



République Tunisienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique



Université de Monastir
Faculté des sciences Monastir

Rapport de projet de fin d'étude

Pour l'obtention de la :

Licence Electronique électrotechnique et automatique

Spécialisé en Systèmes embarqués

LSE3

**Etude, Conception et Réalisation d'un Prototype d'un Robot
Transporteur de charge basé sur l'intelligence artificielle**

Réalisé au sein de la société :

LEONI Wiring Systems Tunisia (LTN3)

Par :

Dhahri Sarra Troudi Dalel

Soutenu le 06/06/2022, Devant les jurys composés de :

Dr Chaibi Sahbi

Président de jury

Dr Ayadi Wadhah

Rapporteur

Dr Albouchi Adnen

Encadrant universitaire

Mr Oueslati Zied

Encadrant professionnel

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos profondes gratitude à notre encadrant **Dr. Albouchi Adnen** Maître assistant en Systèmes Electriques au faculté des sciences Monastir (FSM) pour son suivi et pour son énorme soutien, qu'il n'a cessé de nous prodiguer tout au long de la période du projet.

Nous tenons à remercier également notre encadrant de la société de LEONI **M. Zied Oueslati** pour son sens d'écoute et d'échange.

En témoignage de nos profondes gratitude et tous nos respects, nous aimerons remercier tous les enseignants qui ont assuré notre formation durant ces trois années à la faculté des sciences de Monastir (FSM).

Nous tenons à remercier aussi tous les membres du jury qui font l'honneur de juger ce travail et à toutes les personnes qui ont contribué au succès de ce travail.

Dédicaces

Nous dédions ce travail à nos parents qui nous ont tout Fait pour nous garantir un milieu favorable afin de réaliser le succès.

Qui ne cessent de s'accroître d'une année à une autre.

À nos adorables frères et sœur.

À nos chers amis.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : CADRE GENERAL DU PROJET	2
INTRODUCTION	2
1. Cadre de stage	2
1.1 Description de la société	2
2. Les sites de LTN en Tunisie :	3
3. Présentation générale du Projet :.....	3
3.1 Aperçue générale sur le projet :.....	3
4. Définition d'un système robotique :.....	6
4.1 Définition d'un Robot autonome :.....	6
5. Cahier des charges :.....	6
Analyse des besoins :	7
Analyse fonctionnelle :.....	7
Diagramme Fast :.....	8
6. Conclusion :.....	8
CHAPITRE 2 : ETUDE THEORIQUE	9
INTRODUCTION :.....	9
I. CONCEPTION MATERIELLE :	9
1. CHOIX DES ROUES :.....	9
2. Etude du Moteur :.....	9
2.1 Les types de moteur utilisés en robotique :	9
2.2 Choix du Moteur :	10
2.2 Dimensionnements du moteur :.....	11
3. Choix des batteries :.....	13
3.1 Critères de choix de la batterie :	14
3.2 Dimensionnement des batteries :.....	14
4. Choix de la carte de puissance :	16
5. Choix de la caméra :	16
II. METHODOLOGIES :	17
1. Introduction aux réseaux de neurones artificiels :	17

1.1	L'intelligence artificielle :	17
2.	Vision par ordinateur :.....	17
2.1	Deep Learning (DL) :.....	18
2.2	Déférence entre DL et ML :	18
3.	Réseaux de neurone convolutionnels CNN :	19
3.1	Modèles pré-entraînés :.....	19
3.2	Détection des objets :.....	20
4.	Single Shot Object Detection (SSD) MobileNet V2 :	20
5.	Base de données d'entraînement :	20
5.1	Data set COCO :.....	21
5.2	Analyse des données :.....	21
	5.2.1 Modélisation formation et validation :.....	21
III.	CONCEPTION LOGICIELLE :.....	22
1.	Le logiciel utilisé :	22
1.1	Python :	22
1.2	Pourquoi choisir python ?	22
2.	Les bibliothèques utilisées :	23
3.	Commande à distance du Robot :	24
3.1	Application Desktop :	24
3.2	Modèle de communication :	24
3.3	Connexion Raspberry :.....	24
4.	Conclusion :	24
CHAPITRE 3 : CONCEPTION ET REALISATION	25
INTRODUCTION :	25
I. COMMANDÉ DU ROBOT :	25
1.	Carte Raspberry :	25
2.	Accessoires de la carte :	25
3.	Traitemet du trajet :	26
4.	Module de détection des stations :.....	27
5.	Module de détection des objets :.....	27
6.	Commande du robot :	28
II. CONCEPTION MECANIQUE :	29
1.	Choix du logiciel de conception :	29

2. Conception des pièces mécanique du prototype robot transporteur de charge :.....	29
3. Conclusion :.....	32
CONCLUSION GENERALE	33
BIBLIOGRAPHIE.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ANNEXE	35

Liste des figures

FIGURE 1: LES SITES DE LTN	3
FIGURE 2:CHARIOT MANUELLE A LEONI.....	3
FIGURE 3:LES COMPOSANTS A DISTRIBUER	4
FIGURE 4:PLAN DE DEPLACEMENT DU CHARIOT AU SEIN DE L'INDUSTRIE	4
FIGURE 5:TACHE DE MANUTENTION MANUELLE	5
FIGURE 6:COMPOSITION D'UN SYSTEME ROBOTIQUE	6
FIGURE 7:ANALYSE FONCTIONNEL	7
FIGURE 8:DIAGRAMME FAST	8
FIGURE 9:ROULETTE A BANDAGE CAOUTCHOUC BLEU.....	9
FIGURE 10:MOTEUR PAS A PAS	
FIGURE 11:MOTEUR CC	10
FIGURE 12:FORCE EXERCEE SUR LE PROTOTYPE	11
FIGURE 13:BATTERIE BOSH (LI-ION).....	15
FIGURE 14:CHARGEUR BATTERIE AL1814C	15
FIGURE 15: MODULE DOUBLE PONT EN H.....	16
FIGURE 16:CAMERA HIKVISION DS-U18	16
FIGURE 17:OPENCV DANS LE DOMAINE DE L'IA	18
FIGURE 18:DIFFERENCE ENTRE ML ET DL	19
FIGURE 19:SCHEMATISATION DU FONCTIONNEMENT D'UN MODELE CNN	19
FIGURE 20: FONCTIONNEMENT DU MODELE SSD.....	20
FIGURE 21:CARACTERISTIQUE DU MODELE SSD	21
FIGURE 22:LOGO DE PYTHON.....	22
FIGURE 23:LES DIFFERENTES BIBLIOTHEQUES INSTALLEES	23
FIGURE 24: CARTE RASPBERRY PI3 MODELE B	25
FIGURE 25:PLANIFICATION ET ENTRAINEMENT SUR LE TRAJET VERT	26
FIGURE 26: LES MODULES POUR L'ENTRAINEMENT	26
FIGURE 27:STATION DETECTION MODULE.....	27
FIGURE 28: OBJECT DETECTION MODULE	27
FIGURE 29:SOCKET DE COMMUNICATION	28
FIGURE 30:APPLICATION DESKTOP	28
FIGURE 31:VUE 3D DU BASE CHASSIS.....	29
FIGURE 32:VUE 3D DU CHASSIS SUPERIEUR	29
FIGURE 33: ASSEMBLAGE.....	29

FIGURE 34: VUE EN 3D SUPPORT ROUE.....	30
FIGURE 35:VUE 3D ROUE MOTRICE	30
FIGURE 36:VUE 3D ROULETTE	31
FIGURE 37:VUE 3D MOTEUR CC	31
FIGURE 38:VUE 3D SUPPORT ET CAMERA	31
FIGURE 39:ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DU ROBOT	32

Liste des tableaux

TABLEAU 1:ETUDE COMPARATIF ENTRE LES DEUX TYPES DES MOTEURS	10
TABLEAU 2:CARACTERISTIQUE DU MOTEUR	13
TABLEAU 3:CARACTERISTIQUE DU LA BATTERIE BOSH.....	15
TABLEAU 4:CARACTERISTIQUES DU SUPPORT ROUE	30
TABLEAU 5:CARACTERISTIQUES DE LA ROUE MOTRICE	30
TABLEAU 6:CARACTERISTIQUES ROULETTE.....	31

Introduction générale

L'être humain depuis son existence s'efforce de rendre sa vie plus facile et de concevoir des objets et des méthodes qui l'aident à exploiter l'environnement extérieur.

De nos jours, parmi ces objets ont trouvent les robots intelligents et plus précisément les robots mobiles autonome. Ces derniers ont prouvé leur importance puisqu'ils substituent efficacement l'homme dans la réalisation d'une tâche avec un degré élevé d'autonomie tel que les tâches logistiques, de transport et de manutention le plus souvent pénibles.

Ce type de robot fait une grande partie de la science des objets et de l'intelligence artificielle possédant des capacités de perception, d'action, des décisions et des communications parfois capables d'améliorer ces propres performances par apprentissage automatique ou supervisé par des humains.

A cet effet ce projet consiste à faire la conception et la réalisation d'un robot mobile autonome qui permet de faire la livraison des composants aux différentes stations d'alimentation suivant une carte cartographique en évitant les obstacles dans son environnement.

Sur le plan formel, ce rapport est composé de trois chapitres :

-Dans le premier chapitre, nous allons présenter la société, le cadre général et le cahier de charge du projet.

Dans le deuxième chapitre, nous allons présenter le choix et le dimensionnement du matériel et la conception logiciel ce chapitre sera composé de trois parties :

Dans la première partie, nous allons détailler une étude théorique, pour faire le choix des roues, des moteurs et des batteries. Dans la deuxième partie, les méthodologies utilisées pour résoudre notre problématique. Enfin, dans la troisième partie, nous allons présenter la partie de choix logiciel et les bibliothèques qu'on a utilisé dans la partie de programmation.

-Dans le troisième chapitre, nous allons détailler la partie de la conception mécanique et la partie commande de notre prototype.

Chapitre 1 : cadre général du projet

Introduction

Dans ce chapitre nous allons définir le cadre du projet (PFE), présenter la société LEONI et ses domaines d'activités. Ensuite, nous allons analyser le projet et mettre en évidence la solution adoptée pour résoudre le problème existant au sein de la société Leoni. Enfin, nous allons détailler le cahier des charges de notre projet.

1. Cadre de stage

1.1 Description de la société

Notre projet de fin d'étude est accompli au sein de la société LEONI TUNISE SARL (LTN3). C'est une grande société à responsabilité limitée (SARL), son siège social se situe à Messadine Route de M'saken, Sousse, fondée en octobre 1977 par le groupe LEONI AG, géant allemand fournisseur du secteur automobile qui a choisi la Tunisie pour installer son premier site en dehors de l'Europe.

LEONI est une société exportatrice telle que son activité principale est de **fabriquer de faisceaux de câbles pour automobile**. Elle appartient au groupe LEONI AG-Allemand et son marché de destination est l'Europe. Ses clients sont Mercedes Benz (Classe A, Vito NCV2, McLaren, Smart, Road Star & B7S...), Audi (A6, Autark, Touran...), VW(Passat) et BMW.

-Adresse locale : zone industriel Messadine BP 67/4000 –Sousse

-Adresse email : mohamed-mehdi.dhahbi@leoni.com

-Activités : Fabrication de câbles Electriques

-Tel/Fax : 73 323 820 / 73 323 577

-Site web : www.leoni.com

2. Les sites de LTN en Tunisie :

La figure 1 présente les différents sites de la société LEONI :



Figure 1: les sites de LTN

Dans la section suivante, nous allons présenter le projet et détailler son cahier des charges.

3. Présentation générale du Projet :

3.1 Aperçue générale sur le projet :

Après avoir comprendre la situation interne industrielle, on a basé notre intérêt au niveau de la distribution des composants réalisées à l'aide d'un chariot manuel, Figure 2. Ce dernier permet de transporter des charges légères ou peu lourdes (quelques kilos). La figure 3 présente une photo des composants à distribuer.



Figure 2: Chariot manuelle à Leoni



Figure 3:les composants à distribuer

La figure 4 présente le plan de déplacement du chariot au sein de l'industrie.

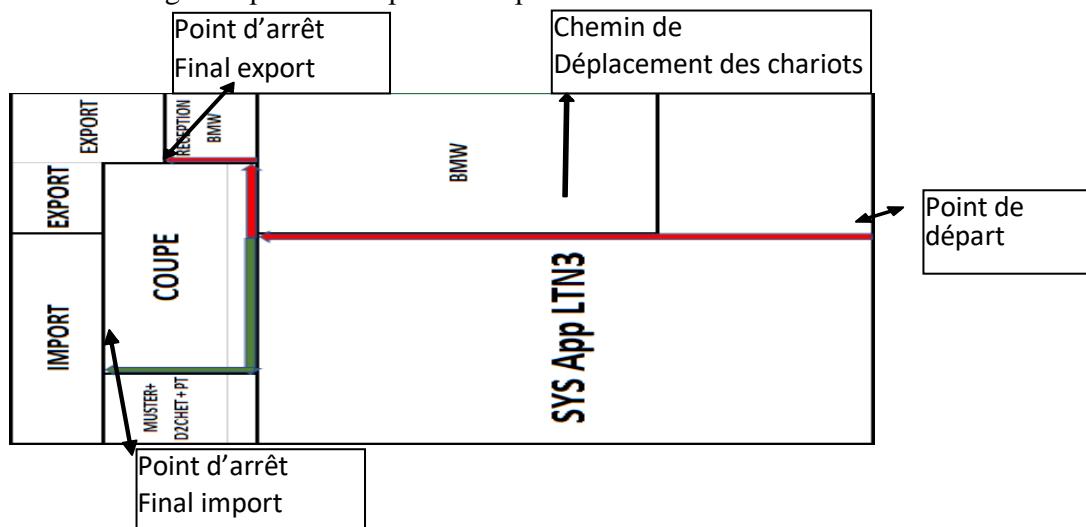


Figure 4:Plan de déplacement du chariot au sein de l'industrie

Chaque poste de production effectue une tâche bien définie avec les composants qu'il reçoit, Un ouvrier doit pousser le chariot de poids 60 Kg à vide, après avoir le charger par des différentes composantes du magasin dont la charge est au plus 20 Kg, et se déplacer dans l'entreprise en passant par les différents postes de production pour distribuer les composants à chaque arrêt. Cette tâche est appelée une manutention manuelle qui désigne le transport ou le soutien d'une charge qui nécessite un effort physique d'une ou de plusieurs personnes. Cet



Figure 5:tâche de manutention manuelle

effort peut être fourni pour lever, poser, pousser, tirer, porter ou déplacer la charge.

Cependant, la manutention manuelle peut provoquer des accidents, des fatigues, des douleurs ou des maladies. Ainsi pour éviter les risques des accidents des employés, la société LEONI a proposé d'automatiser la tache de manutention manuelle ce qui implique l'automatisation des chariots.

Notre projet de fin d'étude fait partie de la résolution de problème de charge au niveau de distribution des composants à LEONI (LTN3). Ainsi, notre objectif est de prévoir l'automatisation d'un chariot initialement manuel et de le rendre capable de suivre un chemin bien défini en évitant les obstacles. En effet, Cette automatisation permet de réaliser des économies impressionnantes, surtout lorsque le personnel travaille par postes ou que les transferts de manutention sont longs. Les travailleurs peuvent se réserver à des tâches plus importantes que des transferts de routine. De plus, l'automatisation augmente la sécurité des locaux de travail.

Cependant un tel projet nécessite dès sa conception d'être « prévu », et donc d'avoir **un prototype**, tout simplement afin de faciliter la planification des outils et la mise en œuvre des processus nécessaires à sa réalisation, ainsi qu'ensuite le contrôle de la conformité du produit lors de la fabrication. L'intérêt du prototypage s'est donc déplacé de la simple représentation d'un projet, à un rôle de support à l'essai, à l'expérimentation, en clair aux tests, des dispositifs envisagés. Le prototype ne sert donc plus seulement à représenter un dispositif, mais bien à montrer comment celui-ci fonctionne, afin d'en mesurer l'efficacité ainsi que le niveau de satisfaction exprimé par l'utilisateur qui y est confronté. Dans la suite nous allons donc nous intéresser à l'étude d'un prototype et à sa réalisation.

4. Définition d'un système robotique :

La robotique est la science qui étudie toutes les techniques permettant de concevoir et de faire la réalisation de machines automatiques ou de robots C'est un domaine multidisciplinaire on y trouve certains aspects relatifs à la mécanique, à l'informatique et à l'électronique.

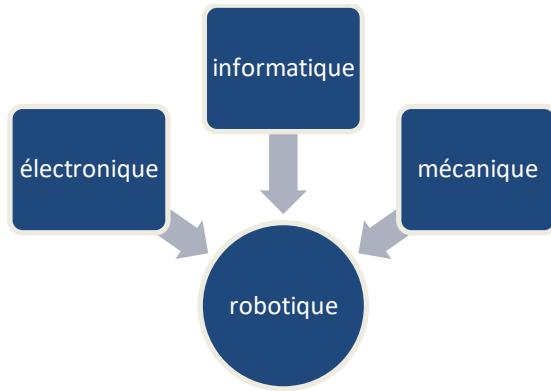


Figure 6:composition d'un système robotique

4.1 Définition d'un Robot autonome :

Un robot autonome est un robot conçu pour gérer lui-même son environnement et fonctionner longtemps sans intervention humaine. Les robots autonomes possèdent souvent des caractéristiques perfectionnées qui les aident à comprendre leur environnement physique.

5. Cahier des charges :

Dans le cadre de ce projet, nous proposons de réaliser un prototype capable de suivre un chemin bien défini et traiter les images avec une caméra pour détecter et éviter les obstacles afin de livrer des composants bien définis en s'arrêtant à une certaine station selon la commande de l'utilisateur. Notre prototype est doté d'un emplacement de batteries simple à atteindre. En effet, on veut garder un rythme de fonctionnement permanent, permettant d'exploiter le robot le plus de temps possible sans qu'il n'ait besoin de s'arrêter longtemps pour charger ses batteries depuis une source d'alimentation.

Alimentation du prototype :

- Le prototype est équipé d'un dispositif de stockage d'énergie (batterie) permettant une autonomie de deux heures.

Poids du prototype :

- Le prototype peut porter une charge de poids 15Kg.
- Le poids total du prototype est de 10Kg, ainsi son poids sans charge est de 6Kg.

Vitesse du prototype :

- Le prototype doit rouler à faible vitesse afin de garder son équilibre en déplacement et d'éviter la collision. Il ne doit pas dépasser une vitesse de 0.3m/s.

Commande du prototype :

- Le prototype reçoit des ordres de commandes à distances, à partir d'une application desktop, installée sur les ordinateurs de la société.
- La communication sans fils se fait à travers une communication client\serveur entre la carte de commande et l'application.

Analyse des besoins :

- A qui le produit rend-il service ? Le produit rend service à l'utilisateur (l'ouvrier).
- Sur quoi agit le produit ? le produit agit sur la distribution des composants.
- Dans quel but ? Dans le but de suivre un parcours préétabli de façon autonome et d'éviter les obstacles du trajet.

Analyse fonctionnelle :

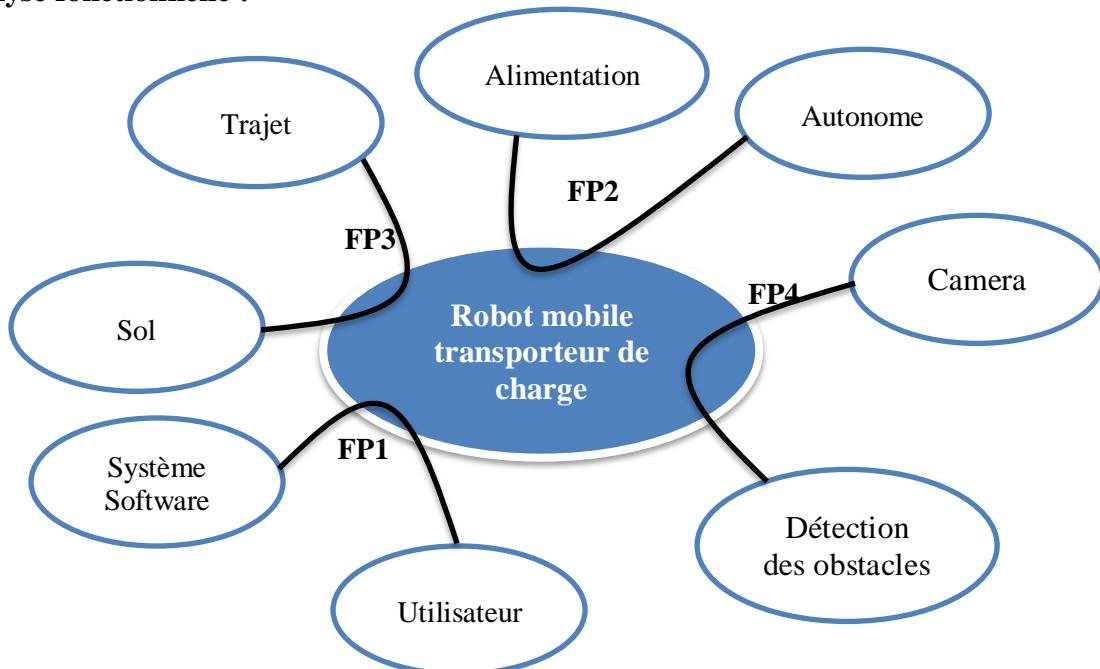


Figure 7:analyse fonctionnel

- FP1 : commander le robot à distance par un système Software.
- FP2 : disposer d'une autonomie énergétique suffisante.
- FP3 : déplacer de manière autonome en suivant un trajet prédéfini.
- FP4 : traiter des images pour la détection des obstacles.

Diagramme Fast :

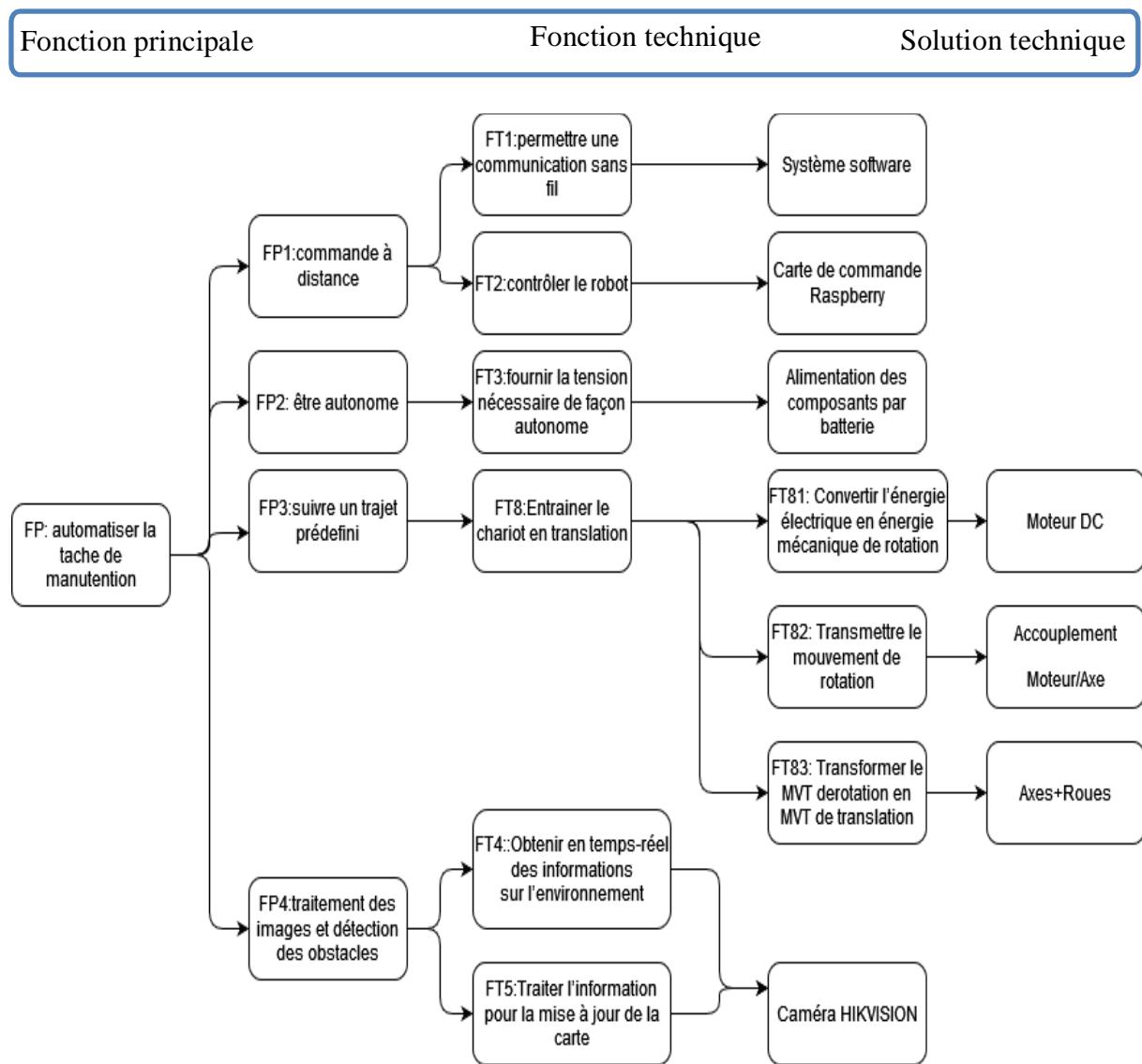


Figure 8:Diagramme FAST

6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté le cadre général du projet. Ensuite nous avons mis en relief le problème de la manutention manuelle et nous avons proposé la solution et le but de ce projet. Enfin nous avons représenté une analyse de cahier des charges.

Chapitre 2 : Etude Théorique

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter une étude théorique, pour faire le choix des roues et des moteurs. En deuxième lieu, nous allons détailler les méthodologies utilisées pour réaliser la partie logicielle. En troisième lieu, nous allons présenter la partie logicielle dont laquelle nous allons faire le choix du langage de programmation et les bibliothèques nécessaires pour la phase de traitement d'image.

I. Conception matérielle :

1. Choix des roues :

Dans le cadre de ce projet, nous avons choisi d'utiliser les roulettes à bandage caoutchouc bleu, disponible à l'industrie, qui sont motrices. Cette roulette pivotante est de référence A31052B et peut supporter une charge maximale de 80Kg qui répond aux besoins spécifiés dans le cahier des charges. Elle est parfaite pour le déplacement des robots. Elle a un diamètre de 10cm et est idéale pour les déménagements et les travaux qui nécessitent la mobilité.



Figure 9: Roulette à bandage caoutchouc bleu

2. Etude du Moteur :

2.1 Les types de moteur utilisés en robotique :

Les moteurs utilisés en robotique sont assez diversifiés. Les plus répandus sont les moteurs à « courant continu » et les moteurs « pas à pas ».

✚ Moteur pas à pas :

Les moteurs pas à pas sont des moteurs électriques d'une conception particulière, différentes des moteurs classiques. Leur structure permet, par une commande électronique appropriée, d'obtenir une rotation du rotor d'un angle égal à n fois un angle élémentaire appelé « pas ».

Moteur à courant continu (MCC) :

Un moteur CC ou à courant continu est une machine électrique qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique en créant un champ magnétique alimenté par courant continu.



Figure 10:moteur pas à pas

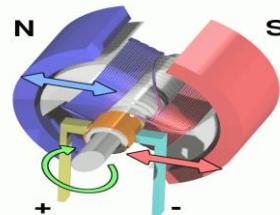


Figure 11:moteur CC

2.2. Choix du Moteur :

Selon notre cahier des charges, le moteur à utiliser doit :

- Fonctionner à une vitesse entre[0.1m/s et 0.3m/s].
- Avoir un couple qui peut supporter une charge de 20Kg.

Rappelons que le prototype à fabriquer pèse au minimum 20 kg chargé et doit se déplacer à une vitesse constante et très faible de façon continue pour éviter les risques de collision lorsqu'il rencontre un obstacle. Par conséquent, le choix du moteur est effectué en fonction de critères spécifiques, en particulier la continuité et la simplicité de la pièce électronique et le prix.

Ainsi d'après cette étude comparée, nous avons choisi le moteur CC.

Le tableau suivant présente une étude comparative entre les deux types des moteurs :

Tableau 1:étude comparatif entre les deux types des moteurs

Moteur CC	Moteur pas à pas
+ Pas de pertes de pas, et suivi de la position du rotor grâce au codeur.	- Son risque de perdre des pas et les précautions à prendre associées.
-Système balais/collecteur se dégrade en atmosphère corrosive	+Absence du système Balais Collecteur
- Sa durée de vie réduite (brush dc motor)	+ Sa durée de vie
+ Son rapport poids puissance qui est au moins 5 fois meilleur en général.	- Son mauvais rapport poids puissance.

2.2 Dimensionnements du moteur :

Supposant que chaque roue motrice est directement assemblée à un moteur MCC avec un arbre de transmission droite, donc le Couple du moteur est proportionnel au couple de roue. Ainsi, le choix du moteur est basé sur la valeur du couple de roue.

Calcul du couple

Pour ce faire, nous rappelons que :

- La charge supportée par le prototype est de 20Kg.
- Le prototype possède seulement deux roues motrices, c'est à dire chacune possède son propre système de propulsion. En effet, chaque roue supporte une charge de 10Kg
- Le diamètre de la roue à utiliser est de 0.1m (=10 cm)
- La vitesse linéaire du prototype ne doit pas dépasser 0.3m/s.

Par définitions, le couple désigne l'effort en rotation appliqué à un axe. C'est une force qui est liée à un mouvement circulaire. Il est caractérisé par la combinaison de 2 grandeurs physiques l'intensité d'une force F en newtons (N) et une distance D en mètres (m). En d'autres termes le couple est la force du mouvement de rotation du moteur donc c'est la quantité de poussée transmise du moteur aux roues motrices. Il s'exprime en Newton mètre (N.m).

Le couple total des roues C_{tot} est égal au produit de :

- La force appliquée F_{tot} , exprimée en Newton (N).
- Le rayon R d'une roue, exprimée, en Mètre (m).

$$C_{tot} = F_{tot} \cdot R$$

(1)

La force exercée par les deux moteurs F_{tot} est égale à la somme des forces exercées. Selon la figure 12, il existe 2 forces, F_a et F_p

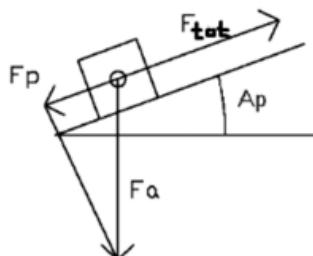


Figure 12: force exercée sur le prototype

Avec

- F_a : c'est l'attraction terrestre, elle est directement proportionnelle au poids du robot
- F_p : c'est la projection de F_{tot} dans l'axe du robot

- F_{tot} : c'est la force totale exercée par les deux moteurs

- α_p : c'est l'angle de la plus grande pente à franchir (dans notre cas $\alpha_p = 0$)

La force F_p est donnée par l'expression suivante :

$$F_p = F_a \times \sin \alpha_p = M \times g \times \sin (\alpha_p) \quad (2)$$

Avec :

- $G = 9.81 \text{ N/Kg}$

- $M = 20 \text{ Kg}$ (poids du prototype)

Selon, le Principe Fondamental de la Dynamique (PFD), la somme des forces exercées est égale à la masse multipliée par l'accélération.

$$F_{tot} - F_p = M \times A_m \quad (3)$$

Avec

- A_m est l'accélération maximale qui est égale dans notre cas à 0.15 m/s^2

Donc :

$$F_{tot} = M \times A_m = 20 \times 0.15 = 3 \text{ N}$$

La force d'un moteur est donc égale à :

$$F_{moteur} = F_{tot} \div 2 = 3 \div 2 = 1.5 \text{ N}$$

En se basant sur l'équation (1), on peut déterminer la valeur du couple total :

$$C_{tot} = F_{tot} \times R = 3 \times (0.1 \div 2) = 0.15 \text{ N.m}$$

Le couple d'un moteur est donc égal à :

$$C_{moteur} = C_{tot} \div 2 = 0.075 \text{ N.m}$$

• Calcul de la vitesse de rotation

La vitesse de rotation du moteur est donnée par l'équation (5).

$$\text{Vitesse sortie} = \frac{\text{vitesse linéaire} \times 60}{\text{Diamètre} \times \pi}$$

Avec

- La vitesse linéaire maximale est égale à 0.3 m/s (d'après le cahier des charges)

Ainsi :

$$\text{Vitesse sortie} = \frac{0.3 \times 60}{0.1 \times \pi} = 57.29 \text{ tr/min}$$

- **Calcul de la puissance :**

La puissance totale est donnée par l'équation (6)

$$P_{tot} = F_{tot} \times V$$

A.N :

$$P_{tot} = 3 \times 0.3 = 0.9W$$

La puissance électrique d'un moteur est donc égale à :

$$P_{moteur} = \frac{P_{tot}}{2} = 0.45W$$

Ainsi, dans le cadre de ce projet on a choisi un moteur CC ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau 2: caractéristique du moteur

Modèle moteur	JGB37-520	Unité
Tension nominale	12	V
Courant nominale	170	mA
Puissance nominale	1.2	W
Vitesse de rotation	319	Tr/min
Couple	0.29	N.m

3. Choix des batteries :

En tant que composants autonomes de stockage, les batteries sont des accumulateurs d'énergie qui ont une durée de vie et un nombre de cycles prédéterminés à l'avance par le climat (température ambiante) et par le type d'utilisation que l'on va en faire (profondeur de décharge). Sur le marché, il existe plusieurs types de batterie, tel que :

-Batterie Plomb (Pb)

-Batterie Nickel Cadmium (Ni-cd)

-Batterie Nickel Métal Hydride (Nimh)

-Batteries Lithium (Li), Lithium ion (Li-Ion) et Lithium ion Polymère (Lipo)

Le choix du type de la batterie s'est fixé sur la batterie **Lithium-ION (Li-ION)**, ou accumulateur lithium-ion vu que Cette batterie est la plus légère. En effet, son poids ne doit pas dépasser la limite de charge des moteurs.

3.1 Critères de choix de la batterie :

- La capacité de la batterie en milliampères-heure (mAh).
- Le voltage, qui est dicté par les matériaux utilisés pour les électrodes et qui peut aller de 3,2 à 4 V pour les batteries au lithium et de 1,2 à 2 V pour les autres.
- La température de fonctionnement.
- Le prix.

3.2 Dimensionnement des batteries :

Pour avoir un bon choix de la batterie, une étude sera basée essentiellement sur les caractéristiques électriques du moteur à utiliser, vu que c'est l'organe qui consomme plus de courant.

Le dimensionnement des batteries est basé sur les données suivantes :

- La tension nominale du moteur : 12V
- L'autonomie d'une demi-heure

Pour dimensionner une batterie, nous devrons déterminer sa capacité.

En effet, la capacité d'une batterie, notée C_{Td} , est la quantité d'énergie électrique qu'elle est capable de restituer après avoir reçu une charge complète, pour un régime de courant de décharge donné, une tension d'arrêt et une température définie. Elle s'exprime usuellement en ampères-heures (Ah).

Ainsi, à partir de cette définition et en notant :

- C_{Td} : la capacité de la batterie associée à l'autonomie Td .
- I_{Td} : le courant de décharge de la batterie associée à l'autonomie Td .
- Td : le temps de décharge de la batterie.

Nous pouvons tirer la relation suivante liant ces trois grandeurs :

$$C_{Td} = I_{Td} \times T_d$$

En pratique, il ne faut jamais descendre en dessous de 20% de sa capacité. Donc :

Le courant nominal total consommé par les deux moteurs I_{Td} est calculé à partir de l'équation (7).

$$I_{Td} = In \times Nm$$

Avec :

In : Courant nominal consommé par chaque moteur

Nm : Nombre de moteur

Selon les caractéristiques du moteur présentées dans le Tableau 3, le courant nominal avec charge consommé par le moteur est de valeur $I_n = 0.17A$. Le courant nominal total est de $I_{td} = 0.34A$ Puisque nous avons 2 moteurs.

Ainsi pour avoir un temps de décharge d'une demi-heure, nous devrons avoir une batterie de capacité :

$$C_{td \text{ total}} = 0.5 \times 0.34 = 0.17Ah$$

En tenant compte que la batterie ne peut pas descendre à moins de 20% de sa capacité, il faut alors avoir une capacité presque égale à :

$$C_{td \text{ total}} = 0.2Ah$$

Pour la réalisation de notre prototype, on a pris l'avantage des batteries Lithium ION disponibles à l'industrie qui sont des batteries des perceuses rechargeables **BOSH Batterie Lithium ION 18V** de 5.0Ah. Elles sont composées d'un ensemble de 4 cellules de 4.5V chacune et qui sont mises en série à l'intérieur. A pleine charge, la tension maximale de la batterie est de 12V.

Le tableau 3 représente les caractéristiques de cette batterie :

Tableau 3:caractéristique du la batterie Bosh

Marque	BOSH
Type	Lithium ION
Numéro du référence	1 600 A00 2U5
Tension nominal	12v
Capacité	5.0 Ah
Poids	620G



Figure 13:Batterie BOSH (LI-ION)



Figure 14:Chargeur batterie AL1814C

4. Choix de la carte de puissance :

La carte de puissance est un élément essentiel du robot permettant d'alimenter et d'entraîner les deux moteurs branchés aux roues du robot. Pour notre prototype, nous avons utilisé 1 module L298N qui permet de contrôler 2 moteur à courant continu.

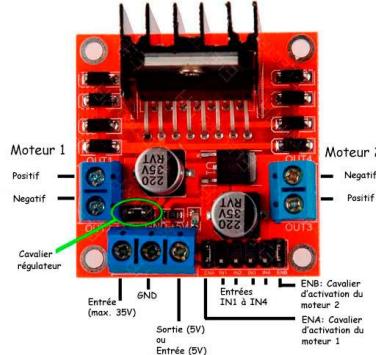


Figure 15: module double pont en H

Le L298N est un double pont-H qui permet de contrôler simultanément la vitesse et la direction de deux moteurs CC. Le module peut entraîner des moteurs CC dont les tensions sont comprises entre 5 et 35v, avec un courant de crête jusqu'à 2 A.

Spécifications du module L298N

- Alimentation de la charge : de +6V à +35V
- Courant Max (en pointe) : 2A
- Courant de commande logique : de 0 à 36mA
- Puissance Max : 25W (Température 75 °C)
- Poids : ~48

5. Choix de la caméra :



Figure 16:camera Hikvision DS-U18

Dans le cadre du projet le robot est pris en charge avec une caméra USB pour la détection des obstacles.

Nous choisissons cette caméra de la marque hikvision DS-U18 caractérisé d'une résolutions 4k d'enregistrement, un type de connecteur USB qui facilite le câblage, et qui peut détecter une distance jusqu'à 3.6 millimètres avec un bon éclairage.

II. Méthodologies :

Avec l'accroissement de la complexité de l'environnement ou du comportement à conception classique basée sur une modélisation du robot et de son environnement devient vite infaisable. Afin d'éviter la modélisation réalisée par le concepteur, il faut permettre au robot de construire ses connaissances et s'adapter sur la base de son interaction avec l'environnement.

Afin de donner cette propriété au système de contrôle, le premier pas consiste à le rendre adaptatif, en lui faisant apprendre certaines caractéristiques directement du monde réel.

L'apprentissage est l'un des mécanismes les plus utilisés à cet effet, surtout dans le domaine des réseaux de neurones. La présente partie a pour but d'expliquer l'approche neuronale, d'introduire le domaine de l'intelligence artificielle et de détailler la technique de la détection des objets basé sur le Deep Learning.

1. Introduction aux réseaux de neurones artificiels :

Un réseau de neurones artificiels [1] a pour objectif de simuler l'intelligence humaine, par le biais de neurones qui imitent le fonctionnement du cerveau humain. Les neurones artificiels sont intégrés dans des logiciels et permettent aux machines de devenir autonomes, par la technologie de l'intelligence artificielle (IA).

1.1 L'intelligence artificielle :

L'intelligence artificielle (IA) est une vaste branche de l'informatique qui s'occupe de construire des machines intelligentes capables d'exécuter des tâches qui nécessitent généralement l'intelligence humaine.

Dans ce domaine, Il existe de nombreuses technologies qui fonctionnent ensemble pour permettre à l'intelligence artificielle de répondre à ses objectifs. Donc nous allons parler de la façon dont l'IA est utilisée pour la vision par ordinateur et la reconnaissance d'image.

2. Vision par ordinateur :

“À un niveau abstrait, le but des problèmes de vision par ordinateur est d'utiliser les données d'images observées pour déduire quelque chose du monde” [2].

Le projet nous demande de faire deux traitements sur des captures vidéo :

- Détection des objets.
- Afficher les types et les coordonnées des objets détectés

Pour ce faire, nous allons utiliser des méthodes dites "Computer Vision" ou "Vision par Ordinateur" (abréviation CV). Ce domaine est une branche de l'intelligence artificielle et vise à

traiter, comprendre et extraire des informations depuis des images digitales comme des photos ou des vidéos. Son but ultime, et comme son nom l'indique, est de permettre aux ordinateurs de "voir" et de comprendre le monde d'une manière qui se rapproche de celle des humains. C'est une tentative visant à automatiser des tâches que, jusqu'à présent, seul un être humain était capable d'exécuter.

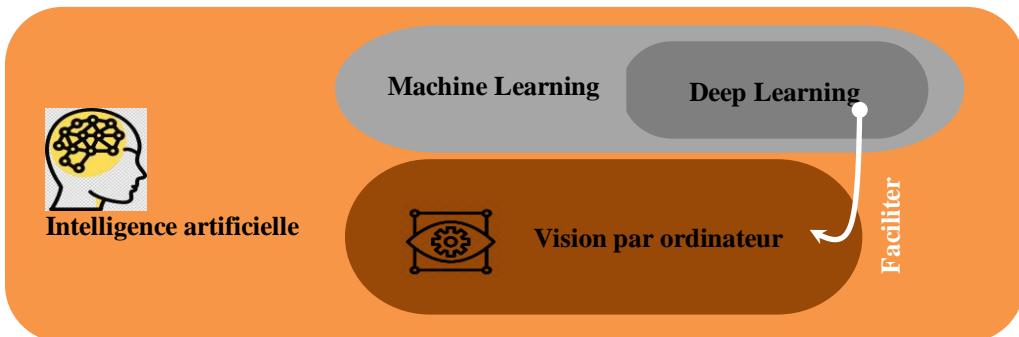


Figure 17: OpenCV dans le domaine de l'IA

Le Computer Vision a pu tirer parti de nombreuses avancées récentes dans le domaine de l'apprentissage automatique et notamment du Deep Learning qui a été autorisé par l'explosion des performances du GPU et l'abondance de données utiles.

2.1 Deep Learning (DL) :

L'apprentissage profond est une classe d'algorithmes d'apprentissage automatique qui [3] : utilise plusieurs couches pour extraire progressivement des fonctionnalités de niveau supérieur de l'entrée brute. Par exemple, dans le traitement des images, les couches inférieures peuvent identifier les bords, tandis que les couches supérieures peuvent identifier les concepts pertinents pour un humain tels que les chiffres, les lettres ou les visages

2.2 Différence entre DL et ML :

Machine Learning signifie que les ordinateurs apprennent à partir de données en utilisant des algorithmes pour effectuer une tâche sans être explicitement programmés. Deep Learning [4] utilise une structure complexe d'algorithmes modélisés sur le cerveau humain. Cela permet le traitement de données non structurées telles que des documents, des images et du texte.

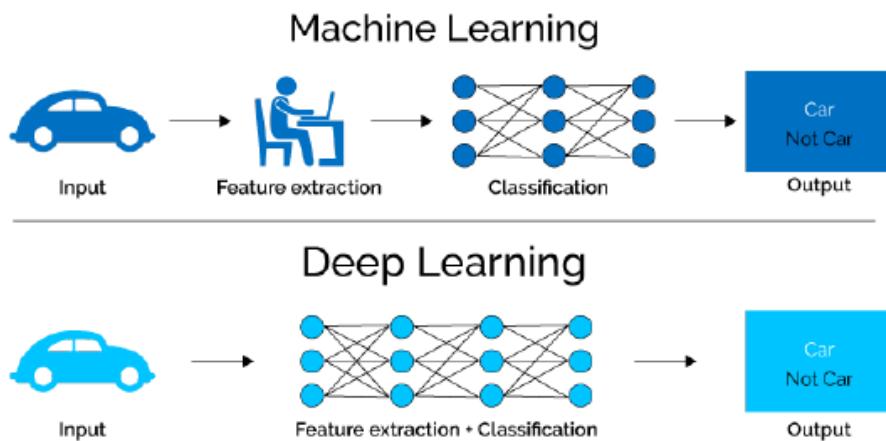


Figure 18:Déférence entre ML et DL.

3. Réseaux de neurone convolutionnels CNN :

Une application du Deep Learning sont les CNN ou Convolutional Neural Network (réseau neural convolutif). Ce sont, de nos jours, les modèles de classification d'images les plus performants. Les méthodes que nous utiliserons pour faire de la détection d'objets puisent leur Fonctionnement initial dans ce modèle de Deep Learning.

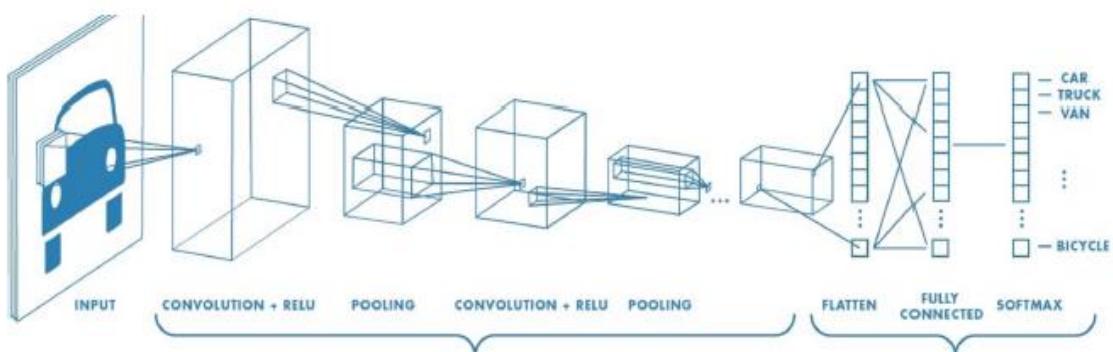


Figure 19:Schématisation du fonctionnement d'un modèle CNN

3.1 Modèles pré-entraînés :

C'est à cause des contraintes de temps et mon manque d'expérience dans le domaine, que nous allons utiliser des modèles **pré-entraînés**. Ce sont des modèles qui ont été précédemment entraînés sur des données similaires aux nôtres afin de résoudre un problème du même type. Nous n'aurons ainsi pas à faire la phase d'entraînement.

3.2 Détection des objets :

Nous devons, pour ce projet, utiliser une caméra embarquée sur le robot afin de détecter les objets.

Voyons maintenant quel place ces notions de "CNN", d'Architecture de CNN précédemment situés ont dans le domaine de la détection d'objets.

Traditionnellement, les CNN sont utilisés pour faire de la classification d'images (assignation d'un label à une image donnée). Dans la détection d'objets, nous devons faire une classification, mais plusieurs fois sur la même image afin d'en extraire tous les objets qui y sont contenus et d'en définir l'emplacement.

4. Single Shot Object Detection (SSD) MobileNet V2 :

Comme son nom l'indique, le Single Shot Detector prédit les "bounding boxes" ainsi que la classe en **une seule étape**. Il sacrifie un peu de performances de détection en faveur de la vitesse de détection. SSD utilise la technique de MultiBox1.

L'idée derrière MobileNet comme son nom l'indique est de porter le Deep Learning sur des appareils mobiles, donc avec des contraintes de ressource mémoire, de calcul et énergétique. Ceci rentre parfaitement dans notre problématique de la détection en temps réel.

Il prend l'image en entier en input et la fait passer à travers de multiples couches de convolution de différente taille. Fonctionnement :

- Extraction d'une grille (feature map).
- Application d'un filtre de convolution sur chaque case pour détecter les objets.

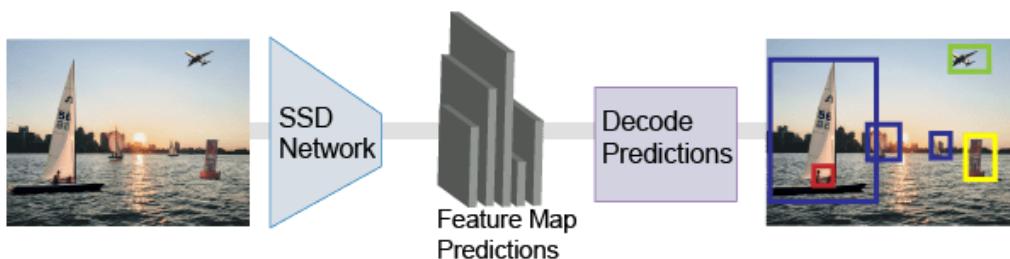


Figure 20: fonctionnement du modèle SSD

5. Base de données d'entraînement :

Les modèles pré-entraînés que nous utiliserons ont été entraînés sur des sets de données. Ces bases de données contiennent un grand nombre d'images d'objets quotidiens qui ont été labellisées afin de faire de l'entraînement supervisé. Les bases de données principaux utilisés pour entraîner les modèles de détection d'objets sont les suivants :

5.1 Data set COCO :

Développé par Microsoft, Dataset de grande échelle. Est destiné à l'entraînement et l'évaluation de modèles faisant de la classification, de la détection et de la segmentation. Il contient plus de 200'000 images labellisées, 80 catégories d'objets, 250'000 images de personnes... C'est le Dataset utilisé pour les modèles pré-entraînés de

YOLO et l'implémentation par TensorFlow de **SSD**.

Tensorflow	
Object Detection Model	SSD
Pretrained Dataset	COCO
CNN Architecture	MobileNet, Inception
Read Network call	readNetFromTensorflow
Config File	.pb
Weight File	.pbtxt
Forward Function Return	(1, 1, 100, 7)
Representation of BBox	(left, top, right, bottom)

Figure 21:Caractéristique du Modèle SSD

5.2 Analyse des données :

5.2.1 Modélisation formation et validation :

Dans cette section, nous montrerons comment chaque modèle a été ajusté et évalué. Au début, l'ensemble de données a été divisé en deux parties, comme il est indiqué ci-dessous, à l'aide de l'ensemble de tests Validation-technique d'estimation la plus fondamentale pour estimer la fiabilité et la robustesse des modèles prédictifs. En effet, nous avons divisé les données en deux parties distinctes :

- **Training Set** : Il contient 80 % des données originales. Par conséquent, cette partie sera utilisée pour La formation des modèles prédictifs.
- **Test Set** : Il contient 20 % des données originales. Par conséquent, les modèles ajustés seront validés Sur le Test set.

III. Conception logicielle :

Dans cette section, nous aborderons la recherche concernant les outils utilisés pour traiter les images, le logiciel de montage et le langage de programmation que nous avons utilisé.

1. Le logiciel utilisé :

1.1 Python :

Langage créé en 1989 par le programmeur *Guido van Rossum*.

Python est un langage de programmation interprété, orienté objet, de haut niveau. Ses structures de données intégrées, combinées à un typage et liaison dynamique, le rendent très attrayant pour le développement rapide d'applications. Python prend en charge les modules et les paquets, ce qui encourage la modularité des programmes et la réutilisation du code.

Python est le langage de programmation le plus utilisé dans le domaine du Machine Learning, du Big Data et de la Data Science.

1.2 Pourquoi choisir python ?

Ce langage de programmation a plusieurs fonctionnalités intéressantes telles que :

- ✚ Le langage Python est aussi un **langage portable**. Par exemple, si nous avons du code python pour Windows et si nous voulons exécuter ce code sur d'autres plates-formes telles que Linux, Unix et Mac, alors nous n'avons pas besoin de le changer, nous pouvons exécuter ce code sur n'importe quelle plate-forme.
- ✚ Python a **une grande bibliothèque standard** qui fournit un riche ensemble de modules et de fonctions afin que nous n'avons pas à écrire notre propre code pour chaque chose. Il existe de nombreuses bibliothèques présentes en python pour les expressions régulières, les tests unitaires, les navigateurs web, etc.
- ✚ Le langage Python est disponible gratuitement sur le site officiel. Puisqu'il est open source, cela signifie que le code source est également disponible pour le public.



Figure 22:logo de python

2. Les bibliothèques utilisées :

```
import os
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.utils import shuffle
import cv2
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Convolution2D, Flatten, Dense
from tensorflow.keras.optimizers import Adam
import matplotlib.image as mpimg
from imgaug import augmenters as iaa
import random
```

Figure 23:les différentes bibliothèques installées

✚ Pandas :

Pandas [5] simplifie la lecture de fichiers de tout type : csv, xlsx, txt, json ou encore d'un dictionnaire python. Les données lues sont stockées dans des dataframes. Un dataframe est une structure de données permettant de stocker les données selon deux dimensions : lignes et colonnes.

✚ Numpy :

NumPy peut être utilisé pour effectuer [6] une grande variété d'opérations mathématiques sur des tableaux. Il ajoute de puissantes structures de données à Python qui garantissent des calculs efficaces avec des tableaux et des matrices et il fournit une énorme bibliothèque de fonctions mathématiques de haut niveau qui fonctionnent sur ces tableaux et matrices.

✚ Matplotlib :

Une unité de NumPy, SciPy, est Matplotlib [7] censée remplacer le besoin d'utiliser le langage statistique propriétaire MATLAB. Ce fait explique pourquoi les fonctionnalités des bibliothèques mentionnées sont similaires à celles de MATLAB. Cependant, les paquets Python sont disponibles gratuitement et sont plus flexibles

✚ Keras :

Keras est une bibliothèque open source de prototypage rapide de modèles, conçue pour rendre les projets de **Deep Learning** accessibles. Son API se veut relativement simple à prendre en main. Elle est conçue pour réduire au maximum le nombre d'actions à réaliser lors de la création d'un réseau de neurones artificiel.

✚ TensorFlow :

TensorFlow est une bibliothèque open source, permettant d'exécuter des applications de Machine Learning et de Deep Learning. Cet outil dédié à l'apprentissage automatique a été développé par Google, fortement utilisé dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA). Ainsi, qu'on peut créer des modèles de machine Learning ou de Deep Learning pour optimiser les capacités de notre matériel.

OpenCV :

Initialement développée par Intel, OpenCV (Open Computer Vision) est une bibliothèque graphique. Elle est spécialisée dans le traitement d'images, que ce soit pour de la photo ou de la vidéo. La vision par ordinateur a pour principal but de permettre à une machine d'analyser, traiter et comprendre des images prises par un système (une caméra par exemple).

3. Commande à distance du Robot :

3.1 Application Desktop :

Qt est un cadre d'application multiplateforme qui est largement utilisé pour le développement de logiciels d'application avec une interface utilisateur graphique, et également utilisé pour le développement de programmes non IUG tels que les outils en ligne de commande et les consoles pour les serveurs.

3.2 Modèle de communication :

La programmation de socket est un moyen de connecter deux nœuds sur un réseau pour communiquer les uns avec les autres. Une socket(nœud) connecte sur un port particulier à une adresse IP, tandis que l'autre socket tend vers l'autre pour former une connexion. Le serveur forme la socket d'écoute pendant que le client tend la main au serveur.

Ce sont les véritables piliers de la navigation sur le Web. Plus simplement, il y a un serveur et un client.

La programmation de socket est démarrée en important la bibliothèque de sockets et en faisant un socket simple.

3.3 Connexion Raspberry :

Nous besoin d'utiliser l'interface graphique de la Raspberry Pi sans avoir d'écran disponible. Nous avons donc utilisé VNC pour contrôler notre carte.

VNC, ou Virtual Network Computing, est un système permettant la prise de contrôle à distance d'un ordinateur par un autre. La prise de contrôle à distance d'un ordinateur par un autre.

4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons détaillé et justifié le choix et le dimensionnement des différents matériels de la partie propulsion puis de la partie régulation et les méthodologies utilisés pour la réalisation du prototype ainsi que la partie logicielle pour réaliser la partie de commande du robot. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les différents résultats de simulation, de conception et de réalisation des cartes électronique.

Chapitre 3 : Conception et Réalisation

Introduction :

Après toutes les études théoriques faites pour le choix et le dimensionnement des composants du Robot, nous allons diviser ce chapitre en deux parties :

-**partie programmation** : description des modèles pour la navigation du robot dans le milieu intérieur de la société ainsi que l'application QT de contrôle à distance.

-**partie mécanique** : la méthode de construction d'un prototype Robot Transporteur de charge.

I. Commande du robot :

1. Carte Raspberry :

Il existe plusieurs modèles des cartes électroniques dans le marché tunisien ; on trouve deux des plus communs et usuels types qui sont l'Arduino et le Raspberry PI, on a choisi de travailler avec Raspberry car elle est plus puissante en terme de traitement de données pour notre projet.



Figure 24: Carte Raspberry PI3 Modèle B

2. Accessoires de la carte :

-**Carte SD** : le Raspberry Pi est besoin de stockage, comme tout ordinateur. On va trouver sur ce stockage le système d'exploitation (OS) du Raspberry, ainsi que tous types de fichiers que l'on va pouvoir sauvegarder dessus : programmes, fichiers textes, audio, vidéo...

-**Câble d'alimentation** : Pour alimenter le Raspberry Pi, les meilleures caractéristiques sont 5V et 2.5A.

-**Câble Ethernet** : pour la connexion de la carte sous réseau.

Après la configuration de notre carte et le téléchargement des bibliothèques nécessaire afin de réaliser notre prototype on a transféré les fichiers et les modules écrites en python vers l'OS du

Raspberry PI pour la simulation et la visualisation virtuelle des Tests.

3. Traitement du trajet :

La figure 25 représente La reconnaissance du trajet qui constituée d'une phase d'entraînement sur une vidéo déjà filmée avec un smartphone pour la collection des données (Data collection), cette vidéo sera traitée en tant que des séquences d'images.

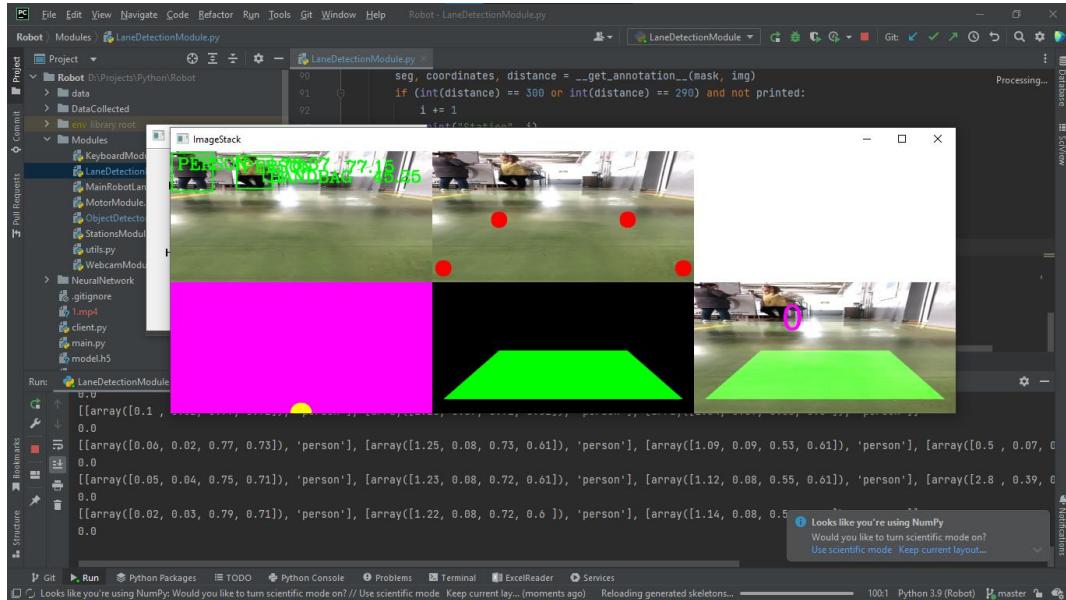


Figure 25: planification et entraînement sur le trajet vert

La figure suivante présente le modèle obtenu après la phase d'entraînement « modele.h5 », h5 est un format de fichier pour stocker des données structurées, ce n'est pas un modèle en soi-même.

Keras enregistre les modèles dans ce format car il peut facilement stocker les poids et la configuration du modèle dans un seul fichier

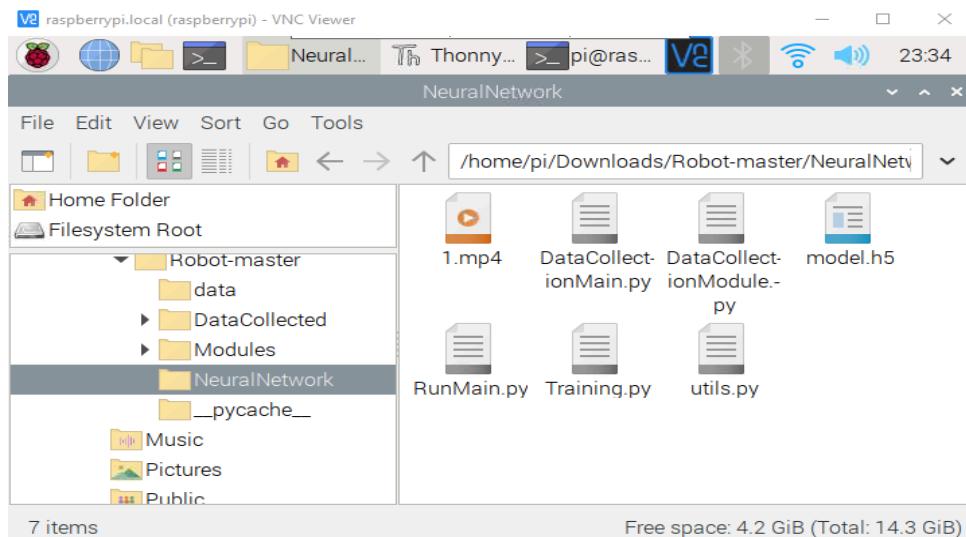


Figure 26: les Modules pour l'entraînement

4. Module de détection des stations :

Dans cette partie nous avons défini une couleur unique « mauve » devant chaque station caractérisée par les mêmes dimensionnements, la technologie utilisés pour cette tâche est le Masque R-CNN qui utilise des boîtes d'ancrage pour détecter plusieurs objets, Les boîtes d'ancrage sont un ensemble de boîtes de délimitation prédéfinies d'une certaine hauteur et largeur. Ces boîtes sont définies pour capturer l'échelle et le rapport d'aspect des classes d'objets spécifiques que nous souhaitons détecter.

Cela améliore la vitesse et l'efficacité de la détection des stations.

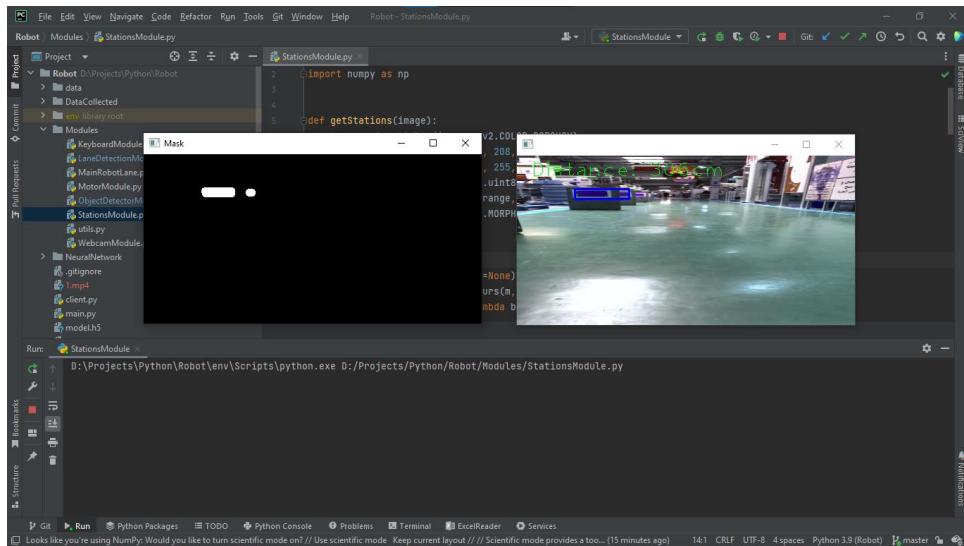


Figure 27: Station detection Module

5. Module de détection des objets :

Dans cette partie, nous avons proposé un modèle d'apprentissage profond pour identifier progressivement la place de l'objet dans les images. De cette façon, nous utilisons un module de détection d'objets qui peut reconnaître ce qui se trouve dans le flux vidéo en temps réel. Pour réaliser le module, nous rejoignons le MobileNet et le Framework SSD pour une stratégie d'apprentissage profond rapide et productive.

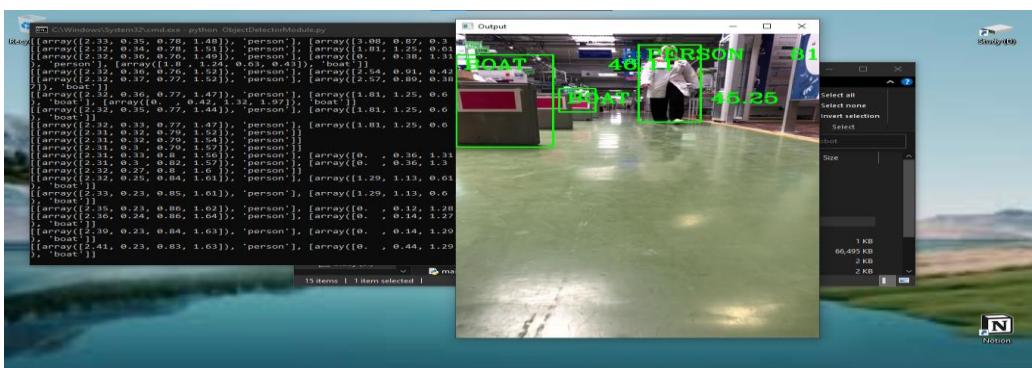
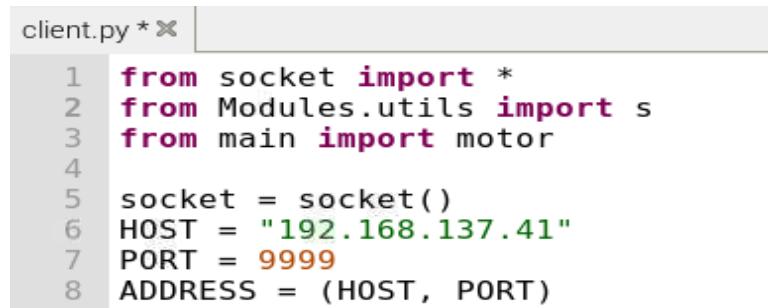


Figure 28: Object detection Module

6. Commande du robot :

La commande du robot se fait par une application QT qui se communiquent avec le robot basant sur le module de communication WIFI client\serveur (TCP/IP)

Le protocole ou environnement **client–serveur** désigne un mode de transaction (souvent à travers un réseau), le **client(l'ordinateur)**, envoie des requêtes , l'autre qualifié de serveur (Raspberry Pi), attend les requêtes des clients et y répond.



```
client.py * ✘
1 from socket import *
2 from Modules.utils import s
3 from main import motor
4
5 socket = socket()
6 HOST = "192.168.137.41"
7 PORT = 9999
8 ADDRESS = (HOST, PORT)
```

Figure 29:socket de communication

La bibliothèque standard Python possède un module appelé **socket** qui fournit une interface réseau Internet de bas niveau.

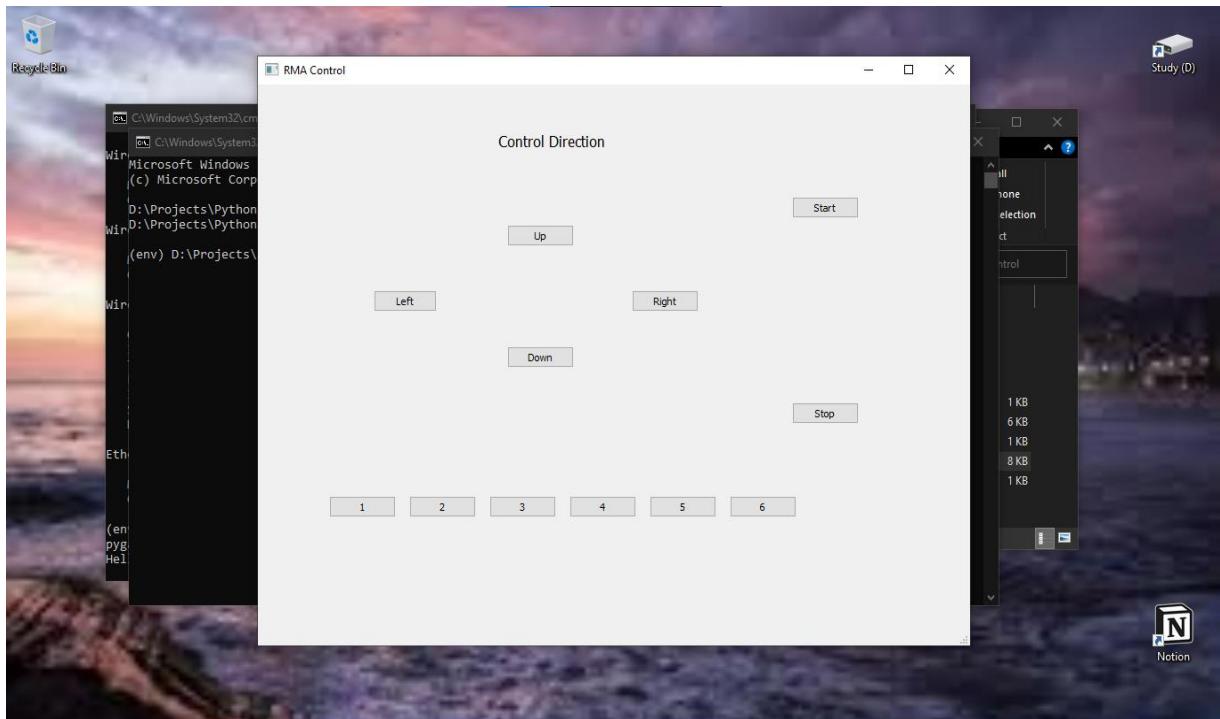


Figure 30:Application Desktop

II. Conception mécanique :

1. Choix du logiciel de conception :

Pour la conception des pièces du Robot, il faut avoir une idée sur les outils de conception et choisir le logiciel qui va effectuer le processus de conception en 2D et 3D. On trouve des nombreux logiciels dans ce domaine :(AutoCAD, Smart3D, CATIA et SolidWorks).

On a choisi le **logiciel SolidWorks**, car il détermine rapidement les défis complexes dans une conception, rassemble et partage des données avec différentes disciplines.

SolidWorks : est un logiciel de conception assistée par ordinateur, appartenant à la société Dassault Systèmes. Il utilise le principe de conception paramétrique.

2. Conception des pièces mécanique du prototype robot transporteur de charge :

Le Prototype Robot Transporteur de charge est constitué de différents composants qui sont : la Base Châssis et ses cotées, les deux moteurs, la bride fixation, le support de camera, les roues motrices et leur support avec son enroulement engrené, pièce de fixation.

Dans cette partie, nous présentons ces différentes parties mécaniques.

- **Base châssis et le support supérieur :** Tout d'abord nous allons commencer notre travail par la conception du châssis ainsi que le support supérieur pour le portement des charges selon les dimensions indiquées Par l'Annexe.

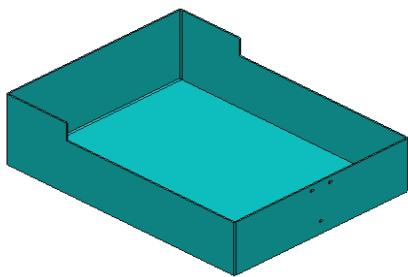


Figure 32: Vue 3D du Châssis supérieur

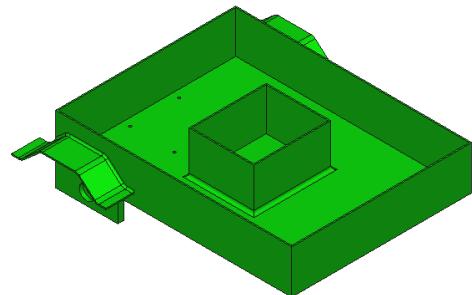


Figure 31: Vue 3D du Base Châssis

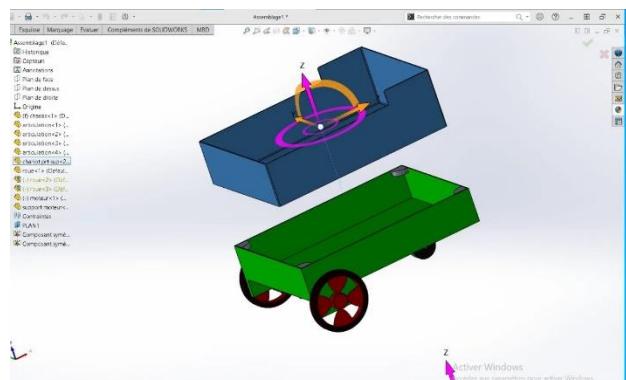


Figure 33: assemblage

- **Support Roue** : Pour positionner les roues motrices, on a fabriqué une pièce Support Roue ayant les dimensions suivantes, Tableau ci-dessous



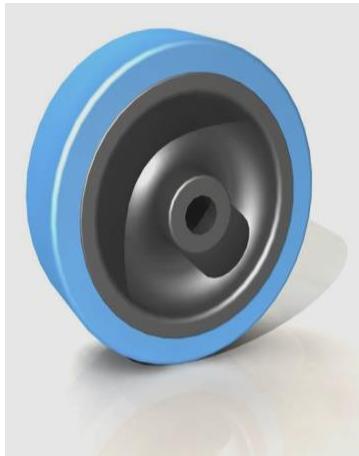
Figure 34: vue en 3D support roue

Tableau 4:Caractéristiques du Support Roue

Nom	Nombre de pièce	Dimensions (mm)		Matériaux
Support roue motrices	2	Largeur	120	Bois MDF (Medium densité Fiberboard)
		Longueur	70	
		Epaisseur	18	
		Diamètre	27	

- **Les roues en bandage Caoutchouc** : sont des roues motrices ayant les dimensions suivantes

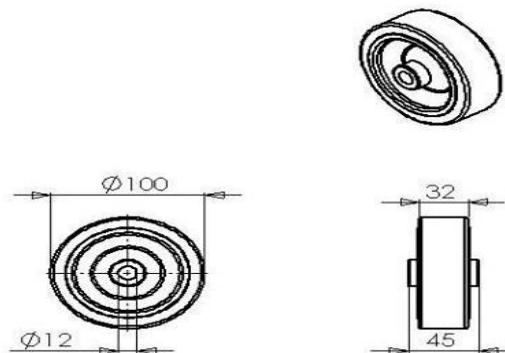
Tableau 5:Caractéristiques de la roue motrice



Nom	Nombre de pièce	Dimensions (mm)		Matériaux
Roue Motrices	2	Diamètre Intérieur	120	En bandage Caoutchouc
		Diamètre moyen	12	
		Epaisseur	45 32	

Figure 35:Vue 3D Roue Motrice

La figure suivante représente les exacte dimensionnement des roues motrices.



- **La roulette :** est une roue libre pivotante à 360 degrés de suivi qui assure et facilite la rotation du robot ayant les dimensions suivantes



Figure 36:Vue 3D roulette

Nom	Nombre de pièce	Dimensions (mm)		Matériaux
roulette	1	Diamètre	70	Bandage Caoutchouc +fer
		Hauteur	55	
		Epaisseur	20	
		Diamètre	27	

Tableau 6:Caractéristiques Roulette

- **Moteur CC :** la figure ci-dessous représente le choix du moteur à courant continu pour la mise en marche des roues

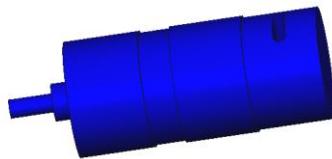


Figure 37:Vue 3D moteur CC

- **Support Camera :** la fixation du camera se fait en face du support supérieur du robot.



Figure 38:Vue 3D support et camera

- **Assemblage :** L’Assemblage des pièces mécaniques du Prototype Robot Transporteur de charge est présenté dans la figure 28.

L’assemblage est obtenu par la juxtaposition des pièces. La mise en position de ces pièces est définie par un ensemble de contraintes d’assemblage

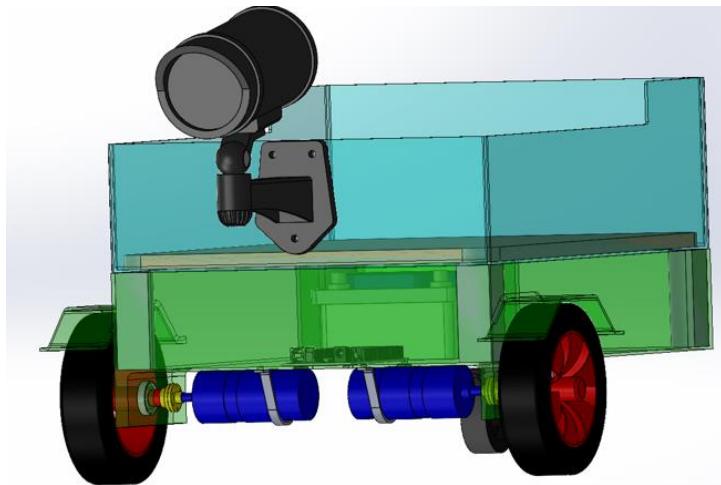


Figure 39:Assemblage des composants du robot

3. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté en premier lieu, la conception, la simulation et la réalisation de l'ensemble des Modules programmé installé dans la carte de commande, En deuxième lieu nous avons montré la méthode de configuration du Raspberry sous VNC viewer, en troisième lieu nous avons détailler les étapes de conception du système avec le logiciel SolidWorks et nous avons présenté les étapes de réalisation du prototype Robot Transporteur de charge.

Conclusion générale

La conception et le développement furent très instructifs, nous avons appris beaucoup sur le langage Python et surtout sur la librairie TensorFlow qui est une merveille d'ingéniosité et d'ingénierie.

Le plus difficile fut le tiraillement constant entre ressources à disposition (en termes de temps et de connaissances) et l'objectif de parvenir à la fin du projet dans le temps imparti en respectant les exigences de LEONI concernant le travail pour répondre au cahier de charges de manière complète et pertinente.

Les domaines de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique (machine Learning) Et le deep Learning sont fascinants, mais peuvent s'avérer incroyablement complexes. Il a fallu prendre le temps de bien choisir les technologies utilisées sur des critères qui font baisser le risque de ne pas parvenir à atteindre les objectifs fixés au départ tout en prenant le temps de se renseigner sur les technologies actuelles.

Ce projet à LEONI malheureusement, ne pourrait pas être complètement fait à cause d'un manque de matière nécessaire pour la réalisation de notre prototype, donc nous avons essayé de construire un échantillon qui rassemble le concept principal de notre prototype.

Bibliographies

- [1] Warren S. McCullochWalter Pitts. "Handwritten digit recognition with a back-propagation network". In : *Advances in Neural Information Processing Systems* (1989).
- [2] [http://ancrobot.free.fr/fiches/pdf/index\(3\).pdf](http://ancrobot.free.fr/fiches/pdf/index(3).pdf)
- [3] Deng, L. ; Yu, D. (2014). "Deep Learning: Methods and Applications" (PDF). *Foundations and Trends in Signal Processing*. 7 (3–4) : 1–199 doi :10.1561/2000000039. Archived (PDF) from the original on 2016-03-14. Retrieved 2014-10-18.
- [4] Palash Goyal, Sumit Pandey, and Karan Jain, *Deep Learning for Natural Language Processing*. 2018.
- [5]. Charlie Harper, *Visualizing Data with Bokeh and Pandas. The Programming Historian*, 2018
- [6] Travis Oliphant, *Guide to NumPy*. 2006
- [7]. Paul Barrett, J. Hunter, J. T. Miller, J. C. Hsu, and P. Greenfield, *Matplotlib -- A Portable Python Plotting Package*. 2005.

Annexe

