

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT GENIE
ELECTRIQUE

N° : 181835076352



*DOMAINE : SCIENCES ET
TECHNOLOGIES*

FILIERE : AUTOMATIQUE

OPTION : ROBOTIQUE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Professionnel**

Par : Gouadria Amal

Intitulé

**COMMANDE D'UN MANIPULATEUR MOBILE À BASE
D'UNE CAMÉRA RASPBERRY PI**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. ZEMMIT Abderrahim	Université M'sila	Président
Dr. Aib Abdelghani	Université M'sila	Rapporteur
Dr. Boukhalfa abdelouahab	Université M'sila	Examineur

Année universitaire : 2022 /2023

إهداء

"إلى أعزائي وأحبتي الذين شاركوا بصمتهم الثمينة في رحلتي الدراسية
أنامنت لكم من أعماق قلبي على الدعم الذي قدمتموه لي طوال هذه الفترة. لقد كنتم جزءاً لا
يتجزأ من رحلتي العلمية وسنداً قوياً في أوقات الصعاب.

تشكلون لي لحظات لا تنسى وذكريات جميلة. كنتم داعمين متواصلين ومصدر إلهام لا ينضب.
من خلال تشجيعكم وثقتكم بقدراتي، تمكنت من تخطي التحديات والوصول إلى هذا الإنجاز
العظيم.

أتوجه بالشكر الخاص لعائلتي الحبيبة، وخاصة أمي الغالية واختي **هند رحمة الله** عليها فقد
كان لهما دور كبير في دعمي وتشجيعي طوال هذه الرحلة، وابي الذي كان سندي وليزال في
طلبي للعلم رغم كل الصعاب التي اعانيها. شكراً لكم على الثقة العميقة التي وضعتموها في
قدراتي وعلى الدعم اللا محدود الذي قدمتموه لي.

كما أود أن أشكر أساتذتي ومشرافالمذكرة (د. العايب عبد الغاني) على الإرشاد والمشورة
القيمة التي قدمها لي. لقد استفدت كثيراً من خبراتك القيمة ومعرفتك العميقة في هذا المجال.
شكراً لكم على الوقت والجهود التي قدمتموها لمساعدتي في تحقيق هذا الإنجاز.

أخيراً، أشكر كل أصدقائي الذين كانوا إلى جانبي، خاصة الطالبين بلال روباش وزميله كمال
على المساعدة. شكراً لكم على الدعم والنصائح القيمة التي قدمتموها لإرشادي. لقد كنتم رفقةً
حقيقية في رحلتي وأحد الأسباب الرئيسية وراء نجاحي

واتقدم بشكر خاص لزوجي العزيز الذي كان داعم لي وقت الصعاب طوال هذه الفترة.

Sommaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE	10
I. CHAPITRE I : Généralités sur les robots	13
I.1.Introduction	13
I.1.1. Définition de la Robotique :	13
I.1.2. L’histoire de La Robotique	13
I.2. Application de la robotique :	13
I.2.1 La robotique d’intervention :	14
I.2.2. La robotique de service professionnel :	14
I.2.3. La robotique personnelle :	14
I.3. Les type de robots	14
I.3.1. Les robots industriels :	14
I.3.2. Les robots mobiles :	14
I.3.3. Les robots de service	14
I.3.4. Les robots médicaux :	14
I.3.5. Les drones :	14
I.3.6. Les robots éducatifs :	15
I.3.7. Les robots de recherche :	15
I.4.Caractéristiques d'un robot	15
I.4.2. Programmable	15
I.4.3. Intelligence :	15
I.4.4. Précision :	15
I.4.5. Flexibilité :	15
I.4.6. Rapidité :	15
I.4.7. Sécurité :	15
I.4.8. Autonomie :	15
I.4.9. Interactivité :	15
I.5. Définition d’un robot mobile	15
I.6. Classification des robots mobiles	15
I.6.1. Classification selon le degré d’autonomie	16
I.6.1.1. Robot télécommandé :	16
I.6.1.2. Robot semi-autonome :	16
I.6.1.3. Robot autonome :	16
I.6.2. Classification selon le domaine d’application	16
I.6.2.1. Les robots industriels et de service :	16
I.6.2.2. Les robots militaires :	17

Sommaire

I.6.2.3. Les robots de laboratoire :	17
I.6.3. Classification selon le type de locomotion	17
I.6.3.1. Les robots mobiles à roues :	17
I.6.3.2. Robots unicycle :	17
I.6.3.3. Robots tricycle	18
I.6.3.4. Robots voiture :	19
I.6.3.5. Robots mobiles omnidirectionnels :	19
I.6.3.6. Les robots mobiles à chenilles :	20
I.6.3.7. Les avantages et les inconvénients des différents types des robots à roues :	20
I.7.3. Les systèmes de vision	21
I.8. Conclusion	21
II. CHAPITRE II : Hardware et Software pour Adept_RaspTank	23
II.1. Introduction	23
II.2. Hardware pour Adept_RaspTank	23
II.2.1. Raspberry Pi	23
II.2.1.1. Les principaux composants/ports de la carte Raspberry Pi	24
II.2.1.2. Histoire du Raspberry Pi	27
II.2.2. Motors HAT	28
II.2.3. La caméra Raspberry Pi	28
II.2.3.1. Les données techniques de la caméra	29
II.2.3.2. Collection d'ingrédients	29
II.2.4. Les servos	30
II.2.5. Moteur dc	31
II.2.6. LED RVB WS2812	32
II.2.7. Module à ultrasons	33
II.2.8. Capteur de ligne	34
II.2.9. LED RGB	35
II.2.10. Les batteries	35
II.2.11. Carte Micro SD	36
II.2.12. Dispositifs mécaniques	36
II.3. Software pour Adept_RaspTank	36
II.3.1. Paramétrage du système d'exploitation	36
II.3.2. Configurer le protocole SSH	37
II.3.3. Paramètres de connexion Wi-Fi	37
II.3.4. Application Putty	37
II.3.5. Langage Python	37

Sommaire

II.3.6. MobaXterm	37
II.3.7. Bibliothèque OPEN CV	38
II.4. Conclusion	39
CHAPITRE III : Assemblage, programmation et mise en service	41
III.1. Introduction	41
III.2. Assemblage du robot Adept RaspTank :	42
III.3. Programmation et mise en service du robot Adept RaspTank :... ..	45
III.4. Conclusion	50
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	52
BIBLIOGRAPHIES ET RÉFÉRENCES.....	53
Perspective :.....	54
Résumé :.....	55

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

I. CHAPITRE I : Généralités sur les robots

Figure I.01 : schéma d'un robot de type unicycle.....	18
Figure I.02 : schéma d'un robot de type tricycle.....	18
Figure I.03 : schéma d'un robot de type voiture.....	19
Figure I.04 : schéma d'un robot de type omnidirectionnel.....	19
Figure I.05 : robot mobile à chenilles.....	20

II. CHAPITRE II : HARDWARE ET SOFTWARE POUR ADEEPT_RASPTANK

Figure II.01: Raspberry Pi 4.....	24
Figure II.02: GPIO 40-PIN GPIO.....	25
Figure II.03 : Motors HAT.....	28
Figure II.04 : La caméra Raspberry Pi.....	29
Figure II.05 : la caméra et la bande Raspberry Pi.....	29
Figure II.06 : Connectez la caméra au Raspberry Pi.....	30
Figure II.07: Le servomoteur dans RaspTank.....	30
Figure II.08 : Carte pilote Raspberry Pi Robot HAT avec Servo.....	31
Figure II.09 : Le moteur DC.....	31
Figure II.10 : DC Motor sur la carte d'entraînement Robot HAT.....	32
Figure II.11: LED RVB WS2812.....	32
Figure II.12 : Connexion LED WS2812 à l'interface WS2812 sur le Robot HAT...33	
Figure II.13 : principe de la plage de détection du capteur à ultrasons.....33	
Figure II.14 : Connexion capteur à ultrasons sur le tableau de bord Robot HAT...34	
Figure II.15 : La Tracking Module.....34	
Figure II.16 : Module de traçage Raspberry Pi et Triple IR.....35	
Figure II.17 : LED RGB.....35	
Figure II.18 : Connectez les fils à l'entrée de l'éclairage de la voiture.....35	
Figure II.19 : LES BATTERIES.....36	
Figure II.20 : DISPOSITIFS MECANIQUES.....36	
Figure II.21: MOBAXTERM.....38	
Figure II.22: OPEN CV.....39	

CHAPITRE III : Assemblage, programmation et mise en service

Figure III.01 : Assemblage de la carte Raspberry PI avec le HAT.....	42
Figure III.02 : Assemblage du bras manipulateur.....	42
Figure III.03 : Mise en place du socle.....	43
Figure III.04 : Connexion d'appareils électroniques.....	43
Figure III.05 : Assemblage des côtés de la base du robot.....	43
Figure III.06 : Assemblage du bras à de la base du robot.....	44
Figure III.07 : Pose de roues.....	44

LISTE DES FIGURES

Figure.III.08 :Photos réels du notre Adept RaspTank robot.....	44
Figure.III.09 : L'application "Raspberry Pi Imager"	45
Figure.III.10 : Paramétrage d'une session SSH sur l'application MobaXterm.....	46
Figure.III.11 : Obtention de l'adresse IP par "Fing"	47
Figure. III.12 : Page de démarrage du logiciel MobaXterm.....	48
Figure. III.13 : connexion à distance au notre robot RaspTank.....	48
Figure. III.14 : L'interface graphique pour contrôler RaspTank.....	49
Figure. III.15 : Acquisition et traitement des images avec OPEN CV.....	50

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Différents types de robot à roues	20
Tableau II.1 : Les caractéristiques techniques de la caméra Raspberry Pi.....	29

Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'un des plus grands rêves de l'homme est de pouvoir gagner d'autres acteurs à des tâches ou des activités qu'il juge dangereuses, ennuyeuses ou aliénantes, ce qui a commencé à se concrétiser avec l'avènement des robots dans les années 1960.

Depuis leur apparition les robots industriels se sont concentrés à réaliser des tâches classiques qui peuvent toujours se ramener à des interactions précises avec leur environnement.

Ainsi, une modification de ce dernier peut avoir des conséquences graves sur le déroulement de la tâche à accomplir. C'est pourquoi les chercheurs ont décidé d'incorporer des capteurs de vision externe au robot, lui permettant ainsi de comprendre son environnement et de réagir aux éventuels changements survenant dans celui-ci

Ce qui a permis d'améliorer de manière significative leurs performances et d'aider à développer de nouvelles applications d'une part et l'émergence.

De manière générale on regroupe sous l'appellation robots mobiles l'ensemble des robots à base mobile, par opposition notamment aux robots manipulateurs. Néanmoins que l'on désigne souvent par ce terme les robots mobiles à roues. D'autres robots mobiles sont indiqués par leur type de locomotion, qu'ils marchent sous l'eau ou dans les airs. Il est possible d'estimer que les robots mobiles à roues représentent la majorité des robots mobiles. Leur étude a historiquement suivi de près celle des robots manipulateurs, émergeant au milieu des années 70. En raison de leur faible complexité, ils ont été parmi les premiers sujets d'intérêt pour les chercheurs en robotique intéressés par les systèmes autonomes. Malgré leur apparence simple, caractérisée par des mécanismes plans et des actionneurs linéaires, ces systèmes ont engendré de nombreux problèmes complexes. En fait, bon nombre de ces défis demeurent encore irrésolus à ce jour.

Alors que les robots manipulateurs se sont aujourd'hui généralisés dans l'industrie, rares sont les applications industrielles qui utilisent des robots mobiles. Si l'on vu depuis peu apparaitre quelques produits manufacturiers (chariots guides) ou grand public (aspirateur), l'industrialisation de ces systèmes bute sur divers problèmes délicats. Ceux-ci viennent essentiellement du fait que contrairement aux robots manipulateurs prévus pour travailler exclusivement dans des espaces connus et de manière répétitive les robots mobiles sont destinés à évoluer de manière autonome dans des environnements. [1]

Le secteur de la robotique mobile dans l'industrie est en plein essor, affichant un développement fulgurant. Cette discipline cherche à résoudre divers problèmes en fusionnant les domaines de l'ingénierie, de l'informatique, des sciences cognitives, de l'intelligence artificielle, et bien d'autres disciplines encore.

La complexité des robots mobiles requiert une coopération étroite entre plusieurs disciplines. Ces machines ont la capacité de se déplacer et d'accomplir des tâches de façon autonome, reflétant ainsi leur mobilité et leur autonomie. Cette autonomie, symbolisant l'indépendance des robots vis-à-vis de l'intervention humaine, constitue un élément clé de la robotique mobile. Ce domaine exige une convergence harmonieuse entre différentes expertises pour développer des robots capables de naviguer, de prendre des décisions et d'interagir avec leur environnement de manière autonome, ouvrant ainsi de vastes horizons pour l'innovation technologique.

Plan de travail :

Après une introduction générale à la robotique et en particulier aux robots mobiles. Dans le chapitre 1, nous décrivons les généralités des robots mobiles.

Après cela, dans le deuxième chapitre, nous passons à la partie électronique de ce robot mobile, et il présente les composants, l'installation et la configuration de la carte électronique de type Raspberry Pi.

Il présente également la structure générale du robot mobile en décrivant l'ensemble du robot mobile, les différents composants électroniques utilisés et le schéma de montage.

Enfin, dans le troisième chapitre, on programme le robot, on l'installe, on le teste, et à la fin du mémoire, on conclut par une conclusion générale.

Chapitre I: Généralités sur les robots

CHAPITRE I Généralités sur les robots

I.1.Introduction

La robotique est un concept facile à définir, mais sa réelle portée est souvent complexe à saisir. Elle englobe toutes les méthodes élaborées et mises en œuvre dans la création de robots. Derrière cette signification se cachent des possibilités infinies et un grand un très grand éventail de champs d'application.

La robotique est un ensemble des disciplines techniques (automatique, électronique, mécanique, informatique) qui agit physiquement sur son environnement à fin d'atteindre un objectif qui lui a été assigné. On distingue deux types de robotique la robotique industrielle et la robotique mobile. Les robots manipulateurs ont une base fixe avec un système mécanique articulé devant effectuer des opérations (la peinture la manutention dans des ateliers dès l'industrie automobile emboutissage, etc.) Par contre les robots mobiles on regroupe sous l'appellation robots mobiles l'ensemble des robots à base mobile par opposition notamment aux robots manipulateurs (industrielle) l'usage néanmoins que l'on désigne habituellement par ce terme les robots mobiles à roues.[2]

Bien que le domaine des robots mobiles en soit encore à ses débuts de développement, des prototypes et premiers produits sont présents depuis plusieurs années dans divers secteurs. Les robots mobiles sont déjà entrés dans la vie de tous les jours, comme leur place dans l'industrie des aspirateurs semi-autonomes. Grâce aux innovations dans le domaine de l'intelligence artificielle et de ses déclinaisons, l'importance des robots autonomes et mobiles et leur utilisation devraient connaître.

➤ I.1.1. Définition de la Robotique :

La définition exacte d'un robot est un assemblage complexe de pièces mécaniques et électroniques contrôlé par l'intelligence artificielle.

La robotique est la science qui étudie l'ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation de machines automatiques ou de robots. C'est un domaine multidisciplinaire on y trouve des aspects concernant la mécanique, l'informatique ainsi que l'électronique. [3]

➤ I.1.2. L'histoire de La Robotique

Robot a été utilisé pour la première fois comme terme en 1921 par Karel Capek dans sa pièce R.U.R.T. (Rossums Universal Robots).

Où le mot Robot est dérivé du mot tchèque "rabota" qui signifie labeur et travail forcé. Le terme robotique a été utilisé pour la première fois par Asimov en 1941. [4]

Les ancêtres des robots sont des robots du 17ème siècle. D'une certaine manière les ordinateurs les rendent totalement interactifs avec les humains et le premier robot était un ordinateur conçu pendant la Seconde Guerre mondiale et fabriqué juste après. [2]

I.2. Application de la robotique [3] :

Les applications de la robotique peuvent être classées selon trois grandes catégories à savoir : la robotique d'intervention, la robotique de service professionnel, et la robotique personnelle.

CHAPITRE I Généralités sur les robots

➤ I.2.1 La robotique d'intervention :

La robotique d'intervention est caractérisée en général par des robots télé opérés par un opérateur à travers des commandes directes (joysticks, bras maître, des organes de commandes physique ou virtuels). L'opérateur est donc systématiquement présent dans la boucle de commande du robot, afin de l'aider à réaliser sa fonction. Cette forme de robotique est généralement utilisée pour remplir des tâches dans des environnements difficiles d'accès ou hostiles (industries nucléaire, intervention sur des catastrophes naturelles, ainsi que l'exploration marine ou spatiale...).

➤ I.2.2. La robotique de service professionnel :

Cette catégorie est souvent utilisée dans l'industrie professionnelle afin d'accomplir des tâches répétitives et/ou dangereuses, cette robotique requiert un niveau de précision et de qualité inaccessibles à un opérateur humain d'où sa grande utilité.

➤ I.2.3. La robotique personnelle :

Elle constitue un champ potentiellement aussi foisonnant que la robotique de service professionnel. Son utilisation est capable de répondre à un grand nombre de besoins telle la réalisation de tâches domestiques, ainsi que l'assistance aux personnes en perte d'autonomie, etc.

I.3. Les types des robots

Il existe plusieurs types de robots, chacun avec des caractéristiques et des fonctions différentes. Les principaux types de robots sont :

I.3.1. Les robots industriels : Ce sont des robots utilisés dans les usines pour effectuer des tâches répétitives et dangereuses telles que le soudage, la peinture, le levage de charges lourdes ou l'assemblage de pièces. Les robots industriels sont souvent programmés pour effectuer des tâches précises et répétitives, ce qui permet d'améliorer la productivité et la qualité tout en réduisant les coûts et les risques pour les travailleurs.

I.3.2. Les robots mobiles : Il s'agit de robots capables de se déplacer de manière autonome dans des environnements variés, que ce soit dans les entrepôts, les zones urbaines, les milieux naturels ou les espaces de production. Les robots mobiles peuvent être équipés de capteurs et de caméras pour percevoir leur environnement et se déplacer en toute sécurité.

I.3.3. Les robots de service : Ce sont des robots conçus pour aider les humains dans leurs activités quotidiennes, comme les robots d'assistance pour personnes âgées ou handicapées, les robots de nettoyage ou de maintenance, ou les robots de sécurité.

I.3.4. Les robots médicaux : Ces robots sont utilisés dans le domaine de la santé pour assister les chirurgiens dans les opérations, faciliter la rééducation, ou pour surveiller les patients à distance.

I.3.5. Les drones : Les drones sont des robots aériens qui peuvent être utilisés pour la surveillance, la cartographie, la photographie, la livraison de colis ou la lutte contre les incendies de forêt.

CHAPITRE I Généralités sur les robots

I.3.6. Les robots éducatifs : Ce sont des robots conçus pour aider les étudiants à apprendre les concepts de la robotique et de la programmation. Ils sont souvent utilisés dans les programmes éducatifs pour les enfants et les jeunes.

I.3.7. Les robots de recherche : Ce sont des robots conçus pour explorer des environnements difficiles ou dangereux, comme les fonds marins, les déserts ou les milieux extraterrestres. Ces robots sont équipés de capteurs et d'instruments scientifiques pour collecter des données et effectuer des mesures.

I.4. Caractéristiques d'un robot

Un robot est un système automatisé programmable, capable d'effectuer des tâches en toute autonomie ou en collaboration avec des humains. Les caractéristiques d'un robot dépendent de son type et de sa fonction, mais en général, on peut citer les caractéristiques suivantes :

I.4.1. Sensibilité : Un robot peut être équipé de capteurs et de systèmes de détection pour percevoir son environnement, tel que des caméras, des capteurs de force, de pression, de son, de lumière, etc.

I.4.2. Programmable : Les robots peuvent être programmés pour effectuer une grande variété de tâches à l'aide de langages de programmation spécifiques.

I.4.3. Intelligence : Certains robots peuvent être équipés de technologies d'intelligence artificielle, leur permettant de prendre des décisions et d'agir en fonction de données et de situations complexes.

I.4.4. Précision : Les robots sont capables d'effectuer des tâches avec une grande précision et une répétabilité élevée.

I.4.5. Flexibilité : Les robots peuvent être configurés pour effectuer une large gamme de tâches différentes en fonction des besoins de leur environnement et des utilisateurs.

I.4.6. Rapidité : Les robots peuvent exécuter des tâches plus rapidement que les humains, ce qui peut augmenter la productivité et réduire les temps d'attente.

I.4.7. Sécurité : Les robots peuvent être utilisés pour effectuer des tâches dangereuses ou pénibles pour les humains, comme la manipulation de produits chimiques toxiques ou la réalisation d'opérations dans des environnements extrêmes.

I.4.8. Autonomie : Certains robots peuvent être programmés pour fonctionner de manière autonome sans intervention humaine, ce qui peut permettre une surveillance 24h/24 et 7j/7 des sites de production ou des infrastructures critiques.

I.4.9. Interactivité : Les robots peuvent interagir avec les humains de différentes manières, que ce soit par la parole, le toucher ou la vue.

I.5. Définition D'un La Robot mobile

Un robot mobile est un type de robot qui a la capacité de naviguer et de se déplacer dans son environnement. Ce type de robot est conçu pour se déplacer et naviguer dans différents endroits, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur.

CHAPITRE I Généralités sur les robots

Les moyens de déplacement des robots mobiles comprennent généralement des roues ou des dispositifs similaires qui leur permettent de se déplacer de manière flexible, de changer de direction et de s'adapter à différents terrains. Certains robots mobiles peuvent avoir des jambes ou des mécanismes qui leur permettent de se déplacer sur des terrains accidentés ou dans des conditions difficiles.

Les robots mobiles sont utilisés dans un large éventail d'applications, notamment l'exploration spatiale, la recherche scientifique, la fabrication industrielle, la logistique, les robots médicaux, les robots éducatifs et bien d'autres. Il se caractérise par sa capacité à effectuer des tâches de manière autonome ou avec une télécommande, ce qui offre flexibilité et efficacité dans l'exécution de diverses tâches.

I.6. Classification des robots mobiles

La classification des robots se fait selon plusieurs critères, trois principalement [5] :

- Le degré d'autonomie.
- Le domaine d'application.
- Le système de locomotion

➤ **I.6.1. Classification selon le degré d'autonomie**

Un robot autonome est un système doté de capacités décisionnelles et de moyens d'acquisition et de traitements de données lui permettant d'accomplir sous contrôle humain réduit voire même absent un certain nombre de tâches, dans un environnement connu ou inconnu. Selon ce critère on peut classer les robots mobiles de la manière suivante :

I.6.1.1. Robot télécommandé :

Ce sont des robots commandés par un opérateur (machines ou être humain), qui leurs dicte chaque tâche élémentaire à accomplir (avancer, reculer, tourner, etc.).

I.6.1.2. Robot semi-autonome :

Ces types de robots effectuent un certain nombre d'opérations par eux même d'une façon complètement autonome mais il peut être interrompu à tous moment pour recevoir de nouvelles commandes dictées par un opérateur

I.6.1.3. Robot autonome :

On considère qu'un robot est complètement autonome s'il est capable d'adapter son comportement à l'environnement dans lequel il évolue. L'autonomie est la capacité propre d'un système sans équipage, à capter, percevoir, analyser, communiquer, planifier, et prendre des décisions et agir afin d'atteindre les buts qui lui ont été assignés lors de sa conception

➤ **I.6.2. Classification selon le domaine d'application**

L'un des plus grands avantages des robots mobiles est le fait que leur domaine d'application est illimité, c'est pour cela que nous présentons ici quelques domaines d'application :

I.6.2.1. Les robots industriels et de service :

La robotique industrielle est officiellement définie par l'ISO comme un contrôle automatique, reprogrammable, polyvalent manipulateur programmable dans trois ou

CHAPITRE I Généralités sur les robots

plusieurs axes. Les applications typiques incluent des robots de soudage, de peinture et d'assemblage. La robotique industrielle inspecte les produits, rapidement et précisément. Les robots industriels sont très utilisés en automobile, leur conception nécessite une bonne connaissance et un très haut niveau dans le domaine de l'ingénierie. Quant aux robots de service, ils sont destinés à aider des handicapés moteurs dans leur vie quotidienne, à guider les aveugles ainsi qu'à piloter des voitures automatiques.

I.6.2.2. Les robots militaires :

Un robot militaire, aussi appelé arme autonome, est un robot autonome contrôlé à distance, conçu pour des applications militaires. Les drones sont une sous-classe des robots militaires. Les applications militaires de la robotique mobile sont nombreuses. Ce champ d'application présente l'intérêt de fournir des spécifications accrues telles la vitesse des véhicules, leurs capacités de franchissement d'obstacles (la robustesse de ce type de robots est essentielle), ainsi que leur rapidité de réaction en font des robots de très hautes performances.

I.6.2.3. Les robots de laboratoire :

Afin de valider des travaux théoriques sur la perception et la planification de mouvements, de nombreux laboratoires travaillent dans le domaine de la robotique. La robotique de laboratoire est l'utilisation de robots dans les laboratoires de biologie ou de chimie. Par exemple, les sociétés pharmaceutiques utilisent des robots pour la synthèse de nouvelles entités chimiques ou pharmaceutiques afin de tester la valeur des matières chimiques.

➤ **I.6.3. Classification selon le type de locomotion**

I.6.3.1. Les robots mobiles à roues :

La mobilité par roues est la structure mécanique la plus utilisée en robotique mobile. Ce type de robot assure un déplacement aisé, mais nécessite un sol relativement plat. On distingue plusieurs classes de robots à roues, déterminées principalement par la position et le nombre de roues utilisées. Nous citerons ici les classes principales de robots à roues.

I.6.3.2. Robots unicycle :

Un robot unicycle est défini comme étant un robot qui bouge dans un plan 2D ayant une certaine vitesse de déplacement vers l'avant, mais aucun mouvement latéral instantané car les robots unicycle sont un système non-holonome. Ils sont donc incapables d'avoir un déplacement dans une direction perpendiculaire aux roues de locomotion. Le schéma suivant illustre un robot de type unicycle.

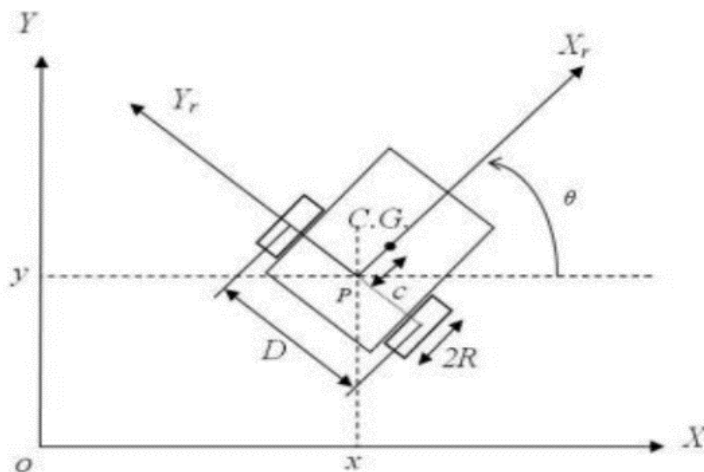


Figure I.01 : schéma d'un robot de type unicycle

Un robot de type unicycle est actionné soit par une seule roue ou par deux roues indépendantes on utilise des capteurs d'attitude (gyroscope) et de déplacement (accéléromètre) pour assurer sa stabilité. Son centre de rotation est situé sur l'axe reliant les deux roues motrices.

I.6.3.3. Robots tricycle :

Un robot de type tricycle est constitué de deux roues fixes placées sur un même axe et d'une roue libre (folle) centrée orientable sur l'axe longitudinal du robot. Le mouvement du robot est alors donné par la vitesse des roues fixes et son orientation est assurée par la roue libre. Comme l'illustre la figure suivante :

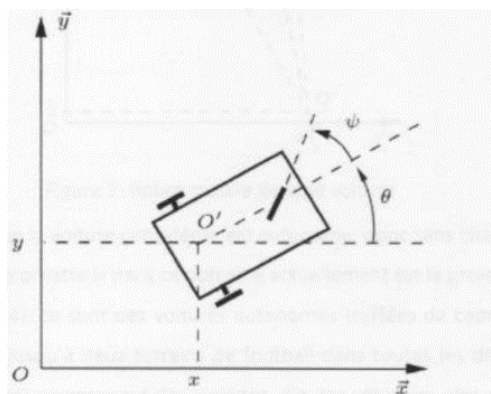


Figure I.02 : schéma d'un robot de type tricycle

C'est là aussi un robot non-holonyme. En effet il lui est impossible de se déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues fixes.

CHAPITRE I Généralités sur les robots

I.6.3.4. Robots voiture :

Un robot de type voiture est similaire à un robot quad, sauf qu'il est constitué de deux roues fixes positionnées sur le même essieu et de deux roues orientables au milieu également positionnées sur le même essieu. (Voir Figure 3). Cependant, le robot de type voiture est plus stable car il a un point d'appui supplémentaire. Toutes les autres caractéristiques du robot de voiture sont identiques à celles du robot tricycle.

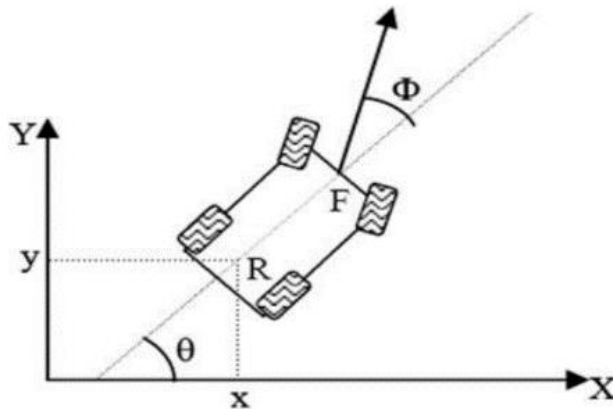


Figure I.03 : schéma d'un robot de type voiture

I.6.3.5. Robots mobiles omnidirectionnels :

Un robot mobile est dit omnidirectionnel si l'on peut agir indépendamment sur la vitesse de translation selon les axes x et y et la vitesse de rotation autour de z (voir la figure 4). Il peut se déplacer librement

Dans toutes les directions. Il est en général constitué de trois roues décentrées orientables qui sont placées de manière à former un triangle équilatéral.

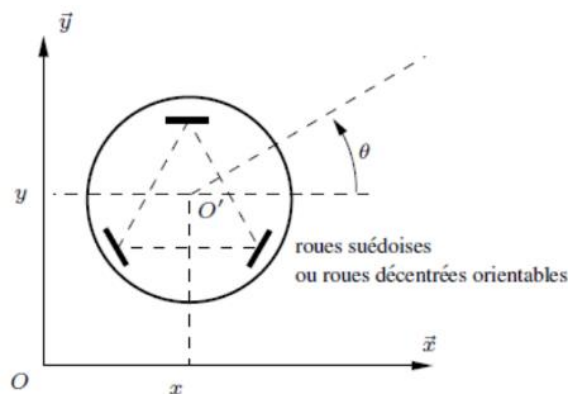


Figure I.04 : schéma d'un robot de type omnidirectionnel.

L'énorme avantage du robot omnidirectionnel est qu'il est holonome puisqu'il peut se déplacer absolument dans toutes les directions. Mais ceci ne se fait qu'au dépend d'une complexité mécanique bien plus importante par rapport aux autres types de robots mobile.[6]

CHAPITRE I Généralités sur les robots

I.6.3.6. Les robots mobiles à chenilles :

Les robots mobiles à chenilles présentent l'avantage d'une bonne adhérence au sol et d'une faculté de franchissement d'obstacles. L'utilisation est orientée vers l'emploi sur sol accidenté

Ou de mauvaise qualité au niveau de l'adhérence (présence de boue, herbe...).

Généralement ils sont utilisés à des fins militaires, principalement comme robots de surveillance ou de déminage (voir figure 5).



Figure I.05 : robot mobile à chenilles [3]

I.6.3.7. Les avantages et les inconvénients des différents types de robots à roues :

Type du robot	Avantage	Inconvénient
Unicycle	*stable *Rotation sur soi-même *Complexité mécanique faible	*Non-holonome
Tricycle	* Complexité mécanique modérée	* Non-holonome *Peu stable *Pas de rotation sur soi-même
Voiture	*Stable * Complexité mécanique modérée	* Non-holonome * Pas de rotation sur soi-même
Omnidirectionnel	*Holonome *Stable * Rotation sur soi-même	* Complexité mécanique importante

Tableau I.1 : Différents types de robot à roues [3]

CHAPITRE I Généralités sur les robots

I.7.3. Les systèmes de vision

La détection et le suivi d'objets sont l'une des tâches les plus difficiles de la vision par ordinateur. Fondamentalement, l'analyse vidéo implique trois étapes de base : détecter l'objet d'intérêt à partir de l'objet en mouvement, suivre ces objets d'intérêt dans des images successives et analyser les trajectoires de l'objet pour comprendre son comportement. Afin de détecter d'abord l'objet, nous prenons les mesures nécessaires et les corrélons entre elles, ainsi que les informations de plusieurs applications de vision par ordinateur. Il peut être utilisé à des fins de surveillance dans de nombreuses applications de sécurité.

Dans notre travail, le robot prend des photos et est capable de traiter un flux continu d'images de la zone environnante, de rechercher des objets et de naviguer jusqu'à l'image la plus proche. Le robot continuera à rechercher des objets tout en se déplaçant, et la tâche du traitement d'image est de contraster la couleur du sol et la couleur de l'objet, puis l'algorithme indiquera où il veut aller.

I.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini quelques concepts de base liés à la robotique en général, puis nous nous sommes spécifiquement intéressés au robot mobile.

L'homme a essayé de concevoir des machines capables de le remplacer, et ces machines sont des robots. Au fil du temps, ces machines ont évolué pour devenir une science appelée robotique.

Dans un passé récent, les robots étaient davantage utilisés pour aider les gens, alors qu'aujourd'hui ils ont un rôle probable dans la vie humaine, et cela sans que nous nous en rendions compte, mais rien de tout cela ne serait possible sans l'IA.

Et en présentant un panorama des technologies appliquées dans la planification et la navigation du robot mobile autonome. Dans ce chapitre, nous avons également abordé les différentes architectures de robots mobiles, ainsi que les différents composants matériels composant. Nous avons étudié les différentes catégories de robots mobiles qui sont classés selon différents critères, que ce soit le degré de leur autonomie, le domaine d'application, ou encore selon les critères du type de mouvement utilisé.

Ensuite, nous montrons également comment le robot est capable de percevoir son environnement grâce aux informations collectées, et comment le robot utilise ces informations.

Afin de se déplacer dans son environnement, suivant une structure de décision particulière, celle-ci lui permet d'évoluer dans son environnement à l'aide d'actionneurs de différents types.

Dans la partie suivante, nous aborderons la conception d'un robot explorateur mobile (Adept_RaspTank), en mettant en avant tous les éléments utilisés pour concevoir

CHAPITRE II :Hardware et Software pour Adept_RaspTank

II.1. INTRODUCTION

Il est possible de diviser le robot mobile en trois blocs fonctionnels différents. Le robot mobile doit pouvoir se déplacer pour effectuer ses tâches. Par conséquent, il a besoin d'actionneurs, qui dans ce cas sont des moteurs (DC). Ensuite, le robot doit s'adapter à son environnement, il a donc besoin de capteurs qui lui permettent d'obtenir des informations sur le monde qui l'entoure, ainsi que sur son état interne.

Enfin, pour exploiter les données des capteurs et décider des actions à effectuer, le robot a besoin d'un ordinateur qui lui permettra de réaliser sa tâche.

Le système de locomotion du robot repose sur l'utilisation quatre roues motrices actionnées de manière indépendante. En contrôlant la vitesse et le sens de rotation des deux moteurs liés aux deux roues.

Une ordinateuse mono-carte miniature de type Raspberry Pi 4 visible, Ce contrôleur permet d'obtenir une grande flexibilité tant au niveau logiciel que matériel.

Concernant le matériel, le Raspberry Pi 4 permet l'utilisation de différents moyens de communication filaires (SPI, I2C, UART, USB, ...) et sans fil (Wi-Fi, Bluetooth).

Ainsi, en configurant le Raspberry Pi 4 comme un point d'accès Wi-Fi, il est possible de se connecter via SSH et de contrôler l'ordinateur à distance. Ce mode de connexion facilite le contrôle du robot et permet d'obtenir des informations sur son état plus facilement.

II.2. Hardware pour Adept_RaspTank

II.2.1. Raspberry Pi

Raspberry Pi (Raspberry Pi, RasPi/RPi) est développé par l'organisation caritative britannique "Raspberry Pi Fondation".

Basé sur la carte mère de micro-ordinateur ARM, seulement la taille d'une carte de crédit mais a les fonctions de base d'un ordinateur personnel. L'objectif initial du développement du Raspberry Pi par la Fondation était d'améliorer le niveau d'enseignement de l'informatique de l'école et des disciplines connexes, et de cultiver l'intérêt et la capacité des jeunes en matière de programmation informatique. De nos jours, la plupart des gens utilisent le Raspberry Pi pour le développement embarqué, qui est principalement utilisé dans l'Internet des objets, la maison intelligente et l'intelligence artificielle.

Nous utiliserons la carte mère Raspberry Pi 4. Jetons un coup d'œil à la structure de la carte mère Raspberry Pi 4 comme indiqué ci-dessous :

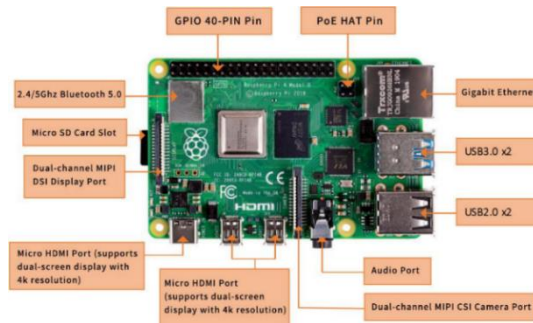


Figure II.01 : Raspberry Pi 4 [7]

Quelle que soit la qualité du matériel du Raspberry Pi, sans système d'exploitation, il ne s'agit que d'un morceau de silicium, de fibre de verre et de quelques autres matériaux. Il existe plusieurs systèmes d'exploitation différents pour le Raspberry Pi, notamment RISC OS, Pidora, Arch Linux et Raspbian.

Actuellement, Raspbian est le système d'exploitation basé sur Linux le plus populaire pour le Raspberry Pi. Raspbian est un système d'exploitation open source basé sur Debian, qui a été modifié spécifiquement pour le Raspberry Pi (d'où le nom Raspbian). Raspbian inclut des personnalisations conçues pour faciliter l'utilisation du Raspberry Pi et comprend de nombreux packages logiciels différents prêts à l'emploi.

Peu importe la qualité du matériel Raspberry Pi, sans système d'exploitation, ce n'est qu'un morceau de silicium, de fibre de verre et d'autres matériaux. Il existe de nombreux systèmes d'exploitation différents pour le Raspberry Pi, notamment RISC OS, Pidora, Arch Linux et Raspbian.

Actuellement, Raspbian est le système d'exploitation officiel de la Fondation Raspberry Pi. Il est personnalisé sur la base de Debian GNU/Linux et peut fonctionner sur toutes les versions de la carte mère Raspberry Pi et a été modifié spécifiquement pour le Raspberry Pi (d'où le nom Raspbian). Raspbian inclut des personnalisations conçues pour faciliter l'utilisation du Raspberry Pi et comprend plusieurs packagets logiciels différents prêts à l'emploi. C'est le système d'exploitation recommandé aux débutants pour démarrer avec le Raspberry Pi.

Par expérience, Raspbian et Raspberry Pi combinent le meilleur fonctionnement stable, fonctionnalités puissantes, facilité d'utilisation, et peuvent répondre aux besoins de diverses applications, etc. Raspbian est donc fortement recommandé comme système d'exploitation préféré pour le Raspberry Pi.

II.2.1.1. Les principaux composants/ports de la carte Raspberry Pi[8]

➤ GPIO 40-PIN GPIO

La sortie d'entrée à usage général (GPIO) est conçue comme un emplacement avec deux rangées de broches sur la carte.

Il peut être utilisé pour connecter divers dispositifs électroniques périphériques et capteurs pour les contrôler ou les surveiller via des signaux de niveau d'entrée/sortie. Par exemple, vous pouvez utiliser GPIO pour contrôler la vitesse d'un moteur à courant continu ou lire la

distance mesurée d'un capteur à ultrasons. Ces fonctions de GPIO diffèrent le Raspberry Pi des cartes mères d'ordinateurs courantes car elles donnent aux développeurs la liberté d'opérer manuel



Figure II.02: GPIO 40-PIN GPIO

➤ Gigabit Ethernet port

L'interface Ethernet permet au Raspberry Pi de se connecter au réseau informatique de manière filaire, ce qui permet d'accéder facilement à Internet ou de se connecter au Raspberry Pi à distance.

L'interface Ethernet du Raspberry Pi est implémentée en utilisant un bus USB à travers lequel les données sont transférées. La plupart des modèles de Raspberry Pi incluent une interface Ethernet.

➤ Micro HDMI port

L'interface multimédia haute définition (HDMI) est une interface de transmission vidéo et audio entièrement numérique utilisée pour transmettre des signaux audio et vidéo non compressés. En le connectant à un écran (ou TV) équipé d'une interface HDMI, vous pouvez afficher les données multimédias du Raspberry Pi. L'interface HDMI peut transmettre des signaux vidéo et audio en même temps, ce qui signifie que vous n'avez pas besoin de connecter des haut-parleurs à l'interface audio du Raspberry Pi - à moins que vous ne vouliez vraiment lire de l'audio via l'interface audio, vous devrez peut-être modifier la configuration du système d'exploitation en conséquence.

➤ USB2.0/3.0 port

L'interface USB (Universal Serial Bus) est l'interface la plus courante sur un ordinateur. Vous pouvez l'utiliser pour connecter des périphériques tels que des claviers, des souris, des clés USB et des cartes réseau sans fil.

Lorsque le nombre de ports USB n'est pas suffisant, nous pouvons également étendre par un hub USB.

➤ **Audio port**

Interface audio (prise casque 3,5 mm). Lorsque la connexion HDMI n'est pas utilisée, vous pouvez connecter des haut-parleurs ou des écouteurs via la prise casque standard de 3,5 mm pour lire l'audio. Dans le même temps, l'interface intègre également une interface vidéo composite avec une fonction de sortie audiovisuelle composite, qui est généralement utilisée pour connecter d'anciens modèles de téléviseurs, ce qui est rarement utilisé maintenant.

➤ **MIPI CSI camera port**

L'interface CSI peut être utilisée pour connecter la caméra CSI au Raspberry Pi via un câble ruban pour faciliter l'enregistrement vidéo et la capture d'images. Comparé à la caméra USB, ce module de caméra a de meilleures performances.

➤ **USB-C 5V/3A power supply port**

L'interface d'alimentation Micro USB est l'une des méthodes d'alimentation les plus utilisées du Raspberry Pi. La tension nominale est de 5V. Les exigences de courant standard des différents modèles de Raspberry Pi sont légèrement différentes. Par exemple : le type 1B n'a besoin que de 700 mA, tandis que le type 3B+ nécessite 2,5 A. Les chargeurs de nombreux téléphones mobiles Android peuvent fournir une alimentation sans faille au Raspberry Pi. Le courant requis pour Raspberry Pi dépend également du périphérique externe connecté. Il est recommandé de faire le calcul avant de se connecter. Choisissez une alimentation avec un courant (puissance) approprié pour le Raspberry Pi. Lorsque l'appareil externe demande une grande puissance, une alimentation supplémentaire doit être adoptée.

➤ **Micro SD card slot**

L'emplacement pour carte SD est situé à l'arrière de la carte mère Raspberry Pi. La carte SD/MicroSD est un stockage essentiel du Raspberry Pi et est généralement utilisée pour l'installation du système d'exploitation et le stockage des données. Utilisez une carte SD supérieure à 2 Go. Pour une meilleure expérience, il est recommandé d'équiper votre Raspberry Pi d'une carte SD de grande capacité (supérieure à 16G) et à haut débit (classe 10 ou supérieure).

➤ **Bluetooth port**

La fonction Bluetooth permet au Raspberry Pi de se connecter à des appareils compatibles Bluetooth (tels qu'une souris, un clavier et une console de jeu).

➤ **POE HAT port**

Active Ethernet (Power Over Ethernet, POE) fait référence à une technologie qui utilise Ethernet pour la transmission de puissance. Outre l'alimentation de base Micro USB et GPIO, le type Raspberry Pi 3B+ ajoute une nouvelle méthode d'alimentation via Ethernet.

L'utilisateur peut connecter un câble réseau pour alimenter le Raspberry Pi sans avoir besoin de configurer une alimentation supplémentaire, ce qui est pratique pour certains scénarios d'application.

➤ MIPI DSI display port

Vous pouvez connecter l'écran LCD au Raspberry Pi, qui est généralement utilisé pour le développement de produits embarqués. Dans des circonstances normales, l'interface HDMI peut déjà répondre à la demande.

II.2.1.2. Histoire du Raspberry Pi

Tout nouveau produit passe par de nombreuses itérations avant la production de masse. Dans le cas du Raspberry Pi, tout a commencé en 2006 lorsque plusieurs versions conceptuelles du Raspberry Pi basées sur le microcontrôleur Atmel 8 bits ATmega644 ont été développées.

Un autre concept basé sur une clé USB avec un processeur ARM (similaire à ce qui est utilisé dans le Raspberry Pi actuel) a été créé par la suite. Il a fallu six ans de développement matériel pour créer le Raspberry Pi que nous connaissons et aimons aujourd'hui.

Ce n'est qu'en août 2011 que 50 cartes de la version Alpha du Raspberry Pi ont été construites. Ces cartes étaient légèrement plus grandes que la version actuelle pour permettre à la Fondation Raspberry Pi de déboguer l'appareil et de confirmer que tout fonctionnerait comme prévu. Vingt-cinq versions bêta du Raspberry Pi ont été assemblées en décembre 2011 et vendues aux enchères pour collecter des fonds pour la Fondation Raspberry Pi.

Une seule petite erreur avec ceux-ci a été trouvée et corrigée pour le premier cycle de production.

Le premier cycle de production consistait en 10 000 cartes de Raspberry Pi fabriquées à l'étranger en Chine et à Taïwan. Malheureusement, il y a eu un problème avec la prise Ethernet du Raspberry Pi qui a été incorrectement remplacée par une pièce incompatible. Cela a entraîné quelques retards d'expédition mineurs, mais toutes les cartes Raspberry Pi ont été livrées

Dans les semaines suivant leur date d'échéance. En prime, la fondation a pu faire évoluer le modèle A du Raspberry Pi à 256 Mo de RAM au lieu des 128 Mo qui étaient prévus.

Cette mise à niveau de la taille de la mémoire a permis au Raspberry Pi d'effectuer des tâches encore plus étonnantes, telles que le traitement d'images en temps réel.

Le Raspberry Pi est désormais fabriqué au Royaume-Uni, entraînant la création de nombreux nouveaux emplois. La sortie du Raspberry Pi a été accueillie en grande pompe, et les deux détaillants originaux du Raspberry Pi - les composants Premier Farnell et RS - ont vendu le premier lot en quelques minutes. [9]

II.2.2. Motors HAT

Lorsque vous obtenez le produit robot, vous verrez une carte avec son nom imprimé dessus : Adept Motor HAT V2, qui est une partie importante du robot. Il existe de nombreuses interfaces sur le Motor HAT V2. Vous pouvez connecter des capteurs et des modules matériels électroniques à la carte par ces interfaces pour réaliser plus de fonctions.

Ce robot fonctionne sur le Raspberry Pi. Faisons d'abord connaissance avec le Motor HAT V2.

- **Power** : L'interface d'alimentation est une interface pour l'alimentation externe.
- **Switch** : le commutateur sert à allumer/éteindre le moteur HAT.
- **USB** : sortie d'alimentation 5 V. Remarque : L'interface ne peut pas charger la batterie ni alimenter le Raspberry Pi.
- **Tracking** : L'interface de broche du module de suivi.
- **GPIO 40-PIN** : La sortie d'entrée à usage général (GPIO) est conçue comme un emplacement avec deux rangées de broches sur le Motor HAT. GPIO peut être utilisé pour connecter divers appareils électroniques périphériques et capteurs et contrôler ou surveiller ces appareils avec des signaux de niveau d'entrée/sortie. Dans les produits robotiques, cette interface GPIO est connectée aux broches GPIO du Raspberry Pi.
- **RGB** : interface LED RVB.
- **Ultrasonic** : Interface ultrasonique.
- **WS2812** : L'interface de broche du module WS2812.
- **Servo port** : Interface Servo No 0-No15 un total de 16 interfaces Servo.
- **Moteur** : Interface de commande du moteur. Utilisé pour contrôler le démarrage/l'arrêt et la marche avant/arrière du moteur.

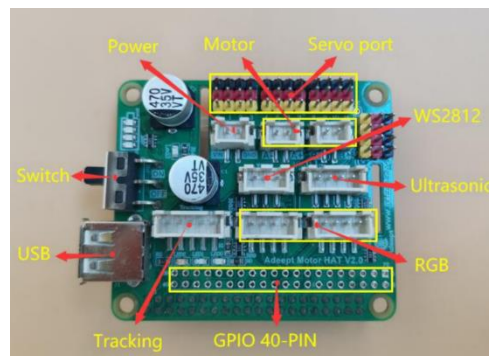


Figure II.03 : Motors HAT

Le moteur HAT ne peut pas charger la batterie 18650, veuillez utiliser un chargeur de batterie 18650 supplémentaire pour charger la batterie.[10]

II.2.3. La caméra Raspberry Pi

Il existe de nombreuses façons de transférer des vidéos capturées par une caméra Raspberry Pi. Adept_RaspTank Robot Camera est compatible avec Raspberry PI avec un capteur 8MP

La caméra se connecte directement au Raspberry, elle se charge principalement de capturer les images et les vidéos à traiter par le microprocesseur. [11]

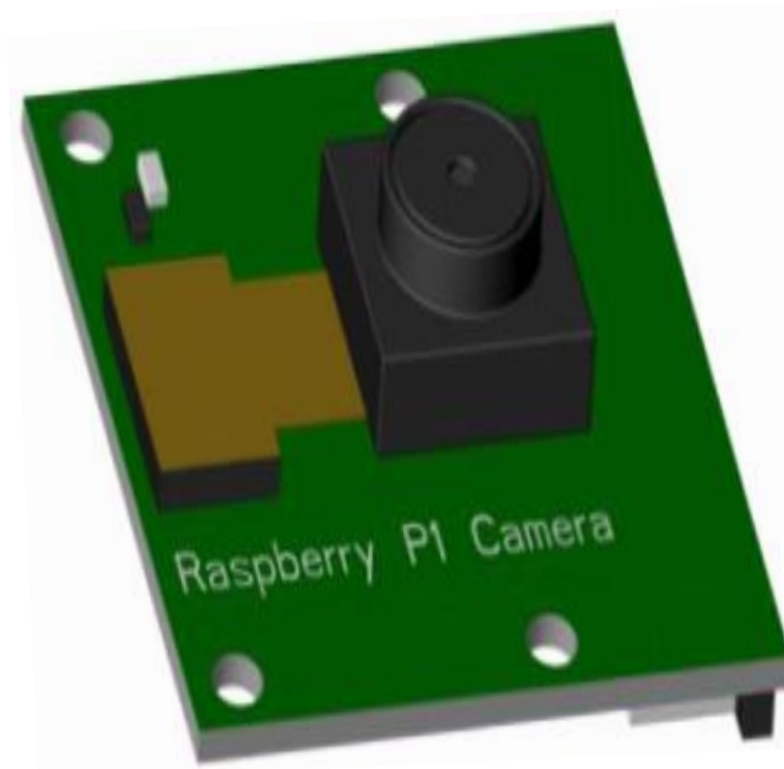


Figure II.04 :La caméra Raspberry

II.2.3.1.Les données techniques de la caméra:

Capteur	Sony IMX219 8Mpx
Résolution des photos	238 × 2464 (maximum)
Résolution vidéo	1080p30, 720p60 et 640x480p90
Interface	Port CSI dédié
Lentille à plaque	de mise au point fixe
Optique	1/4"
Dimensions	25 mm x 23,86 mm x 9 mm
Peso	3g

Tableau II.1 : Les caractéristiques de la caméra [11]

II.2.3.2.Collection d'ingrédients

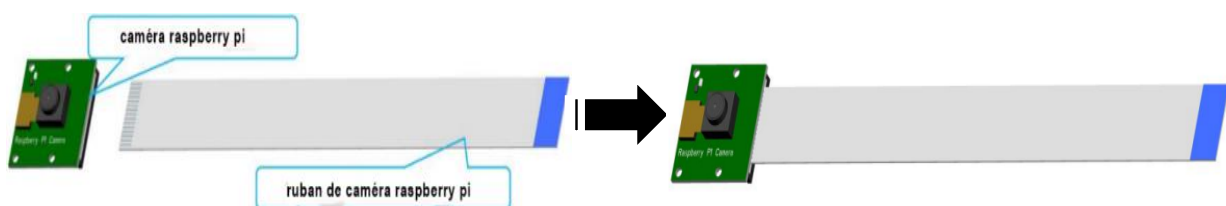


Figure II.05 : la caméra et la bande Raspberry Pi.

- Nous connectons la caméra et la bande Raspberry Pi
- Avant l'assemblage, le fabricant indique que le logiciel de contrôle doit d'abord être installé sur le Raspberry Pi, nous connectons la caméra à la carte Raspberry Pi comme indiqué sur l'image.

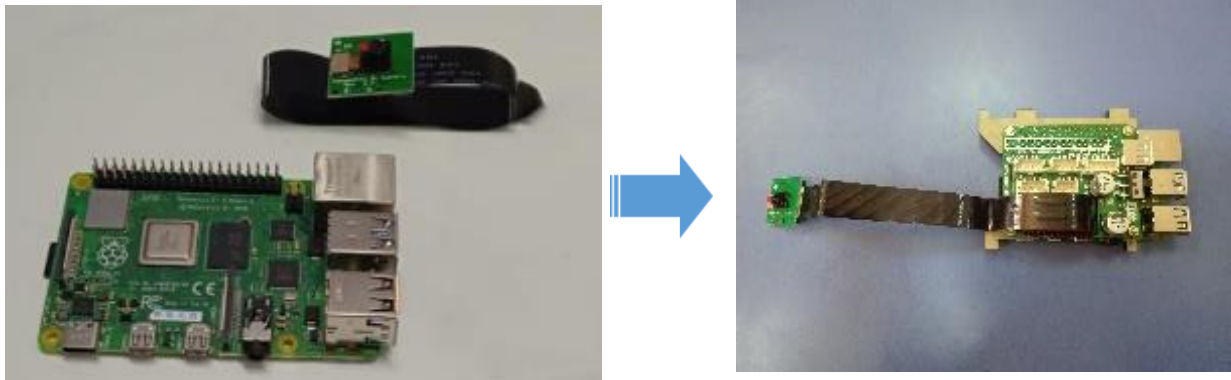


Figure II.06 : Connectez la caméra au Raspberry Pi.

II.2.4. Les servos

- Le Servo est un servomoteur de position (angle), qui convient aux systèmes de contrôle qui nécessitent des changements d'angle constants et maintenables. Il a été largement utilisé, comme les modèles réduits d'avions et de sous-marins, et les robots télécommandés. Dans ce travail, nous avons utilisé 5 servomoteurs.



Figure II.07 :Le Servo

- Sur la carte pilote Raspberry Pi Robot HAT, Le Raspberry Pi contrôlera le PCA9685 pour régler le signal de tous les ports Servo pour le faire pivoter vers la position centrale quelque temps après le démarrage - cela peut prendre 30 à 50 secondes pour démarrer.

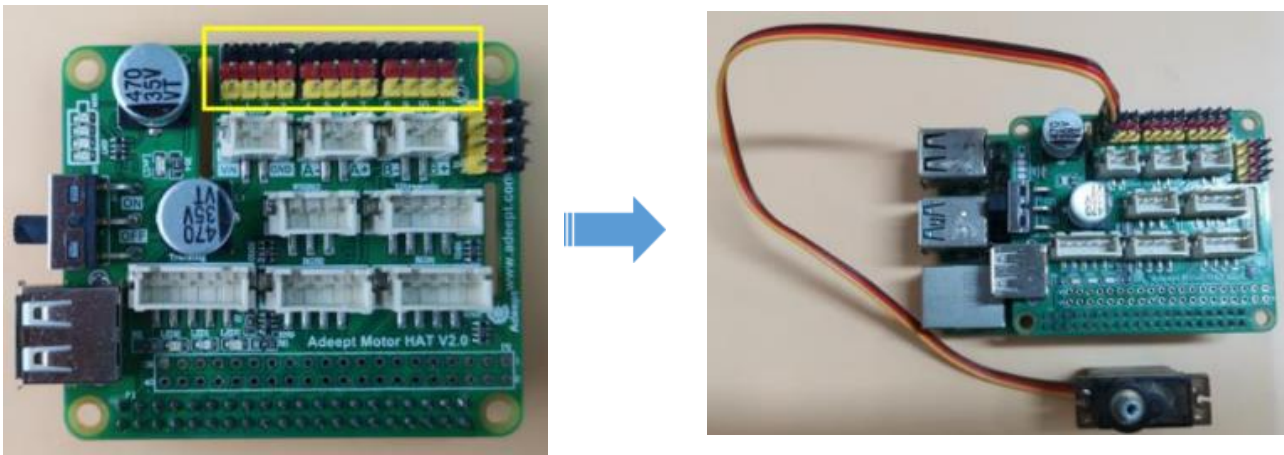


Figure II.08 : Carte pilote Raspberry Pi Robot HAT avec Servo

II.2.5. Moteur dc

- Les produits de robot RaspTankPro utilisent un moteur à courant continu. Le moteur à courant continu est un appareil qui convertit l'énergie électrique continue en énergie mécanique. Il est largement utilisé pour entraîner divers équipements, tels que des ventilateurs électriques, des voitures télécommandées, des vitres électriques, etc. Le moteur à courant continu est très approprié comme mécanisme de marche du robot.



Figure II.09 : Le moteur DC

- Lorsque le module de moteur à courant continu est utilisé, il doit être connecté à l'une des interfaces Motor A, Motor B sur la carte d'entraînement Robot HAT. Comme indiqué ci-dessous :

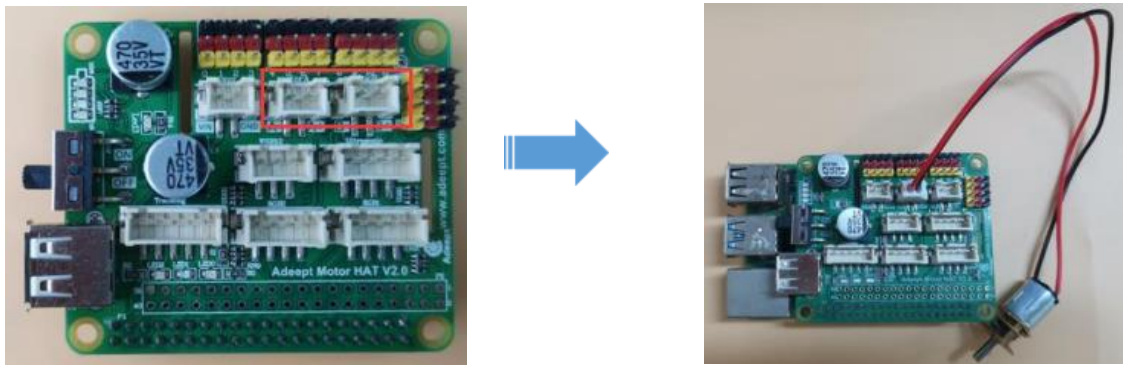


Figure II.10 : Motor DC sur la carte d'entraînement Robot HAT

II.2.6. LED RVB WS2812

- Le module RVB S2812 est une lampe tricolore RVB basse consommation avec puce de contrôle de courant intégrée. Son apparence est la même qu'une perle de lampe 5050LED, et chaque élément est un pixel. Le pixel contient un circuit de commande d'amplificateur de mise en forme de signal de verrouillage de données d'interface numérique intelligent, et contient également un oscillateur interne de haute précision et une partie de contrôle de courant constant programmable haute tension de 12 V, ce qui garantit efficacement que la couleur de la lumière du pixel est très cohérente.



Figure II.11: LED RVB WS2812

- Nous connectons la LED WS2812 à l'interface WS2812 sur le Robot HAT avec un câble à 3 broches, la ligne de signal équivaut à la connexion au Raspberry Pi GPIO 12. Comme indiqué sur l'image.

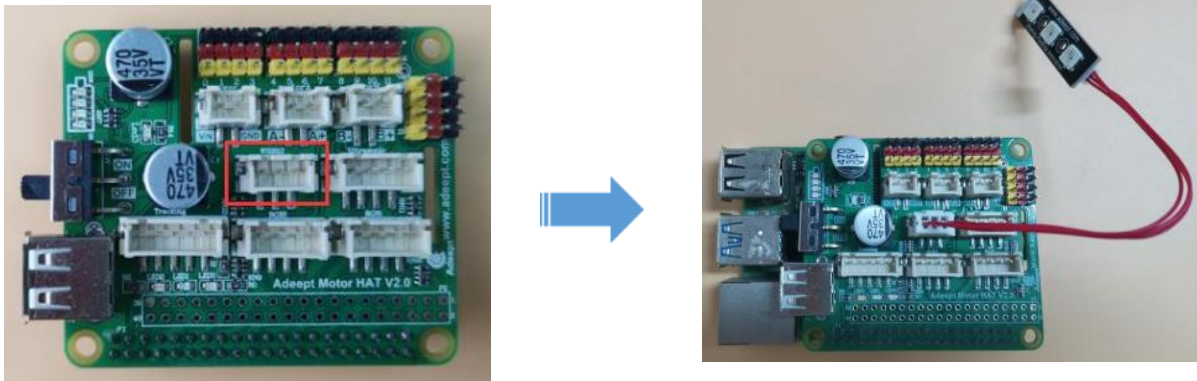


Figure II.12 :Connectez la LED WS2812 à l'interface WS2812 sur le RobotHAT

II.2.7. Module à ultrasons

- Le télémètre à ultrasons utilisé dans notre produit RaspTankPro a quatre broches, qui sont VCC, GND, Echo et Trig. HC-SR04 peut fournir une fonction de distance de détection sans contact de 2 cm à 400 cm, la précision de la portée peut atteindre 3 mm ; L'unité comprend un émetteur à ultrasons, un récepteur et un circuit de commande, qui fonctionne selon les étapes suivantes :
 - ✚ Le port IO TRIG est utilisé pour démarrer la mesure de distance et donner un signal de haut niveau d'au moins 10us.
 - ✚ Le module transmet automatiquement huit ondes carrées de 40 KHz et détecte automatiquement s'il y a un retour de signal.
 - ✚ Il y a un retour de signal et un niveau haut est émis à l'aide du port IO ECHO.
 - ✚ La durée de niveau haut est le temps écoulé entre l'émission et le retour de l'onde ultrasonore.

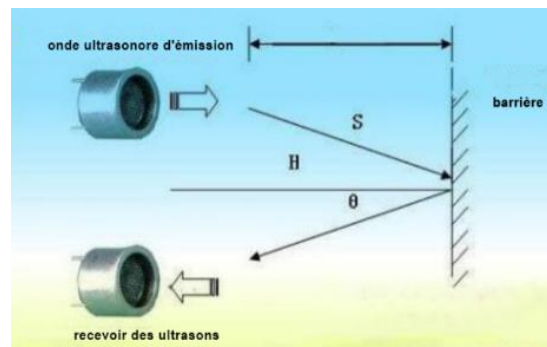


Figure II. 13:principe de la plage de détection du capteur à ultrasons

- Nous connectons le capteur à ultrasons sur le tableau de bord du Robot HAT pour éviter de le brancher sur le port IIC afin de ne pas endommager l'unité à ultrasons. Comme le montre l'image :



Figure II.14 :Connectez le capteur à ultrasons sur le tableau de bord Robot HAT

II.2.8.Capteur de ligne

- Il est chargé de guider le robot à travers les lignes tracées à la surface de la Terre, une méthode qui utilise un rayonnement infrarouge aux propriétés réfléchissantes sur différentes surfaces physiques de différentes couleurs. Lorsque le chariot est en marche, il émet constamment de la lumière infrarouge au sol. Ce qui fait que la lumière infrarouge traversant le sol réfléchit la lumière, et la lumière réfléchie est reçue par le tube récepteur sur la Robot.



Figure II.15 : La Tracking Module

- Étant donné que le Raspberry Pi ne peut lire que des signaux numériques, le module de traceur infrarouge à trois canaux est équipé d'un potentiomètre. Nous pouvons régler le potentiomètre dans le module de traceur infrarouge pour régler la sensibilité du Phototransistor du capteur infrarouge.



Figure II.16 :Module de traçage Raspberry Pi et Triple IR

II.2.9.LED RGB

- Petits panneaux de trois LED multicolores.



Figure II.17 : LED RGB

- Les fils sont connectés à l'entrée de la lumière de la voiture (l'extrémité marquée d'un motif de bande blanche).

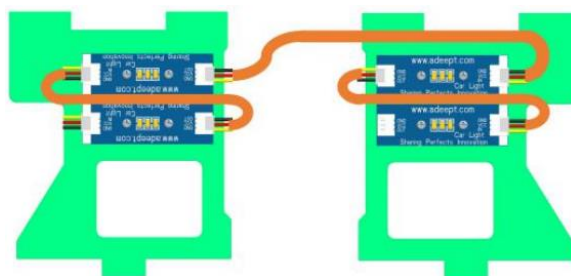


Figure II.18 : Les fils à l'entrée de l'éclairage de la voiture.

II.2.10.Les batteries

Tout le matériel du robot est alimenté par deux batteries Lithium-Ion 18650 de 3,7 V qui permettent de faire fonctionner le robot à distance sans câbles d'alimentation.

Pour activer l'alimentation par batterie, il est nécessaire d'activer l'interrupteur du Moteur HAT, qui se trouve à côté du port USB.

18650 Battery Holder Set x1



Figure II.19 : Les Batteries

II.2.11. carte Micro SD

Nous utilisons une carte micro SD de 64 Go pour prendre en charge le système d'exploitation et la mémoire système du robot, ainsi que certains fichiers de configuration détaillés dans la section suivante et l'ensemble du projet.

Le choix de cet élément est important, puisque les performances du Raspberry dépendent de la carte micro SD utilisée pour l'alimenter.

Nous n'avons pas besoin d'une carte performante en écriture/lecture de données.

II.2.12. Dispositifs mécaniques

La mécanique du robot est basée sur une structure en méthacrylate sombre et translucide qui constitue la majeure partie de sa structure, et comprend un bras robotique, fait du même matériau, avec une base stable.

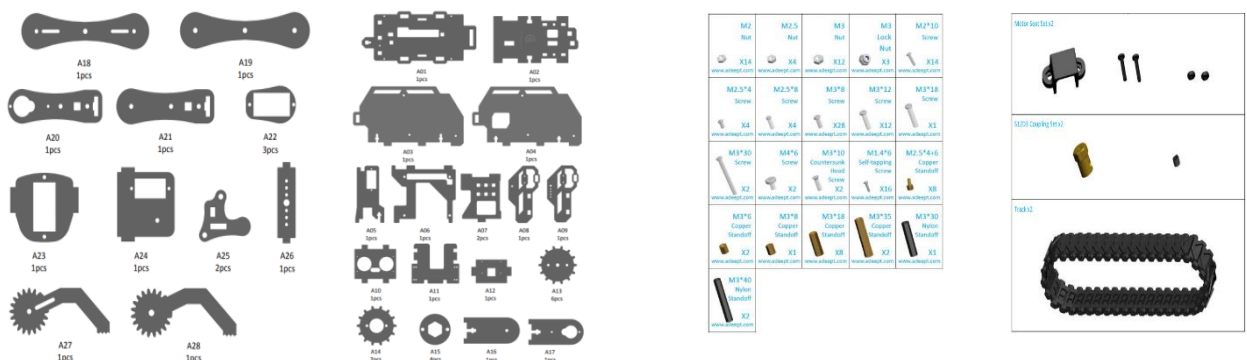


Figure II.20 : Dispositifs mécaniques

II.3. Software pour Adept_RaspTank

II.3.1. Paramétrage du système d'exploitation

En préformâtes la carte micro SD, le système d'exploitation Raspbian est installé dans le dossier racine de la carte micro SD.

Ce système d'exploitation est une distribution Linux appropriée pour le Raspberry Pi afin d'améliorer les performances et l'efficacité de ces appareils pour les applications à usage général.

II.3.2. Configurer le protocole SSH

SSH est un protocole conçu pour assurer la sécurité des sessions de connexion à distance et d'autres services réseau. Grâce au service SSH, vous pouvez utiliser à distance la ligne de commande du Raspberry Pi sur un autre appareil. Dans les opérations ultérieures et le processus d'utilisation du Raspberry Pi, vous pouvez contrôler le Raspberry Pi via une autre machine du même réseau local sans vous connecter la souris, le clavier et le moniteur au Raspberry P.

Après 2016, les distributions Raspbian désactivent le service SSH par défaut, nous devons donc l'activer manuellement.

II.3.3. Paramètres de connexion Wi-Fi

En plus de configurer le protocole SSH, il est nécessaire d'ajouter un autre fichier dans le dossier racine de la carte micro SD avec la configuration de la connexion Wi-Fi à laquelle le Raspberry va se connecter en utilisant ledit protocole.

II.3.4. Application de Putty

PuTTY est un programme qui vous permet d'accéder au système Raspberry en tant que client serveur via une connexion SSH.

Une fois le protocole SSH et la connexion Wi-Fi configurés, l'invite de commande Raspbian est accessible via PuTTY, un programme qui doit être installé sur la machine à partir de laquelle on veut accéder à Raspbian

II.3.5. Langage Python

C'est un langage avec un grand potentiel et une grande polyvalence car il a la possibilité d'être utilisé sur différentes plates-formes et dispose également d'un grand nombre de bibliothèques qui vous permettent de travailler avec lui. De cette façon, il ouvre un éventail de possibilités pour atteindre les objectifs fixés dans ce projet car il crée tout type de logiciel, des serveurs Web aux applications Windows.

Ce langage, en plus d'être utilisé par défaut dans le projet de base, est le mieux adapté à ce type d'application. Pour réaliser toute la programmation du projet, il a fallu installer Python et MobaXterm. [12]

II.3.6. MOBAXTERM

Il s'agit d'un client SSH similaire à PUTTY, mais avec l'avantage de pouvoir s'exécuter à partir d'un bureau Raspberry connecté à distance, car PUTTY ne peut fonctionner que via la console. Ce client est essentiel dans notre travail pour pouvoir générer des scripts au sein du système RASPBIAN lui-même, et ainsi pouvoir résoudre plus rapidement le code de travail. [13]

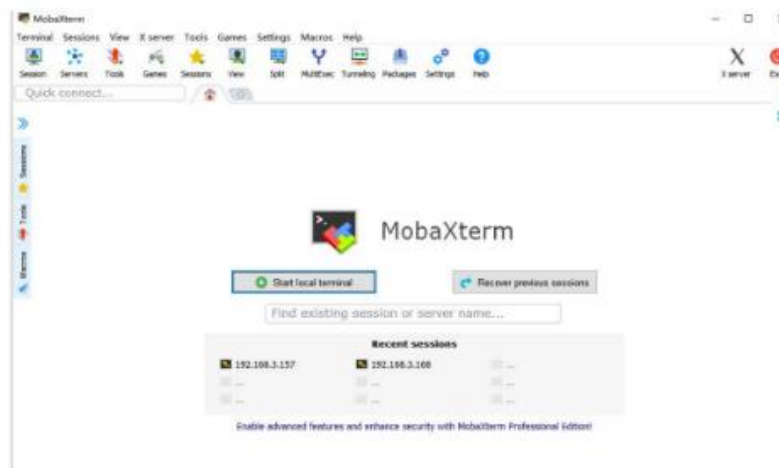


Figure II.21 : MOBAXTERM

II.3.7. Bibliothèque OPEN CV

La bibliothèque Open Source Computer Vision est une bibliothèque open source qui comprend plusieurs centaines d'algorithmes de vision par ordinateur en temps réel. Cette librairie est l'une des briques de base de la programmation robotique pour notre métier.

La bibliothèque est livrée avec un ensemble d'utilitaires installés. Il possède de nombreuses fonctionnalités qui font gagner beaucoup de temps au programmeur et fonctionnent comme la segmentation des couleurs, les filtres de morphologie, etc.

Le fonctionnement de la plupart des scripts dépend du traitement des images capturées par la caméra.

L'une des techniques de bibliothèque les plus courantes est l'utilisation de signes de crédit binaires au carré. Le principal avantage de ces viseurs est que le guide fournit suffisamment de données (ses quatre coins) pour obtenir la position de l'appareil photo pendant la mise au point. De plus, le codage binaire interne le rend particulièrement robuste, permettant d'appliquer des techniques de détection et de correction d'erreurs. Nous utiliserons la détection des couleurs dans notre travail.[14]



Figure II.22 :OPEN CV

II.4. Conclusion

L'installation du matériel et des logiciels pour l'Adept RaspTank est une tâche qui peut être effectuée avec succès en suivant les instructions fournies par le fabricant. Ce processus d'installation comprend à la fois l'assemblage physique du matériel du bot et la configuration logicielle nécessaire à son exécution.

L'installation matérielle implique généralement l'assemblage du châssis du robot et la connexion des moteurs, des capteurs et d'autres composants électroniques. Il est essentiel de prêter attention aux instructions d'assemblage pour garantir un résultat final robuste et fonctionnel. Une logique de programme d'assemblage de robots peut impliquer l'installation d'un système d'exploitation, tel que Raspbian sur un Raspberry Pi, qui est connecté au robot. Ensuite, il est nécessaire de configurer les pilotes, bibliothèques et dépendances nécessaires pour contrôler les moteurs, les capteurs et les autres composants du robot.

Une fois le matériel et les logiciels du Robot correctement installés, le RaspTank est prêt à l'emploi, il peut être programmé pour effectuer diverses fonctions telles que la détection d'obstacles, la reconnaissance faciale, la vision par coordination, etc. Les langages de programmation populaires à cette fin incluent Python.

Enfin, l'installation du matériel et des logiciels du Robot pour l'Adept RaspTank est une étape critique pour l'exécution du bot. Cela s'applique aux instructions de configuration pour assembler et configurer précisément le logiciel nécessaire à son exécution. Une fois l'installation terminée, RaspTank offre de nombreuses possibilités d'apprentissage et d'expérimentation de la robotique et de l'intelligence artificielle

CHAPITRE III : Assemblage, Programmation et mise en service

III.1. Introduction

L'installation du robot Adept RaspTank est une étape critique pour pouvoir utiliser et programmer ce bot crawlé. Conçu pour être utilisé avec le Raspberry Pi, ce kit vous permet d'exploiter la puissance de cette ordinateur mono carté et de profiter de ses nombreuses fonctionnalités.

Nous avons commencé par sortir soigneusement le kit et vérifier que tous les composants étaient là. Et assurez-vous que tous les éléments nécessaires au montage sont présents.

Nous avons suivi attentivement les instructions fournies avec le kit pour assembler les pièces mécaniques. Cela comprend généralement l'assemblage du châssis, des moteurs, des roues et des chenilles. Assurez-vous que toutes les vis sont bien serrées et que les pièces sont solidement fixées.

Une fois le châssis assemblé, nous devons installer l'électronique. Cela inclut généralement le Raspberry Pi, les cartes d'extension, les moteurs, les capteurs et d'autres périphériques. Suivez les instructions spécifiques fournies avec le kit pour connecter correctement tous les composants. Nous nous sommes assurés que tous les câbles nécessaires sont connectés, tels que l'alimentation, les câbles de communication entre les différents composants et les câbles pour les capteurs ou actionneurs supplémentaires. En prenant soin de respecter la polarité et d'éviter tout court-circuit, avant de pouvoir utiliser le robot Adept RaspTank, nous avons installé un système d'exploitation sur le Raspberry Pi. La plupart des groupes recommandent d'utiliser Raspbian, qui est le système d'exploitation officiel du Raspberry Pi.

Une fois le système d'exploitation installé, nous devons configurer quelques options, telles que la connexion Wi-Fi, la langue et le fuseau horaire. Une fois votre Raspberry Pi configuré, vous pouvez commencer à programmer et contrôler votre robot Adept RaspTank. Vous pouvez utiliser différents langages de programmation, tels que Python, pour écrire des scripts et des commandes permettant de contrôler les mouvements et les fonctions du robot.

Il est important de suivre attentivement les instructions fournies avec le kit et de se référer à la documentation du fabricant pour des informations détaillées sur l'assemblage, l'installation et la programmation du robot.

III.2. Assemblage du robot Adept RaspTank

- Nous connectons d'abord la carte Raspberry PI et le moteur HAT, puisque nous utilisons Raspberry PI 4.

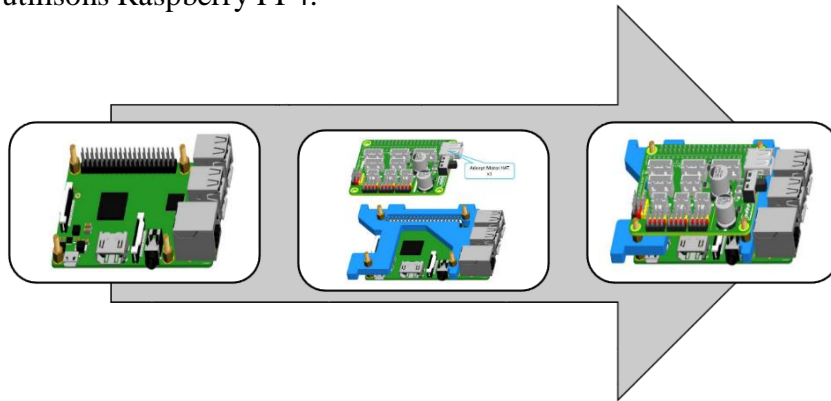


Figure III.01 : Assemblage de la carte Raspberry PI avec le HAT

- Après avoir connecté le Raspberry Pi et le chapeau du compteur, nous sommes passés à la construction de la structure du bras, comme indiqué dans la figure suivante.

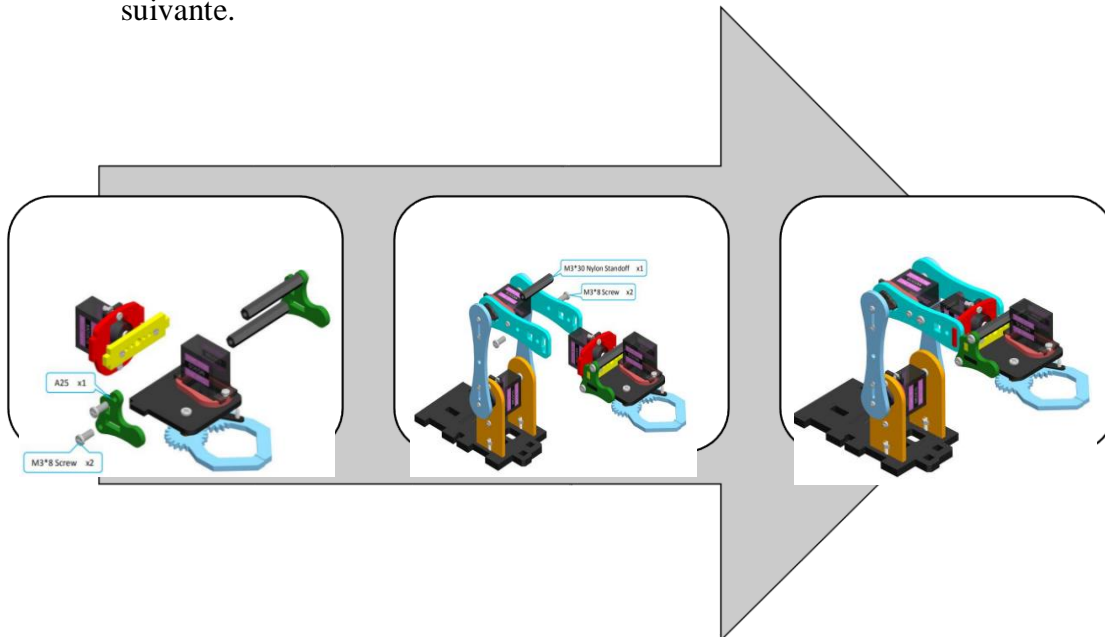


Figure III.02 : Assemblage du bras manipulateur.

- À ce stade, nous avons rassemblé les LED RGB, TRACKER UNIT, ULTRASOUND, part 1 (la carte Raspberry PI et le moteur HAT) et CAMERA RASPBERRY PI.[4]

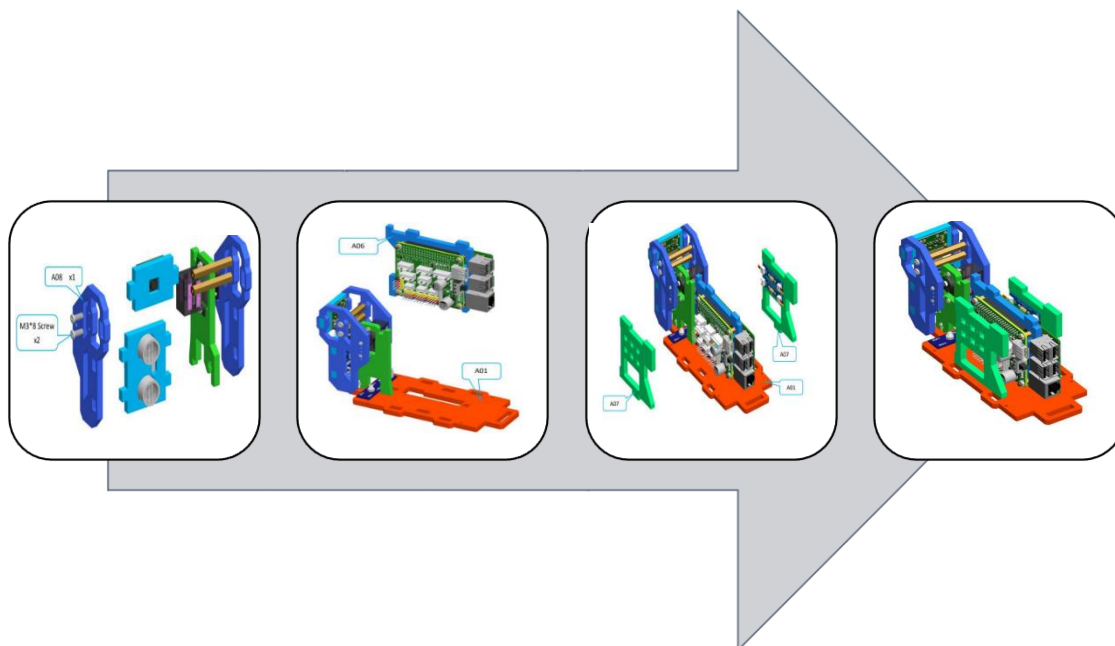


Figure III.03 : Mise en place du socle.

- Connexion d'appareils électroniques avec la carte Raspberry Pi.

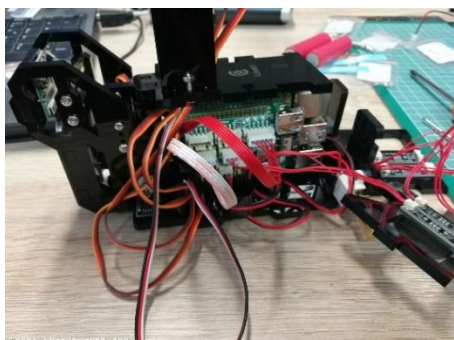


Figure III.04 : Connexion d'appareils électroniques.

- Installez les côtés de la base du robot en tenant compte et assurez-vous que les fils de la batterie et du moteur sont connectés.

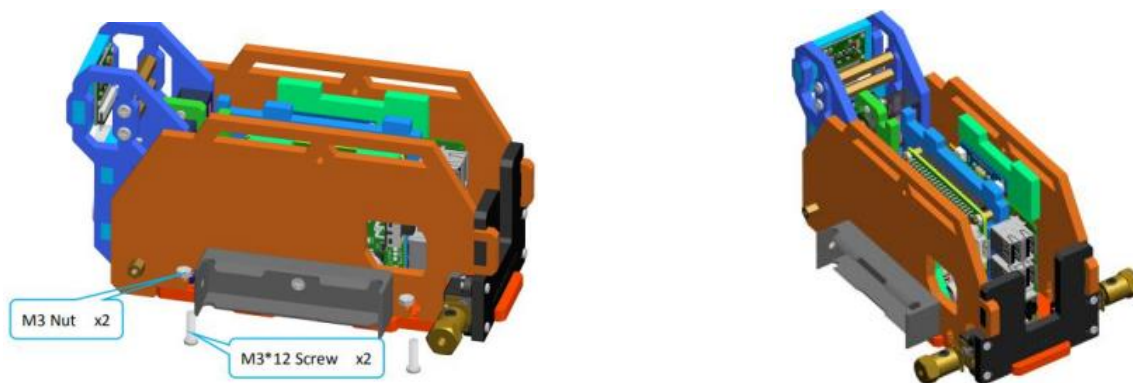


Figure III.05 : Assemblage des côtés de la base du robot.

- Connectez le bras et la base ensemble.



Figure. III.06 : Assemblage du bras à de la base du robot

- Et la dernière chose que nous mettons les roues du robot en place et le vérifions.

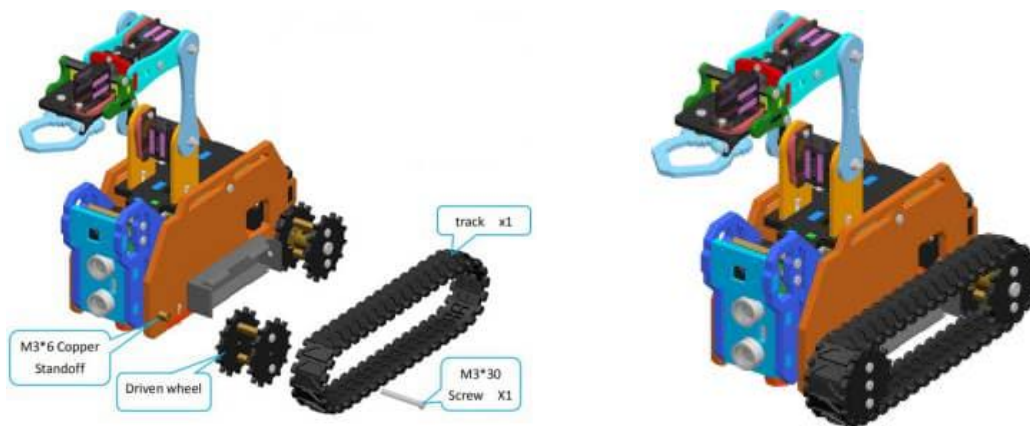


Figure. III.07 : Pose des roues.

- C'est le look réaliste et final après que toutes les étapes ont été suivies selon les instructions du fabricant.

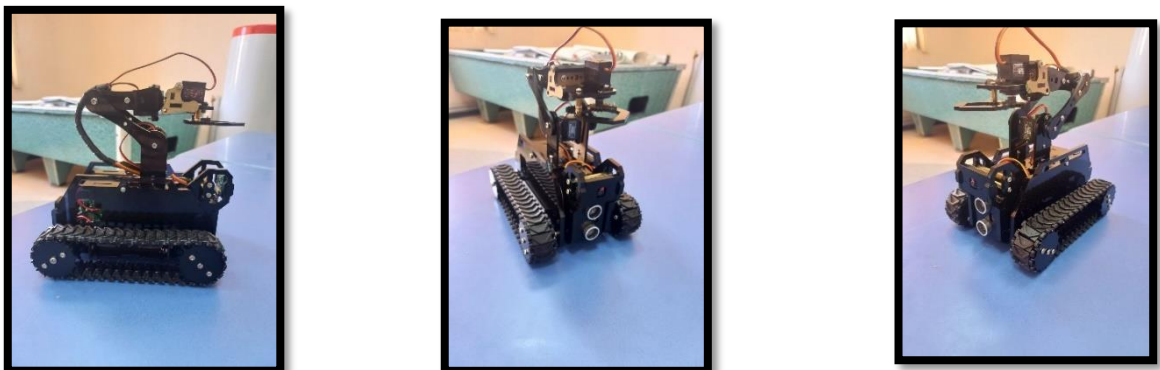


Figure. III.08 : Photos réels du notre Adept RaspTank robot

III.3. Programmation et mise en service du robot Adept RaspTank

➤ l'installation du système d'exploitation Raspbian sur la carte Micro SD

Lors de l'utilisation d'un Raspberry Pi, la carte Micro SD joue un rôle essentiel car elle est utilisée pour stocker le système d'exploitation. La carte Micro SD est utilisée pour héberger le système d'exploitation et les fichiers associés nécessaires au fonctionnement du Raspberry Pi. Il est important de choisir une carte de capacité suffisante, avec une vitesse de lecture/écriture élevée si possible, et de sauvegarder régulièrement les données pour éviter de les perdre.

La figure suivante présente l'application "Raspberry Pi Imager" qui permet l'installation du système d'exploitation Raspbian sur la carte Micro SD à partir de l'image de système Raspbian précédemment télécharger.



Figure. III.09 : L'application "Raspberry Pi Imager"

➤ Paramètres de WI-FI

Le Raspberry Pi est disponible avec une variété de modèles, dont certains intègrent nativement le Wi-Fi, tandis que d'autres nécessitent un module Wi-Fi séparé pour se connecter aux réseaux sans fil.

Pour configurer le Wi-Fi sur un Raspberry Pi, nous devons connaître le SSID (nom du réseau) et le mot de passe du réseau Wi-Fi auquel nous voulons nous connecter. Nous pouvons configurer la connexion Wi-Fi à l'aide de l'interface graphique du système d'exploitation Raspberry Pi, à l'aide de l'utilitaire de ligne de commande RasPi-config ou en modifiant directement les fichiers de configuration réseau (tels que `wpa_supplicant.conf`). Les étapes exactes dépendent de la version du système d'exploitation que vous utilisez et de l'interface de configuration choisie.

Dans notre cas on a configurer la connexion Wi-Fi à l'aide de l'interface graphique du système d'exploitation Raspbian directement.

➤ Démarrage de service SSH Raspberry Pi

SSH est un protocole conçu pour assurer la sécurité des sessions de connexion à distance et d'autres services réseau. Grâce au service SSH, vous pouvez utiliser à distance la ligne de commande du Raspberry Pi sur un autre appareil.

La figure III.10 présente l'ouverture d'une session SSH sur l'application MobaXterm.

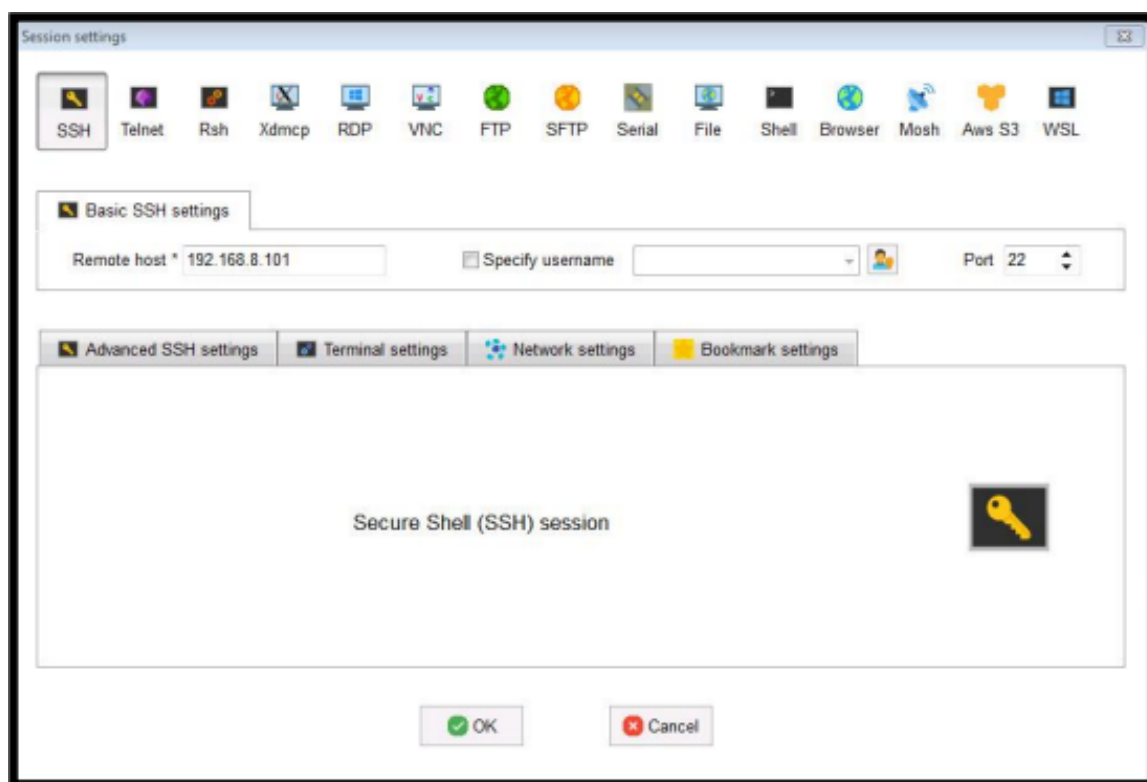


Figure. III.10 : Paramétrage d'une session SSH sur l'application MobaXterm

Il faut noter que le paramètre le plus important dans cette configuration est l'adresse IP de la carte Raspberry dans le réseau local. Cette adresse IP peut être obtenue directement à partir de l'application "Fing" installée sur un téléphone mobile. Cette application permet l'obtention de toutes les adresses IP sur un réseau local donné. La figure suivante présente l'application "Fing" pour l'obtention de l'adresse IP de la carte Raspberry :

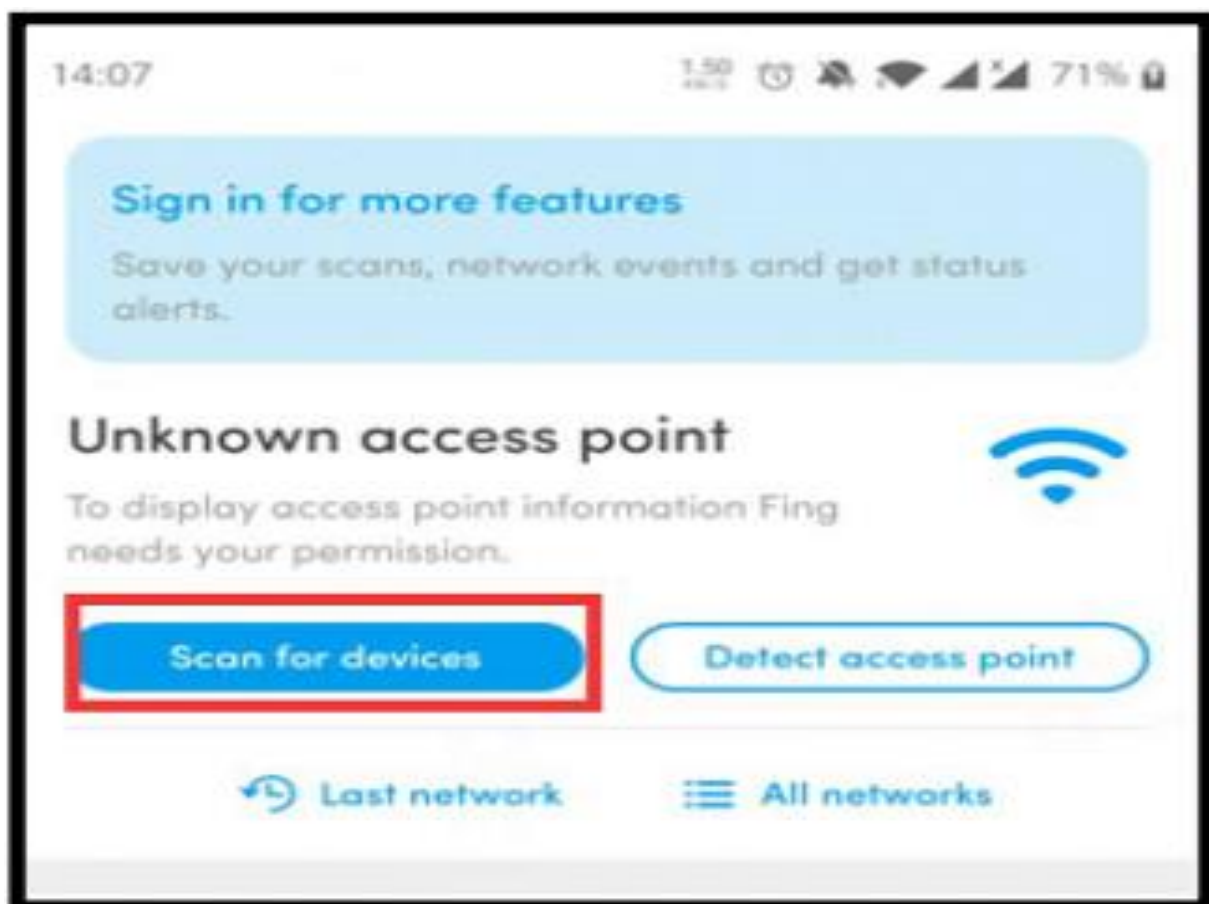


Figure. III.11 : Obtention de l'adresse IP par "Fing"

➤ Connexion à distance à Raspbian OS

MobaXterm est un logiciel qui fournit une plateforme complète pour l'administration système, le développement et l'accès distant à des machines. Il est spécialement conçu pour les utilisateurs de Windows et offre une variété d'outils et de fonctionnalités pour faciliter les tâches courantes dans un environnement informatique.

MobaXterm inclut un émulateur de terminal SSH intégré qui permet de se connecter à distance à des serveurs Linux/Unix, d'exécuter des commandes à distance et de transférer des fichiers en toute sécurité.

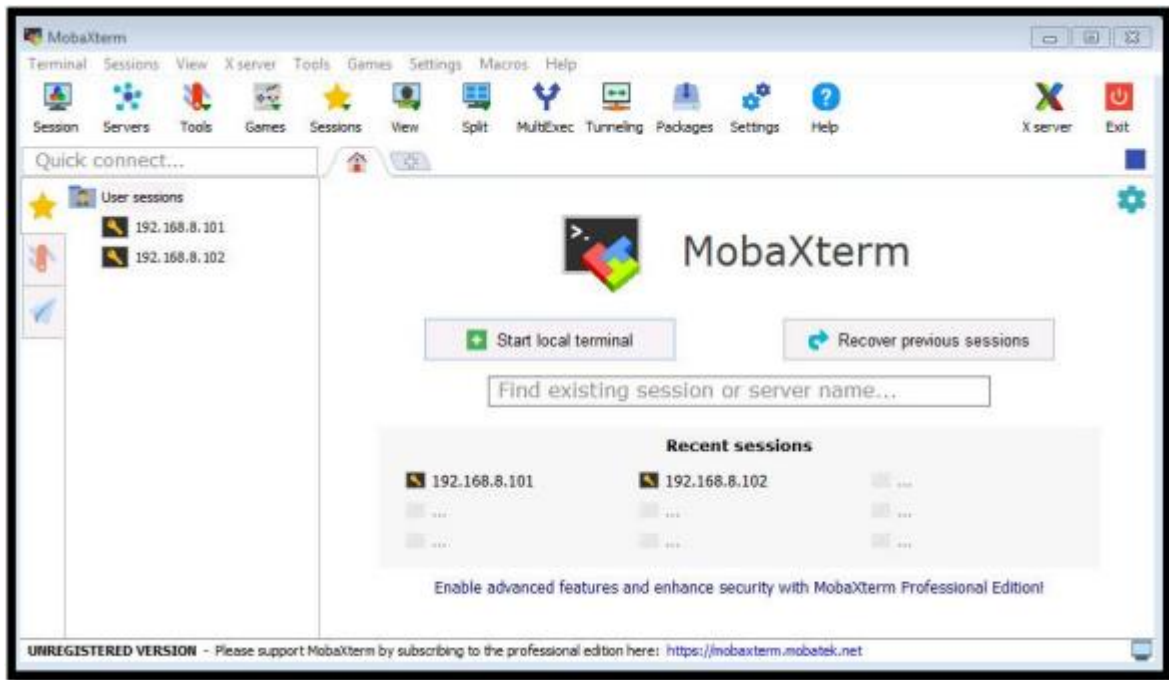


Figure. III.12 : Page de démarrage du logiciel MobaXterm

La figure suivante présente la connexion à distance du Raspbian OS du notre robot RaspTank à partir de l'invite de commande de MobaXterm.

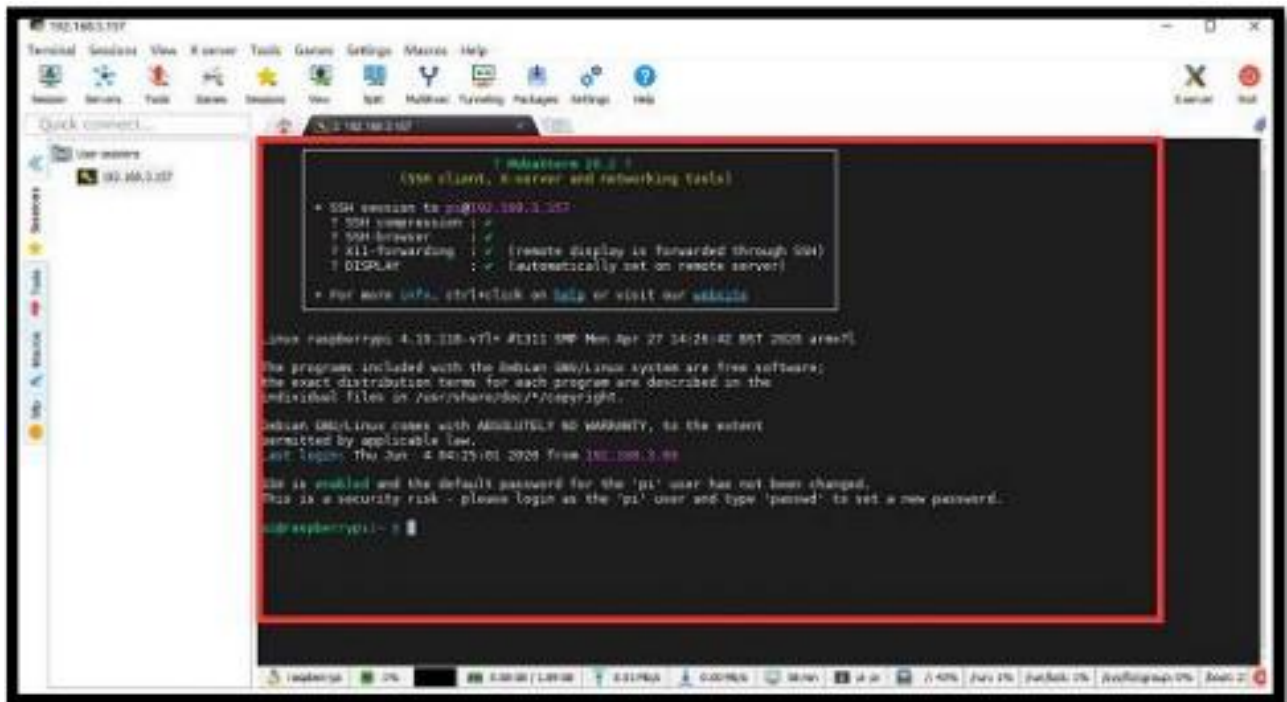


Figure. III.13 : connexion à distance au notre robot RaspTank

➤ Téléchargement du programme de code pour contrôler le robot

Les codes des programmes développés en langage Python pour contrôler le robot sont transférés et exécutés à distance via une connexion wifi à partir de l'application MobaXterm. Les figures suivantes présentent l'interface graphique du contrôle du RaspTank obtenue par l'exécution à distance du programme "webServer.py".



Figure. III.14 : L'interface graphique pour contrôler RaspTank

➤ Acquisition et traitement à distance des images avec OPEN CV :

Open CV est écrit en C++ mais contient également des liens vers de nombreux autres langages de programmation tels que Python, Java et MATLAB. Cela permet aux développeurs d'utiliser Open CV dans leur langage préféré comme nous l'avons utilisé en Python.

Une console Web basée sur la fonctionnalité Open CV, une console Web est une interface Web permettant de contrôler notre robot pour effectuer diverses actions et peut être appliquée à tout appareil capable d'exécuter un navigateur, compris un PC, un téléphone mobile, une tablette, etc. L'affichage vidéo est implémenté. La fenêtre vidéo dans le coin supérieur gauche affiche les images de la caméra du Raspberry Pi.

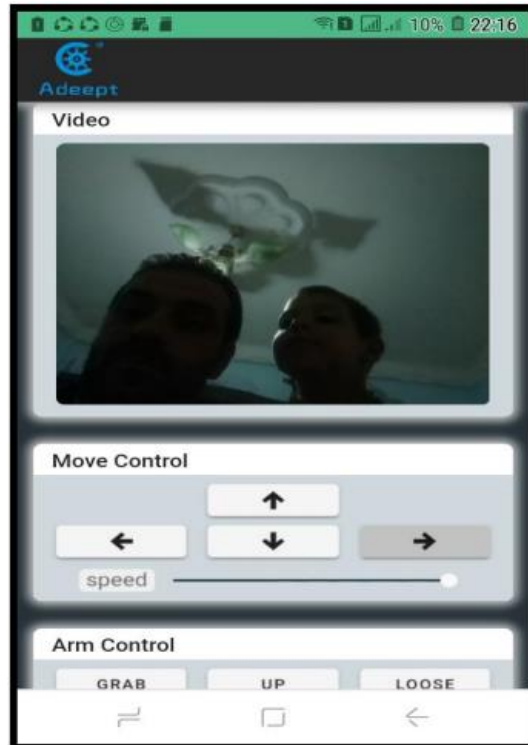


Figure. III.15 : Acquisition et traitement des images avec OPEN CV

III.4.Conclusion

Le travail théorique du robot Adept RaspTank consiste à comprendre et à manipuler différents aspects, à la fois matériels et logiciels.

Nous devons nous familiariser avec les composants du robot, tels que les moteurs, les capteurs, la caméra et les modules sans fil (module Wi-Fi), et comment les connecter et les configurer correctement. Il est également important de comprendre les principes de base de l'électronique et des alimentations pour s'assurer que le robot fonctionne correctement.

Nous avons utilisé le langage de programmation Python, qui est souvent utilisé pour le développement sur le Raspberry Pi. Pour le traitement de l'imagerie et de la vision par ordinateur, nous avons utilisé les bibliothèques logicielles Open CV, ainsi que des bibliothèques pour contrôler les moteurs, les capteurs et d'autres composants de robots.

Vous devrez comprendre les principes de base de la robotique, tels que la planification de mouvement, la détection d'obstacles, la navigation, etc.

En bref, la tâche théorique d'un robot Adept RaspTank est d'acquérir une compréhension approfondie des composants matériels et des principes logiciels nécessaires pour contrôler et programmer efficacement le robot. Cela comprend l'apprentissage des langages de programmation, des bibliothèques de logiciels et des concepts de robotique et l'application de ces connaissances pour développer des fonctionnalités et des applications spécifiques au bot Adept RaspTank.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le robot Adept RaspTank est une opportunité d'apprendre et d'explorer dans le domaine de la robotique et de l'informatique embarquée. Il permet de combiner l'utilisation de Raspberry Pi avec des composants matériels tels que des moteurs, des capteurs, une caméra, etc., pour créer un robot polyvalent et interactif.

Le travail sur cette note comprend à la fois les aspects matériels et logiciels. En termes de matériel, vous devez vous familiariser avec les composants du bot, l'installer et le configurer. Il est également important de comprendre les principes de base de l'électronique et des alimentations pour s'assurer que le robot fonctionne correctement.

Côté logiciel, nous avons utilisé le langage Python pour contrôler et interagir avec le robot, tout en utilisant des bibliothèques logicielles OpenCV pour traiter des images et apprendre des concepts de robotique tels que la planification de mouvements, la détection d'obstacles, la navigation, etc.

Dans ce mémoire, nous avons donné l'occasion d'explorer diverses applications de la robotique, telles que les robots mobiles, la vision par ordinateur, le contrôle moteur, etc. Cela aide également à développer des compétences en résolution de problèmes, en collaboration et en créativité.

En bref, le robot Adept RaspTank est une aventure passionnante dans le monde de la robotique et de l'informatique embarquée. Il offre un moyen pratique d'apprendre et de mettre en pratique les connaissances en électronique, en programmation et en robotique, tout en explorant et en développant de nouvelles fonctionnalités et applications à l'aide du Raspberry Pi et des composants matériels de la robotique.

BIBLIOGRAPHIES ET RÉFÉRENCES

- [1] : B.Bernard,'Robotique mobile', télécom physique Strasbourg université de Strasbourg.
- [2] :Z.Akram et B.Abdelmalek,' LA COMMANDE D'UN ROBOT MANIPULATEUR À BASE D'UNE CAMÉRA ARDUINO', Mémoire master académique, UMB-M'sila, M'sila, 2021/2022.
- [3] :A.HAMOUDI et K.BERKANI, 'Conception et réalisation d'un robot mobile autonome', Mémoire master académique, UMM TO, Tizi Ouzou, 13/07/ 2016.
- [4] :.GHILAS et A.IDIR,'Commande à distance d'un robot mobile à base d'une Raspberry', Mémoire master académique, UMM TO, Tizi Ouzou, 27/09/2018.
- [5] : W. Richard, L. Daniel et M. Robert, « Systems Engineering the Curiosity Rover : A Retrospective, » chez System of Engineering (SoSE), 2013 8th international Conference ; 2-6 juin 2013.
- [6] : R. Marcel, Qualification d'un télémètre à balayage laser pour la robotique, Grenoble Mémoire d'ingénieur, Conservatoire National des Arts et Métiers : 2000.
- [7] : <https://www.raspberrypi.org/>
- [8]: <https://www.aadept.com>
- [9]: H. William, 'Learning Raspbian', UN Liver, Packt Publishing Ltd, Birmingham B3 2PB. UK, 02/2015.
- [10] : https://github.com/aadept/aadept_rasptank
- [11]: JOSE JAVIER MARTINEZ SANCHEZ DE LA NIETA,' PLATAFORMA RASPBERRY PI PARA TELEOPERACIÓN DE ROBOT MÓVIL CON FUNCIONES VISUALES AVANZADAS', TRABAJO FIN DE GRADO, université de Sevilla École Polytechnique Supérieure, Espagne, SEPTEMBRE 2022.
- [12] :python3 ultra.py
- [13] :<https://mobaxterm.mobatek.net>
- [14] :<https://github.com/miguelgrinberg/flask-video-streaming>

Perspective :

Notre objectif dans ce travail était de programmer le robot selon notre propre approche et notre plan d'action, qui prévoit de suivre un chemin spécifique et d'explorer l'environnement naturel, tout en jouant le rôle de gardien de la propriété dans des endroits inaccessibles aux humains ou mettant leur vie en danger.

Résumé :

Le but de cette tâche était de programmer l'Adept_RaspTank avec différents mécanismes via la carte Raspberry Pi en utilisant principalement le langage Python. Nous avons donc choisi la programmation simplifiée que j'ai trouvée après avoir effectué plusieurs étapes précises (assemblage de la partie mécanique, connexion des appareils électroniques, configuration du logiciel de contrôle (MobaXterm, SSH, WI-FI, OPEN CV). Après ces étapes, je dispose d'un robot Adept_RaspTank efficace pour des tâches simples.

Summary:

The goal of this task was to program the Adept_RaspTank with different mechanisms via the Raspberry Pi board using mainly Python language. So we chose the simplified programming that I found after performing several specific steps (assembling the mechanical part, connecting electronic devices, configuring the control software (MobaXterm, SSH, WI-FI, OPEN CV). After these steps, I have an effective Adept_RaspTank robot for simple tasks.

المخلص:

الهدف من هذه المهمة هو برمجة Adept_RaspTank بأليات مختلفة عبر لوحة Raspberry Pi باستخدام لغة بايثون بشكل أساسي. لذلك اخترنا البرمجة المبسطة التي وجدتها بعد تنفيذ عدة خطوات محددة (تجميع الجزء الميكانيكي، توصيل الأجهزة الإلكترونية، تكوين برنامج التحكم (SSH، MobaXterm)، (WI-FI، OPEN CV). بعد هذه الخطوات، يصبح لدي روبوت Adept_RaspTank فعال للمهام البسيطة.