le kicker vers la balle.

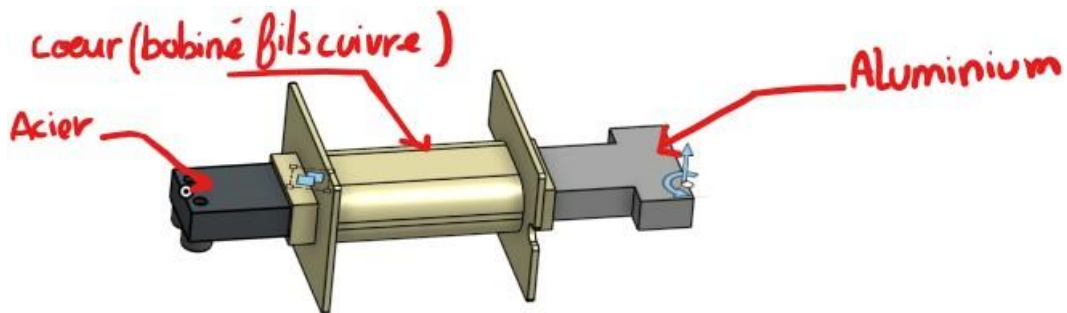


Figure 8: Fonctionnement du kicker

3.2.2. Le dribbleur

Le dribbleur est un élément clé du robot SSL, il permet au robot de se déplacer sans perdre la balle. Il doit répondre à un CDCF très strict dû à de nombreuses réglementations qui l'entourent et à son importance dans le fonctionnement du robot.

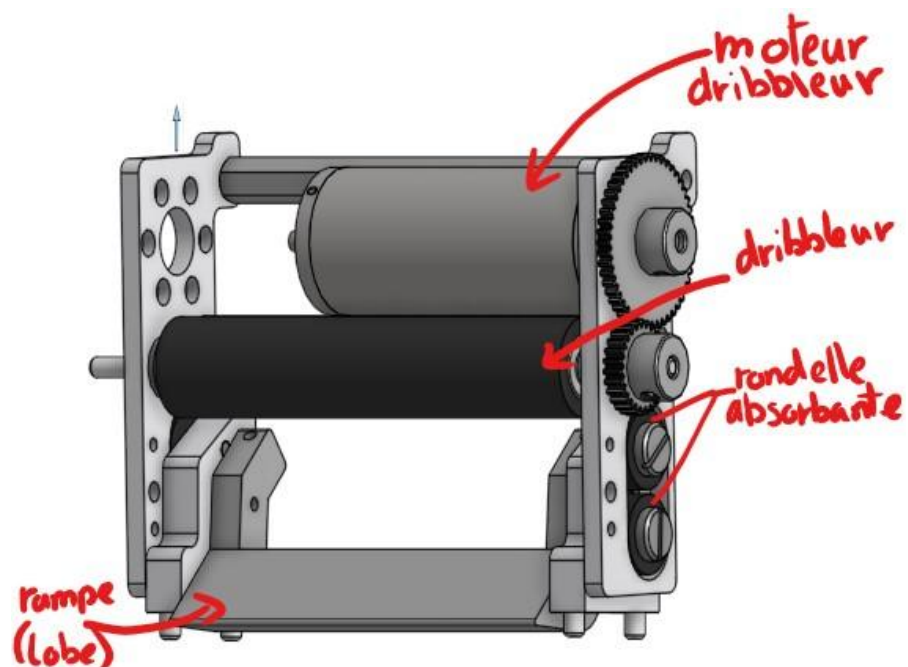


Figure 9: Présentation du dribbleur

Le moteur entraîne un engrenage qui transmet un couple au dribbleur. Le dribbleur est un cylindre en résine élastique sur un arbre. Il ne s'agit pas d'un cylindre lisse, il possède des stries hélicoïdales qui permettent de maintenir la balle contre le robot et au milieu.

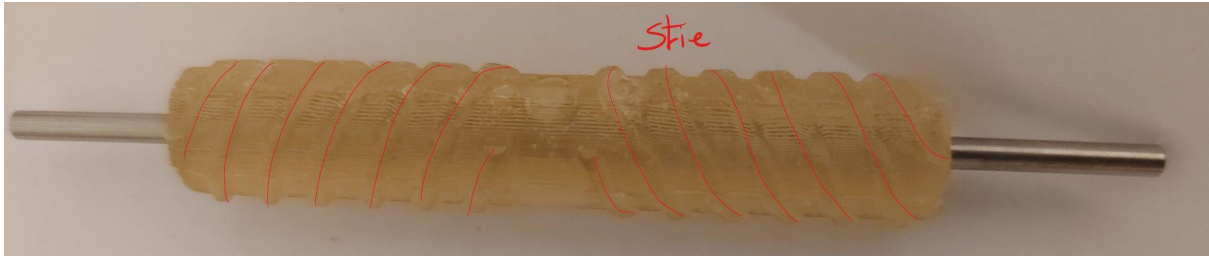


figure 10: Le dribbleur du prototype

Le dribbleur est maintenu au reste du robot par quatre rondelles absorbantes. Elles sont là pour amortir le choc produit lorsque la balle rentre en contact avec le dribbleur et ainsi éviter qu'elle ne rebondisse.

3.2.3. Problèmes du module Kicker + Dribbleur

Lors de l'assemblage du robot pendant la première semaine, je me suis retrouvée dans l'incapacité de monter le module pour plusieurs raisons :

- Les pièces du kicker en acier étaient manquantes, elles n'avaient pas été usinées.
- Les cœurs n'avaient pas été bobinés.
- Certains éléments standards n'étaient pas conformes à ce dont nous avons besoin. Les entretoises permettant de maintenir le dribbleur possédaient un pas à gauche au lieu de droite.

Il est aussi important de préciser que le jeu au niveau des rondelles élastiques est variable entre chaque robot. Il s'agit d'un problème qui remonte au robot de NAMEC et qui n'a pas été corrigé lors de la conception de ce prototype. Il faudrait quantifier le jeu dans le futur pour optimiser le robot.

3.3. Solutions mises en places

Pour mener à bien mon stage, je me devais de résoudre les problèmes survenus qui ont empêché l'assemblage du robot.

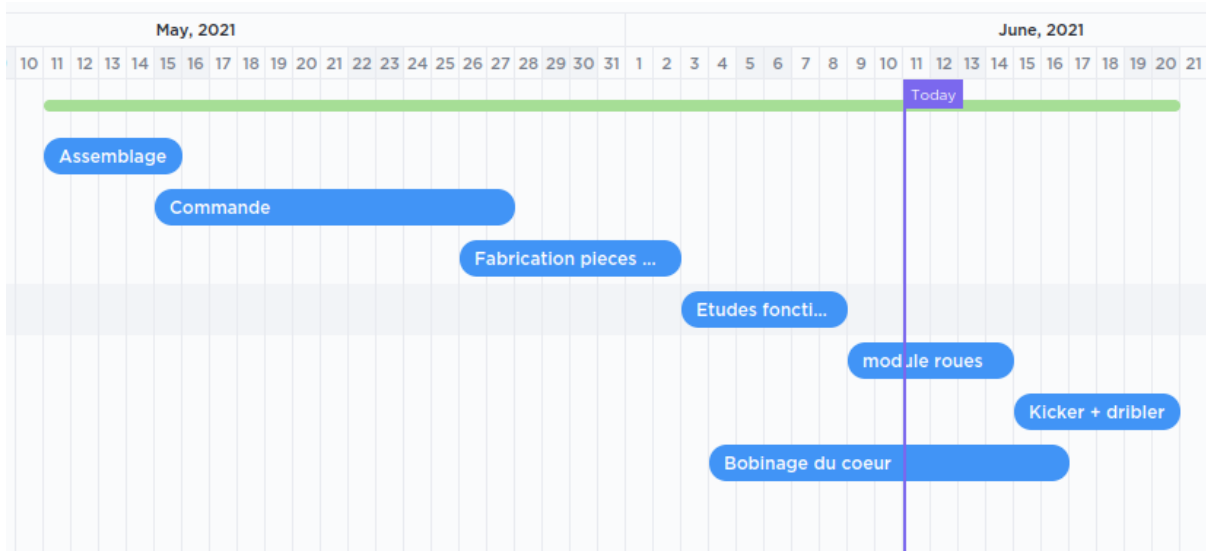


Figure 11: Gantt des tâches à réaliser durant le stage

Comme relevé précédemment, un certain nombre de pièces standards ne correspondaient pas aux caractéristiques voulues. Il était impératif de commander les pièces manquantes au plus vite si nous voulions recevoir la commande avant fin juin. Il était aussi très important de garder une trace écrite des éléments commandés pour que les futures commandes puissent se faire rapidement.

Le bobinage du cœur ne peut pas être effectué sur le campus de l'IUT, car le fablab Coh@bit ne possède pas de bobineuse. Il faut donc se rendre à l'Eirlab de l'Enseirb-MatMeca. Malheureusement, le bobinage n'a pas pu avoir lieu pour l'instant à cause d'un manque de matériel. Le fils de cuivre reçu n'est pas du bon diamètre.

Pour les pièces manquantes, après m'être renseignée, aucun programme de fabrication n'avait été fait. Ainsi, j'ai donc utilisé le logiciel de FAO Topsolid pour programmer la fabrication des pièces en acier et par la suite, encadrée par Maxime CAILLET, j'ai usiné les pièces.



Figure 12: Pièces du kicker usinées (pièce gauche en acier)

Après usinage, lors de l'assemblage, il s'est avéré qu'il y a un manque de jeu entre le cœur et les kickers. Ce problème touche aussi bien les pièces en aluminium, qui avaient été usinées avant que j'arrive, que les pièces en acier. À ce stade, j'ignore s'il s'agit d'erreurs de conception ou de fabrication.

Ces problèmes viennent s'ajouter à la liste déjà existante des problèmes relevés lors de l'assemblage préliminaire, c'est-à-dire l'alésage trop petit de la roue et le jeu au niveau du dribbleur.

Ignorant d'où viennent ses problèmes, j'ai entrepris une étude fonctionnelle du robot. Je me suis par la suite rendu compte qu'il n'y avait eu aucune cotation fonctionnelle réalisée sur le robot. Le but final est de pouvoir produire un robot SSL rapidement sans avoir une pièce sur deux mauvaise.

Ainsi j'ai proposé de faire des plans de cotations fonctionnels pour les éléments fonctionnels du robot. Ainsi nous aurons une conception claire du robot qui nous permettra de comprendre les erreurs.

4. Difficultés rencontrées

Au cours de mon stage, j'ai rencontré de nombreuses difficultés :

- Manque d'information : il y avait très peu d'informations au sujet de la partie mécanique, il n'y avait pas de plan de conception ou de modèle 3D à jour. Je n'avais pas non plus d'information précise au sujet des alliages utilisés pour les pièces CNC.
- Les imprévus : les pièces standards non conforme n'étaient pas prévues au programme et a grandement retardé mon stage. Les commandes ont pris du temps à être passé pour des raisons logistiques. Il est aussi arrivé que les machines nécessaires ne soient pas disponibles lorsque j'en avais besoin retardant aussi mes plans.
- Disponibilité : j'avais souvent le besoin de communiquer avec d'autres personnes qui travaillaient aussi sur le projet. Cependant, chacun a des disponibilités différentes, et des imprévus liés au fonctionnement de l'atelier ou service peuvent arriver.
- Organisation, adaptabilité et initiative : tous les imprévus rencontrés durant mon stage demandaient une très bonne organisation et adaptabilité pour être géré. Cependant, j'estime que j'en ai manqué. J'étais souvent un peu perdu et je ne savais que faire pour gérer au mieux la situation.

5. Conclusion

Mes connaissances en conception et mécanique m'ont permis de rapidement comprendre le fonctionnement du robot.

La gestion de projet m'a permis d'organiser mes tâches et de gérer les commandes au mieux. J'ai appris que chaque entreprise avait ses fournisseurs et qu'il y a un certain formatage pour chaque type de demande. On ne peut pas utiliser n'importe quel logiciel.

J'ai pu aussi appliquer mes connaissances en fabrication et méthode lorsque j'ai usiné les pièces CNC manquantes. J'ai pu faire de la FAO avec le même logiciel que GMP utilise : Topsolid. Cependant, à cause de la situation sanitaire, je n'avais jamais eu la possibilité avant ce stage de transférer le programme à la machine. Les connaissances en méthode, telles que dans quel ordre usiner les entités, quelle vitesse et quels outils utiliser, m'ont été très utiles pour créer le programme.

J'ai aussi appris à me servir des références des fraises et autres outils d'usinage pour déterminer les conditions de coupes lorsque l'on veut usiner différents types de matériaux.

Au moment où j'écris le rapport de stage, le projet est loin d'être finalisé. Majoritairement dû aux commandes d'éléments standards essentiels au montage du robot qui ne sont toujours pas arrivés. De plus, certaines pièces usinées présentent encore des défauts dont j'ignore encore la cause actuellement.

Ainsi, pour le temps restant de mon stage, je vais m'attacher à déterminer et corriger les défauts relevés sur les pièces usinées. Les commandes passées en mai ne devraient pas tarder à arriver et l'assemblage d'un prototype fin juin est envisageable.

Au niveau relationnel, j'ai eu la chance de travailler avec d'autres stagiaires sur le même projet. Ils avaient des sujets bien différents du mien, mais ils ont été d'une grande aide pour comprendre le fonctionnement du robot au niveau logiciel et électronique.

J'ai aussi travaillé avec le technoshop et le fablab et découvert un environnement professionnel.

Annexe

Cahier des charges

Baptiste Bordenave - Software

Objectif : Créer un match SSL en 6vs6 en simulation sur grSim

Date du livrable : 25 Juin 2021 à 17h00

Tâches (classement hiérarchique) :

- Documentation:
 1. Code
 2. Tutoriels pour étudiants
- Environnement:
 1. Trouver comment gérer les actions des robots
 2. Organiser les primitives (comportements simples : MoveTo, Kick)
- Comportements individuels:
 1. Faire un MoveTo (se déplacer à un point sur le terrain)
 2. Intégrer une méthode d'évitement d'obstacle sur notre MoveTo (aStar, RRT ou autre)
 3. Créer un goal (qui arrête les tirs adverses)
 4. Créer un défenseur
 5. Créer un tireur
- Comportements collectifs:
 1. Placements des robots (pour passe, tir, ...)
 2. Attaque, défense
- Tâches annexe:
 1. Coup francs, touche et penaltys
 2. Engagements (normal et arrêt de jeu)



Image de GRSim, le simulateur pour la robocup SSL

Guran le Diréach - Software

Réseaux:

Objectif: Avoir une salle SSL fonctionnelle

1. - Mise en place d'un réseau local pour la salle SSL (salle du terrain de robocup SSL).
2. - Configuration des IP des caméras Gigabits et intégrations des flux vidéo au logiciel ssl-vision (<https://github.com/RoboCup-SSL/ssl-vision>).
3. - Calibration de la vision pour borner le terrain, différencier les différents robots, la balle.
4. - Dans un second temps, filtrer les faux positifs

Système Embarqué:

Objectif: Avoir un module com fonctionnel

1. - Mise en place de la communication entre deux antennes NRF24L01+
2. - Mise en place de l'aquittement des paquets
3. - Mise en place de la partie master -> robots et robots -> master
4. - Intégration de la communication à chaque modules du firmware

Software:

Objectif: Construire les primitives des comportements ainsi que la mise en place d'un environnement propice pour le développement de nouveaux comportements

1. - Faire une planification efficace (moins de 60ms)
2. - Optimiser éventuellement cette planification
3. - Création des primitives (MoveTo, Striker, Goal, Passe, switch attaque/défense)

4. - implémentation de premiers comportements de base (aller jusqu'à la balle et tirer, déplacement du gardien en fonction de la balle, ...).

Godefroy - Système embarqué

Système embarqué pour les robots holonomes de type robots SSL

Communication moteurs, et dans un second temps : cinématique & odométrie

1. SPI avec les cartes (custom) moteur
2. Aller voir l'ancien code (très léger)
3. Comme le SPI est full-duplex, il faudrait passer la commande en même temps qu'on lit le statut du driver moteur

Contrôle du Dribbleur

(Sur la nouvelle carte, le contrôleur du dribbleur est intégré)

Carte kicker

1. Déclencher la charge (sur commande du master)
2. Mesurer le voltage du condensateur
3. Tirer, avec une puissance définie
4. Dans un second temps :
 - a. Un sujet: pouvoir régler la puissance en unité SI (m/s): peut-être besoin de refaire un banc de test avec 2 barrières infrarouges

Barrière infrarouge

1. On allume la LED, on mesure le récepteur, on éteint la LED
2. Filtrer (sur-échantillonner dans un buffer circulaire et prendre le majoritaire)
3. Tester les faux positifs et faux négatifs, notamment avec de la lumière naturelle
4. Peut être comparer avec la valeur quand la LED est éteinte

Buzzer

1. Jouer des mélodies, aucune priorité d'ordonnancement
2. Documentation des codes d'erreur sonores

Mémoire flash du robot (hors-firmware)

1. Être capable de stocker des données qui ne sont pas écrasées lorsqu'on re-flash la carte (dans la dernière page de la flash)
2. Id du robot
3. Second temps :
 - a. Peut être la calibration de la puissance du kicker

Communication sans fil

1. SPI avec le NRF24L01 (et la bibliothèque)
2. Il y a deux structures (une pour les instructions, une pour le statut), la taille des messages est fixe
3. On utilise 2 channels (CH1, CH2) variables:

Architecture sur le robot

1. Deux antennes en réception (CH1, redondance)
2. Une antenne pour envoyer le statut (CH2, les robots sont répartis)
3. Pour les adresses 5 octets des NRF24L01
4. Toutes les adresses ont le même préfixe
5. Si il est équipé d'un capot, on utilise l'adresse préfixe de match + id du capot
6. Si il n'est pas équipé de capot, on utilise l'adresse préfixe de dev + id "hard" du robot
7. Benchmark le temps d'un cycle complet lecture/écriture 8 robots

Sitographie

NAELIC

<https://github.com/NAELIC/>

Site Robocup monde

<https://robocup.org/>

SSL Robocup monde

<https://ssl.robocup.org/>

Site Robocup France

<https://robocup.org/>

NAMEC

<https://namec.fr/>

Réseau Français des FabLab

<http://www.fablab.fr/>

RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ÉTUDES
DE DUT GMP

Sujet : Assemblage et amélioration d'un robot de type SSL

Résumé:

Effectué au fablab Coh@bit, mon stage avait pour but d'assembler et d'améliorer un prototype de robot SSL (Small Size League) pour l'équipe NAELIC qui a pour but de participer à la Robocup 2022 Bangkok. Mon sujet était centré sur la partie mécanique du robot.

Abstract:

My internship at the Fablab Coh@bit was to assemble and improve a prototype of robot SSL (Small Size League) for Team NAELIC which aims to participate in the Robocup 2022 at Bangkok. My subject was centered on the mechanical part of the robot.