

Technologie physique

CÉGEP DE LA POCATIÈRE 140, 4^e avenue La Pocatière



Conception et construction d'un robot autonome « L'aventure Eurobot^{OPEN} 2008 »

Projet II

Par
Stéphan Couture
Sébastien Bélanger

Sous la supervision de
Sébastien Demers

Cégep de La Pocatière
Rapport remis le 02 Mai 2008

Table des matières

But.....	p.3
Cahier des charges.....	p.3
Principes physiques de base.....	p.4
Évolution des techniques.....	p.5
Le système de collecte.....	p.6
Le système de trie.....	p.6
Le système d'éjection.....	p.7
Le système de propulsion.....	p.8
Le concept global.....	p.8
Conclusion.....	p.9

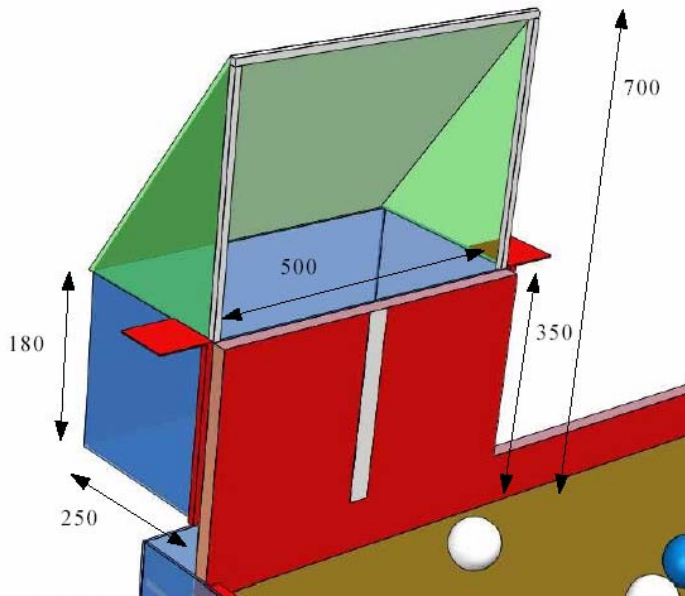
But

Dans le cadre du cours Projet 2, Jean-François et moi avons décidé de continuer le projet entamé en début d'année, c'est-à-dire construire un robot autonome pour participer au concours Eurobot Open 2008 qui se tiendra en Allemagne. Pour nous aider à cette tâche, 3 autres membres font parti de l'équipe. Il s'agit de Sébastien Bélanger, concepteur mécanique, Jonathan Dubé, homme à tout faire et Pierre-Luc Bacon, programmeur du robot qui est résident de Shawinigan. Pour ma part, ma tâche dans cette équipe consiste est d'être le responsable de la production mécanique et d'assister Sébastien dans la conception mécanique du robot.

Cahier des charges

Le règlement officiel du concours étant affiché le 29 septembre et la compétition débutant le 19 mai, nous avons un peu plus de 7 mois pour concevoir et fabriquer la totalité du robot. Quelques points essentiels concernant la mécanique étaient dans ce dit règlement. Tout d'abord les dimensions, le robot devra avoir un périmètre maximal de 120cm avant le début du match, par contre, une fois la partie débutée, des accessoires pourront se déployer pour atteindre un périmètre maximal de 140cm. Il devra atteindre une hauteur maximale de 35cm, cependant, une balise servant à quadriller le terrain peut être déposée sur le dessus du robot, repoussant la limite de hauteur à 43cm.

Pour ce qui est de la stratégie de jeu, quelques éléments étaient également à considérer dans la conception du robot. Tout d'abord, le rôle du robot sera de ramasser des balles sur une surface de jeu de 2,1m par 3m. Celles-ci devront être classées par le robot et mises soit dans le bac correspondant à la couleur de l'équipe participante ou dans la gouttière située sur le côté de la table de jeu. 2 équipes vont s'affronter, une équipe rouge et une autre bleue. Chaque équipe devra manipuler des balles blanches, qui sont neutres, et les balles correspondant à la couleur de l'équipe. Si jamais une balle de l'équipe adverse venait à être ramassée par l'autre équipe, cette dernière devra s'en débarrasser le plus rapidement possible, aucun délai de temps n'a été fixé. Le nombre maximal de balles manipulées simultanément par un robot est fixé à 5. Il sera donc avantageux de pouvoir manipuler un grand nombre de balles, les 5 permises si possible. Ces balles ont un diamètre de 72mm, ce qui constitue en soit une restriction importante car elles demeurent imposantes comparativement aux dimensions du robot. Les balles de jeu seront réparties sur la table de 3 façons distinctes. Premièrement, il y aura des balles éparpillées sur la table de façon aléatoire, toutes couleurs confondues. Ensuite, il y aura 4 distributeurs verticaux contenant chacun 5 balles, 2 de balles blanches et 2 contenant chacun la couleur d'une équipe. La balle du bas sera la seule accessible et sera retenue par une force de 2 newtons. Le robot devra donc être capable de la retirer du distributeur. Finalement, un distributeur horizontal sera fixé sur le côté de la table, en opposition à la gouttière. Celui-ci contenant plusieurs balles, sera activé lorsque le robot ira pousser un levier, faisant basculer du même coup le distributeur.



Il y aura 2 zones pour déposer, ou lancer, les balles. Chaque équipe aura un but assigné à la couleur de son équipe. Il sera à une hauteur de 35cm au-dessus de la surface de jeu, aura une hauteur de 35cm, une largeur de 50cm et une profondeur de 25cm. Le seul détail que nous ayons sur la nature du but, outre ses dimensions, et qu'un tir de force raisonnable ne ressortira pas du but. Le type de filet utilisé ainsi que l'angle du fond du but, tel qu'illustré sur la figure ci-contre ne sont pas connus. Ensuite, une gouttière sera fixée le long de la table de jeu. Celle-ci permettra de déposer les balles dans un ordre

précis, donnant du même coup des points supplémentaires à l'équipe.

Principes physiques de base

Premièrement, il faut dire que quelques membres de l'équipe ont participé à l'édition 2007 de la compétition. En effet, Pierre-Luc, Jean-François et Sébastien ont construit un robot l'an passé. Leur expérience nous a grandement aidé dans la conception du présent robot. La mécanique du robot de l'an passé était presque exclusivement faite de tôle pliée. Évidemment, la fiabilité était plus que douteuse. Cette année, nous avons du rechercher quel matériau aurait le meilleur rapport entre la force, le poids et l'économie d'espace. Après analyse des matériaux disponibles, nous avons conclu que l'aluminium nous donnerait une grande rigidité et serait beaucoup plus léger que l'acier. Le robot devra être recouvert d'une coque protectrice pour empêcher les balles ou même les autres robots de détruire les composantes internes. L'acrylique a été suggéré, mais celui-ci est très difficile à usiner, il n'est pratiquement pas malléable et tend à fendre. Nous avons plutôt opté pour une coque en polycarbonate. Étant plus cher, celui-ci peut résister à des impacts brutaux, il s'usine aisément avec des outils au carbure et se plie à notre guise à la manière de la tôle d'acier.

Ensuite, les balles doivent être ramassées sur la surface de jeu, nous avons décidé de choisir l'aspiration comme moyen de faire entrer les balles à l'intérieur du robot. Des notions d'hydrodynamique ont été mises en jeu. Comme nous le savons, en confinant le flux généré par la turbine d'aspiration dans un espace le plus petit possible, la force que nous pourrions exercer sur les balles sera plus grande.

2 concepts majeurs ressortent en ce qui attrait à l'éjection des balles. Nous pouvons soit les lancer, soit les déposer dans les endroits prévus à cet effet. Malgré que le fait de déposer les balles soit tentant de part sa simplicité. Nous avons décidé de miser sur l'efficacité et de tirer nos balles dans les buts à l'aide d'un canon. Nous sauvons ainsi énormément de temps car le robot n'aura pas à se déplacer chaque fois pour vider ses balles. Cette technique demande plusieurs calculs balistiques : l'angle optimal selon lequel il faut ajuster le canon pour couvrir la totalité de la table, la vitesse à laquelle les balles doivent être relâchées du canon en

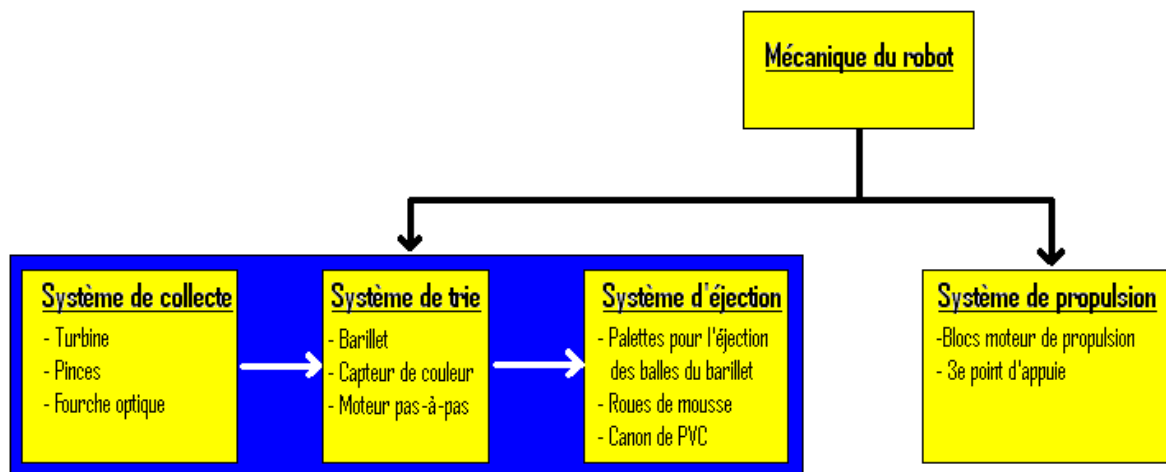
fonction de la distance robot-but. Comme notre canon fonctionne sur le principe que 2 roues élastiques vont tourner, s'écraser en prenant la balle et donner leur énergie à cette dernière en la relâchant, nous devons savoir comment ajuster la vitesse de rotation de nos roues en fonction de la vitesse d'éjection des balles, donc de la distance à parcourir.

Évolution des techniques

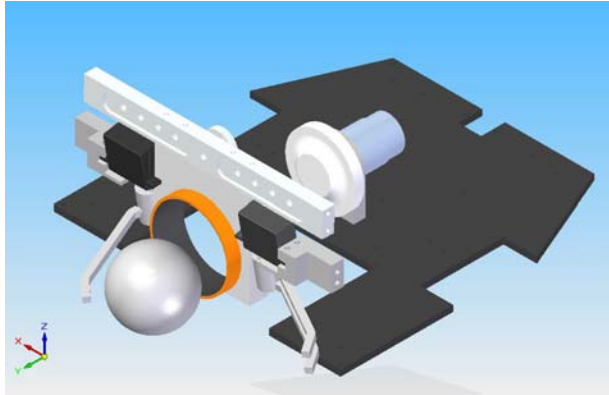
Le robot étant entièrement conçu par nous-même, nous avons passé énormément de temps à l'atelier de mécanique à se servir des différentes machines. 2 d'entre-elles nous ont particulièrement été utiles : la fraiseuse à commande numérique et les tours traditionnels. Nous avons commencé l'usinage des différentes composantes du robot en appréhendant quelque peu l'utilisation de la fraiseuse Milltronics. N'ayant que peu touché à cette machine dans le passé, il a fallu réapprendre à se servir de celle-ci. À force de travail et d'acharnement, nous sommes devenus de plus en plus habiles avec cette machine. Le « design » des pièces se complexifiant de plus en plus, nous avons commencé à utiliser un logiciel pour contrôler la fraiseuse. En effet, le logiciel Mastercam permet d'entrer des plans d'usinage et par le moyen d'une disquette, nous pouvons donner les listes de code générées par le programme à la fraiseuse qui va effectuer automatiquement les compensations de rayon d'outil ainsi que les trajets à suivre par la tête de fraisage. N'ayant plus qu'à entrer les origines de la pièce manuellement, $X=0$, $Y=0$ et $Z=0$, le travail s'effectuait maintenant beaucoup plus rapidement et sans erreur d'opérateur.

Étant maintenant habiles avec la fraiseuse et ayant un logiciel nous permettant d'effectuer des opérations beaucoup plus rapidement, il ne nous restait plus qu'à raffiner nos techniques. Le technicien d'atelier, Frédéric Dubé, fut d'une grande utilité. Il nous a fait prendre confiance en nous pour pousser la machine à de plus grandes vitesses de rotation et d'avance. Améliorant du même coup notre efficacité et la qualité de nos pièces.

Voici un schéma bloc des différentes parties de la construction mécanique interagissant entre elles dans un ordre chronologique, partant de la collecte de la balle à son éjection :



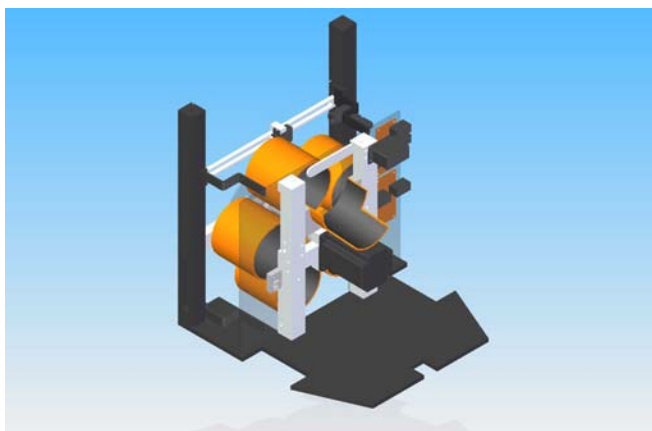
Le système de collecte



Après avoir éprouvé des problèmes lors de la première participation avec un concept de tapis roulant, nous avons opté, cette année, pour un système d'aspiration afin de d'être plus efficace dans notre collecte et de simplifier le système à mettre en œuvre. Pour ce faire, nous avons utilisés un ensemble moteur-turbine provenant d'un aspirateur portatif 15,6V, 8A. Nous avons également fait des tests sur un autre modèle, mais ceux-ci furent peu concluants. Nous avons

décidés de conserver l'assemblage d'origine, la turbine étant déjà fermement fixée au moteur. L'assemblage entre les 2 parties est fait par un bloc d'aluminium percé au bon diamètre et d'une vis de pression. Les premiers tests furent satisfaisants, les balles libres étaient aisément aspirées par la turbine. Par contre, lorsque nous avons testé notre système sur les distributeurs verticaux, la force d'aspiration ne fut pas suffisante. Nous avons donc décidé d'ajouter un système de pinces en complément à l'aspiration, cela nous semblait la solution la plus simple et efficace. Nous avons pu profiter des trous déjà percés dans les poutres servant à alléger le robot pour fixer notre système. Les nouveaux tests furent beaucoup plus efficaces. Par crainte de manquer de couple, nous avons remplacé nos anciens servomoteurs par de nouveaux munis d'engrenages en métal. Ils fournissent plus de couple et sont beaucoup plus fiables que les modèles standard avec les engrenages de plastique.

Le système de trie



Le système de trie a été pensé pour à la fois, entreposer les balles dans le robot et trier les balles amassées. Nous avons choisit de concevoir un barillet, ce système simplifierait de beaucoup la complexité mécanique et, en plus, c'est la façon la plus compacte d'emmagasiner les balles. Pour faire tourner ce dit barillet, nous avons commencé par tester un moteur pas-à-pas d'imprimante Epson. Les résultats furent décevants, le moteur avait un couple vraiment trop faible

pour faire tourner la charge et nous sautions des pas. De plus, les changements de position n'étaient vraiment pas assez rapides pour les standards que nous nous étions fixés. Nous nous sommes donc procuré un nouveau moteur possédant un couple plus élevé et pouvant aller à des vitesses plus grandes ce qui permet à notre système de trier les balles plus rapidement. En ce qui attrait à la détection de couleur des balles, un détecteur de couleur fabriqué maison fut installé. Pour ce qui est de la manipulation des balles par le système, nous avons installé un servomoteur muni d'une palette qui sert à empêcher les balles de sortir du barillet au niveau

du canon. Le concept initial pour faire sortir les balles du barillet était de donner un angle de 1° au barillet afin de forcer les balles vers l'arrière du robot. Après quelques tests médiocres, nous avons conclu que nous avons besoin d'un autre système pour les éjecter. Nous avons installé un nano-servomoteur muni lui aussi d'une palette pour éjecter les balles. Le système complet a été testé à maintes reprises et les résultats nous satisfont pleinement.

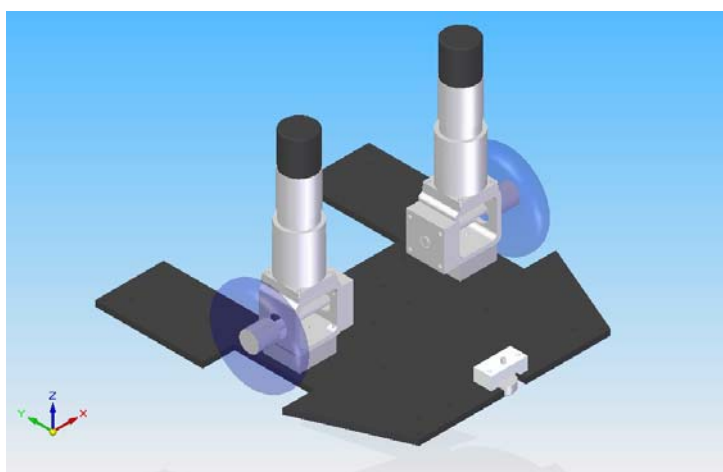
Le système d'éjection



Le système d'éjection fut pensé dans le but de remplir 2 tâches : tirer les balles à grande distance pour gagner en temps et pouvoir les déposer dans la gouttière en les éjectant à basse vitesse. À la base, nous avons pensé mettre une rampe qui aurait servi à faire glisser les balles directement dans la gouttière. Cependant, lorsque nous avons reçu la batterie qui va alimenter le robot, nous nous sommes vu contraints d'abandonner l'idée,

faute d'espace. En effet, les batteries utilisées l'année dernière étaient plus petites et c'est sur ces dimensions que les plans étaient basés. En fin de compte, ce contretemps nous aura permis de simplifier le concept et d'éliminer un servomoteur. Lors des premiers tests de tir, nous fûmes agréablement surpris de la précision du canon. Nous avons réussi 80% de nos essais. Après analyse, nous avons pu conclure que le 20% était dû à la différence de vitesse d'entrée des balles dans le canon d'une balle à l'autre. Nous avons pallié à ce problème en incluant à l'intérieur de chaque tube une composante flexible dont le rôle est d'exercer une force constante sur les balles afin que celles-ci entrent toutes à la même vitesse dans le canon. Nous avons effectué quelques tests qualificatifs et le concept semble bien fonctionner.

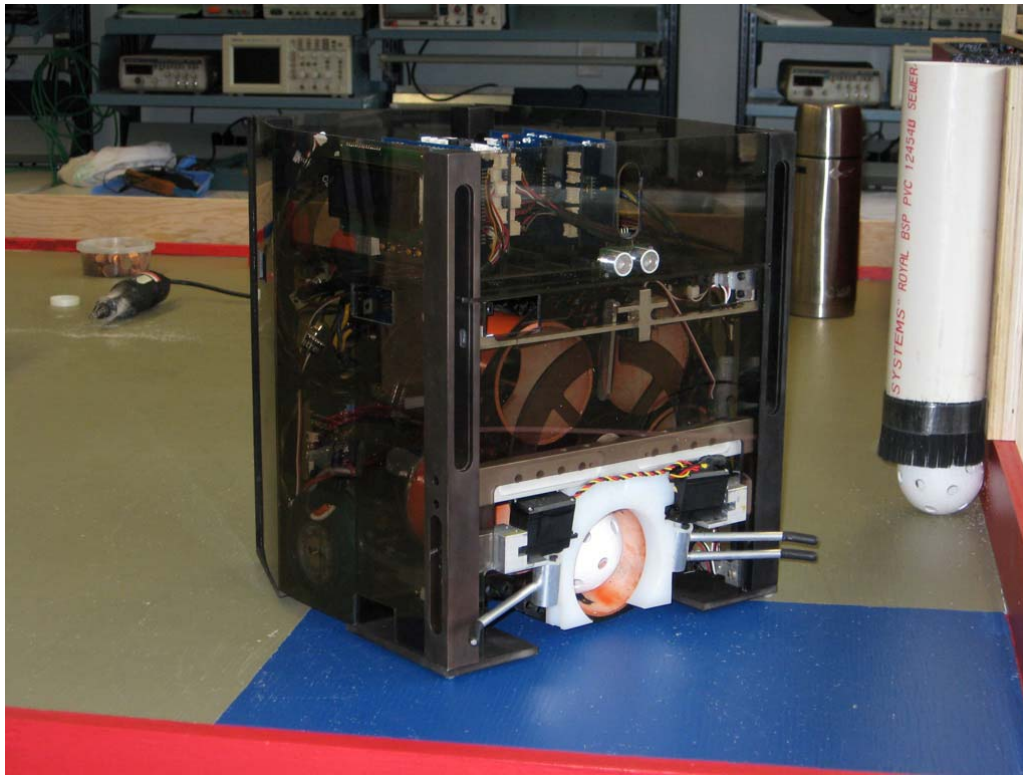
Le système de propulsion



Pour ce attrait au système de propulsion, nous utilisons une conduite différentielle, les virages seront contrôlés par la différence de vitesse entre les 2 roues. Nous avons également un troisième point d'appui situé à l'arrière du robot qui consiste en une roulette. Les moteurs utilisés sont des Escap récupérés sur des bras robotiques. Comme l'espace dans le robot est très restreint,

nous ne pouvions pas utiliser les moteurs en couplage direct. Nous avons donc du concevoir un renvoi d'angle à l'aide d'engrenages récupérés sur ces mêmes bras. Le principe est que le moteur va faire tourner un premier engrenage. Le second engrenage étant couplé au premier avec un angle de 90° , ils vont donc tourner dans un plan perpendiculaire l'un à l'autre. Un axe, qui est supporté de chaque côté par des roulement à billes montés dans un bloc d'aluminium évidé, est fixé au second engrenage. C'est à cet axe que la roue est attachée. Cette partie de la conception mécanique du robot fut la plus problématique. Tout d'abord, il fut très difficile de fixer l'engrenage à l'axe de la roue. Nous avons d'abord essayé en installant une vis de pression, puis une deuxième. L'axe tenait en position mais aussitôt qu'on demandait le moindre effort à la roue, les vis glissaient sur le métal. Nous avons, par la suite, essayé de faire 2 côtés plats à l'axe pour que les vis de pression aient le plus de surface possible pour s'appuyer. L'amélioration était peu notable. Après quelques semaines de travail, nous avons décidé de les fixer définitivement ensemble en usinant l'axe quelques millièmes plus gros que le trou de l'engrenage. En utilisant la presse, nous avons réussi à faire glisser l'axe et maintenant le tout est très bien fixé, plus rien ne glisse. Ensuite, il y avait toujours un problème au niveau de la roue, cette dernière voilait. Il a donc fallu usiner et serrer les bouchons d'aluminium servant à la fixer à l'axe de façon très minutieuse et précise. L'assemblage est maintenant terminé, les 2 blocs moteurs sont maintenant fiables. Ils ne sont pas parfait, les roues voilent encore quelque peu, mais comme le dit le proverbe : la perfection n'est pas de ce monde.

Le concept global



Suite à l'expérience de l'année dernière, la conception mécanique fut réalisée au fonction de 2 buts principaux. Premièrement, concevoir complètement le robot à l'aide d'un logiciel de modélisation. Ceci nous a permis entre autres de :

- Respecter les limites physiques du robot imposées par le règlement du concours
- Optimiser l'espace à l'intérieur du robot pour disposer tous les éléments de façon à y avoir accès facilement pour toutes réparations.
- Tester les concepts avant de les fabriquer pour gagner du temps et économiser de l'argent.

De plus l'expérience de l'an passé a démontré qu'un robot de tôle peut être vulnérable lors du transport. En effet, le robot s'est fait malmené lors du voyage et ce dernier n'a malheureusement pas survécu. Le robot a également été pensé pour être démontable et accessible d'accès dans des délais raisonnables. Pour ce faire, les côtés du robot ont été fabriqués de panneaux s'insérant dans les poutres extérieures. Donc, pour avoir accès à l'intérieur, il suffit de retirer les 4 vis retenant le panneau du dessus et de glisser ceux de côté. Nous avons standardisé les vis utilisées, nous ne nous sommes servis que de 4 grosseurs différentes de vis Allen : 4-40, 6-32, 8-32 et 10-24. Nous sommes ainsi certain de savoir quelle grosseur de vis insérer dans chaque trou. Des traverses entre les poutres principales complètent la structure en la solidifiant et procurent du même coup des points d'attache supplémentaires pour les éléments internes.

Conclusion

Nous sommes arrivés à construire un robot solide, fiable et qui fera sans doute bonne figure à la compétition. Toutes les restrictions ont été respectées à la lettre. Et même si la programmation du robot n'est pas finit, nous avons tout de même une routine qui nous permet d'être homologable, c'est-à-dire récolter une balle de façon autonome et la mettre dans le bon but pour marquer un point. Tout au long de cette aventure, chacun d'entre nous s'est spécialisé dans son domaine. Jean-François a beaucoup amélioré sa conception électronique à force de chercher et de se renseigner, Sébastien connaît maintenant très bien le logiciel de modélisation 3D utilisé et il s'est aussi impliqué dans la conception d'un circuit de triangulation pour déterminer la position du robot sur la table de jeu. Pour ma part, je suis évidemment un bien meilleur machiniste qu'au départ. Je suis beaucoup plus à l'aise et habile avec les machines de l'atelier. Mais au-delà de ça, je me suis aussi impliqué dans la conception du robot avec Sébastien, ça m'a permis développer un certain esprit de créativité. Toute cette expérience en général m'a bien sur beaucoup familiarisé avec le travail d'équipe, mais également beaucoup sur l'éthique de travail et la rigueur.