

PROJET ROBOTIQUE POLYTECH NANCY



RAPPORT DE PROJET

23.06.2020 - Pôle Electronique - 1.2

Révision

Version	Date	Auteur	Description
1.0	02/12/19	T. BURKHARD	Création d'un modèle de rapport pour le projet
1.1	13/06/20	T. BURKHARD	Changement de police de titre, adaptation des marges liées à l'entête et au pied de page
1.2	21/06/20	F. SULER	Correction et syntaxe



Sommaire

Table des matières

I. Hiérarchie.....	5
II. Outils numériques.....	6
1. Kicad.....	6
2. Matlab.....	6
3. Github	6
4. Kanboard.....	6
III. Architecture du robot	7
IV. Historique pour chaque partie.....	10
1. Les connecteurs	10
2. Les capteurs d'odométrie absolue	10
a. Recherche des capteurs	11
b. Banc d'essai des capteurs ToF	12
c. Caractérisations des capteurs ToF	13
3. La base roulante de test	15
4. L'alimentation.....	16
a. Les cellules	16
b. Le BMS.....	16
c. Les tensions de cellules.....	17
d. Carte finale.....	17
5. Système de récupération de gobelets.....	18
a. Les ascenseurs.....	18
b. Le bras	20
c. La programmation des ascenseurs	20
6. Le phare	20
7. Le carte communication	21



V. Fabrication des cartes électroniques	22
1. Fraiseuse LPKF S-100	22
2. JLC PCB	23
3. SMT Assembly	24
VI. Projet de fabrication d'une soudeuse par point	25
1. Projet	25
2. Interface	25
3. Partie électronique	26
4. Partie mécanique	26
VII. Synthèse	28
1. Difficultés	28
2. Tâches à poursuivre	28
3. Rétrospective	28



I. Hiérarchie

Le pôle électronique est constitué de quatre étudiants : Malek AYEB, Clyde-Borel KUIATE BOGNE, Maxence THIEBAUT et François SULER.

Ce dernier est chef de pôle, responsabilité qui consiste à planifier, superviser et accompagner l'ensemble des tâches du pôle, de participer aux réunions avec les autres chefs de pôle ainsi que notre tuteur Monsieur NOIZETTE. Malgré tout, il est assujetti aux mêmes tâches que les autres étudiants.

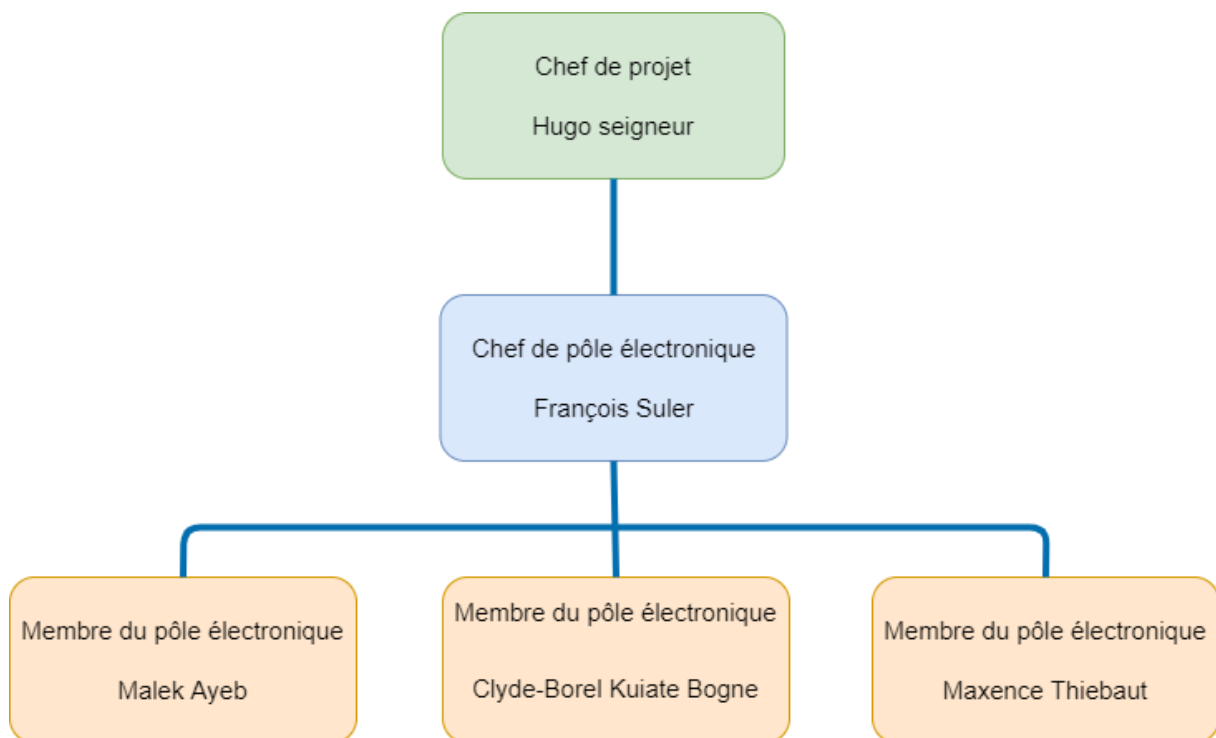


Figure 1: Organigramme du pôle

II. Outils numériques

Pour mener à bien nos missions, nous avons eu recours à quelques logiciels, tels que Kicad, Matlab et GitHub.

1. Kicad

Il s'agit d'une suite logicielle de conception électronique assistée. C'est un freeware open source suffisamment performant pour effectuer la majorité des missions du pôle.

Il est composé des logiciels :

- Interface principale : Gestionnaire de projet
- Eeschema : Editeur de schéma électronique
- PcbNew : Editeur de circuit imprimé
- Gerberview : Logiciel pour visualiser des fichiers « gerber »
- Cvpcb : Gestionnaire d'empreintes.

2. Matlab

Matlab est un logiciel de calcul matriciel développé par la société Matworks. Sa puissance de calcul fait de lui l'un des logiciels les plus utilisés dans l'enseignement et l'industrie. Il est utilisé dans plusieurs domaines, allant des mathématiques à l'ingénierie. Matlab est un logiciel propriétaire. L'Université de Lorraine possède une licence permettant à tous ses étudiants de l'utiliser gratuitement au cours de leur scolarité.

3. Github

GitHub est un service web d'hébergement de développement collaboratif maintenu par Microsoft. Il est basé sur le logiciel de gestion de version Git. Il propose des services gratuits et payants.

Dans le cadre de notre projet, nous avons utilisé l'application GitHub desktop. Ce service nous a servi comme site de dépôt de nos travaux.

4. Kanboard

Kanboard est un logiciel de planification et de suivi de projet. Il est basé sur la méthode Kanban adaptée à notre philosophie de gestion. Il nous permet de suivre les tâches en cours, terminées, prêtes à être commencées ou en attente. De plus il dispose d'un outil de planification et de gestion du temps d'exécution. Cela nous permet de faire un lien entre planification et réel.



III. Architecture du robot

L'architecture de robot est un sujet central dans un projet de cette complexité. En effet, celle-ci va être critique dans nos décisions.

Plusieurs choix s'offraient à nous :

- Une centralisation totale

Elle est caractérisée par le fait que nous avons uniquement une Raspberry Pi. Elle contrôle l'ensemble des actionneurs via des drivers dédiés et ses ports GPIO, bus UART, SPI...

Cette méthode certes complexe au niveau matériel, demandant également des efforts importants de développement soft, réduit toutefois drastiquement le nombre de composants dans le robot avec pour désavantage un coût important sur le plan du dépannage et débogage.

- Un binôme RPi-STM32H7

Le STM32H7 est la famille la plus puissante de microcontrôleurs STM32. Ces microcontrôleurs sont capables de satisfaire l'ensemble des besoins hardware du robot. L'un de ses désavantages, la parallélisation des tâches complexifiée.

- Une indépendance des modules

Cette méthode a pour but de rendre chaque partie du robot indépendante. Chaque carte intègre un microcontrôleur STM32F1 avec un soft spécifique et un protocole de communication défini.

Cette méthode permet de réduire l'effort sur le développement soft et améliorer la maintenabilité du robot. Il est également possible de tester facilement chaque carte, de manière indépendante, sur un banc de test unique et de ne remplacer que les problématiques, réduisant ainsi le temps d'intervention, en cas de maintenance.

Nous nous sommes ainsi orientés vers une architecture décentralisée. Le microcontrôleur de prédilection est le STM32F103C8T6, pour des raisons de disponibilité des interfaces, d'organes internes (*nombre de timer, interfaces CAN SPI I2C...*) et de fabrication. Son boîtier TQFP est facilement soudable à la main et sa disponibilité comme composant basique au service SMT Assembly du fabricant JLC PCB, est un réel avantage.

Nous avons également fait le choix d'une communication via un bus CAN unique pour des questions de résilience électromagnétique, d'adressage, d'absence de maître et de simplicité d'implémentation au niveau matériel.

Vous pouvez voir sur la figure 2 que nous avons choisi de multiplier les cartes indépendantes.



Elle représente l'ensemble des interconnexions entre organes du robot.

Dans un premier temps, nous avons une communication entre l'ensemble des cartes sur un unique réseau monté sur un bus CAN.

Dans un second temps, nous avons une carte d'alimentation qui distribue la puissance aux différentes cartes. Sur cette dernière nous avons trois organes de mesure de puissance :

- Un premier permet de mesurer la puissance soutirée pour le groupe de motorisation.
- Un second mesure la puissance soutirée par le bus 12V.
- Un troisième permet de connaître la puissance consommée par le bus 5V. *(La consommation de la RPi étant connue directement par cette dernière)*

Nous avons également fait le choix de permettre la coupure des deux rails de puissance, à savoir : le rail de tension batterie correspondant à la puissance envoyée aux moteurs, et le rail 12V, qui correspond à la puissance envoyée aux différents accessoires.

Cette coupure peut être effectuée de deux manières : via le microcontrôleur par ses GPIO (*coupure sélective d'un rail ou l'autre*) ou, coupure des deux rails avec le bouton d'arrêt d'urgence. Ce dernier ne coupera que la puissance des accessoires et des moteurs.

Ce choix a été fait dans le but de maintenir l'alimentation des parties décisionnelles du robot (*RPi, STM, capteurs*), pour nous permettre de garder des informations nous permettant ensuite, de comprendre la défaillance qui a conduit à l'arrêt d'urgence.



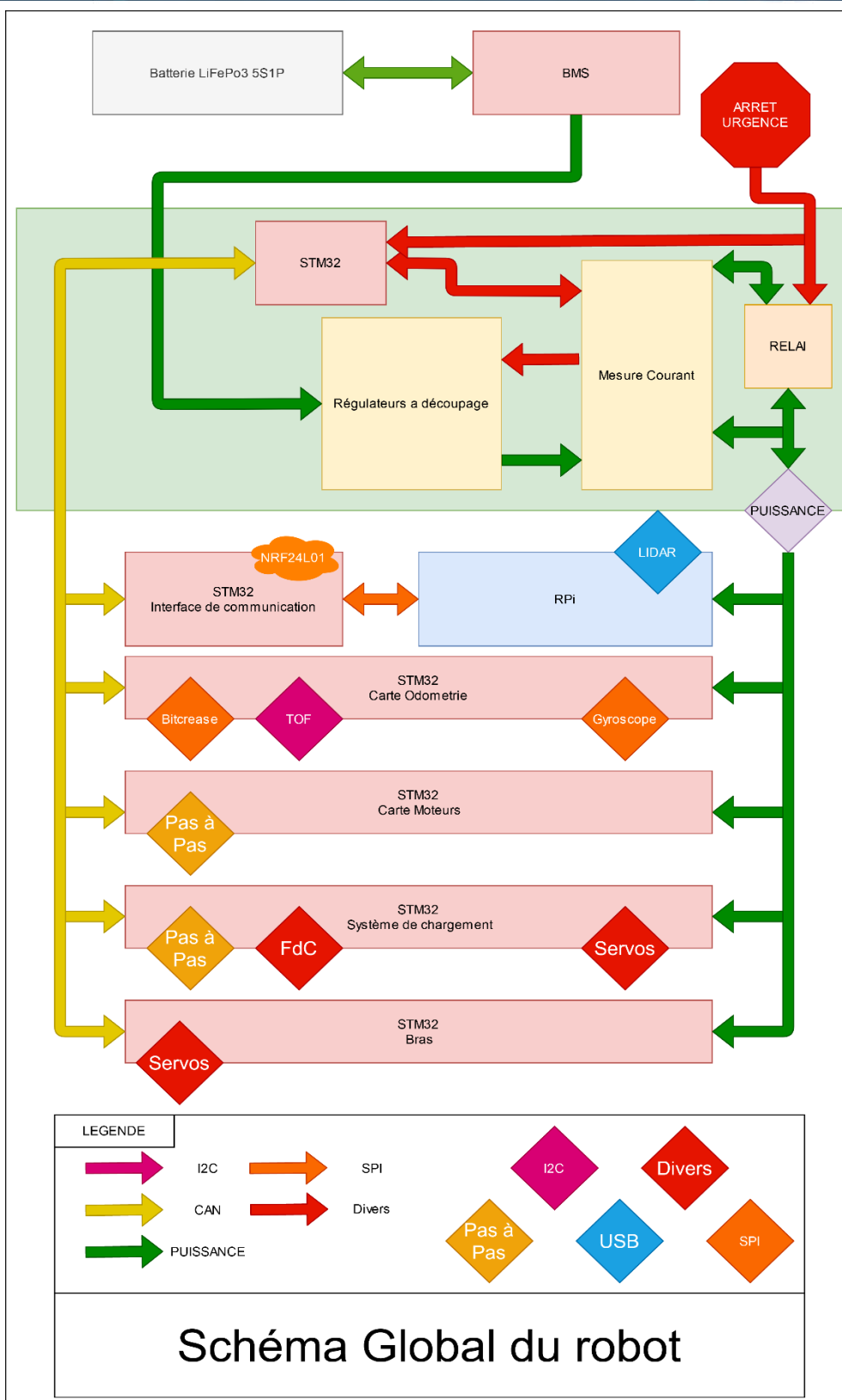


Figure 2: Schéma d'architecture du robot

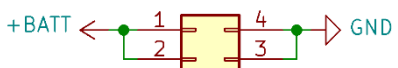

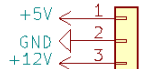
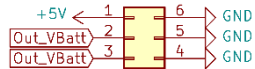
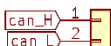
IV. Historique pour chaque partie

1. Les connecteurs

Le choix des connecteurs est essentiel. Nous avons pu apprendre des années passées, que ces derniers sont garants de la sécurité des connexions, un mauvais choix pouvant faire la différence entre un robot fonctionnel et un robot inutilisable à la suite d'une mauvaise connexion. Le choix a donc été fait d'investir dans des connecteurs MOLEX à détrompeurs et verrouillage.

Chaque type de connexion à son connecteur spécifique évitant ainsi, par exemple, de connecter un rail de puissance 5V avec un autre de 12V ou alors de connecter le bus CAN à la sortie VBAT

Les choix ont donc été les suivants :

Bus	Type	contacts	schéma
Entrée batterie	Micro-fit	02x02	
Sortie 5V	Nano-fit	01x02	
Sortie 12V/5V	Nano-fit	01x03	
Sortie Moteurs	Micro-fit	02x03	
BUS CAN	SL	01x02	
Prog/Debug	Nappe	02x10	Voir librairie Kicad

Pour ce qui est des connecteurs en sortie de carte, ils sont à adapter à la cible mais, doivent être différents de ceux cités ci-dessus.

2. Les capteurs d'odométrie absolue

Notre robot doit se déplacer en autonomie. Pour ce faire il doit avoir la capacité décisionnelle de contrôler ses actions. Il est donc nécessaire qu'il soit équipé des capteurs pour en temps réel déterminer sa position, son déplacement ainsi que son environnement.

a. Recherche des capteurs

Dans le choix du capteur nous avons élaboré une « matrice de choix » comparant les différents capteurs disponibles selon des critères en adéquation avec le projet.

Critères						
Technologies	Ultrason	Infrarouge			Laser	
Références	HC - SR04	GP2Y0A710K0 F	GP2Y0A2 1	VL53L0X	TF Mini	YLIDAR X2
Plage de mesures	2cm-400cm	100 to 550 cm	10 cm à 80 cm	10cm-120 cm	0.3m-12m	0.10-8m
Précision	3mm	3mm	3mm	3mm	1% (less than 6m), 2% (6m-12m)	0,02
Communication	-	-	-	I2C interface	UART /RX/TX	USB
Courant nominal	15 mA	30 mA	30 mA	19mA	-	350 mA
Tension d'alimentation	5V	5V	4,5V à 5V	2,6-3,5V	4.5V-6V	4.8V~5.2V
Angle faisceau sortant / Longueur d'onde	15°	$\lambda = 870 \pm 70\text{nm}$	-	25°,35°	2.3°	-
Fréquence de balayage	-	-	-	-	-	5 à 8 Hz
Prix	4,12 €	7 €	10,50 €	2,26€	40 €	72 €
Utilisation	Facile	Facile	Facile	Facile	Facile	Difficile
Points pondérés	1,5	3	2	3	5	4
Rang	5	3	4	3	1	2

Critères						
Technologies	Ultrason	Infrarouge			Laser	
Références	HC - SR04	GP2Y0A710K0F	GP2Y0A21	VL53L0X	TF Mini	YLIDAR X2
Plage de mesures	2cm-400cm	100 to 550 cm	10 cm à 80 cm	10cm-120 cm	0.3m-12m	0.10-8m
Précision	3mm	3mm	3mm	3mm	1% (less than 6m), 2% (6m-12m)	0,02
Communication	-	-	-	I2C interface	UART/RX/TX	USB
Courant nominal	15 mA	30 mA	30 mA	19mA	-	350 mA
Tension d'alimentation	5V	5V	4,5V à 5V	2,6-3,5V	4.5V-6V	4.8V-5.2V
Angle faisceau sortant / Longueur d'onde	15°	$\lambda = 870 \pm 70\text{nm}$	-	25°, 35°	2.3°	-
Fréquence de balayage	-	-	-	-	-	5 à 8 Hz
Prix	4,12 €	7 €	10,50 €	2,26€	40 €	72 €
Utilisation	Facile	Facile	Facile	Facile	Facile	Difficile

Figure 3: la matrice de choix des capteurs de distance

b. Banc d'essai des capteurs ToF

Afin de caractériser les capteurs ToF (*Time of Flight*), nous avons créé un banc d'essai qui nous a permis d'effectuer des séries mesures, avec précision. La partie physique du banc d'essai a été réalisée par le pôle Conception et Fabrication.

Il est constitué de deux réglets, le premier, horizontal, pour faire évoluer la distance à la cible et le second, vertical, pour faire évoluer la distance entre le capteur et le plateau de jeu.

Un capteur ToF produit une lumière par le biais de son émetteur. Elle est réfléchiée sur les objets présents dans le faisceau. Une partie de cette dernière est alors renvoyée vers le capteur qui peut alors la détecter. On mesure alors le delta de temps entre l'émission et la réception d'une impulsion. De cette durée, on peut en déduire la distance.

On peut caractériser un capteur par l'angle d'ouverture du cône de détection. Les capteurs ultra-sons ou à LED infrarouge auront un grand angle de détection, contrairement aux technologies laser caractérisées par un rayon faiblement dispersé.

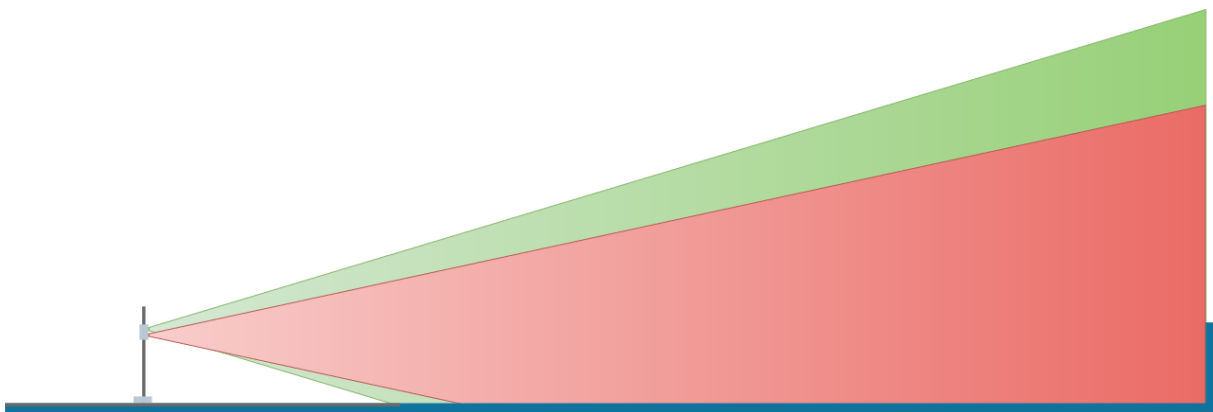


Figure 4: schéma de notre banc d'essai

Le premier capteur ToF que nous avons étudié était le VL53L0X. Fabriqué par ST MICRO, il utilise une technologie infrarouge. Nous avons observé qu'à partir d'une certaine distance, la plupart des rayons lumineux n'atteignent pas la bordure de l'aire de jeu (*figure 4*), raison pour laquelle nous avons développé une procédure de caractérisation pour définir l'intervalle dans lequel le capteur a des performances acceptables.

Le même outil a été mis en œuvre pour caractériser le TF Mini de la marque BENEWAKE.

c. Caractérisations des capteurs ToF

Une réponse d'un capteur peut principalement être caractérisée par deux erreurs, l'erreur systématique et la dispersion. Le but de la caractérisation est d'estimer ces deux valeurs.

Une erreur systématique est compensable en appliquant une correction à la valeur renvoyée par le capteur. La dispersion, quant à elle, peut être réduite en filtrant les données. Par exemple sur une série de données, on peut retirer les valeurs aberrantes et utiliser un filtre moyen pour en déduire la valeur la plus pertinente. Il est possible d'apporter, si nécessaire, à cette valeur, une correction mathématique, pour compenser l'erreur systématique.

L'analyse des données récoltées a pour objectif de définir le profil de la correction à appliquer pour nos capteurs.

Ce traitement a été automatisé grâce à un programme sur MatLab. Il a pour fonction de trier les données et dessiner la fonction de répartition pour chaque distance (*figure 5*).

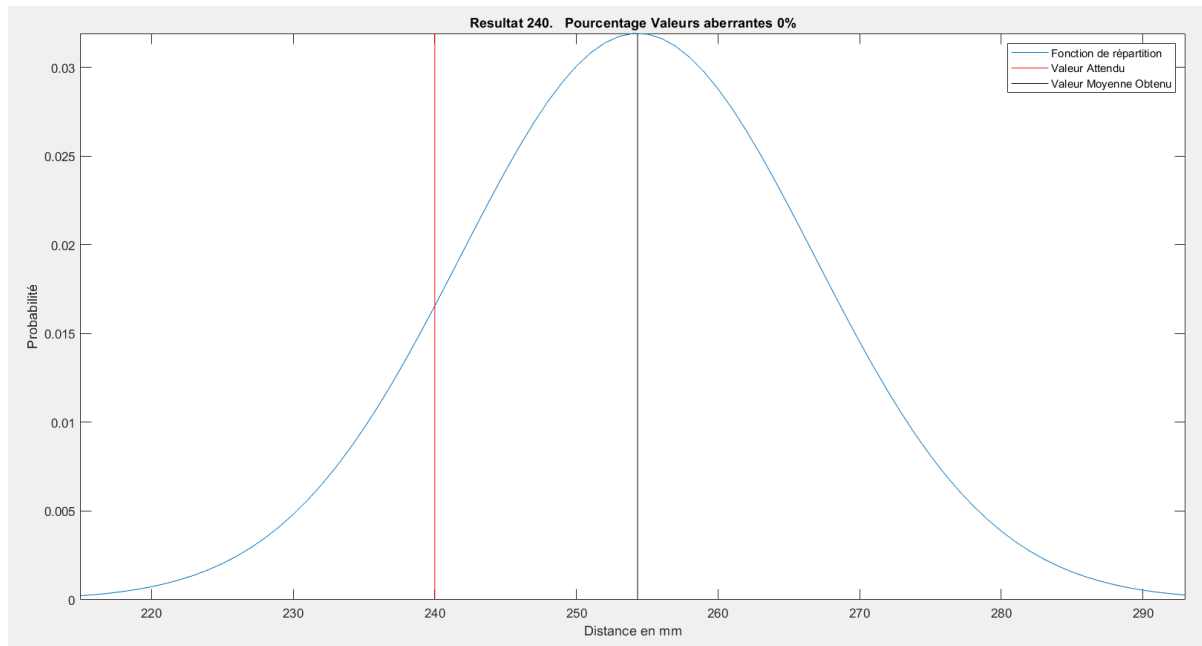


Figure 5: Distribution des données

Les données suivent une distribution normale. L'écart-type augmente avec la distance et varie en fonction du modèle de capteurs. Cette valeur est à prendre en compte pour le choix d'un capteur.

On calcule également l'écart entre la valeur attendue et la valeur moyenne des données ainsi que le taux de valeurs aberrantes (figure 6).

L'erreur ainsi caractérisée s'avère supérieure à celle donnée par le constructeur.

Ce traitement est effectué pour de multiples distances, avant d'appliquer les calculs pour la caractérisation.

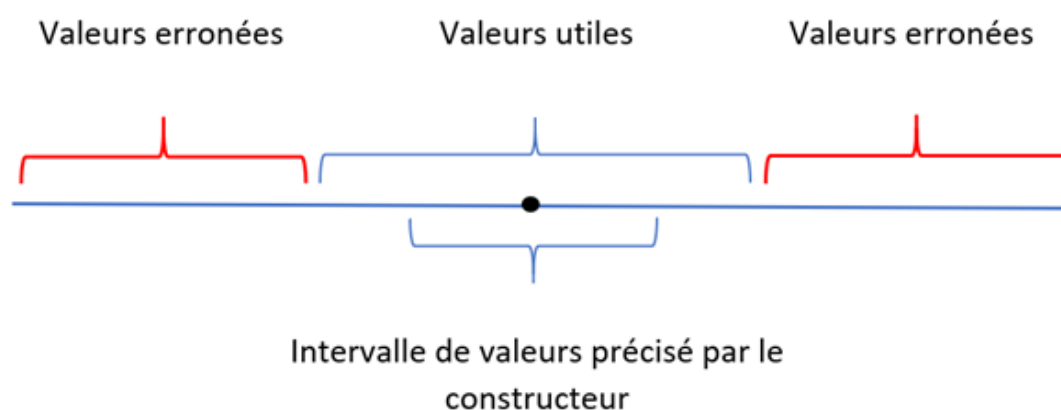


Figure 6: Intervalle de distribution des valeurs

Afin de proposer un étalonnage des capteurs, nous déterminons un modèle mathématique qui compensera l'erreur systématique.

Des capteurs ont besoin de cet étalonnage pour être fiables. Nous appliquons une régression polynomiale pour déterminer les paramètres du modèle de correction (*figure 7*).

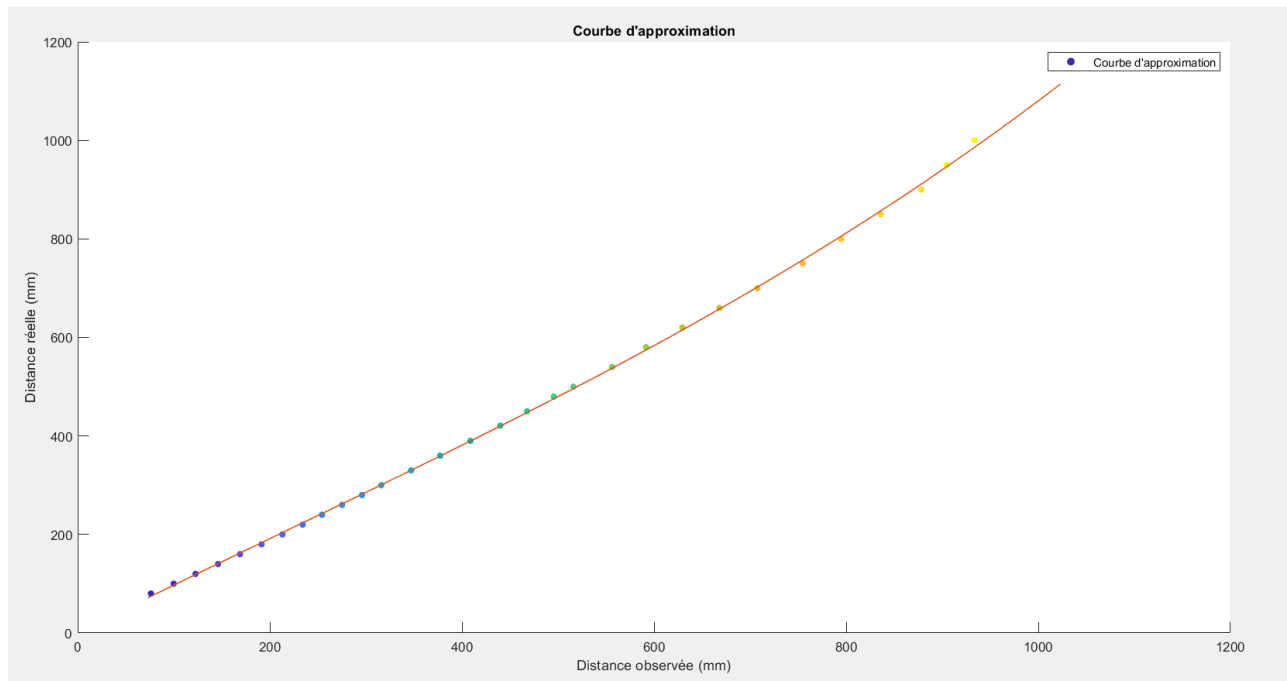


Figure 7: Détermination de la courbe de correction

3. La base roulante de test

Nous avons fait le choix de réaliser une première base roulante de tests permettant au pôle informatique d'avoir un support pour affiner le modèle de déplacement, de communication etc...

Nous avons réalisé une base roulante sur une breadboard, permettant des modifications simples du câblage.

Pour cette partie nous avons utilisé :

- 4 drivers de moteurs pas à pas TMC2208
- 1 nucleo STM32 format Arduino nano
- 1 level shifter 8 voies
- 1 batterie LiPo 3S
- 4 Moteurs pas à pas NEMA17

4. L'alimentation

a. Les cellules

Du fait de fortes contraintes de volume, de caractéristiques électriques et de sécurité, notre choix s'est porté sur la technologie Lithium – Fer – Phosphate (*LiFePO4* ou *LFP*).

Cette technologie dispose d'une énergie volumique intéressante (*190 à 240 Wh/L*), le double des batteries au plomb. En outre, elle dispose d'une puissance de pointe de près de 3 fois celle des technologies n'utilisant pas de lithium.

Les technologies lithium ne sont pas sans risque. Un mauvais entretien, une sous-tension, une surtension ou un courant appelé trop fort peut endommager la batterie et dans bon nombre de cas entrainer un gonflement qui peut être suivi d'un dégagement gazeux, voire d'un incendie. Pour cette raison, le règlement impose aux batteries type Li-Po ou Li-ion d'être stockées dans des sacs ignifugés. La technologie LiFePO4 que nous utilisons n'est pas aussi contraignante et nous dispense réglementairement d'un tel dispositif.

Nous avons donc fait ce choix pour nous permettre de réaliser nos propres batteries, pour gagner en expérience, en flexibilité, en maintenabilité et en place.

b. Le BMS

La carte BMS (*Battery Management System*) est indispensable pour la sécurité de notre alimentation. Elle nous assure une protection contre les courts circuits, les surcharges, les décharges et les surintensités.

Pour une question de simplicité et de gain de temps, nous avons préféré commander une carte.

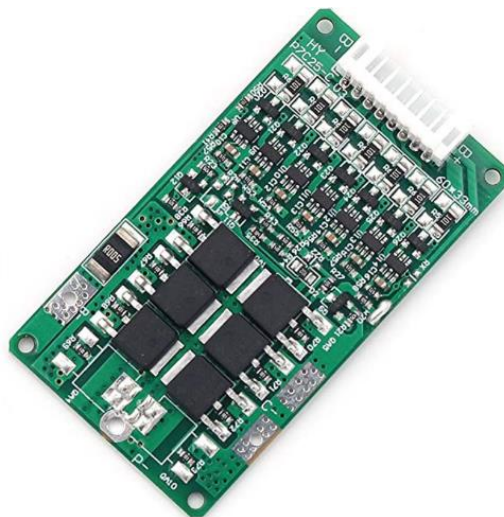


Figure 8: photo du BMS choisi

On notera que ce dispositif n'est présent uniquement que pour protéger la batterie et non le robot.

c. Les tensions de cellules

Afin de pouvoir visualiser le niveau de batterie et l'état de chaque cellule nous avons conçu une carte qui calcule la différence entre cellules par un soustracteur (montage AOP soustracteur).

En ce qui concerne les résistances on sait que :

$$V_s = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

On veut que $(V_2 - V_1)$ soit égal à 5 Volts maximum et $V_s \text{ max} = 3,6 \text{ V}$

Donc on peut déduire la relation entre R_2 et R_1 :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{3,6}{5} = 0,72$$

Pour garantir une tension de 3,6 V maximum à la sortie de chaque amplificateur opérationnel, on a ajouté une diode ZENER et une résistance de 10kΩ.

d. Carte finale

Après concertation :

- Le joulemètre, initialement prévu pour être installé sur cette carte, sera indépendant.
- Seules les mesures des tensions et des courants sur rails d'alimentation (plus de détails plus bas) seront effectuées.
- Le module de mesure de tension des cellules ne sera pas intégré à cette carte.

La carte finale aura pour rôle de produire, à partir de la tension de la batterie, les différents niveaux de tensions dont aura besoin le robot à savoir :

- VBatt-8A pour les moteurs
- 12V-2A pour les accessoires
- 5V-2A pour l'alimentation de la Raspberry Pi
- 5V-1A pour l'alimentation des différentes autres cartes



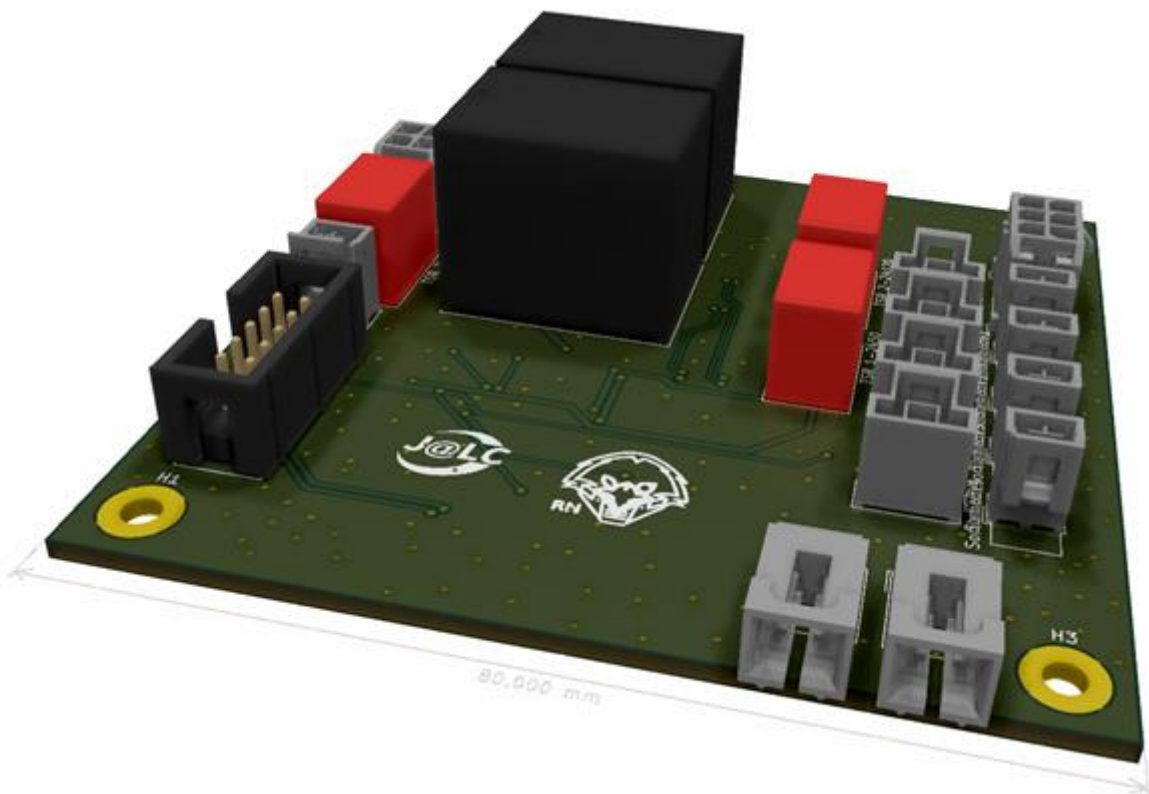


Figure 9: vue 3D de la carte d'alimentation

5. Système de récupération de gobelets

À la suite d'une réunion avec l'ensemble des participants du projet, nous nous sommes accordés sur un système de bras articulé et de deux ascenseurs placés de chaque côté.

a. Les ascenseurs

Un ascenseur est composé de deux pinces dont l'une peut se déplacer sur une glissière verticale. La première étape a été de définir l'ensemble des signaux utiles pour faire fonctionner le système.

Une fois les signaux définis, nous avons pu choisir un microcontrôleur adapté. Nous avons retenu le STM32F103C8T6. Il est capable de gérer l'ensemble des signaux. Le pôle informatique l'utilise également pour d'autres applications.

Carte Ascenseur			
Organe	Nom du signal	I/O STM32F103	Type pin
P2.1	DIR_Moteur_P-A-P_2.1	PB2	
	STEP_Moteur_P-A-P_P2.1	PA8	TIM1_CH1
	Fin_De_Course_P2.1	PB14	
P1.1	PWM_Pince_P1.1	PA0	TIM2_CH1
	PWM_Poignet_P1.1	PA6	TIM3_CH1
Programmation	SWCLK	PA15	
	SWDIO	PA14	
	NRST	NRST	
	SWO	PA16	
BUS CAN	CAN_RX	PA12 (TX STM)	CAN
	CAN_TX	PA11 (RX STM)	CAN

Figure 10: tableau des signaux utile pour la carte d'un ascenseur

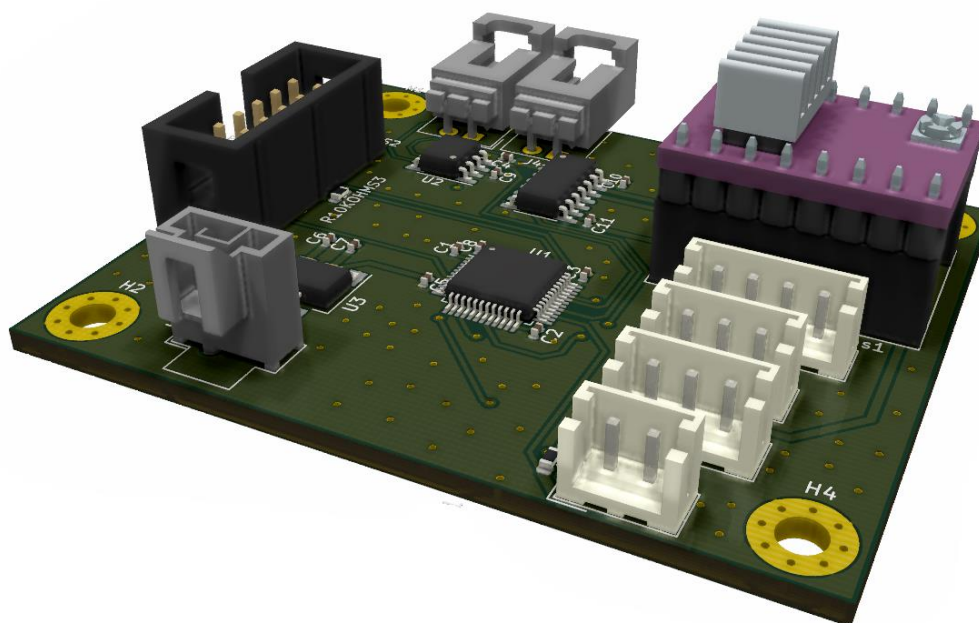


Figure 11: vue 3D de la carte d'un ascenseur

b. Le bras

Carte Bras			
Organe	Nom du signal	I/O STM32F103	Type pin
Bras	RX_Bus_UART_Coude	PA2	UART
	TX_Bus_UART_Coude	PA3	UART
	RX_Bus_UART_Epaule	PA2	UART
	TX_Bus_UART_Epaule	PA3	UART
	PWM_Poignet_Bras	PA6	TIM3_CH1
	PWM_Pince_Bras	PA0	TIM2_CH1
	STEP_Moteur_P-A-P_Bras	PA8	TIM1_CH1
	DIR_Moteur_P-A-P_Bras	PB2	
	Fin_De_Course_Bras	PB14	
Programmation	SWCLK	PA15	
	SWDIO	PA14	
	NRST	NRST	
	SWO	PA16	
BUS CAN	CAN_RX	PA12	CAN
	CAN_TX	PA11	CAN

Figure 12: signaux utiles pour la carte d'un ascenseur

Ne connaissant pas la technologie finale des actionneurs, nous ne pouvons pas finaliser cette tâche.

c. La programmation des ascenseurs

Les différentes étapes de la programmation des ascenseurs :

- Développement des fonctions pour les mouvements de bases
- Développement des fonctions de prise et stockage/déstockage des bouées en accord avec le GRAFCET proposé par le pôle Conception et Fabrication
- Implémentation d'une file (*FIFO*) pour stocker les instructions arrivant par le BUS
- Gestion de la communication sur le BUS CAN (*lecture des instructions et confirmation de tâche effectuée*)

La carte reçoit comme message un caractère codant l'instruction à réaliser (*prise de bouées au sol ou à l'écueil, déchargement*).

6. Le phare

La carte du phare n'étant pas dans le robot, elle n'est pas soumise aux mêmes exigences, en termes de connecteurs ou de choix des composants.

Au vu du cahier des charges du phare, nous nous sommes arrêtés sur le choix d'un CPLD plus adapté au besoin. Nous avons décidé d'utiliser des moteurs à courant continu, pour le déploiement du phare et pour le gyrophare qui se situe au sommet du phare.

La partie d'adaptation de la puissance envoyée aux moteurs est effectuée par un circuit intégré double pont en H : L298N.

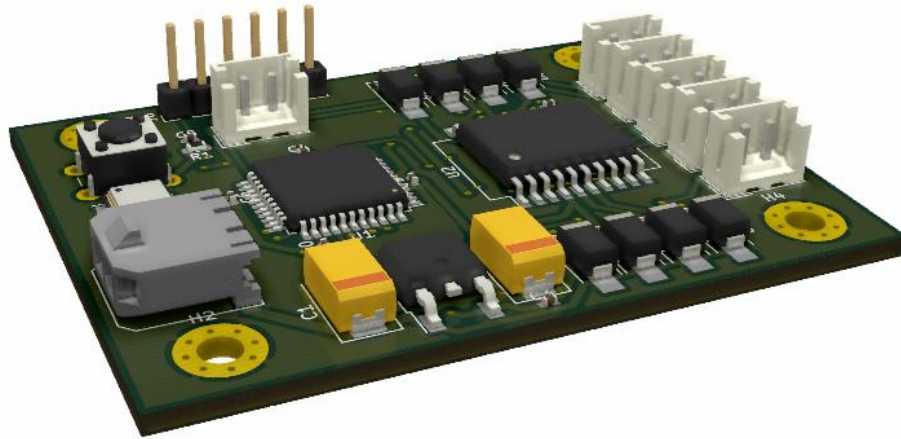


Figure 13: vue 3D de la carte du phare

7. Le carte communication

La carte de communication est un organe essentiel pour le robot. En effet elle permet d'embarquer le protocole de communication sur le BUS CAN. Elle dispose également d'un moyen de communication sans fil, type Xbee ou NRF24L01. Elle permet dans le même temps d'alimenter la Raspberry. Elle respecte la norme des BOB pour Raspberry.

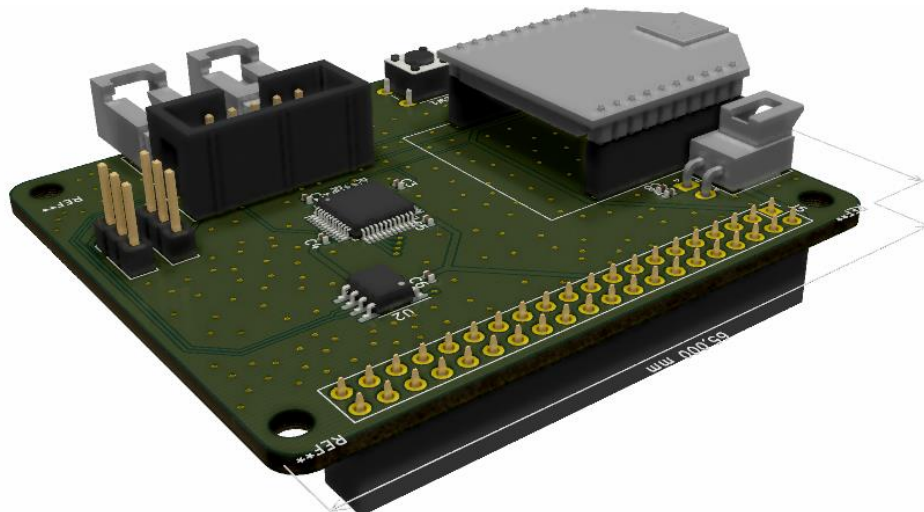


Figure 14: Vue 3D de la carte de communication

V. Fabrication des cartes électroniques

Pour fabriquer les cartes pour le projet, nous avons deux solutions. Pour de simples prototypes ou des cartes qui doivent être prêtes rapidement, nous pouvons utiliser la fraiseuse LPKF S-100 du laboratoire d'électronique de Polytech Nancy. Si nous voulons des PCB plus professionnelles avec une couche de masque et de sérigraphie, nous pouvons passer par notre sponsor JLC PCB.

1. Fraiseuse LPKF S-100

La fraiseuse LPKF S-100 nous permet de créer des cartes, simples ou doubles faces. Nous pouvons raisonnablement descendre jusqu'à une largeur de piste de 0.2mm et des vias de 0.4mm de diamètre. Ces limitations ne sont pas un obstacle dans notre contexte. Elles nous permettent déjà d'utiliser une très grande majorité des composants à notre disposition. Notre principale limitation est la soudure manuelle ou au four, opération qui devient complexe avec des éléments de petites tailles comme des résistances normées 0402

La Fabrication de déroule en plusieurs étapes.

- Initialisation de la machine
- Import des fichiers « gerber »
- Placement de l'origine utilisateur sur un point de la matière première à usiner
- Perçage des trous de placement
- Collage d'un film de protection sur les deux faces
- Dégagement des trous de repérages
- Marquage et perçage des trous à métalliser
- Sortie du PCB de la machine
- Remplissage des trous avec une pâte à métalliser
- Retrait du surplus par aspiration
- Retrait du film de protection
- Cuisson en four à refusion
- Remplacement dans la machine
- Perçage ou fraisage des trous non métallisés.
- Fraisage de la première face
- Retournement la plaque
- Fraisage de la deuxième face
- Fraisage des contours
- Sortie de la carte de la machine
- Séparation du PCB du reste de la plaque
- Nettoyage avec de la paille de fer et de l'acide formique
- Étamage liquide



Ces étapes réalisées, nous pouvons nettoyer la PCB à l'eau et une fois sèche commencer à assembler les composants

2. JLC PCB

JLC PCB est un fabricant industriel de PCB. Le process est sensiblement différent de la fraiseuse du laboratoire.

Au lieu d'utiliser un process abrasif, ils utilisent un process chimique tel que décrit ci-dessous :

- Import des fichiers « gerber » sur le site internet puis commande
- Vérification des règles de routage
- Assemblage avec d'autres projets pour occuper une plaque complète
- Nettoyage de la plaque
- Découpe de la plaque à une dimension utilisable
- Perçage des trous à métalliser
- Nettoyage de la plaque
- Electro-plaquage (métallisation des trous à métalliser)
- Vérification de la conductivité
- Application d'une résine photosensible
- Placement d'un masque correspondant au design sur chaque face
- Exposition aux UV pour polymériser la résine
- Nettoyage de la résine non polymérisée
- Dissolution du cuivre exposé
- Nettoyage de la carte
- Inspection optique
- Application d'un masque de soudure en époxy photosensible
- Séchage à 87°C
- Application d'un masque correspondant au design sur chaque face
- Exposition aux UV pour polymériser le masque de soudure à garder
- Nettoyage du masque non polymérisé
- Impression de la couche de sérigraphie sur les deux faces
- Finition de surface (étamage)
- Test électronique (isolation et conductivité)
- Séparation des PCB de la carte principale
- Nettoyage à ultrasons
- Inspection visuelle humaine

Une fois ces étapes réalisées il ne reste alors plus qu'à envoyer les cartes ou les amener à l'assemblage automatique.



3. SMT Assembly

L'assemblage des composants de surface est un plus non négligeable. En effet, il nous permet d'utiliser un grand nombre de composants. Certains de petite taille nous empêchent l'usage car trop difficiles à souder.

Pour nous assister nous pouvons avoir recours au service SMT Assembly mis à disposition par notre sponsor JLC PCB.

Nous disposons de plus de 30 000 composants différents, disponibles dans des machines de Pick and Place. En créant un fichier de fabrication en .pos, il permet aux machines de connaître quel composant est à placer à telle coordonnée et telle orientation.

En plus de ce fichier, il est nécessaire d'ajouter un fichier « gerber » correspondant aux emplacements où il faut placer de la pâte à souder. Une fois en place, la machine va pouvoir positionner les composants à l'emplacement désigné.

A l'issue, l'assemblage va dans un four à refusion. Refroidie, la carte est prête à être envoyée.



VI. Projet de fabrication d'une soudeuse par point

1. Projet

Pour fabriquer nos propres batteries à partir de cellules 18650 de LiFePO₄, il est nécessaire de les assembler à l'aide de bandes de zinc.

Pour les assembler nous avons plusieurs solutions :

- Le simple contact, comme des piles dans une télécommande.
Peu fiable dans un contexte de vibration et nous ne garantissons pas la surface de contact.
- La brasure étain.
Très bon contact mais chauffe les cellules ce qui peut les endommager
- La soudure par point.
Très bon contact, tenue mécanique excellente, mais besoin d'une machine spéciale

Le but de projet est donc de fabriquer une soudeuse par point principalement autour d'un transformateur de micro-onde. Ce type de transformateur, une fois rebobiné, peut délivrer une puissance de près d'un kilowatt avec un courant très fort (*plusieurs centaines d'ampères*) ce qui est idéal pour notre besoin.

Nous avons donc coupé l'enroulement secondaire que l'on a remplacé par plusieurs enroulements de câble de 25 mm² nous permettant d'avoir un transformateur abaisseur. Il a également fallu concevoir un système électronique pour commuter la puissance sur ce dernier pour en maîtriser le fonctionnement.

2. Interface

L'interface homme machine sera réalisée par différents organes :

- Une pédale de déclenchement
- Un bouton de déclenchement situé sur le manche de soudure
- Un codeur rotatif muni d'un bouton central pour naviguer dans les menus
- Un écran LCD 16x02 caractères
- Un buzzer
- Une interface USB

L'interface servira alors à pouvoir sélectionner les types de déclenchement, la puissance et l'énergie à délivrer.



3. Partie électronique

La partie électronique est simple. Nous utilisons un microcontrôleur de type ATMEGA328 alimenté par un régulateur à découpage isolé. Le microcontrôleur va contrôler un triac isolé grâce à un photo triac.

La puissance est modulée par un déclenchement par retard de phase et l'énergie est calculée grâce au nombre d'alternances commutées.

L'interface USB permettra de programmer l'AtMega.

4. Partie mécanique

La partie mécanique est elle aussi simple, la totalité du boîtier est en bois. La façade avant ainsi que la façade arrière seront en MDF de 8mm d'épaisseur cela permettra de simplicité la fabrication des différentes encoches qui accueilleront les composants de l'interface homme machine, le casier de rangement, le port USB permettant la programmation et le codeur.

Les autres planches elles seront en contreplaqué de 16mm d'épaisseur afin d'assurer la rigidité du boîtier. Il est vrai que le transformateur a une masse non négligeable.

Une autre partie importante est la conception du refroidissement du boîtier. Pour cela nous avons placé, à l'arrière du boîtier, un ventilateur de 90mm de diamètre, qui aspire l'air chaud du boîtier et l'extrait en dehors de ce dernier.

Néanmoins il a fallu créer deux ouvertures afin de faire pénétrer l'air frais. Les composants nécessitant le plus d'être refroidi sont le transformateur et le triac. Dans cette optique les entrées d'air sont placées à l'avant du boîtier. Ainsi l'air frais traverse l'ensemble du boîtier.

Pour assurer un refroidissement efficace nous avons fait en sorte que la surface de sortie de l'air chaud soit égal à la somme des surfaces d'entrée d'air.

Une dernière fonctionnalité est l'asservissement de la température en variant la vitesse de rotation du ventilateur.





Figure 15: vue 3D de l'avant de la soudeuse par point



Figure 16: vue 3D de l'arrière de la soudeuse par point

VII. Synthèse

1. Difficultés

La principale difficulté a été l'apprentissage de l'ensemble des fonctionnalités du logiciel de CAO Kicad. Ce dernier est très complet et open source. Certaines fonctionnalités ne sont cependant pas simples à appréhender pour un débutant à la CAO en électronique.

Une autre difficulté a concerné la communication entre le chef de pôle en 4ème année et les autres membres de 3ème année. Entre autres difficultés, nous avons des journées bloquées pour le projet différent, régulièrement incompatibles avec les emplois du temps respectifs.

Au cours de la conception de certaines cartes, le cahier des charges pouvait changer, une partie du travail alors réalisée n'était plus nécessairement utile. Des situations de ce type pouvaient parfois être génératrices de perte de motivation. La seule consolation que l'on pouvait y trouver étaient celles permettant toutefois l'acquisition de nouvelles compétences.

La quasi-impossibilité de simuler lors de notre conception a également été mal vécue. Bien que notre chef de pôle ait rattrapé nos erreurs, nous sommes persuadés que nous aurions été meilleurs en conception si nous avions pu les effectuer avec une possibilité de simulation.

2. Tâches à poursuivre

Les cartes sont prêtes, ne reste plus qu'à produire les prototypes et à les tester pour les transmettre au pôle informatique, afin qu'ils éprouvent à leur tour le soft développé auparavant.

Il sera nécessaire de construire les batteries à partir des cellules choisies.

Il aura également à réaliser l'électronique de la carte du bras qui, pour des raisons de choix des actionneurs, ne peut pas réellement être finalisée.

Un banc d'essai adaptable à LabVIEW devra également être réalisé afin de tester les différentes cartes, vérifier leur fonctionnement, leur consommation, la qualité des signaux qui transitent etc.

3. Rétrospective

Après un an passé au sein de Robotech Nancy, nous pouvons affirmer que ce projet est complet. Nous sommes très satisfaits et heureux d'avoir choisi ce projet. Nous encourageons les étudiants motivés et ayant une soif d'apprendre à intégrer ROBOTECH pour les prochaines années.



Nous avons développé de nombreuses compétences en termes de conception électronique. Nous avons mis en pratique nos cours et nous nous sommes améliorés sur le respect d'un planning, de la restitution de livrables et dans la communication interne comme externe au pôle.

Le fait d'être indépendants a été bénéfique. Nous avons pu susciter une forte entraide entre les membres de notre pôle, même si certains étaient déjà particulièrement à l'aise avec les logiciels et les méthodes utilisées.

Le projet Robotech Nancy est un projet avec 17 étudiants. Il n'est pas anormal que des dysfonctionnements se fassent jour d'un point de vue organisationnel. Néanmoins avec la volonté de chacun, des automatismes se sont mis en place et des méthodes de travail ont émergé. Aujourd'hui nous sommes efficaces et prêts à relever le défi : terminer notre robot, et, comme le dit notre tuteur M. NOIZETTE « exploser la compétition » !

