Suicide Quad

Projet S4

Deuxième Soutenance

Vianney Marticou, Florian Ruiz,
Baptiste Cormorant, David Tchekachev

Professeurs référents : Khelifa Saber et Loïc Blet

2023

Table des matières

1 Introduction

Au sein de ce cahier des charges, nous détaillerons :

— l'origine et la nature du projet : D'où vient l'idée de ce projet ? Quel est son origine ? De quelle nature est-il ?

— l'objet d'étude : Quels sont les buts et intérêts de ce projet ? Qu'est-ce que cela peut nous apporter à l'échelle de groupe et à l'échelle individuelle ?

— l'état de l'art : Quel est la première application de ce type ? Quels sont les principales autres outils de ce type existants ? Quels sont leurs points forts ? Quelles sont leurs fonctionnalités propres ?

— le découpage du projet : Comment sera répartie la charge de travail au sein des membres du groupe ? Quels sont les principales phases de développement ?

— le planning : Quels sont les principales dates importantes du projet ? Dates de soutenance, date de sortie des fonctionnalités, etc.

— la répartition des tâches : Qui sera en charge de quels fonctionnalités du projet ? Qui sera en charge de gérer la communication Client-Serveur ? Le site Internet ?

2 Expériences Personnelles

2.1 Vianney

Pendant mon temps libre, j'ai eu l'occasion de programmer des ATmega328p en bare-metal avec et sans Arduino IDE. Je suis entrain de découvrir le monde des STM32, les micro-controllers que nous allons utiliser dans ce projet. Je me passionne aussi pour la modélisation 3D, cela m'a permis de créer de nombreux assemblages. J'ai aussi pour avantage d'être une personne extrêmement curieux et motivé.

2.2 Baptiste

J'ai travaillé sur des projets de création de sites web et d'applications. J'ai ensuite découvert l'univers de l'électronique avec l'utilisation d'Arduino et de Raspberry Pi, que j'ai utilisés dans le cadre de mini-projet. Grâce à ces expériences, j'ai développé une bonne compréhension de la programmation, de l'électronique et de la robotique, et j'ai pu mettre ces compétences en pratique dans divers projets personnels.

2.3 Florian

J'ai pu dans le passé utilisé arduino IDE, et de participer à la création d'un circuit imprimé, dans l'association Evolutek afin de créer une vitrine pour la coupe de robotique de l'année dernière. J'ai aussi suivie les cours d'arduino de l'année dernière en NTS. Et pour finir je suis en ce moment sur un projet qui vise a mettre une écran LCD et un haut-parleur sur une carte arduino UNO, pour un cadeau. Je pense donc beaucoup m'amuser durant ce projet et de découvrir en profondeur le domaine des robots.

2.4 David

En classe de Terminale, pour les olympiades de SI, j'avais déjà eu à travailler sur un projet plutôt similaire. Avec mon groupe nous avions assemblé une voiture contrôlée par un micro-ordinateur (Raspberry Pi) et équipée de multiples capteurs, dont des capteurs de distance à base d'ultra-sons, une caméra Pixy pour la reconnaissance du chemin à suivre, d'un module Bluetooth/WiFi pour la communication avec un téléphone ou ordinateur. J'ai donc une petite expérience sur ce genre de projet et j'espère pouvoir l'apporter à ce projet pour le mener à bien.

3 Origine et nature du projet

Notre projet vise à combiner les aspects de la robotique matérielle et de l'informatique en mettant en œuvre des techniques de robotique mobile et de SLAM pour créer un robot capable de cartographier un labyrinthe et de trouver le plus court chemin entre le point de départ et d'arrivée. Il s'agit d'un projet à la fois technique et pratique qui vise à développer les compétences en matière de robotique matérielle, d'électronique et de programmation en C.

En plus de la réalisation d'un robot capable de cartographier un labyrinthe, nous voulons également mettre en place un système de communication pour envoyer les données récoltées par le robot à un serveur distant. Ce serveur sera utilisé pour reconstituer la carte effective du labyrinthe et pour trouver le plus court chemin entre le point de départ et d'arrivée. Cet aspect du projet est particulièrement intéressant car il nous permettra de mettre en pratique les concepts de réseau en C, en utilisant des techniques de communication client-serveur et de lecture de paquets.

4 Objet d'étude

4.1 Synopsis

Le but de notre projet va être de créer de toutes pièces un robot qui aura pour mission de cartographier un labyrinthe. En parallèle de la cartographie, il devra envoyer l'intégralité des données récoltée a un serveur distant. Ce serveur aura pour tache de reconstituer la carte effective du labyrinthe puis de trouver le plus court chemin entre le point de départ et d'arrivée.

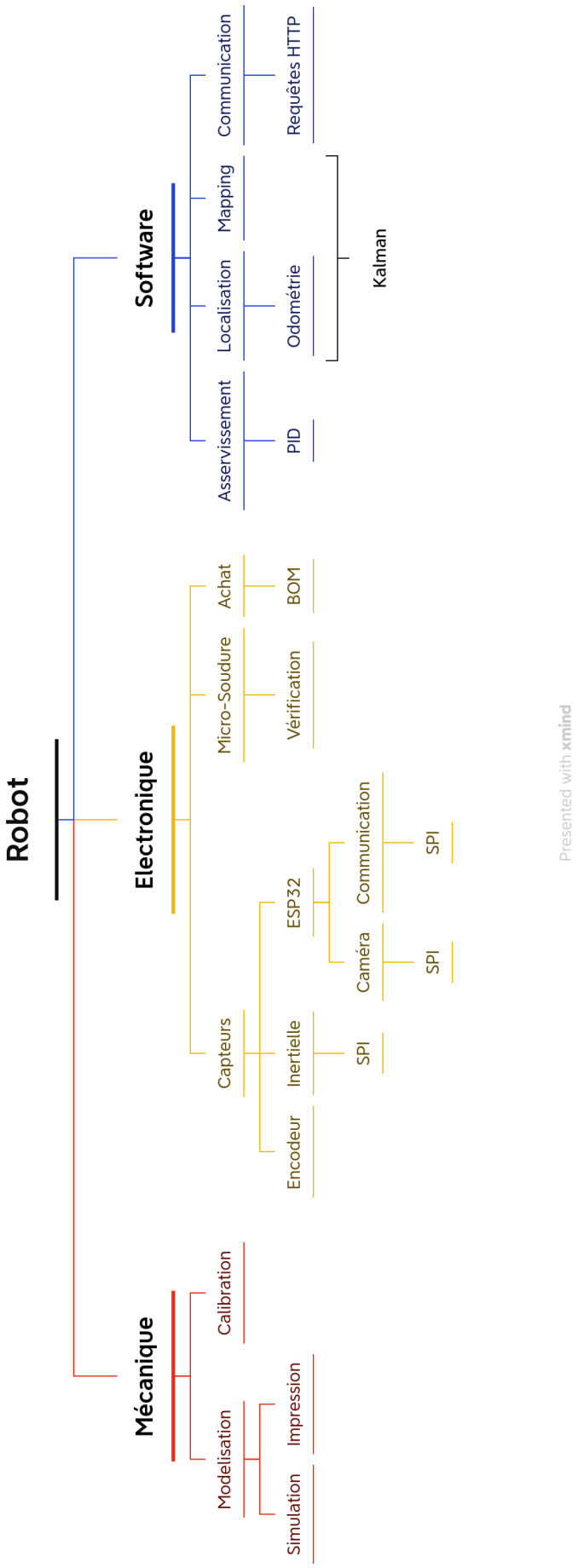
4.2 Pré-requis

— Le robot : Le robot devra pouvoir se déplacer sur un terrain plan. Le labyrinthe étant représenté par une feuille, on pourra considérer qu'il n'y aura pas de pente ou d´obstacle sur son chemin. Ce robot devra aussi pouvoir "voir" la feuille et son environnement. Afin de reconnaître, les murs (traits noirs) et les points de départ et d'arrivée. Une autre de ses compétences sera de pouvoir échanger avec le monde extérieur, pour envoyer les données récoltés sur le serveur.

— Le serveur : Il devra être capable de gérer la récolte de données via le robot et de reconnaître que le robot a fini son travail. Une fois, le travail du robot fini, il devra reconstituer de manière visuelle le labyrinthe et rendre compte a l'utilisateur du chemin le plus court entre les deux points.

— Le labyrinthe :
Il sera symbolisé par une feuille blanche sur laquel, on aura préalablement dessiné des murs (traits noirs).

— Les points :
Les points départ seront symbolisés par des ronds de couleur dans le labyrinthe. Le robot devra donc interpréter les formes. Il devra pouvoir faire la différence entre une ligne (un mur) et un rond (un point). Une fois cette distinction faite, il faudra aussi gérer les différentes couleurs entre le point de départ et d'arrivée.


Robot
Mécanique
Calibration
Modelisation
Impression
Simulation
Electronique
Capteurs
Achat
Micro-Soudure
BOM
Vérification
Encodeur
Inertielle
ESP32
SPI
Caméra
Communication
SPI
SPI
Software
Asservissement
PID
Localisation
Odométrie
Mapping
Kalman
Communication
Requêtes HTTP
Presented with xmind

5 Répartition des taches

Pour rappel, voici la répartition de taches de notre projet tel que nous l'avions mis sur notre Cahier des Charges.

Tâches	David	Vianney	Florian	Baptiste	Soutenance
—- Mécanique —-					
Cinématique		X			1-2
Impression	X	X	X	X	1-2
Calibration Moteur		X			1-2
—- Electronique —-					
Encodeur Rotatif		X			1-2
Caméra	X				2
Montage	X	X	X	X	1-2
Communication				X	2-3
—- Logiciel —-					
Filtre Kalman	X	X			2-3
Localisation	X	X	X	X	2-3
Mapping	X	X	X	X	3
Régulateur PID		X	X		1-2
—- Serveur —-					
Communication	X			X	2-3
GUI	X				3
Recherche du plus cours chemin		X		X	3

6 Etat de l'avancement

6.1 Achat

Un des principaux facteurs a prendre en compte est l'achat des composants. Sans les composants, le projet ne peux pas réellement avancé. Nous avons pu commander la plupart des composants dans un temps raisonnable. Cependant nous ne les avons pas tous réceptionner. On pourra notamment citer la carte Wifi et la caméra dans la liste des éléments manquants. Heureusement, ce ne sont que des composants secondaires de notre projet, du moins dans un premier temps.

6.2 Bill Of Material

Dans cette partie, nous allons faire un rapide point sur le cout de ce projet.

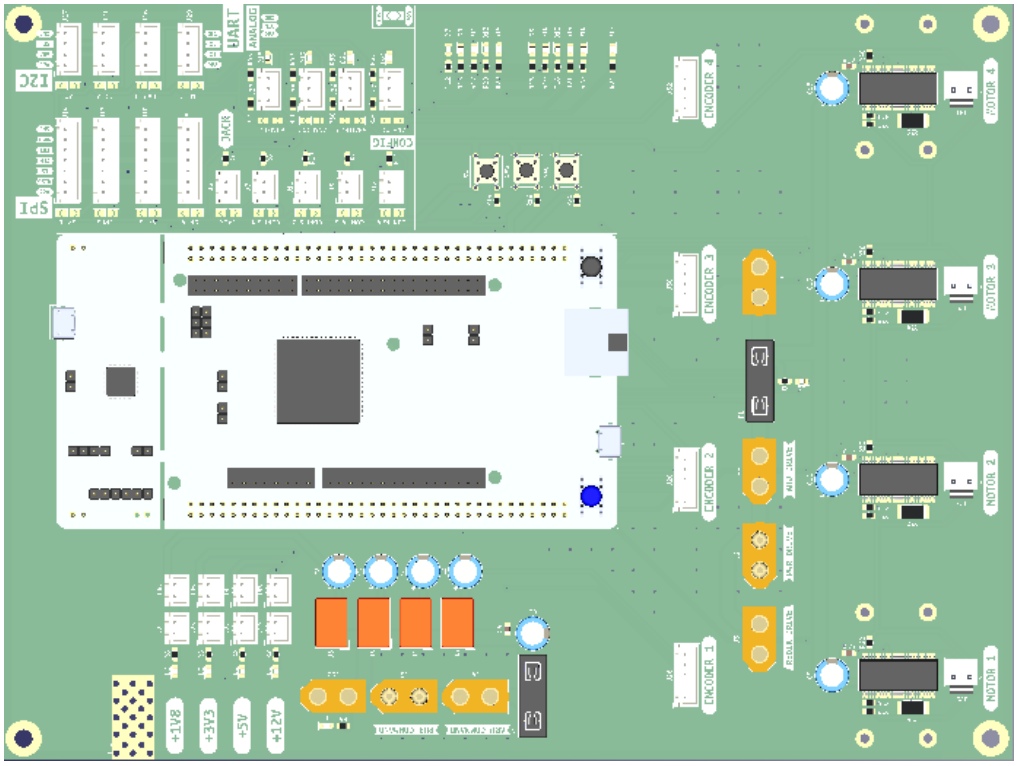
Composants	Prix	Quantité	Utilisation
Rotary Encoder	23,46 €	2	Lit la distance parcourue
Nucleo-F446ZE	16,47 €	1	Le cerveau de notre projet
Centrale inertielle	7,11 €	1	Localisation du robot
Resistance ($10\Omega, 10k\Omega, 12k\Omega$)	0,84 €	24	Élément résistif
Pont en H	12,23 €	4	Gestion des moteurs
Traco 24V - 5V	5,63 €	1	Convertisseur de Tension
Traco 24V - 1.5V	4,69 €	1	Convertisseur de Tension
Traco 24V - 3.3V	4,69 €	1	Convertisseur de Tension
Traco 24V - 12V	4,69 €	1	Convertisseur de Tension
Condensateur 100 μF	0,16 €	9	Lissage des variations
JST (toutes tailles confondues)	3,57 €	35	Connecte les différents câbles
Circuit Imprimé	8,60 €	1	Circuit Imprimé
Boutton (toutes tailles confondues)	1,25 €	4	Aide au Debug
XT-60 (toutes tailles confondues)	2,54 €	7	Connecte les différents câbles
Support Fusible	1,65 €	2	Sécurise
Dupont F - M & M - M	4,58 €	2	Supporte la Nucleo sur PCB
Condensateur 0.1 μF	0,14 €	7	Lissage des variations
Total	102,3 €		

6.3 Circuit Imprimé

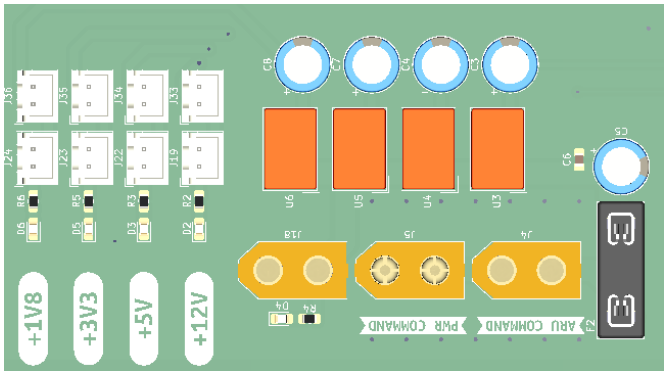
Afin que ce projet puisse se finir, nous avons acheter un Circuit Imprimé. Cela va nous permettre éliminer un certain nombre de câbles, notamment de faux contact. De plus, on enlever le fameux problème du câble qui est débrancher et d'on personne ne sait où il va.

Un des intérêts d'avoir un circuit imprimé est celui de la professionnalisation. Effectivement, je ne pense pas qu'il y a de débat sur le fait qu'un circuit imprimé fait bien plus professionnel qu'un ramassis de câble.

L'avantage que nous apporte un circuit imprimé est l'accès a des composants électroniques de taille bien plus faible. Par exemple, les condensateurs de 100 micro Farad, que l'on appelle les composants 0805, sont des éléments de 1,25mm de largeur. Il faut avouer que souder ce genre de composants n'est pas vraiment simple. Mais cela, nous permet de ne pas avoir avoir à nous soucier de la taille de notre robot.



6.3.1 Alimentation

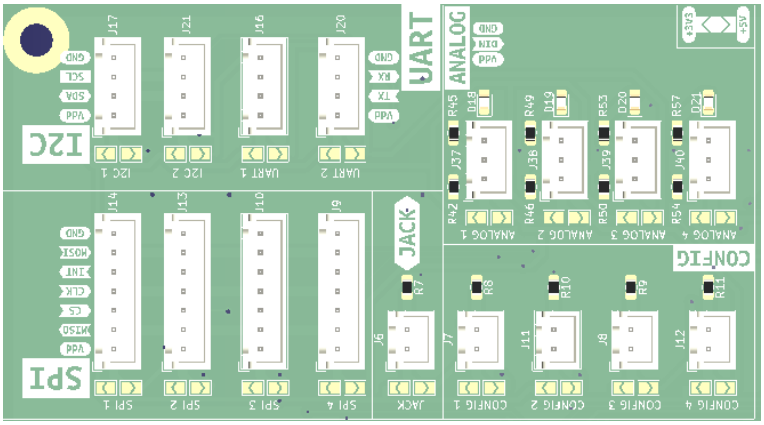


Cette partie de la carte permet de faire toute la gestion de l'alimentation du robot. Les blocs représentés en oranges sur la modélisation sont des traco. Ils permettent de convertir une source de tension, en élevant ou abaissant sa tension. Dans notre cas, nous avons équipé notre robot :

- Un traco 24V vers 12V
- Un traco 24V vers 5V
- Un traco 24V 3.3V
- Nous avons laissé libre l'emplacement du convertisseur 12V vers 1.8V. Pour le moment, aucun de nos capteurs est alimenté en 1.8V. Néanmoins nous ne nous fermons aucune porte surtout s'agissant des capteurs.

De plus, nous avons souder les connecteurs blancs, des JST, ils nous seront utile lorsque nous devrons alimenter nos capteurs.

6.3.2 Capteurs



Cette partie de la carte est la zone, la plus "futur proof". En informatique, il existe un grand nombre de composants qui permettent de faire un infinité de choses. Cependant le revers de la médailles est que pour une multitude de possibilité, une multitude de moyen de communication. Heureusement pour nous, il n'existe qu'une poignée de moyen de communication (du moins répandue). Nous appelons donc les passer en vue et voir une des utilisations possible de ces protocoles.

— **SPI** (Serial Peripheral Interface) : C'est un mode communication qui repose sur le principe de maître - esclave. Le maître contrôle la communication. Ce protocole a l'avantage de synchronisé les deux composants sur l'horloge et d'avoir un meilleur débit de l'UART et que le I2C. Cependant il monopolise plus de Pin que ces derniers.

— **UART** (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) : Comme son nom l'indique, c'est un protocole qui repose sur une communication asynchrone entre un émetteur - receveur. L'UART repose sur des vitesses de transmission particulière, par ex : 9600 baud.

— **I2C** (Inter-Integrated Circuit) : Ce protocole reprend le concept de maître - esclave du bus SPI, mais il rajoute le fait qu'un esclave peut prendre la position de maître, en inversant les rôles.

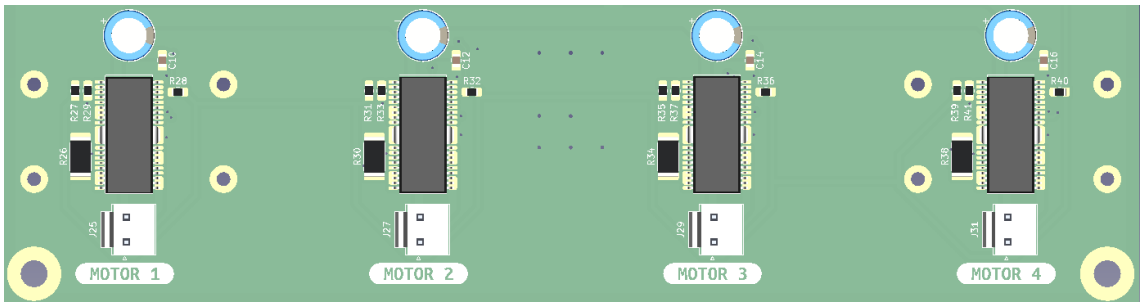
— **JACK** : C'est un canal qui achemine des signaux logiques.

— **ANALOGIQUE** : De même, c'est un canal qui achemine des signaux analogiques.

6.3.3 Alimentation des Moteurs

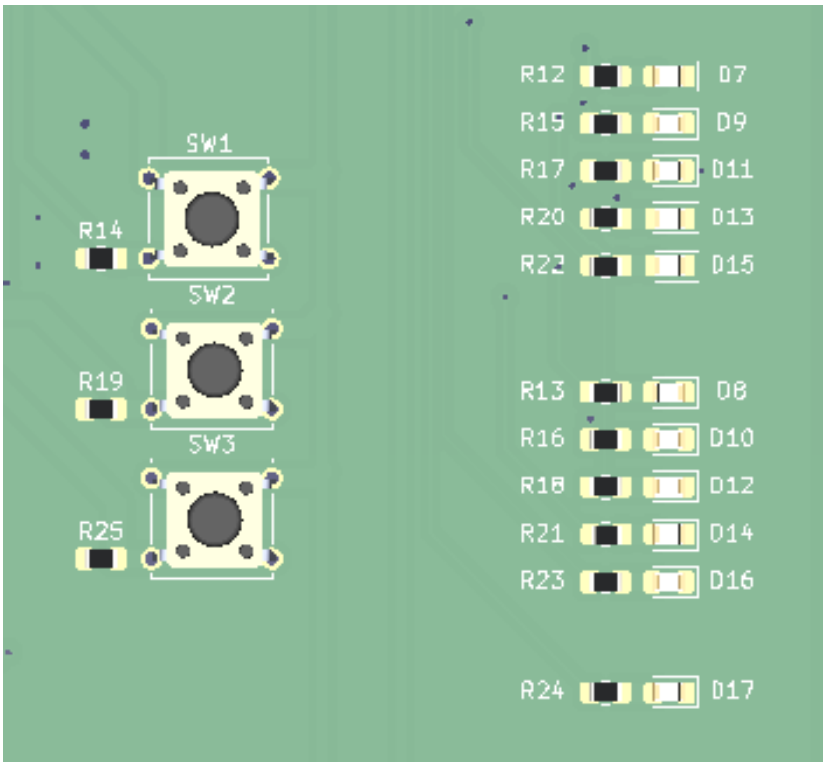
Dans cette partie, il y a 4 connecteurs JST qui permettent de récupérer les données des encodeurs rotatifs. Ils nous seront très utile pour faire le Régulateur PID. De plus, il y a les connecteurs XT-60 qui ont pour mission de gérer l'alimentation des moteurs. Nous avons aussi un connecteur sur lequel nous connectons un arrêt d'urgence. En effet, nous n'avons pas encore parlé de la partie sécurité de notre projet mais nous devions absolument pouvoir couper l'alimentation faite aux moteurs.

6.3.4 Moteur



Cette zone contient la gestion des différents moteurs a chaque moteur est associé un composant que l'on appelle un driver. Il permet de contrôler le moteur, une de ses principales taches est d'inverser la bornes - et la borne +. En effet, le moteur est un dipôle "réversible". Les guillemets sont nécessaires car un moteur n'est pas a proprement dit un dipôle réversible dans le sens, ou si l'on inverse les bornes le moteur marchera mais dans le sens inverse.

6.3.5 Debug



Ce morceau a pour seul et unique but de faire du debug sur la carte. Nous avons trois boutons que l'on link avec des actions particulière. Ainsi que 11 Led de couleur différentes qui nous permettent d'afficher des informations. Par exemple, un niveau de criticité, si les receveur des protocoles sont connecter ou bien juste montrer que le robot est allumé.

6.4 Mécanique

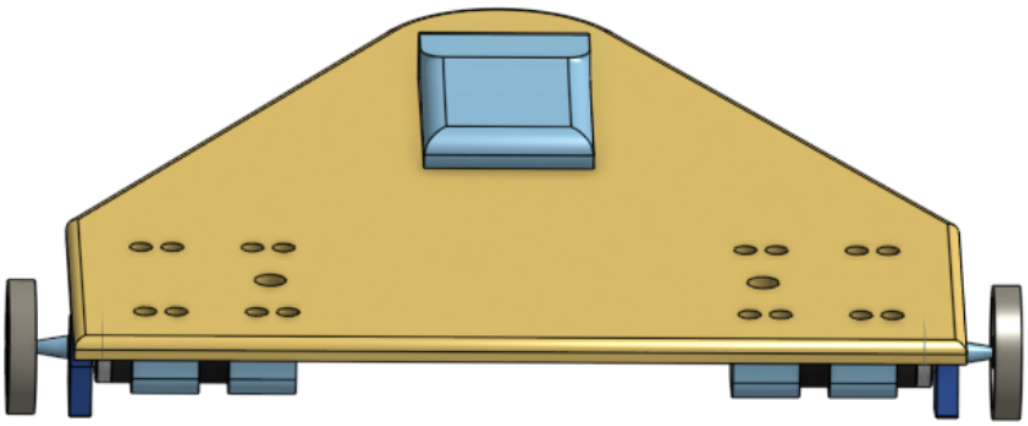
Afin de voir la viabilité de notre robot, nous avons modéliser une grande partie de ses pièces en 3D. Tous cela dans l'optique de pouvoir réaliser un assemblage virtuel de notre projet. On peut dire que nous avons créer un digital twin de notre robot.

Ce domaine nous a donné un peu de fil a retordre, un des principaux était que l'on devions créer une pièce qui devait pouvoir résister aux contraintes suivantes :

— Le poids du robot, c'est une information qu'il ne faut négliger notre robot va contenir de nombreux composants dont des batteries.

— La vitesse angulaire de notre robot, nous avons pris des moteurs qui sont légèrement sur dimensionner pour notre projet. Maintenant nous allons devoir assumer cela.

— La faisabilité de cette pièce, nous sommes nos propres usineurs. Et malheureusement pour nous, nous n'avons pas toutes les machines et connaissances du monde. Pour faire cette pièce, nous avons opter pour l'impression 3D, bien que cette méthode contiennent de nombreux désavantages



6.5 Algorithmie

Pour l'instant, nous avons beaucoup parlé de l'aspect physique de notre projet. Maintenant, nous allons abordé le sujet de l'algorithmie de notre robot, qui est le coeur de notre métier et de notre projet.

Il faut savoir que nous n'avons pas encore commencer a coder notre robot a proprement dit. Nous avons préféré nous concentrer sur l'aspect électronique et mécanique du robot, afin de ne plus avoir ce problème en tète lors des prochaines soutenances.

6.5.1 Filtre de Kalman

6.5.1.1 Explication

Le filtre de Kalmann est un filtre dit à réponse impulsionnelle infinie, c'est à dire qu'il se base sur les valeurs reçues des capteurs (impulsionel), qui sont bruitées ou incorrectes. Il prend aussi en compte toutes les valeurs antérieures (infini) ce qui lui permet d'être de plus en plus précis au fur-et-à-mesure qu'il reçoit des mesures. Dans notre cas, ce filtre nous sera très utile car il nous permettra de corriger dynamiquement le déplacement de notre robot car nous savons par expérience que les capteurs que nous allons utiliser ne sont pas parfaits et auront du bruit dans les mesures qu'ils fourniront au contrôleur.

6.5.1.2 Comparaison avec d'autres filtres

Après les retours de la première soutenance, on s'est penché un peu plus sur les alternatives existantes à ce jour pour corriger les erreurs des capteurs, et ne pas se limiter au premier résultat Google.
Il existe donc multiples alternatives, dont les filtres *MiniMax*, *alpha-beta*, *Wiener*, *Bayésien* ou encore *RLS (Recursive Least Squares)*. Il existe d'autres approches différentes, comme en définissant des équations différentielles qui pourrait estimer les valeurs où il faudrait pouvoir trouver les bons coefficients et résultats en fonction des valeurs lues par les capteurs.
Pour autant, même après étude des alternatives, nous avons préféré garder le filtre de *Kalman* pour notre projet pour plusieurs raisons :

— La raison principale est qu'on a déjà commencé à étudier ce filtre et donc avons déjà une bonne compréhension de son fonctionnement, en changer nous forcerai à repartir de zéro, ce qu'on juge pas rentable vu l'avancée du projet.

— La seconde raison va de paire avec la première, nous avons déjà commencé à programmer le filtre de Kalman dans notre projet, et en changer impliquerait de devoir repasser pas mal de temps à recoder le nouveau filtre, résoudre les problèmes et imprévus qui apparaîtrons sur notre chemin puis enfin l'adapter au reste du robot.

— La troisième raison est que le filtre de Kalman est le plus connu des filtres pour cette tâche, ainsi il est plus simple de trouver de la documentation dessus et surtout de l'aide en cas de soucis comme on a pu en rencontrer quelques uns pendant l'implémentation de ce filtre.

6.5.1.3 Fonctionnement

Sans trop rentrer dans les détails trop techniques, voici comment fonctionne le filtre de Kalmann :

— On définit la position de départ de notre robot, souvent à l'origine de l'espace (0, 0, 0)

— On définit les constantes de bruit qu'on a trouvé durant les phases de tests, qui nous permettent de savoir à quel point la source de donnée n'est pas fiable.

— Ensuite, à chaque itération :

  — On se base sur la dernière estimation ou position connue

  — On calcule le coefficient d'incertitude (aussi appelé gain de Kalmann) de notre mesure en fonction de l'incertitude de la mesure précédente, cette valeur tend vers une constante plus on a de mesures.

  — On récupère la dernière mesure du capteur

  — On calcule la nouvelle estimation de positon en se basant sur la dernière estimation + la différence entre la dernière mesure et la dernière, elle-même corrigé par le coefficient d'incertitude. Ce qui nous donne cette formule :

```
pos_est = last_pos_est + incert_coeff * (pos_meas - last_pos_est)
```

6.5.1.4 Procédure de test

Maintenant qu'on a globalement compris comment fonctionne ce filtre et comment il corrige les données reçues des capteurs, il va falloir le faire tourner sur notre robot afin de déterminer les constantes avec précision.
Pour cela, il faudra faire déplacer sur un parcours déjà connu et mesuré afin de voir quelles valeurs les capteurs nous retournerons, et ensuite ajuster les constantes afin d'obtenir un système qui arrive a se position avec précision grâce aux capteurs embarqués, sans avoir besoin d'une autre source d'externe pour assurer la véracité des données collectées.

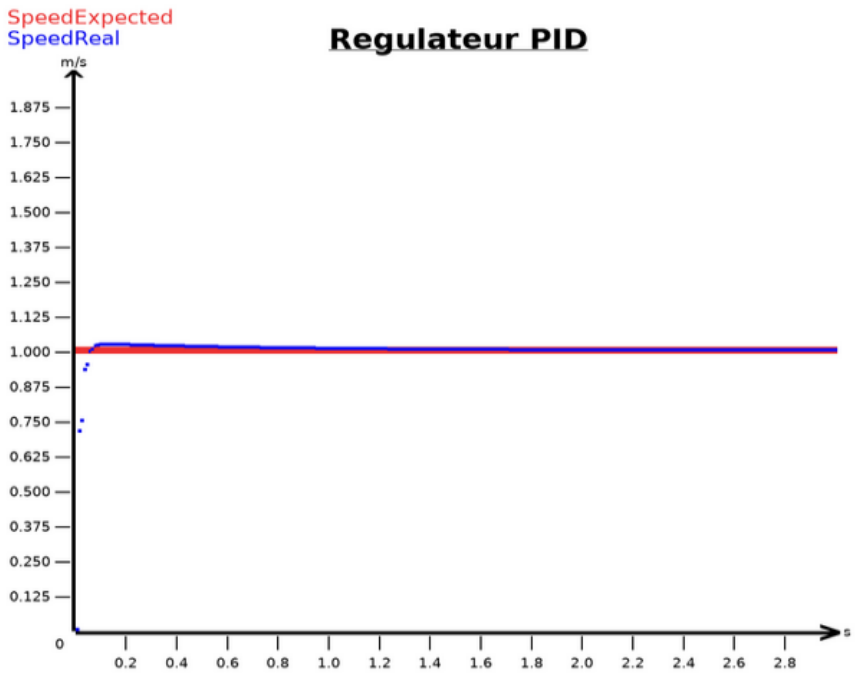
6.5.2 Régulateur PID

6.5.2.1 Explication

Un régulateur PID est un outil qui permet l'asservissement de notre robot, c'est un élément indispensable à tous robot, en effet il est à la base de ses mouvements et

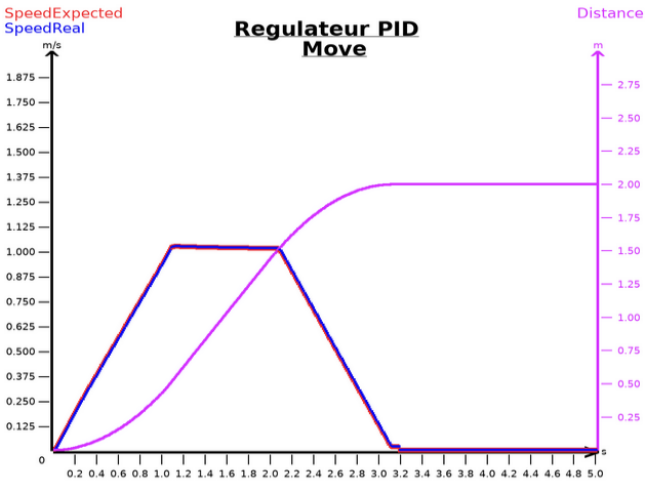
de sa robustesse. Son principe est de réguler la consigne qui est envoyé aux moteurs, enfin qu'ils atteignent un objectif progressivement et qu'ils s'y stabilisent. Il permet aussi que notre robot reste à une position fixe même si il est poussé et d'avancer à une distance donné même si il est retenu pendant sa trajectoire. Ceci permet en cas de ralentissement inopiné de notre robot qu'il conserve sa trajectoire et que son objectif soit atteint.

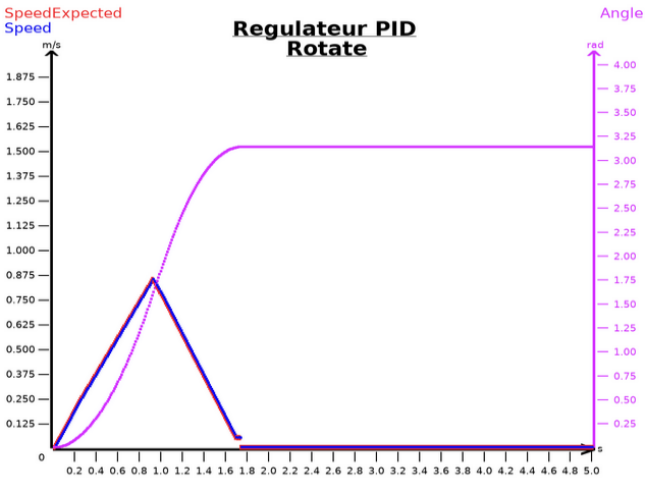
Le régulateur PID est donc un outil qui permet cette régulation. Il se repose sur des calculs basé sur la différence entre l'objectif voulu et la valeur réel mesuré (l'erreur de la consigne) et la valeur réel mesuré. Le calcul consiste à prendre une valeur Proportionelle de l'erreur multiplié par un coefficient, d'y ajouter une valeur Intégrale des erreurs (leurs sommes) multiplié par une autre coefficient et d'y ajouter une valeur Dérivé de la valeur mesuré (la différence entre les deux dernières valeurs mesuré) multiplié par un dernier coefficient. D'où le nom de régulateur PID (Proportionnelle Intégral Dérivé). Dans le concept on peut comprendre son principe comme un humain qui conduirait une voiture qui est à l'arrêt et qui veut aller à 100 km/h. Tous d'abord si on ne prend que le terme proportionnel, cela reviendrai à appuyer fort quand on est bas de l'objectif, ainsi une fois arriver à 100 km/h, nous allons relâcher l'accélérateur car on a dépassé les 100 km/h, et une fois redescendu en dessous des 100 km/h on rappuie sur l'accélérateur. On va ainsi tendre vers une vitesse inférieur à notre objectif, ici 90 km/h. Pour régler se problème on rajoute le terme intégral, cela revient maintenant à accélérer plus fort quand on reste longtemps éloigné de l'objectif, ainsi il y aura une oscillation pour atteindre la vitesse voulu. Finalement on rajoute le dernier terme celui de la dérivé, il revient lui à moins accélérer lorsqu'on se rapproche de l'objectif, ainsi on dépasse moins l'objectif et on redescend moins en dessous de l'objectif. Finalement on a donc un régulateur qui va rapidement à notre objectif avec peu d'oscillation.



6.5.2.2 Mise en place

On va donc maintenant vouloir que notre robot avance d'une certaine distance et tourne d'un certain sens. Pour se faire il ne suffit pas simplement d'exécuter le calcul du PID, en effet il produit une secousse brusque au démarrage et une fois la distance voulu atteinte, on ne peut pas arrêter d'un coup notre robot à pleine vitesse. On doit lui faire suivre un trapèze de vitesse. C'est à dire qu'il doit, au début, accélérer uniformément puis rester à sa vitesse désiré et par la suite décélérer. Il suffit donc pour cela de diviser le mouvement en trois phase. Au début la vitesse voulu de notre robot commence à la vitesse minimum pour augmenter à intervalle régulier. A partir de là, il y a deux possibilité, soit la vitesse limite est atteint alors la vitesse stagne, on prend en compte la distance qu'il a fallut pour accélérer pour pouvoir décélérer de la même façon, soit on atteint la moitié de la distance voulu avant la fin de l'accélération alors on décélère. Pour la décélération la diminution de la vitesse doit se faire 1.05 fois plus rapidement que l'accélération sinon la distance parcouru est atteinte avant la fois de la décélération. Cela est dû au fait que la vitesse augmente plus rapidement quand on demande une vitesse plus haute que la vitesse actuel du robot. Ensuite après la décélération le robot se stabilise à une vitesse minimum qui lui permet de parcourir les derniers centimètres. Ainsi si on dessine la courbe de la distance parcouru dans le temps, on voit que le départ se fait progressivement, ensuite l'évolution est stable et sur l'arrivée la distance atteint la distance désiré progressivement. Pour tourner on effectue la même démarche sauf que dans la pratique on fait tourner les roues dans le sens opposé et on calcul l'angle parcouru avec la distance parcouru par une roue.





6.5.2.3 Suites de test

Pour pouvoir tester notre algorithme, il a d'abord fallut simuler d'utiliser nos roues et dire à notre algorithme qui déplace notre robot de combien avait avancé nos roues. Pour faire simple nous avons dit que nos roues suivaient parfaitement la consigne qu'envoyait le régulateur PID et qu'aucune perturbation déréglait notre

robot. Il a fallut avoir un retour visuelle également. Tous d'abord il s'agissait d'un fichier texte et de la console où à chaque étapes on notait les valeurs enregistré/calculé de l'encodeur, l'erreur par rapport à la vitesse demandé, la distance parcouru par la roue depuis le dernier calcul, le temps qu'il a fallut et la distance totale parcouru. Toutefois ceci est utile pour comprendre l'origine des erreurs de calcul mais pas pour suivre le robot dans le temps. Il a donc fallut modéliser un graphique, à l'aide de SDL2, pour pouvoir suivre la vitesse demandé au robot, la vitesse mesuré sur nos roues et la distance parcouru. On avait donc un moyen de comprendre les erreurs et de visualiser nos valeurs et voir si notre trajectoire était satisfaisante. Pour se faire on dessine un point à chaque intervalles de temps et une fois tous collé, on obtient une courbe et des droites.
Maintenant qu'on observe notre mouvement on peut le régler, en effet pour calculer le PID, on utilise des coefficients devant chaque terme, on peut donc maintenant les choisir. Nous avons décidé de les choisir par tâtonnement, on d'abord réglé celui du P, ensuite celui du I et celui du D par la suite. Mais cela n'est pas simple car nous notre robot ne doit avoir aucune secousse, ces coefficient sont donc très bas et à chaque coefficient rajouté on doit rerégler les anciens.

```
Rep: 142 -> 1.492014s  1.066003m
For Left
>···ValEncodeur = 0.027011
>···Distance = 0.010178
>···Speed = 1.017775
>···Error = -0.007776
>···Commande = 1.017663
For Right
>···ValEncodeur = 0.027011
>···Distance = 0.010178
>···Speed = 1.017775
>···Error = -0.007776
>···Commande = 1.017663
```

```
Rep: 465 -> 4.993821s  -0.000094m
For Left
        ValEncodeur = 0.000000
        Distance = 0.000000
        Speed = 0.000000
        Error = 0.030000
        Commande = 0.000000
For Right
        ValEncodeur = 0.000000
        Distance = 0.000000
        Speed = 0.000000
        Error = 0.030000
        Commande = 0.000000
```

6.5.3 Odométrie

6.5.3.1 Calcul de la position et de l'orientation du robot

Grâce au régulateur PID, notre robot a un moyen supplémentaire de calculer sa position et son orientation dans le labyrinthe. Pour effectuer ces calcules, on distingue 2 type de déplacement, les déplacement horizontaux et angulaires. Quand notre robot avance ou recul on connaît à chaque fin d'appel de notre fonction PID la distance parcourue depuis le dernier appel. Ainsi avec un simple calcul on retrouve la nouvelle position de notre robot dans le labyrinthe. Quand notre robot tourne on connaît aussi la distance parcouru par les roues, on peut ainsi y calculer l'angle de rotation qu'effectue notre robot et y ajouter à l'angle de rotation actuel pour y trouver notre nouvelle angle. De plus quand il tourne, la rotation étant calculé pour que le centre du robot ne bouge pas, aucun changement de position n'est à calculer à ce moment là. Ce système empêche à notre robot d'effectuer des arcs de cercle, mais augmente grandement notre précision et simplifie les calculs. Effectivement, si notre robot effectuait des arcs de cercle, il y aurai fallut calculer un changement de position et de rotation simultanément, en augmentant les calculs utilisant PI et les fonctions trigonométriques (cos, sin, ...) et qui accumulé les un sur les autres baissent énormément la précision de nos résultats.

6.5.3.2 Finalité

Notre algorithme est capable d'indiquer à notre robot la vitesse à laquelle il doit aller pour avancer ou tourner. Avec les valeurs que nous avons l'ordre de grandeur d'erreur de parcours est entre le millimètre et le micromètre. Toutefois ceci n'est pas un problème majeur car il connaît son erreur par rapport à la distance ou l'angle voulu, ainsi quand on calculera sa position et son orientation dans le labyrinthe, il n'y a pas de problème car il rajoute l'erreur à la distance désiré.

6.5.4 PWM

Certains composants nécessitent une tension spécifique. Par exemple, un moteur fonctionne avance en fonction de sa tension. Il faut donc l'alimenter en conséquences pour gérer sa vitesse. Nous devons donc trouver un moyen de piloter une tension de manière fiable et rapide. Cette solution s'appelle le PWM.

6.5.4.1 Explication

Le PWM est un acronyme anglais qui signifie Pulse Width Modulation, ou Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI) en français. Le but de ce procédé est de produire un signal d'une valeur donnée avec uniquement deux états possibles, 0 ou 5V. Nous voyons déjà que l'on n'allons pas pouvoir produire ce signal à un instant T, nos signaux de bases étant 0 et 5V. Mais si nous ne pouvons pas le produire à un instant T, nous le pouvons sur une période.

Et voilà, toutes la subtilité de ce procédé. Nous allons produire un signal qui en moyenne à une valeur donné. Pour faire cela, nous devons connaitre le cycle de notre PWM, la valeur max ainsi que la valeur voulue. Une fois cela connu, un simple produit en croix suffit pour savoir le nombre de Tick a activé dans un cycle, pour avoir notre tension.

6.5.4.2 Fonctionnement

Lorsque l'on parle de PWM, on utilise souvent le terme de rapports cycliques. C'est un pourcentage qui représente la proportion de Tick a 5V dans un cycle.
Dans les illustrations ci-dessous, on voit 3 exemples de rapports cycliques :

— Rapport cycle 25% : le signal est à 5 V pendant 1/4 du cycle

— Rapport cycle 50% : le signal est à 5 V pendant la moitié du cycle

— Rapport cycle 75% : le signal est à 5 V pendant les 3/4 du cycle

6.5.5 Reconnaissance du labyrinthe

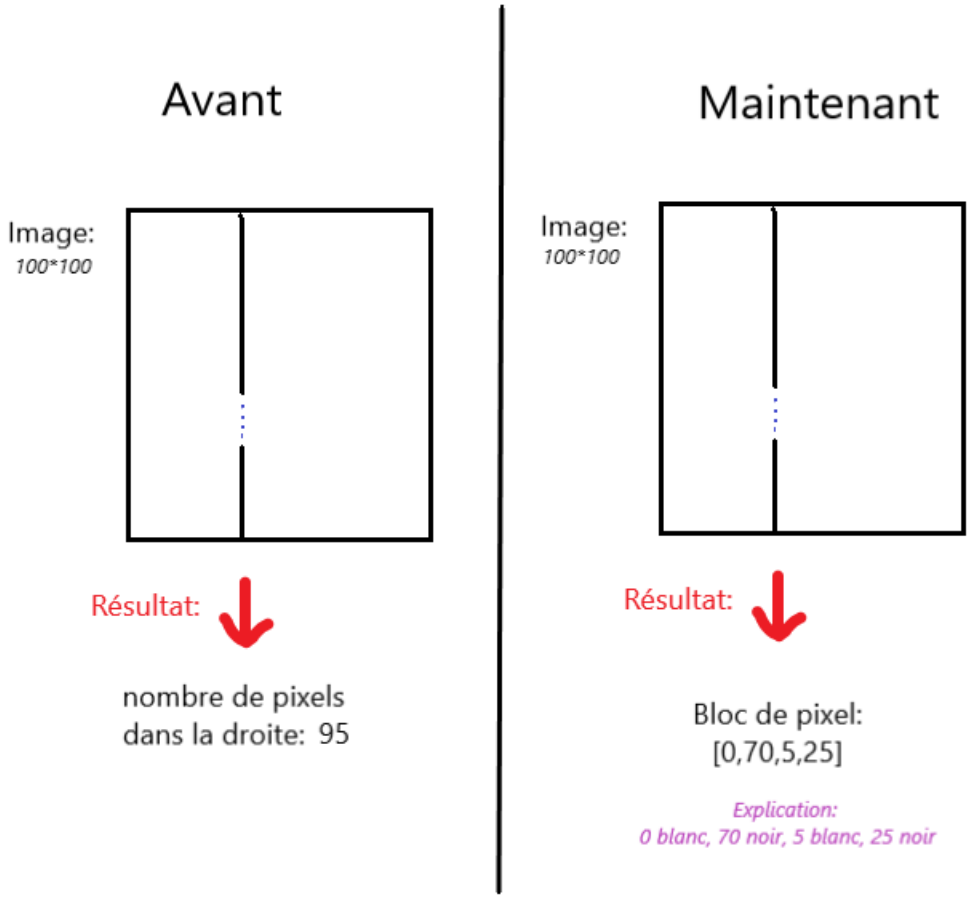
6.5.5.1 Explication

Le but de notre robot est de résoudre un labyrinthe, il est donc nécessaire de le cartographier. Pour ce faire notre robot sera équipé d'une caméra qui sera face au sol, et pourra identifier le labyrinthe quand le robot s'y déplacera. C'est aussi cette dernière qui permettra au robot de choisir ses déplacements. Ainsi notre robot a besoin de rapidement traiter les images de la caméra pour identifier les murs et les portes, en transformant les traits des images en données compréhensible et permettant de représenter simplement le labyrinthe. Pour ce faire on va chercher à créer une liste de mur représenté par 2 couples, la position x et y du début du mur et la position x et y de la fin du mur. Grâce à ces valeurs nous pourrons représenter notre labyrinthe dans une interface rapidement et pourront effectuer des calculs pour que notre robot trouve son chemin dans le labyrinthe.

6.5.5.2 Mise en place

Pour ce faire nos allons d'abord trouver les lignes sur une image. Cette partie étant issues d'un projet antérieur (OCR) elle sera rapidement expliqué sans rentrer

dans les détails. Pour trouver les lignes sur notre ancien projet nous utilisions un accumulateur il permettait de connaître le nombre de pixels que contenait chaque droite de l'image d'angle quelconque et de distance à l'origine quelconque. Mais ici il est nécessaire de connaître exactement le nombre de segment dans chaque droite. On ne doit pas savoir le nombre de pixels par droite mais le nombre de segment et leurs taille. On va ainsi crée un accumulateur dynamique qui va au lieu d'avoir le nombre de pixels, aura le nombre de pixels par segments par couleurs, c'est à dire qu'au aura un tableau selon une origine et un angle qui renverra un tableau avec le nombre de pixels blanc puis noirs, puis blanc, ect ..., jusqu'à arriver au bout de l'image. Ensuite on va récupérer les positions des bouts des segments de l'image et les gardé en stock dans un tableau dynamique. Mais ceci doit être fait pour plusieurs image qui ne sont pas forcément prise au même endroit. On doit donc calculer la positions des segments selon la position du robot. Il a fallut aussi rassembler les segments. Comme les images ne sont pas prises au même endroit, certains segments peuvent être partiellement ou complètement englober dans d'autre. On va ainsi regarder si un segment est l'extension ou inclus dans un segment déja dans le tableau, si c'est le cas on modifiera ses coordonnées dans le tableau, sinon il sera ajouter dans le tableau. Pour pouvoir déterminer cela on doit vérifier si le segment à ajouter(Sadd) et le segment déja dans le tableau(s0) ont là même orientation, en utilisant des calculs trigonométrique. Ensuite on fait en sorte que les bouts des sommets on le même sens, le plus petit en premier et le plus grand en deuxième (selon ca position x ici). Comme ça quand on compare la position relative entre Sadd et s0 on n'as juste à regarder la position en x sauf si on a un segment vertical.



6.6 Communication

6.6.1 Serveur

Notre système de communication client-serveur en C permet à un client de se connecter à un serveur et d'envoyer une chaîne de caractères au serveur. Le code côté serveur est conçu pour accepter les connexions entrantes et recevoir les chaînes de caractères envoyées par les clients.

Le serveur commence par récupérer les informations de connexion pour lui-même à l'aide de la fonction getaddrinfo(). Ensuite, il crée un socket et l'associe au port spécifié à l'aide de la fonction bind(). Le serveur écoute ensuite les connexions entrantes en utilisant la fonction listen().

Dans la boucle principale, le serveur accepte les connexions entrantes à l'aide de la fonction accept(). Pour chaque nouvelle connexion, il reçoit un message du client à l'aide de la fonction recv(). Si la réception est réussie, le serveur récupère donc la chaine de caractère envoyez et va la parser pour récupérer les informations utiles. Et qui vont être utilisez pour savoir où est le robot, permettre de modéliser tout simplement le labyrinthe.

Ensuite, le serveur ferme la connexion et continue à écouter les connexions en-

trantes. Si une erreur survient à tout moment pendant l'exécution du serveur, une erreur est affichée à l'utilisateur et le programme se termine.

En résumé, le code côté serveur permet aux clients de se connecter et d'envoyer des chaînes de caractères, et analyse cette chaine de caractère.

6.6.2 Client

Le code côté client est conçu pour permettre au client d'entrer une chaîne de caractères et de l'envoyer au serveur.

Le client commence par récupérer les informations de connexion du serveur. Ensuite, il va récupérer les informations envoyé par la carte via un bus SPI. Une fois les données récupérée, il génere une requête HTTP valide puis les envoie par le biais de son antenne Wifi. Pour cela, il est neccesaire que le client sache l'addresse IP de notre serveur.

Par la suite, le serveur renvoie une reponse HTTP dans laquel, nous pourrons inclure des données utile pour la gestion du Robot. Nous ne sommes pas encore certains des données renvoyées par le serveur donc nous ne nous prononcons pas sur ce point.

Si une erreur survient à tout moment pendant l'exécution du client, une erreur est affichée à l'utilisateur et le programme se termine. En résumé, le code côté client permet à l'utilisateur de se connecter au serveur et d'envoyer une chaîne de caractères en utilisant une interface simple et intuitive.

6.6.3 Donnée envoyé

— Les données de cartographie : Le robot peut envoyer les données de cartographie du labyrinthe, telles que la position des murs, des portes et des pièces.
— Les données de localisation : Le robot peut également envoyer des données de localisation, telles que sa position actuelle dans le labyrinthe. Ces données peuvent être utilisées pour suivre l'avancement du robot et afficher sa progression en temps réel sur le site Web.
— Les données de capteur : Le robot peut envoyer les données de capteur, telles que les informations sur les obstacles et les distances parcourues. Ces données peuvent être utilisées pour évaluer les performances du robot et détecter tout problème éventuel.
— Les données d'état : Le robot peut également envoyer les données d'état, telles que les erreurs détectées. Ces données peuvent être utilisées pour surveiller l'état du robot et détecter les problèmes qui nécessitent une intervention humaine.

En résumé, Notre système de communication client-serveur en C permet à un client de se connecter à un serveur et d'envoyer une chaîne de caractères au serveur. Le code côté serveur accepte les connexions entrantes et analyse les chaînes de caractères reçues.

6.7 Interface Utilisateur

Nous avons fais un interface utilisateurs pour suivre l'évolution du robot sur une carte quadrillé, pour l'instant nous avons simplement la position à partir d'un x et d'un y pour le moment. Mais nous pensons rajouter de nombreuses autres données, cette interface nous servant de débuggeur.

Les données sont envoyé par le client, pour l'instant seulement la position donc un x et un y au serveur qui va parser sa requête et l'enregistrer dans une structure. Le changement sur l'interface se fait manuellement avec un bouton mais se fait aussi automatiquement. Dès que le serveur reçoit de nouvelle donnée il parse et change l'image affiché sur l'interface.

L'interface possède aussi un bouton pour charger une image pour simplement changer et mettre un labyrinthe spécifique par exemple. l'image se mets à jour automatiquement aussi. Elle possède aussi 2 autre bouton pour sauvegarder et fermer la fenêtre.

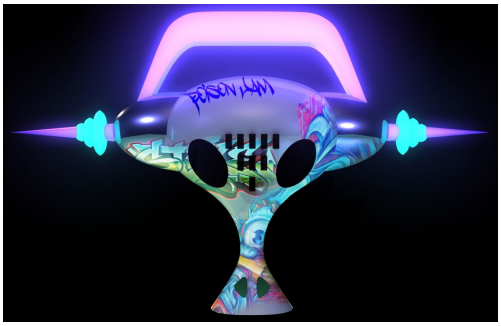
A terme, notre but serait de mettre le tout sur le site Web du projet, d'où nous pourrions voir le robot mais aussi des graphes pour l'étudier et le débugger.

7 Remerciements

Nous souhaitons remercier l'association Atelier Lyon qui va nous prêter son matériel et ses locaux. Cela nous permet d'avoir un lieu pour le stockage des composants, du robot mais aussi pour pouvoir tester en condition réelle notre projet.

L'Atelier Lyon est aussi notre mécène, elle va en effet financer la plus grande partie du robot. Sans ce financement, il y a peu de chances que ce projet ait vu le jour. Il faut reconnaître que son prix (env. 300 €) a de quoi décourager les plus téméraires.

Nous remercions aussi Florian Reimat qui nous a fourni le circuit imprimé du robot, sans quoi il aurait été beaucoup plus compliqué de faire ce projet. De plus, il nous a été d'un grand conseil dans tous les aspect pratique de ce projet, mécanique et électronique.



8 Conclusion

En résumé, nous avons bien entamé notre projet mais il nous reste de nombreuses choses a implémenter et expérimenter. Nous avons reçu le reste des composants eléctroniques et les avons soudé sur la carte.

Néanmoins, il nous reste encore un grand nombre de choses à terminer et notamement la caméra á acheter. Heureusement, nous sommes entré dans la partie algorithmique du projet, qui est notre but initial ainsi que notre domaine de compétence.

Le fait d'avoir quasiment fini la partie matériel du robot, va entre autre motiver le groupe. Nous sommes bien plus confiant maintenant. Il ne faut pas pour autant sous - estimer le travail qu'il reste a achever. Aussi, nous avons bien entamé toute la partie algorithmique avec le localisation et la communication, ce qui nous permettra d'aller plus vite une fois que la caméra sera connecté car il nous suffira de tout fusionner.