

Projet IMA4

COMPTE-RENDU FINAL

P37 : Station de recharge intelligente pour robot mobile

Encadrants école : **M.Vincent Coelen, M.Abdelkader
Belarouci**

Guillaume Declerck - Pierre Guigo
Polytech Lille

Remerciements

Tout d'abord, nous souhaitons remercier le département IMA pour les moyens fournis tout au long du projet.

Nous souhaitons également remercier M.Thierry Flamen pour l'aide apporté lors du projet, notamment lors du routage des cartes, ainsi pour sa gentillesse quotidienne.

De plus, nous remercions M.Abdelkader Benabou ainsi que M.Philippe Delarue pour leurs réponses à nos questions mais ainsi que pour les quelques visites impromptues dans leurs bureaux.

Enfin, nous voulons remercier M.Théau Moinat pour son soutien tout au long du projet et pour ses réponses précieuses, ainsi que la majorité de la promotion.

Table des matières

1	Présentation du sujet	4
2	Réalisation du Projet	5
2.1	Présentation de la Chaine	5
2.2	Sélection des Bobines	6
2.3	Secondaire	6
2.4	Onduleur	7
2.5	NE555	7
2.6	Tests & Simulation	9
2.6.1	Simulation	9
2.6.2	Tests	11
2.7	Station	12
3	Travail Restant	13
4	Conclusion	14

Introduction

Dans le cadre de nos études à Polytech Lille, dans la section IMA, nous avons été amené à réaliser un projet de 4ème année, et pour cela, nous avons choisi un projet proposé par l'association de robotique de Polytech-Lille. Ce projet nous a motivé car venant d'une formation de DUT où nous avons apprécié les projets d'électrotechnique que l'on pouvait avoir, ce projet nous permettait de retrouver ce domaine là.

Nous avons pu mettre en oeuvre les connaissances que nous avons acquis en électronique de puissance de 3ème année ainsi que lors de ce 8ème semestre. Ce projet nous a également permis de comprendre la complexité de modéliser un système et ensuite de le réaliser.

Dans une première partie, nous allons vous présenter le sujet du projet, puis notre démarche tout au long de notre projet. Enfin, nous évoquerons le travail restant qu'il reste à fournir.

Chapitre 1

Présentation du sujet

Notre projet visait à réaliser une station de recharge sans-fil pour un Robotino 3 pour l'association de robotique de Polytech-Lille.

En effet, ils participent régulièrement à la RobotCup, une compétition qui regroupe de nombreux participants autour de diverses ligues, où dans le cas de Polytech-Lille, la Logistic League, compétition où ils ont terminé second l'an passé.

Dans cette compétition, les participants participent à plusieurs matchs qui se déroulent de la façon suivante :

Il y a d'abord une phase de préparation où les robots sont préparés afin d'être en condition pour commencer le match. Puis, la phase de découverte, où le robot va parcourir le terrain de jeu afin de se construire une carte et définir l'ordre dans lequel il devra résoudre le plateau.

La problématique de notre projet arrive à cet instant. Les Robotino 3 sont pourvus de batteries au plomb qui se déchargent assez rapidement, et doivent être rechargés assez souvent. Le souci est que nos tuteurs (Mr Coelen et Mr Belarouci) doivent recharger ces robots par câble, ce qui n'est pas optimal, car ils perdent du temps en branchement, pour tirer le câble d'un point A à un point B, ce qui leur gâche aussi leur précieux temps de préparation.

Par ailleurs, il arrive que la période de préparation est plus longue que prévue, et donc les robots se déchargent en attendant. La principale idée était donc de réaliser une station de recharge sans-fil du robot, pour leur éviter une décharge du robot lors la préparation et surtout leur éviter l'encombrement des câbles.

En outre, un autre point a été abordé. Entre chaque matchs, il est nécessaire pour eux de modifier le code de leur robot. Pour cela, ils doivent s'y connecter. Cependant, ils évitent d'utiliser le wifi, pour éviter les interférences avec les autres participants, ils s'y connectent donc en filaire.

Donc dans l'optique d'optimiser cette station, ils souhaitaient qu'elle embarque une technologie sans-fil mais proche, de type Bluetooth.

Enfin, le dernier but de notre projet était à propos des capteurs. Il arrive que les capteurs donnent une mauvaise information, dans ce cas là, les mouvements et les interactions du robot sont biaisés. Pour corriger cela, il nous a été demandé de réaliser un code afin de déterminer si les capteurs sont correctement calibrés. Une chose similaire a été demandée également pour le préhenseur.

Chapitre 2

Réalisation du Projet

Nous avons commencé notre projet par la tâche qui nous semblait la plus difficile à concevoir, la chaîne de transmission de l'énergie.

2.1 Présentation de la Chaîne

En amont du projet, nous avons pris contact avec Mr Benabou pour avoir son avis sur la recharge sans-fil. Il nous a conseillé de réaliser notre conversion sans-fil à la résonance, c'est à dire, à une fréquence d'alimentation fixe, élevée, pour réduire au possible les harmoniques et donc d'optimiser la transmission d'énergie.

Par ailleurs, lors d'une réunion avec nos tuteurs, on nous a dit qu'il était possible de partir directement de l'alimentation utilisée pour recharger directement le robot. De plus, nous avons eu le diagramme d'état de recharge du robot, ce qui nécessitait environ une centaine de Watt maximum.

Nous avons donc commencé par réfléchir à la chaîne de conversion. Nous partons donc d'une alimentation fixe 24V continue, puis, nous devons onduler cette tension pour avoir une tension sinusoïdale, afin que notre coupleur fonctionne. C'est la partie du primaire, celle qui se trouve en amont de notre bobine.

Au secondaire, on retrouve la seconde bobine, celle qui reçoit l'énergie, on a donc une tension sinusoïdale, qu'on va redresser avec un pont de diode, puis filtrer avec un filtre LC. Enfin, on va fixer cette tension continue avec un convertisseur Buck/Boost pour obtenir une tension continue de 24V et qui peut fournir normalement jusqu'à 100W de puissance maximum pour recharger la batterie.

Voici la structure à laquelle nous avons réfléchi :

A noter ici que les capacités C1 et C2 viennent fixer la fréquence de résonance. Pour cela, nous avons décidé d'avoir une fréquence de résonance de 100kHz. Nous retrouvons souvent cette fréquence dans les documentations des bobines. Puis comme la fréquence de résonance est donnée la relation

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \longrightarrow C = \frac{1}{(2\pi\sqrt{L}F_r)^2}$$

Pour les dimensionner, il ne manquait que les valeurs des inductances des deux bobines.

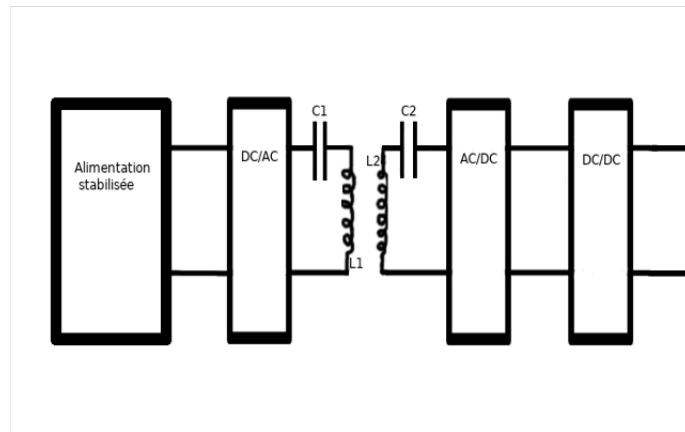


FIGURE 2.1 – Chaîne de conversion

2.2 Sélection des Bobines

Il nous était donc nécessaire, avant de dimensionner les capacités, de sélectionner les deux bobines qui prendrait place dans notre montage final.

Nous n'avions aucune idée de comment dimensionner la bobine. Nous sommes partis sur deux bobines identiques, car cela nous permettait d'avoir un rapport de transformation unitaire. Ensuite, nous avons pris contact avec Würth Electronik (Entreprise leader dans ce domaine de marché) afin qu'ils puissent nous conseiller sur le choix de notre bobine. Nous avons choisi une bobine de $6\mu H$ qui est capable de faire passer 12A maximum et d'encaisser une tension largement supérieure à celle qui lui sera imposée. Grâce à nos échanges avec une ingénieure commerciale de Würth, nous avons réussi à récupérer des échantillons gratuits.

Maintenant que nous avons nos bobines, nous pouvons dimensionner nos capacités pour fixer notre fréquence de résonance. A l'aide de la relation écrite plus haut, nous trouvons une capacité de 422nF.

2.3 Secondaire

Ensuite, après avoir dimensionné notre coupleur, nous avons calculé le filtre en sortie du pont redresseur. Dans la théorie, nous sommes sensés obtenir une tension redressée de 200kHz en sortie du pont de diode (l'alternance négative est redressée, la fréquence est donc multipliée par deux). Après discussion avec un professeur, nous avons décidé de prendre 10kHz en fréquence de coupure, cela nous permettait de filtrer correctement les harmoniques trop hautes en fréquence de la tension.

Pour la capacité, il est nécessaire de prendre une capacité de grande valeur pour avoir une constante de temps assez grande lors de l'alternance négative. Nous avons donc pris une capacité de $100\mu F$ et avec une fréquence de coupure de 10kHz, on peut déduire la valeur de l'inductance avec la relation écrite plus haut :

$$L = \frac{1}{(2\pi f_r \sqrt{C})^2}$$

On trouve alors une inductance de $2.53\mu H$.

Cependant, lors de nos tests, nous n'arrivons pas à avoir la fréquence recherchée. En affinant nos tests, nous sommes arrivés aux valeurs suivantes :

$$R_a = 1.2k\Omega$$

$$R_b = 15k\Omega + 18k\Omega$$

$$C = 150pF$$

A la suite, nous obtenons le signal suivant :

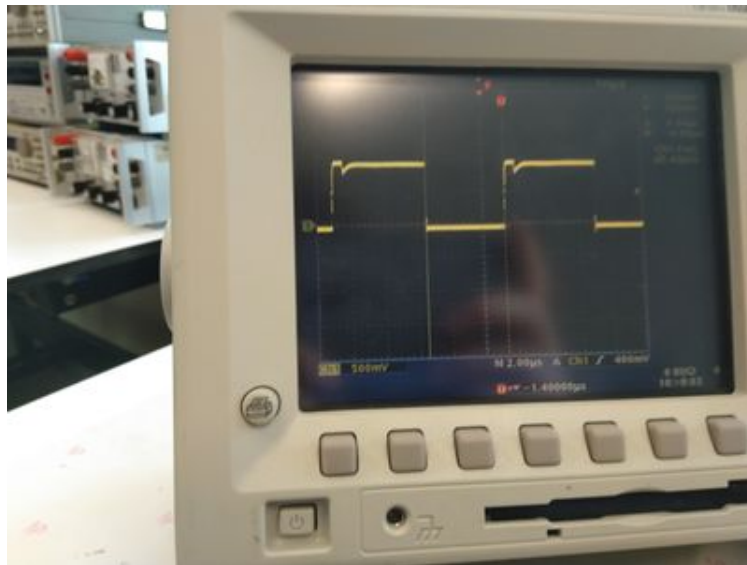
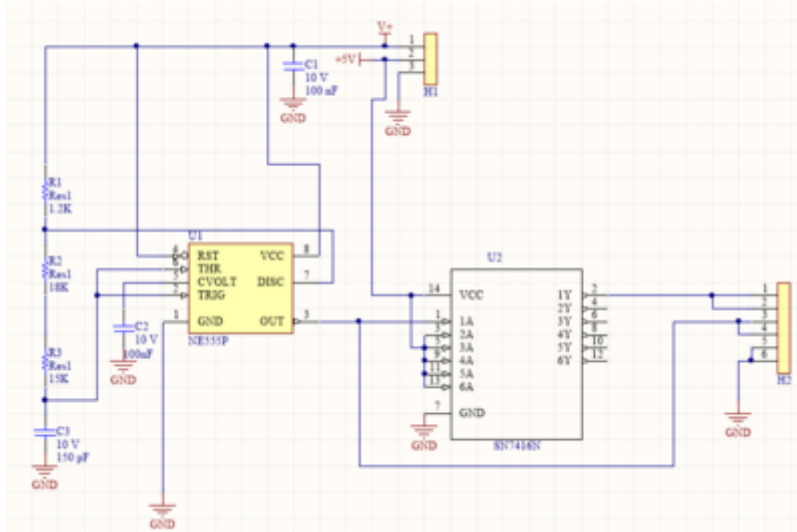
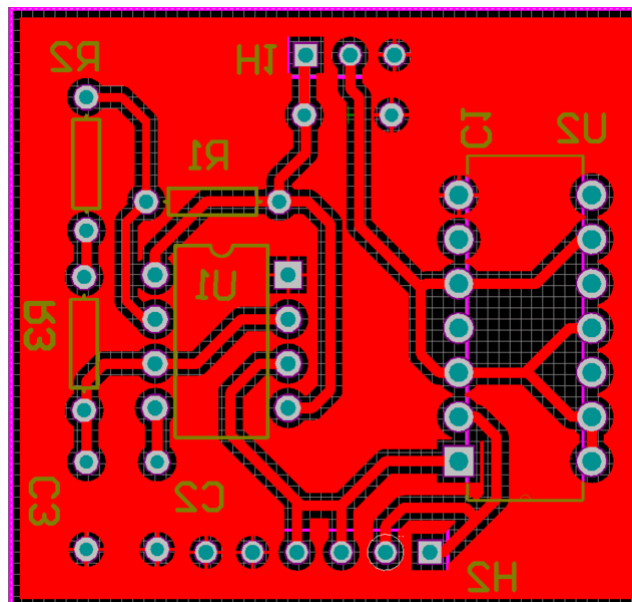


FIGURE 2.3 – Signal de commande

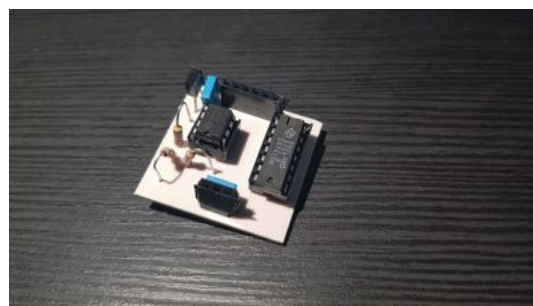
Nous avons ensuite réalisé une carte, dont le schématic est le suivant :



Le routage est le suivant :



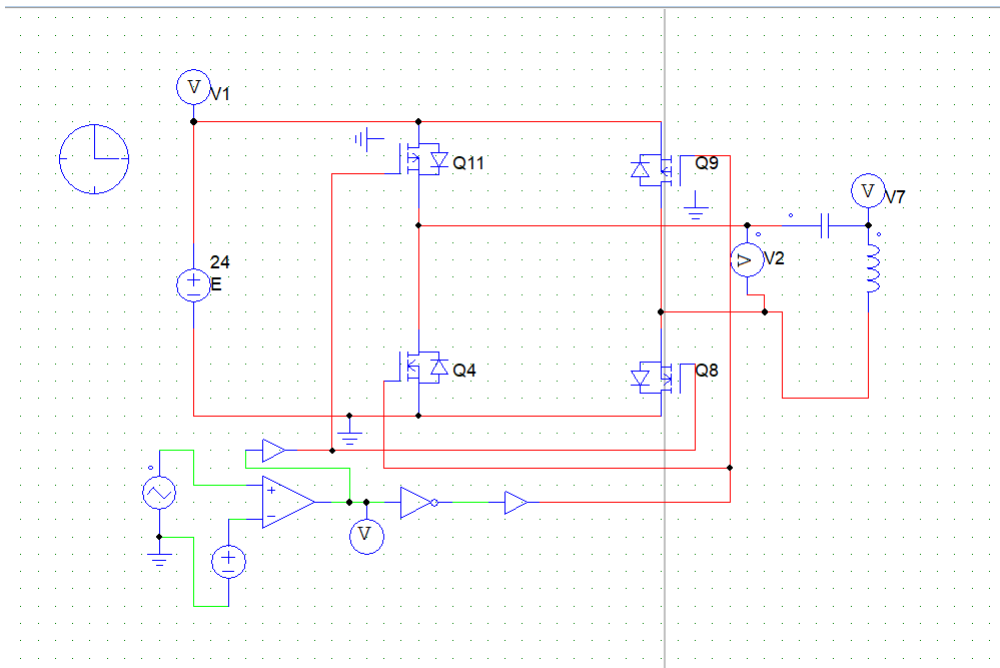
et au final, nous obtenons la carte suivante :



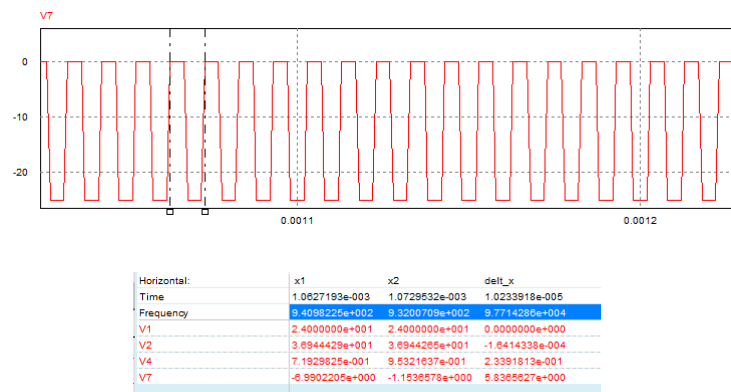
2.6 Tests & Simulation

2.6.1 Simulation

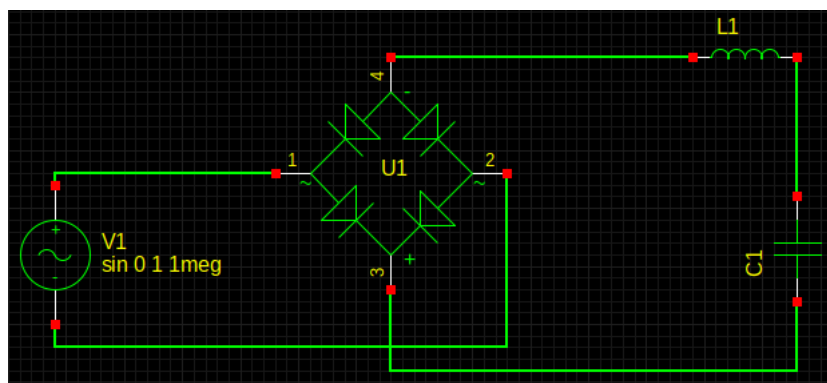
Au préalable, nous avons réalisé des simulations sur PSIM, afin de déterminer si notre onduleur était fonctionnel. Pour cela, nous avons fait le montage suivant sur PSIM :



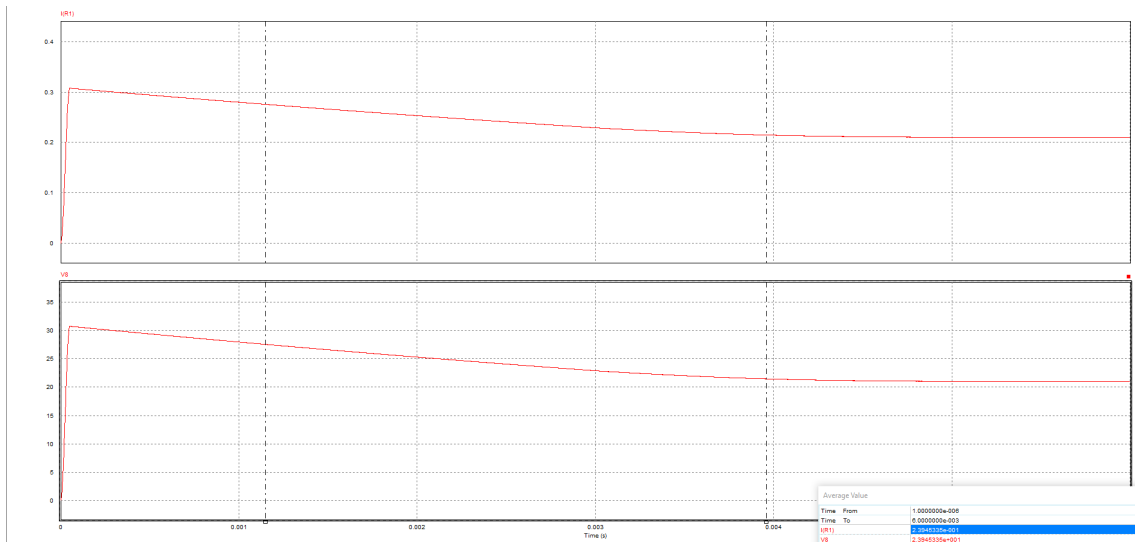
Nous obtenons la tension hachée de cette façon :



De plus, nous avons simulé la partie secondaire de notre montage, afin de savoir si notre montage fonctionnait ou non. Le montage est le suivant :



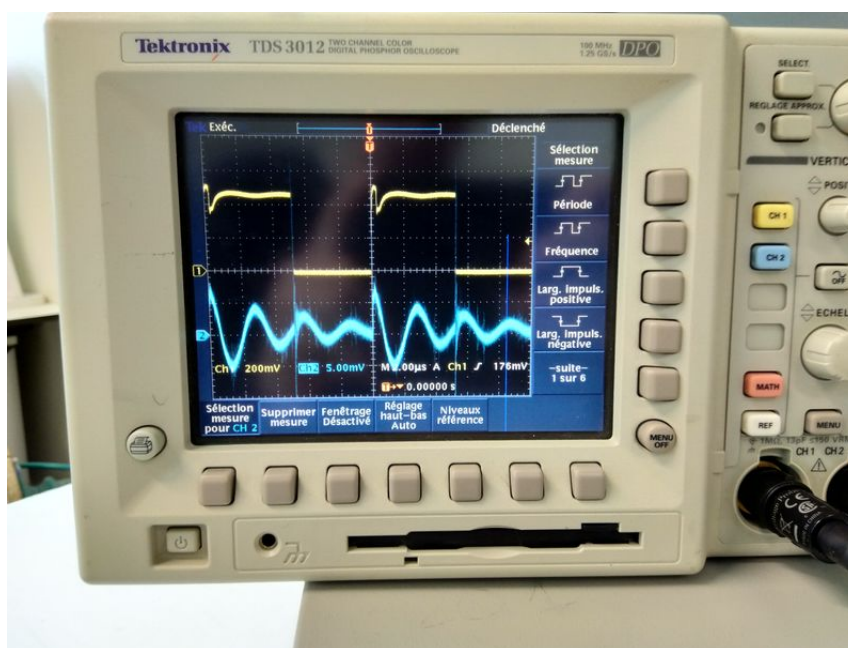
(Le générateur sinusoïdal simule la tension perçu par la seconde bobine)
Avec PSIM, nous obtenons les résultats suivants :



2.6.2 Tests

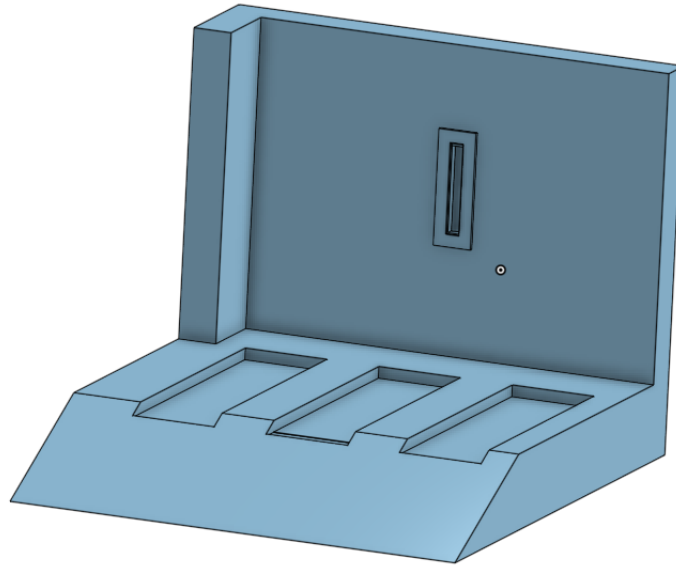
Une fois nos composants commandés et reçus, nous nous sommes attaqués aux tests de nos différents montages. Nous avons commencé par le test de notre onduleur. Nous avons réalisé une carte de test avec notre montage de MOSFETs. Une fois notre carte de commande branchée à nos MOSFETs, nous remarquons que nous obtenons pas la tension hachée comme nous le voulions.

Ceci est certainement dû à notre carte de commande, en particulier, suite au rajout des portes inverseuses, afin d'obtenir un signal inverse de celui initial et donc commuter deux MOSFET à la fois. Malheureusement, le signal en sortie de notre inverseur n'est pas conforme à celui que l'on espère. Ceci est peut-être dû à la trop haute fréquence du signal d'entrée.



2.7 Station

En parallèle nous nous sommes occupés de la réalisation de la station. Nous avons réalisé un modèle 3D de ce que nous pensions réaliser :



De plus, nous avons fait des plans, pour pouvoir réaliser en bois notre prototype. Ce prototype nous l'avons réalisé :



Nous avons donc intégré une pièce pour le test du laser, sur la partie calibration du laser. Les trois pièces en bois permettent de guider les roues pour que le robot s'aligne correctement avec la bobine.

Le prototype n'est pas identique à la modélisation 3D, mais il était plus utile de faire des guides pour les roues.

Chapitre 3

Travail Restant

Nous n'avons pas eu le temps de tester notre montage en entier, car nous n'avons pas pu régler notre problème de commande au niveau de l'onduleur.

Il reste donc à trouver une solution alternative pour commander nos MOSFETs pour l'onduleur, notamment avec un autre composant pour inverser notre sortie.

En revanche, nous avons le convertisseur Buck/Boost à mettre à la suite de notre redresseur, qui va permettre de fixer le 24V en sortie, il peut monter jusqu'à 150W facilement, ainsi que de plus petits convertisseurs pour alimenter tous les circuits intégrés nécessaires comme le NE555 par exemple.

Les tâches restantes sont donc de réaliser une carte pour le secondaire avec le pont de diode ainsi que son filtre LC. De relier cette carte à notre convertisseur Buck/Boost et d'intégrer tout cela sur le robot, en plus de terminer notre onduleur.

Par ailleurs, nous n'avons pas abordé partie des capteurs, où nous étions sensé vérifier par un code si les capteurs et le préhenseur est correctement calibré. Pour cette partie, nous avons intégré dans notre station, une pièce en face de notre laser, pour qu'il puisse se calibrer correctement.

Enfin, nous n'avons également pas travaillé sur la partie connexion sans-fil de type proche.

Chapitre 4

Conclusion

Le but de notre projet était de réaliser une station de recharge sans-fil pour Robotino 3 en respectant le cahier des charges établi par nos tuteurs. Actuellement, nous avons une structure de station qui embarque la carte de commande que nous avons réalisé. Malheureusement, la recharge n'est pas possible, ainsi que la connexion proche et la calibration des capteurs.

Pour finir, il est bien évident que nous n'avons pas réussi à mener ce projet à bien. Par contre nous avons pu en apprendre davantage sur le métier d'ingénieur et les responsabilités qu'il faut être capable de prendre. En effet, en avançant dans le projet nous avons pu voir les obstacles que nous pourrions retrouver en entreprise dans le futur et l'importance de respecter nos propres deadline (notamment le temps perdu sur le dimensionnement des bobines dans notre cas).

Que ce soit l'approche du sujet, l'évaluation des différentes parties du problème, la phase test et simulation, nous avons su aborder toutes ces différentes approches même si le système ne fonctionne pas à la fin. Ce projet nous a donc permis d'utiliser nos connaissances et de faire des recherches dans le domaine de l'électromagnétisme et de l'électrotechnique afin de progresser dans le domaine.

Pour aller plus loin, si nous devons continuer à travailler sur le projet, nous trouverions une solution pour rendre notre hacheur fonctionnel, ainsi que toute la chaîne de conversion. De plus, nous commencerions nos recherche pour intégrer la connexion sans-fil mais proche ainsi que la calibration des capteurs, afin de rendre la vie de nos tuteurs lors de leurs compétitions plus agréable.