

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

La république algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et les Recherches Scientifiques

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد

Université d'Oran 2 Mohammed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي

Institut de maintenance et sécurité industrielle

Département Maintenance en Instrumentation

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention de diplôme Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : maintenance des automatismes et l'instrumentation industriel

Thème

RÉALISATION D'UN ROBOT NETTOYEUR

Présenté et soutenu publiquement par :

Belkhatir Wahida et **Kassab Ferial**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
M. Chennoufi Mohammed	MCA	IMSI-Université d'Oran 2	Président
M. Rouan-Serik Mehdi	MCB	IMSI-Université d'Oran 2	Encadreur
M. Lalaoui Mohamed El Amine	MAA	IMSI-Université d'Oran 2	Examineur

2024/2025

Remerciement

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Tout d'abord, nous remercions Dieu tout puissant, de nous avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Nos plus grandes gratitude vont à notre encadreur, **Mr Rouane Mehdi** pour sa disponibilité et la confiance accordée. Qui nous a guidés, encouragés et soutenus tout au long de notre travail.

Nous tenons également à remercier les membres du jury de nous avoir fait l'honneur d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage et qui nous aidée lors de la rédaction de notre projet, en particulier **Mr Dahmane Mohamed** pour leur sympathie, sa confiance et les connaissances qu'il a su partager avec nous, et aussi **Mme Oucif wahida** pour son aide et soutien au sein de service.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de notre travail.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à l'âme de mon grand-père DAYA SLIMANE رحمه الله et a ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargnée aucun effort pour me rendre heureuse: mon adorable mère Yamina.

A l'Homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Kouider

A ma chère sœur Soumia et mon frère Ali qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A ma grand-mère FATIMA, que dieu vous guérisse et garde pour nous.

A mon adorable binôme Feriel qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille et sa compréhension tout au long de ce projet pour son soutien moral, sa patience.

A ma chère tante Kheira et sa fille Hadjer, A ma cousine préférée Tatim. Merci pour leurs amours et leurs encouragements

Sans oublier mon amie d'enfance Assala , merci pour ton entente et ta sympathie.

A ma meilleur rencontre mon ami Oussama, merci à ta présence malgré la distance.

A Djamila mon âme soeur merci pour ton support morale, Dieu vous paye pour tes bienfait .

A toutes mes collègues de travail Zino, Wahiba, Fares, Nadir et Taher qui me prodigue des encouragements et ce sont donner la peine de m'aider durant cette année de formation.

Pour finir a tous ce que j'aime et qui m'aime, je dédie ce mémoire

.

Dédicace

Je dédie ce travail à l'âme mon père {AMIR TAHAR}

رحمة الله عليه

J'aurais souhaité que vous soyez avec moi dans cet évènement pour complété ma joie.

À ma chère Maman Halouia

À celle qui a su être présente dans les moments les plus difficiles à traverser comme dans ceux où nous dansions de bonheur. Ton soutien, ton amour inconditionnel ma donne la force et l'espoir dans ma vie, Merci d'avoir été là à chaque étape de ma vie et de m'avoir encouragé à atteindre mes objectifs. Je vous aime profondément.

À Hbiba Mokhtaria ma deuxième maman que j'aime de tout mon cœur. Pour te remercier de tout ce que tu fais pour moi. Étant petite et jusqu'à maintenant, que dieu te garde pour nous.

À mes grand frères Omar, Nacer ainsi que sa femme Wafaa je vous remercie de m'avoir soutenu au fil des années.

À ma grande sœur d'amour Yakout , merci de m'avoir encouragé durant toutes ses années.

À mes neveux et nièces, Rania et Chiheb, je leur souhaite le bonheur et la réussite dans leur vie.

À ma chère tante Yasmina et sa fille Nawal merci de tout mon cœur pour votre soutien et de me souhaiter toujours du succès.

À mon cousin Yacine merci pour votre présence et aide à chaque fois que j'ai besoin de toi.

À mon binôme Wahida qui s'est dévoué corps et âme à ce mémoire, jamais je ne te remercierai assez.

À mes plus proches amis Cherine, Razika, Sammah, Souad, Sara.

À mes collègues de travail Amine, Oussama et Mohammed.

À ceux qui m'ont réuni à travers les sièges de cet institut (IMSI) Mohammed, Bilel, Adel.

A tout ce qui m'ont aidé et aimé du pré ou du loin durant les moments difficiles

Feriel Kassab

Sommaire

Remerciements

Sommaire

Liste des Figures

Introduction Générale

Remerciement.....	2
Sommaire	2
Résumé.....	8
Introduction Générale.....	2
Chapitre I : Généralités sur les robots	4
I. Introduction	4
I.1 La robotique.....	4
I.1.1 Définition	4
I.2 La préhistorique	5
I.2.1 L’histoire de la robotique [5].....	5
I.3 Structure d’un robot autonome [6]	6
I.3.1 Les capteurs.....	7
I.3.2 Les actionneurs.....	9
I.3.3 Partie commande	9
I.4 Les types des robots[7]	9
I.5 La relation robot automate [8]	14
I.5.1 Qu'est-ce que l'automatisation ?	14
I.5.2 Automatisation logicielle	14
I.5.3 Automation Industriel	15
I.6 Qu’est que c’est la Robotique ?	16
I.7 La différence entre l'automatisation et la robotique	16
Conclusion.....	17
Chapitre II: Intelligences Artificielles.....	19
II. Introduction [9]	19
II.1 L’intelligence artificiel	20

II.1.1	Définition [10].....	20
II.2	L'histoire de l'intelligence [11]	20
II.3	L'importance de l'intelligence artificielle [10].....	21
II.4	L'intelligence artificielle et de ses branches principales[12]	23
II.4.1	1.Intelligence Artificielle Générale (IAG)	23
II.4.2	2.Apprentissage Automatique (Machine Learning)	23
II.4.3	3.Réseaux de Neurones Artificiels (Neural Networks) [13]	23
II.5	Techniques de l'IA pour les RN	25
II.6	Importance des réseaux neurones [14]	25
II.6.1	Traitement du Langage Naturel (Natural Language Processing) [15]	26
II.6.2	Vision par Ordinateur (Computer Vision) [16].....	26
II.6.3	Robotique	26
II.6.4	Systèmes Experts [17].....	26
II.6.5	L'apprentissage en profondeur.....	27
II.7	IA et Industrie 4.0 [18]	27
II.7.1	Exemples d'usage de l'IA pour l'industrie [19]	28
Conclusion.....		30
Chapitre III Robots & IA		32
III. Introduction		32
III.1	Robotique [20].....	32
III.2	Robot nettoyeurs.....	32
III.3	Robotique et intelligence artificielle.....	33
III.3.1	Le rôle de l'IA dans les robots [22].....	33
III.3.2	Exemples du rôle de l'IA dans la robotique [23].....	33
III.4	Robots Intelligents en Industrie[24]	34
III.4.1	Recursive Cortical Network (RCN)[25].....	34
III.4.2	Types de robots [26].....	34
Les robots dans le secteur de la santé		34
III.5	L'Intégration de l'Intelligence Artificielle dans la Robotique.....	36
III.6	Les technique d'IA pour les Robots nettoyeur	37
III.6.1	Les Applications de l'IA dans la propreté professionnelle[27]	37
III.6.2	Les avantages de l'IA dans la propreté professionnelle.....	38
III.7	Les défis et les limitations	38
III.8	Alors, l'IA dans le nettoyage, une bonne nouvelle ?	39
Conclusion.....		39

Chapitre IV Conception et Réalisation.....	40
IV. Introduction	41
IV.1 Structure générale du robot [28].....	41
IV.1.1 Le châssis	42
IV.1.2 Plaque d'essai vide.....	42
IV.1.3 Arduino Nano	43
IV.1.4 Module Bluetooth HC-05	44
IV.1.5 Carte pilote de moteur L298N.....	45
IV.1.6 Capteurs à ultrasons HC-SR04.....	45
IV.1.7 Pincettes pour capteurs à ultrasons.....	46
IV.1.8 Ecran LCD 16x2.....	46
IV.1.9 Module de relais 5 V à canal unique	47
IV.1.10 Motoréducteurs 100 tr/min	48
IV.1.11 Roues pour moteurs	48
IV.1.12 Pompe à eau à membrane 12 V	49
IV.1.13 Piles Lithium-Ion 18650	49
IV.1.14 Supports de cellules ou 3x supports de cellules simples	50
IV.1.15 Régulateur de tension	51
IV.1.16 Résistances 1K, 2K, 10K (1 chacune)	51
IV.1.17 En-têtes mâle/femelle	52
IV.1.18 Borne à vis bref.....	52
IV.1.19 Bouton-poussoir de verrouillage	53
IV.1.20 Bouton ON / OFF	53
IV.1.21 Fils de liaison femelle à femelle/ fils.....	53
IV.1.22 Tubes en vinyle.....	54
IV.1.23 Accessoire pour vadrouille rotative	54
IV.1.24 Tuyau d'égouttement de glucose.....	54
IV.1.25 Un réservoir d'eau	55
IV.2 Les étapes de notre construction.....	55
IV.2.1 Partie mécanique	55
IV.2.2 Partie électronique.....	55
IV.3 Assemblage.....	55
IV.4 Les étapes de la construction	56
IV.5 Les problèmes rencontrés lors de la construction.....	57
Conclusion.....	58

Chapitre V Résultats & discussion	59
V. Introduction	60
V.1 Programmation de l'écran LCD.....	61
V.2 Programmation du capteur.....	62
Conversion en une série d'équations numériques	62
V.3 Programmation LCD& Capteur.....	63
V.4 Programmation carte pilote moteur	65
V.5 Programmation module Bluetooth	67
V.6 Programmation module Bluetooth + Carte pilote moteur	69
V.7 Différent scénarios d'utilisation du robot.....	70
V.7.1 Mode manuel (commande avec l'application).....	71
V.7.2 Un Organigramme pour le mode manuel.....	80
V.7.3 Description du scenario (Mode manuel)	81
V.8 Mode automatique (sans obstacle).....	82
V.8.1 Un Organigramme pour le mode automatique (sans obstacle)	89
V.8.2 Description du scenario (mode automatique sans obstacle).....	90
V.9 Mode automatique (avec obstacle)	92
V.9.1 Un organigramme pour le mode automatique (avec obstacle).....	98
V.9.2 Description du scenario (mode automatique avec obstacle)	102
CONCLUSION	106
VI. Conclusion Générale	107
VI.1 Réalisations et Contributions.....	108
VI.1.1 Conception	108
VI.1.2 Système de contrôle	108
VI.1.3 Limites et Contraintes	109
VI.2 Perspectives d'Avenir	109
VI.2.1 Améliorations Techniques.....	110
VI.2.2 Fonctionnalités Additionnelles.....	110
VI.2.3 Études et Tests Complémentaires :	110
VII. BIBLIOGRAPHIE	112

Liste des figures

FIGURE I-1 LES DOMAINES DU ROBOTIQUE	4
FIGURE I-2 LE CANARD DE VAUCANSON, DISPARU, A ÉTÉ RECONSTITUÉ PARTIELLEMENT. IL EST EXPOSÉ ACTUELLEMENT À GRENOBLE	6
FIGURE I-3 EPHONIA , L' AUTOMATE PARLANT DE FABER	6
FIGURE I-4 CONSTITUANT MATERIELS D'UN ROBOT.....	7
FIGURE I-5 SCHEMA DU PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN CAPTEUR	8
FIGURE I-6 SIGNAUX DELIVRES PAR LES DIFFERENTS TYPES DE CAPTEURS	8
FIGURE I-7 ROBOTIQUE AGRICOLE (L' AGROBOT ARROSOIR)	10
FIGURE I-8 LE ROBOT ASIMO DE HONDA.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE I-9 COBOT UR10E: ROBOT COLLABORATIF INDUSTRIEL CAPABLE D'AUTOMATISER DES TACHES JUSQU'A 12,5 KG SANS COMPROMETTRE LA PRECISION.....	11
FIGURE I-10 AGR LE TRANSPORT AUTOMATISE DE MARCHANDISES.....	12
FIGURE I-11 DRONE DE SURVEILLANCE.....	12
FIGURE I-12 BUDDY, LE ROBOT QUI PERMET DE SE TELEPORTER EN CLASSE	13
FIGURE I-13 ROBOT-SERPENT ACM-R5H.....	14
FIGURE II-1 HYPE CYCLE CONCERNANT INTELLIGENCE ARTIFICIELLE,2023	28
FIGURE III-1 ASPIRATEUR AUTONOME	36
FIGURE IV-1 CONCEPTION ET RÉALISATION.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE IV-2 PLAQUE D'ESSAI VIERGES.....	1
FIGURE IV-3 ARDUINO NANO	1
FIGURE IV-4 MODULE BLUETOOTH HC-05.....	1
FIGURE IV-5 CARTE PILOTE DE MOTEUR L298N.....	1
FIGURE IV-6 PHOTO DE CAPTEUR ULTRASON PRISE LORS DE LA CONCEPTION	1
FIGURE IV-7 PORTE CAPTEUR	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE IV-8 AFFICHEUR LCD	1
FIGURE IV-9 RELAIS A 5V.....	1
FIGURE IV-10 MOTOREDUCTEUR MONTEE SUR CHASSIS.....	1
FIGURE IV-11 LES ROUES	1
FIGURE IV-12 POMPE A EAU A MEMBRANE 12V.....	1
FIGURE IV-13 PILES LITHIUM 4.2V *3.....	1
FIGURE IV-14 PORTES PILES.....	1
FIGURE IV-15 RÉGULATEUR	1
FIGURE IV-16 RESISTANCES	1
FIGURE IV-17 EN-TETES MALE/FEMELLE	1
FIGURE IV-18 BORNE A VIS	1
FIGURE IV-19 UN BOUTON-POUSSOIR ROUGE.....	1
FIGURE IV-20 UN BOUTON ON/OFF.....	1
FIGURE IV-21 FILS DE LIAISON	1
FIGURE IV-22 TUBE EN VINYLE	1
FIGURE IV-23 VADROUILLE ROTATIVE (FABRO).....	1
FIGURE IV-24 TUYAU D'ÉGOUTTEMENT	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE IV-25 UN PETIT RESERVOIR D'EAU	1
FIGURE IV-26 SCHEMA ELECTRONIQUE DE LA CARTE PRINCIPALE.....	1
FIGURE IV-27 ETAPES CONSTRUCTIONS	1
FIGURE V-1 CODE POUR LCD.....	60
FIGURE V-2 AFFICHAGE DU LCD APRES LE TELEVERSEMENT DU CODE.....	61
FIGURE V-3 CODE POUR LES CAPTEUR ULTRASONS.....	63
FIGURE V-4 RESULTATS AFFICHES DANS LE MONITEUR SERIE.....	64

FIGURE V-5 CODE POUR CAPTEUR AVEC LCD	66
FIGURE V-6 AFFICHAGE DE LA DISTANCE LORSQUE LA DETECTION D'UN OBSTACLE.....	69
FIGURE V-7 CODE POUR LE CARTE PILOT MOTEUR.....	70
FIGURE V-8 CODE POUR MODULE BLUETOOTH HC-05.....	72
FIGURE V-9 RESULTATS AFFICHES DANS LE MONITEUR SERIE1.....	74
FIGURE V-10 CODE POUR MODEL BLUETOOTH +CARTE PILOT MOTEUR1.....	75
FIGURE V-11 REGLAGE DES PARAMETRES D'APPLICATIONS1.....	76
FIGURE V-12 LE CHOIX DE LA MANIERE DU CONTROL.....	77
FIGURE V-13 LA COMMANDE DU CONTROL.....	78
FIGURE V-14 RESULTATS AFFICHES DANS LE MONITEUR SERIE.....	79
FIGURE V-15 CODE POUR MODEL BLUETOOTH + CARTE PILOT MOTEUR +LCD.....	80
FIGURE V-16 RESULTATS AFFICHES DANS LE MONITEUR SERIE1.....	81
FIGURE V-17 AFFICHAGE L'ETAT ARRET DU ROBOT.....	83
FIGURE V-18 AFFICHAGE L'ETAT (TOURNE A DROITE)	84
FIGURE V-19 AFFICHAGE L'ETAT AVANCE.....	85
FIGURE V-20 ROBOT EN POSITION INITIAL.....	86
FIGURE V-21 ROBOT EN POSITION FINALE (LE MUR) FIGURE V-22 ROBOT TOURNE ADROIT AVEC l'application	
FIGURE V-23 ROBOT POSITION INITIAL.....	87
FIGURE V-25 ROBOT DETECTE UN OBSTACLE.....	88
FIGURE V-26 ROBOT RECULE ET CHANGE DE DIRECTION1.....	89
FIGURE V-27 ROBOT CONTINUE DE NETTOYER.....	90

Résumé

La robotique est l'ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation de machines automatiques ou de robots.

Un **robot** est un dispositif mécatronique (alliant mécanique, électronique et informatique) conçu pour accomplir automatiquement des tâches imitant ou reproduisant, dans un domaine précis, Avec l'intégration de la robotique à l'intelligence artificiel une grande diversité de types a été créée, parmi les c'est les robots domestiques (nettoyeur) . Dans le but d'aider l'homme dans différents domaines.

L'objectif de notre travail est de réaliser un robot nettoyeur. Avec deux roues à courant continu et une carte Arduino nano. Qui se déplace selon deux modes un manuel via une applications Bluetooth et autre automatisée selon un programme bien déterminé, le but c'est de nettoyer un surface en évitant des obstacles.

Mots clés : Robot, intelligence artificiel, domestique (nettoyeur),

Arduino nano, Bluetooth, programme

ملخص

الروبوتات هي مجموعة من التقنيات التي تسمح بتصميم وإنشاء الآلات الأوتوماتيكية أو الروبوتات.

الروبوت هو جهاز ميكاترونيك (يجمع بين الميكانيكا والإلكترونيات والحوسبة) مصمم لإنجاز مهام التقليد أو الاستنساخ تلقائيًا، في مجال معين، ومع تكامل الروبوتات مع الذكاء الاصطناعي، تم إنشاء تنوع كبير في الأنواع بين هذه الأنواع المحلية الروبوتات (النظافة). لغرض مساعدة الإنسان في مختلف المجالات.

الهدف من عملنا هو إنشاء منظف آلي. مزود بعجلتين للتيار المباشر بطاقة اردوينو نانو. والتي تتحرك في وضعين، أحدهما يدوي عبر تطبيق بلوتوث والآخر آلي وفق برنامج محدد، والهدف هو تنظيف السطح مع تجنب العوائق.

الكلمات المفتاحية: الروبوت، الذكاء الاصطناعي، منزلي (نظافة)، اردوينو نانو، بلوتوث، برنامج

Abstract

Robotics Is the set of techniques allowing the design and creation of automatic machines or robots.

A robot is a mechatronic device (combining mechanics, electronics and computing) designed to automatically accomplish tasks imitating or reproducing, in a specific domain. With the integration of robotics with artificial intelligence, a great diversity of types has been created among these are domestic robots (clean sweep). For the purpose of helping humans in different areas.

The objective of our work is to create a robot cleaner. With two direct current wheels and an Arduino nano card. Which moves in two modes, one manual via a Bluetooth application and the other automated according to a specific program, the goal is to clean a surface while avoiding obstacles.

Keywords: Robot, artificial intelligence, domestic , Arduino Nano,Bluetooth,program

Introduction Générale

Introduction Générale

Le progrès qu'a connu la technologie et l'expansion de l'automatisation, ont permis à l'humain de l'aider dans ses différents travaux et tâches, et ont répondu à son envie d'évolution, en effet l'arrivée des robots qui dans un premier temps a concerné que l'industrie (usines.), petit à petit progressé pour atteindre plusieurs domaines (militaires, médecines, éducations, domestiques etc..). On rencontre de plus en plus de robots mobiles capables d'effectuer une mission spécifique dans un endroit spécifique

Un des défis majeurs de la robotique mobile est la planification de mouvement, de nombreuses recherches et études ont été réalisées dans ce sens, afin de développer des méthodes pour guider les robots.

Les robots mobiles sont des machines autonomes capables de se déplacer dans leur environnement sans être contraints à une position fixe. Ils peuvent être programmés pour effectuer des tâches spécifiques ou être équipés de capteurs et d'intelligence artificielle pour prendre des décisions en temps réel utilisés dans de nombreux secteurs pour effectuer une variété de tâches.

Dans le cadre de notre projet, nous allons étudier et réaliser un robot mobile (nettoyeur) à deux roues, en utilisant moteurs à courant continu pour qu'il puisse se déplacer, la commande est faite par la carte Arduino nano et le Shield L289n, une fois la réalisation terminée, on va procéder à la programmation du robot.

Notre mémoire est organisé en cinq chapitres, le premier concerne les généralités, on présente le robot et sa définition et son histoire et domaines d'applications. Le deuxième chapitre est consacré à l'intelligence artificielle et sa relation avec la robotique, Le troisième chapitre on va parler sur notre robot nettoyeur et ses techniques informatique (programmation, exact), le quatrième chapitre traite de la réalisation pratique (réalisation du robot), la carte de commande et son fonctionnement, les différents composants utilisés, dans un dernier chapitre c'est les résultats obtenus durant ce projet avec une discussion et proposition d'amélioration.

Nous terminerons notre manuscrit par une conclusion générale qui résume tout notre travail et connaissances acquises durant le processus de l'élaboration de notre projet, et expose les perspectives de ce travail.

Chapitre I : Généralités sur les robots

Chapitre I : Généralités sur les robots

I. Introduction

Depuis la naissance de l'industrie robotique, les robots industriels ont été conçus afin de remplacer les humains dans des tâches répétitives, fatigantes et qui impliquent souvent un travail manuel dangereux

Actuellement, grâce au développement technologique une nouvelle version de robots est apparue, c'est les robots mobiles, ils sont peu utilisés dans les applications industrielles.

Cependant, ce type de véhicule a de nombreuses applications potentielles : applications de nettoyage, aide à la mobilité pour les personnes âgées ou handicapées, etc.

Dans ce chapitre, nous donnerons quelques définitions, un bref historique de la robotique et aussi une petite comparaison entre robot et automate.[1]

I.1 La robotique

La technologie des robots, également connue sous le nom de robotique, est un domaine multidisciplinaire qui englobe la conception, la construction, la programmation et l'utilisation de robots.[2]

I.1.1 Définition

Les robots sont des machines autonomes ou semi-autonomes capables d'effectuer des tâches programmées ou contrôlées par des humains, Les robots sont conçus pour simplifier et automatiser des tâches complexes, réduisant ainsi les erreurs humaines et améliorant l'efficacité des processus. [3]

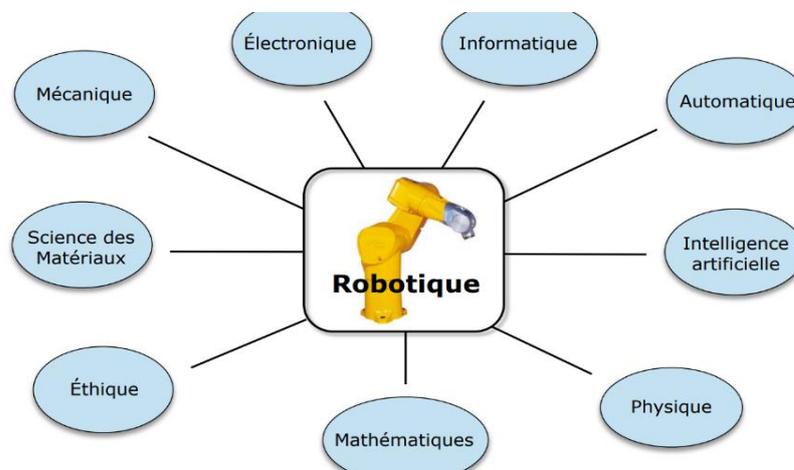


Figure I-1 Les domaines du robotique

I.2 La préhistorique

On trouve dans les récits de mythologie de l'Antiquité grecque des références à des humanoïdes artificiels, ainsi l'assistant mécanique fabriqué par le dieu Héphaïstos. Au 1^{er} siècle, Héron d'Alexandrie est l'inventeur des premiers automates, si l'on en croit du moins les appareillages qu'il décrit dans son *Traité des pneumatiques*. On lui doit par exemple un projet de machine utilisant la contraction ou la raréfaction de l'air pour ouvrir les portes d'un temple ou faire fonctionner une horloge, ceci en vue de « susciter l'étonnement et l'émerveillement »

Autre préfiguration du robot, cette fois dans la mythologie juive, le golem : être artificiel, généralement humanoïde, fait d'argile, incapable de parole et dépourvu de libre-arbitre mais conçu de façon à défendre son créateur.

Beaucoup plus tard viendront, les machines de Léonard de Vinci, au XVI^e siècle puis, au XVIII^e siècle, puis celles de Jacques de Vaucanson, qui construit son premier automate dans les années 1730 à des fins ludiques et qui vers 1750, perfectionne les métiers à tisser en les automatisant par hydraulique.[4]

I.2.1 L'histoire de la robotique [5]

Ce n'est qu'au tout début du XX^e siècle que les robots firent leur apparition, suite aux travaux d'ingénieurs qui voulaient tester des hypothèses émises par des biologistes et des psychologues.

En 1738, Jacques Vaucanson crée un canard articulé en cuivre capable de boire, manger, cancaner et digérer comme un véritable animal. C'était en quelque sorte la création la plus brillante du temps.

1921 : Karel Capek écrit RUR (Rossum's Universal Robots), pièce théâtrale dans laquelle il introduit le mot robota (travail en tchèque) signifiant un être artificiel qui travaille dur.

1940 : Isaac Asimov écrit un ensemble de nouvelles sur les robots, notamment les trois lois de la robotique.

1948 : Grey Walter invente le premier robot mobile autonome, une tortue se dirigeant vers les sources de lumière qu'elle perçoit. Cependant, ce robot n'est pas programmable.

1961 : Premier robot industriel mis en place dans une usine de General Motors : UNIMATE.

1972 : Nissan ouvre la première chaîne de production complètement robotisée.

1978 : PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) développé par General Motors (toujours utilisé).

· **1997** : premier robot mobile extra planétaire sur Mars.

· **1999** : Lancement d'Aibo.

· **2000** : Lancement d'Asimo.

· **2003** : Projet Mars Exploration Rover (Spirit Et Opportunity). Diversification des compétitions de robotique. Utilisation de drones en situation réelle (Irak...).

· **2006** : le projet Aibo n'est plus assez rentable, fin de la production

- **2009** : projet Mars Science Laboratory succédant au projet Rover, envoi sur Mars de Curiosity fin 2011.
- **2011** : Robonaut (R2B) premier robot humanoïde envoyé dans l'espace, conçu et construit par la NASA au Johnson Space Center (JSC) à Houston (Texas), en collaboration avec General Motors (GM) et Oceanering.

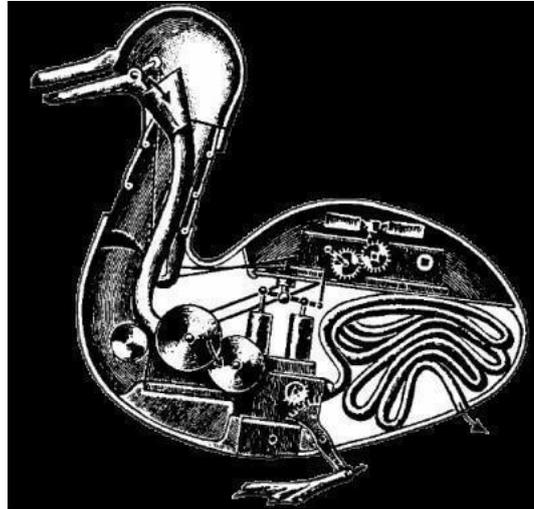


Figure I-2 Le Canard de Vaucanson, Disparu, a été reconstitué partiellement . Il est exposé actuellement à Grenoble



Figure I-3 Ephonia , l'Automate parlant de Faber

I.3 Structure d'un robot autonome [6]

Un robot autonome est une machine composée de **quatre parties** principales.

Une **structure mécanique** qui sera le squelette du robot. Une attention particulière doit être portée aux articulations car celles-ci doivent permettre un débattement assez important relatif à l'utilisation voulue.

Le **second élément** correspond aux **servomoteurs** qui vont permettre au robot d'effectuer réellement ses actions. Ces servomoteurs seront commandés par la partie commande en interaction avec les informations transmises par les capteurs. Le terme "servo" induit en effet un asservissement effectué en fonction d'une comparaison avec le résultat souhaité et la réalité extérieure.

La **troisième partie** composante de capteurs, de processeurs et d'actionneurs qui lui permettent de percevoir son environnement, de traiter des informations et de prendre des actions sans intervention humaine.

Enfin le cerveau : La **partie commande**. C'est cette partie qui va permettre au robot d'analyser les données provenant des capteurs et d'envoyer les ordres relatifs aux servomoteurs.

Ces robots sont une manifestation de la technologie IA, car ils s'appuient sur des algorithmes d'apprentissage machine et d'apprentissage profond.

Lorsque les robots autonomes sont mobiles, ils possèdent également une source d'énergie embarquée : généralement une batterie d'accumulateurs électriques.

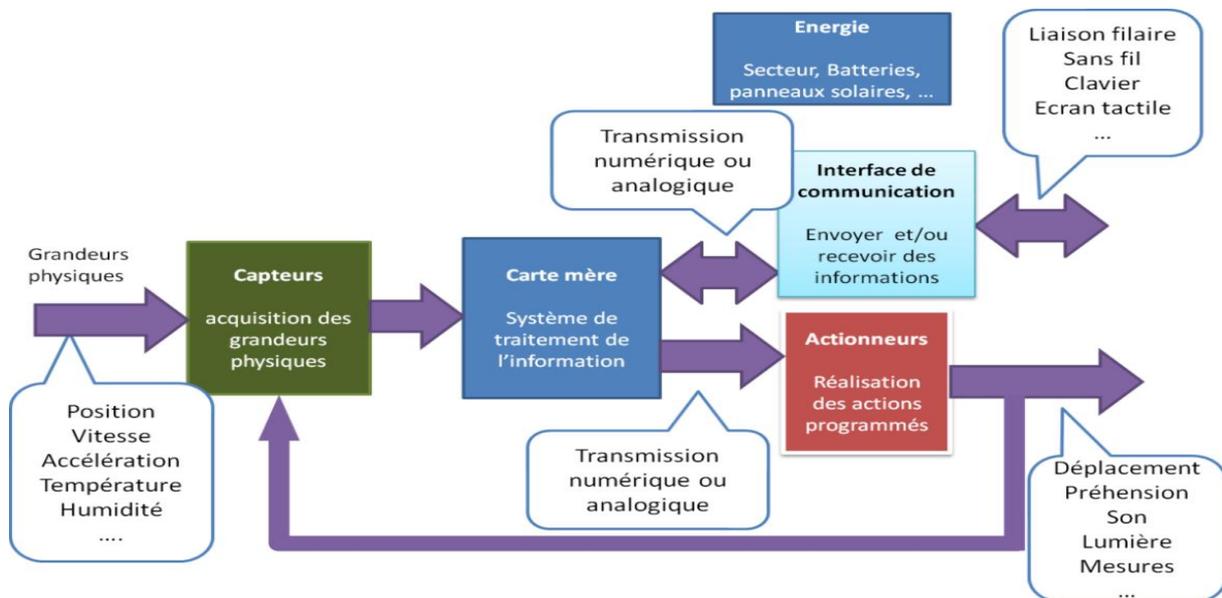


Figure I-4 Constituant matériels d'un robot

I.3.1 Les capteurs

Dans un robot, la perception est assurée par l'utilisation de capteurs. Ces derniers donnent une information à propos de l'environnement ou des composants internes (p.e. position d'un moteur

ou d'un vérin, état d'une LED). Cette information est utilisée pour calculer l'ordre approprié à envoyer aux actionneurs.

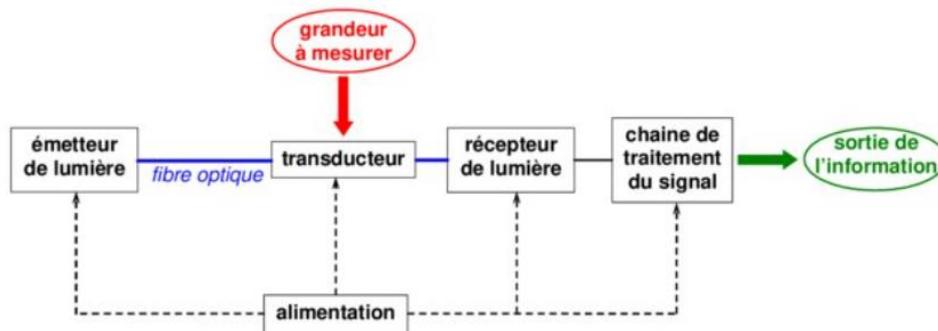


Figure I-5 Schéma du principe de fonctionnement d'un capteur

Il existe une grande variété de capteurs. Par exemple :

- Capteurs analogiques : Les capteurs analogiques servent à transformer une grandeur physique en un autre électrique (de variation d'impédance, de capacité, d'inductance ou de tension). Un signal est dit analogique si l'amplitude de la grandeur physique qu'il représente peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné (présence continue).
- Capteurs numériques : souvent nommés codeurs ou compteurs, génèrent des signaux numériques, représentés par des codes binaires.
- Capteurs logiques / Tout ou rien (TOR) : Ils portent le nom de détecteurs. Type de signal de sortie 0V ou 5V numériques, représentés par des codes binaires.

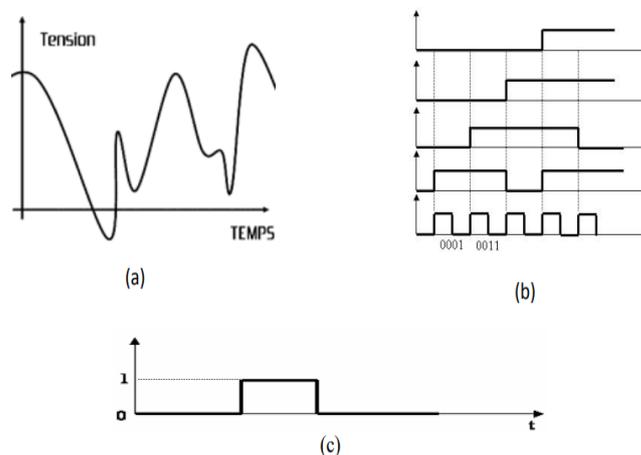


Figure I-6 Signaux délivrés par les différents types de capteurs

I.3.2 Les actionneurs

Les actions des robots sont réalisées à l'aide d'actionneurs. Ce sont des organes qui transforment l'énergie qui leur est fournie en un phénomène physique utilisable comme des mouvements.

Les actionneurs les plus usuels sont :

- Des moteurs électriques rotatifs, qui sont fréquemment associés à des réducteurs mécaniques à engrenages.
- Des vérins hydrauliques, reliés par une tuyauterie à des pompes fournissant des pressions élevées.
- Généralement, un actionneur peut être considéré comme un constituant d'un système mécanique (exemple : bras, patte, roue motrice...) et correspond à un degré de liberté.

I.3.3 Partie commande

La partie commande (cerveau) du robot permet d'analyser les données provenant des capteurs et d'envoyer les ordres relatifs aux actionneurs. La partie commande est matérialisée physiquement par un calculateur, tel qu'un microcontrôleur qui est un cerveau électronique spécialement conçu pour interagir avec des capteurs et des actionneurs.

I.4 Les types des robots[7]

Les robots peuvent être classés en plusieurs catégories en fonction de leur fonction, de leur conception et de leur utilisation. Voici quelques types de robots courants :

Les robots mobiles autonomes (AMR)

La spécificité des AMR est le déplacement dans le monde entier pour prendre des décisions précises au fur et à mesure et en temps réel.

Les entreprises agricoles et les établissements de santé cherchent tous des moyens nouveaux et innovants pour améliorer l'efficacité opérationnelle, la rapidité, la précision et la sécurité. Beaucoup se tournent vers les robots mobiles autonomes (AMR).



Figure I-7 Robotique Agricole (L'Agrobot Arrosoir)

Les humanoïdes

Humanoïde est le mot utilisé pour l'identification des robots qui, en termes de forme ressemblent aux hommes, appelé aussi robots humains. Les humanoïdes sont mis en place pour l'exécution des fonctions basées sur l'homme et le corps humain. Techniquement, plusieurs humanoïdes peuvent accomplir les tâches des AMR et vice versa, et ce grâce à la ressemblance dans leurs composants technologiques.

Ces robots sont généralement présents dans différents domaines d'application tels que la manipulation d'objets, la soudure, l'assemblage de pièces dans l'industrie automobile par exemple. Les robots sont donc utilisés dans les usines mais également dans les laboratoires pharmaceutiques ou encore dans les hôpitaux.



Figure I-8 Le robot Asimo de Honda

Les robots articulés

Les robots articulés, appelés aussi bras robotiques, sont mis en place pour remplacer le bras humain. Les **robots** articulés peuvent avoir entre 2 et 10 joints rotatifs, ce qui assure le plus grand nombre de mouvements. La manutention, la soudure à l'arc, l'emballage et l'entretien des machines sont parfaitement accomplis par les bras robotiques. Ils sont souvent utilisés dans l'industrie.

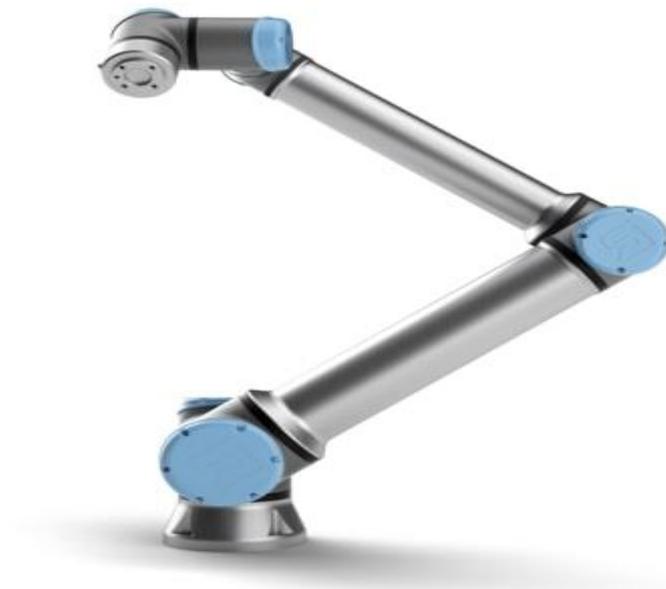


Figure I-9 Cobot UR10e: Robot collaboratif industriel capable d'automatiser des tâches jusqu'à 12,5 kg sans compromettre la précision

Les véhicules à guidage automatique (AGV)

Contrairement aux AMR, qui peuvent se déplacer librement dans les environnements, l'emplacement des AGV est limité aux pistes et chemins bien déterminés, la présence d'un opérateur est toujours indispensable. Les AGV assurent la livraison des matériaux et le déplacement des articles dans les espaces de travail comme les usines et les entrepôts.



Figure I-10 AGR le transport automatisé de marchandises

Les robots aérospatiaux

Il s'agit d'une vaste catégorie. Il comprend toutes sortes de robots volants – la mouette robotique SmartBird et le drone de surveillance Raven, par exemple – mais aussi des robots qui peuvent opérer dans l'espace, comme les rover de Mars et le Robonaut de la NASA, l'humanoïde qui a volé vers la Station spatiale internationale et est maintenant de retour sur Terre.



Figure I-11 Drone de surveillance

La Téléprésence

Les robots de téléprésence permettent d'être présent à un endroit sans s'y rendre. Vous vous connectez à un avatar robot via Internet et le conduisez, voyez ce qu'il voit et parlez avec les gens.



Figure I-12 Buddy, le robot qui permet de se téléporter en classe

Les robots sous-marins

L'endroit préféré de ces **robots** est dans l'eau. Ils se composent de submersibles en haute mer comme Aquanaute, d'humanoïdes plongeurs comme Océan One et de systèmes bio-inspirés comme le **robot-serpent** ACM-R5H.



Figure I-13 Robot-Serpent ACM-R5H.

I.5 La relation robot automate [8]

I.5.1 Qu'est-ce que l'automatisation ?

La première étape consiste à comprendre ce qu'est l'automatisation. L'automatisation est utilisée pour désigner l'utilisation de différents logiciels et machines pour effectuer des tâches répétitives qui prendraient plus de temps si elles étaient effectuées par des humains. L'automatisation peut être appliquée à la fois physiquement et virtuellement pour exécuter diverses commandes. Comme nous l'avons vu, il existe deux types d'automatisation à considérer. Ils comprennent:

I.5.2 Automatisation logicielle

Ce type d'automatisation est celui dont on parle le plus dans le secteur des affaires. Cela implique l'utilisation de logiciels pour effectuer des tâches entreprises quotidiennement par des humains. Il est uniquement virtuel et nécessite l'utilisation d'ordinateurs et les connaissances nécessaires pour que tout soit mis en place. L'automatisation logicielle présente différents types.

Automatisation des tests GUI

Ce processus d'automatisation consiste à prendre note des activités humaines sur l'ordinateur en enregistrant tout ce qui est fait à l'aide d'une interface utilisateur graphique. Une fois toutes les données collectées, le logiciel travaille à la réplication des tâches effectuées. En cas de changement, ils sont effectués à ce stade pour peaufiner le résultat.

Automatisation des processus métier

Les processus impliqués ici sont conçus pour rendre les processus métier plus faciles et plus rapides. Cela implique de formaliser votre processus métier et d'intégrer un logiciel d'automatisation. Cela peut toutefois conduire à une restructuration massive de vos processus commerciaux, mais cela en vaudra la peine.

Automatisation des processus robotiques

La plupart des gens considèrent la robotique comme étant purement physique. Cependant, ce n'est pas le cas. L'automatisation des processus robotiques est utilisée pour l'utilisation de la robotique informatique automatisée. Cette automatisation robotique est conçue pour utiliser des programmes informatiques de la même manière que les humains. Cela ne garantira pas l'efficacité en termes de résultats mais est plus facile à intégrer sans avoir à modifier vos processus métier.

Automatisation intelligente des processus

L'automatisation intelligente des processus fait appel à l'intelligence artificielle pour rendre l'automatisation plus précise. Il utilise la même robotique logicielle que le RPA mais avec plus de garantie sur la qualité délivrée.

I.5.3 Automation Industriel

Lorsqu'il s'agit d'automatisation industrielle, elle implique l'utilisation de machines d'automatisation physique pour accomplir les tâches. Il est principalement appliqué dans les industries industrielles et manufacturières.

Différentes industries peuvent effectuer diverses tâches d'automatisation, il est important d'en savoir plus sur les catégories avec lesquelles vous opérez. Il en existe plusieurs parmi lesquels :

Automatisation fixe ou dure

Ce Système d'automatisation est conçu pour effectuer des tâches répétitives effectuées dans une organisation. L'utilisation de cette méthode d'automatisation vous aide à augmenter les taux de production de votre entreprise. Le seul inconvénient est que vous ne pouvez pas modifier vos conceptions une fois qu'elles sont lancées. Si vous traitez des produits qui ne nécessitent pas trop de manipulations, cela fonctionnera très bien.

Automatisation programmable

Le système d'automatisation programmable est également prévu, tout comme le système fixe, pour aborder diverses tâches répétitives. La principale différence est cependant que vous pouvez modifier et améliorer vos conceptions avec cette méthode. Les commandes programmables fournies avec l'appareil permettent de garantir qu'il répond à vos besoins particuliers. Ce processus est souvent présent dans les processus de traitement par lots où des quantités moyennes à élevées de marchandises sont fabriquées par l'entreprise.

Automatisation flexible ou douce

Si vous avez besoin d'un système plus fiable, notamment lorsqu'il s'agit de reconfigurations lorsque vous travaillez avec diverses marchandises, ce système est fait pour vous. Il offre plus de polyvalence dans la mesure où vous pouvez facilement manipuler les commandes en entrant les codes appropriés en quelques minutes. Cela fait de cette méthode le choix le plus privilégié en termes de processus de production. Travailler avec un système d'automatisation évolutif aide l'entreprise à opérer simultanément sur ses marchandises. Chaque fois que vous souhaitez modifier des produits ou des conceptions, cela réduit les tracas liés à plusieurs méthodes.

I.6 Qu'est que c'est la Robotique ?

Les systèmes robotiques sont des dispositifs programmables qui peuvent exécuter de manière indépendante ou semi-autonome une série d'actions. Ils travaillent dans le monde physique à l'aide de capteurs et d'actionneurs. Ils sont plus polyvalents que les systèmes mono fonctions, car ils sont reprogrammables. Ils offrent un moyen plus flexible d'automatiser les tâches dans une entreprise.

Il contient aussi plusieurs types mentionnés précédemment.

I.7 La différence entre l'automatisation et la robotique

Il existe quelques similitudes entre l'automatisation et la robotique, car elles sont censées entraîner les mêmes changements dans les processus métier. Cependant, ces deux éléments diffèrent l'un de l'autre sous différents aspects.

Automatisation

- Modifier la logique des processus en automatisation est facilement réalisable
- La programmation est nécessaire puisque les systèmes sont conçus pour utiliser du code
- Les processus d'automatisation nécessitent une base de données pour assurer le suivi et mémorisation.

Robotique

- Ne comporte aucun système d'automatisation sous-jacent, ce qui rend difficile la programmation de sa logique.
- Les processus utilisés en robotique ne nécessitent aucune programmation.
- La robotique n'a besoin d'aucune base de données puisqu'elle est conçue pour effectuer la même tâche répétitive.

L'automatisation et la robotique diffèrent, mais elles fonctionnent bien ensemble pour améliorer vos processus métier et augmenter votre productivité. Prenez votre temps pour trouver les systèmes qui fonctionnent pour vous et mettez-les en œuvre dans votre entreprise.

Conclusion

En résumé, la robotique joue un rôle de plus en plus crucial dans nos vies modernes, apportant des transformations profondes et des innovations majeures à travers divers domaines. Dans le secteur de la santé, les robots chirurgicaux de pointe permettent des interventions précises et minimisent les risques pour les patients, tandis que les prothèses robotisées offrent une meilleure qualité de vie aux personnes handicapées. Dans le domaine de la fabrication, les robots industriels révolutionnent les lignes de production en augmentant l'efficacité, en réduisant les erreurs et en assurant des normes de qualité élevées. De plus, la robotique trouve des applications cruciales dans l'exploration spatiale, où des robots autonomes sont déployés pour explorer des environnements extrêmes et recueillir des données essentielles sans exposer les astronautes à des dangers inutiles. Ces avancées technologiques ne se limitent pas aux secteurs industriels et scientifiques, mais se manifestent également dans nos foyers, avec des robots domestiques de plus en plus sophistiqués qui simplifient nos tâches quotidiennes et améliorent notre confort. En outre, la robotique stimule l'innovation en encourageant le développement de nouvelles technologies telles que l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles découvertes et à des solutions créatives pour les défis contemporains. Globalement, la robotique représente bien plus qu'un simple outil technologique ; elle incarne une force transformative qui façonne notre manière de travailler, de vivre et d'explorer le monde qui nous entoure, et elle continuera à jouer un rôle central dans notre avenir technologique.

*Chapitre **II** : Intelligences Artificielles*

Chapitre II: Intelligences Artificielles

II. Introduction [9]

Définir l'Intelligence Artificielle (IA) n'est pas chose facile. Depuis ses origines comme domaine de recherche spécifique, au milieu du XXe siècle, elle a toujours constitué une frontière, incessamment repoussée. L'intelligence artificielle désigne en effet moins un champ de recherches bien défini qu'un programme, fondé autour d'un objectif ambitieux : comprendre comment fonctionne la cognition humaine et la reproduire ; créer des processus cognitifs comparables à ceux de l'être humain. Le champ est donc naturellement extrêmement vaste, tant en ce qui concerne les procédures techniques utilisées que les disciplines convoquées : mathématiques, informatiques, sciences cognitives...

Les méthodes d'IA sont très nombreuses et diverses (ontologique, apprentissage par renforcement, apprentissage adversaire, réseaux de neurones...) et ne sont pas nouvelles : beaucoup d'algorithmes utilisés aujourd'hui ont été développés il y a plusieurs dizaines d'années. Depuis la conférence de Dartmouth de 1956, l'intelligence artificielle s'est développée, au gré des périodes d'enthousiasme et de désillusion qui se sont succédé, repoussant toujours un peu plus les limites de ce qu'on croyait pouvoir n'être fait que par des humains. En poursuivant son projet initial, la recherche en IA a donné lieu à des vrais succès (victoire au jeu d'échecs, au jeu de go, compréhension du langage naturel...) et a nourri largement l'histoire des mathématiques et de l'informatique : combien de dispositifs que nous considérons aujourd'hui comme banals étaient à l'origine une avancée majeure en IA – une application de jeux d'échecs, un programme de traduction en ligne... ? Du fait de ses ambitions, qui en font un des programmes scientifiques les plus fascinants de notre époque, la discipline de l'IA s'est toujours développée de concert avec les imaginaires les plus délirants, les plus angoissants et les plus fantastiques, qui ont façonné les rapports qu'entretient le grand public avec l'IA mais également ceux des chercheurs eux-mêmes avec leur propre discipline. La (science) fiction, les fantasmes et les projections collectives ont accompagné l'essor de l'intelligence artificielle et guident parfois ses objectifs de long terme en témoignent les productions fictionnelles abondantes sur le sujet, de 2001 l'Odyssée de l'espace, à Her en passant BladeRunner et une grande partie de la littérature de science-fiction.

Finalement, c'est probablement cette alliance entre des projections fictionnelles et la recherche scientifique qui constitue l'essence de ce qu'on appelle l'IA. Les imaginaires, souvent ethno-centrés et organisés autour d'idéologies politiques sous-jacentes, jouent donc un rôle majeur, bien que souvent négligé, dans la direction que prend le développement de cette discipline. L'intelligence artificielle est entrée, depuis quelques années, dans une nouvelle ère, qui donne lieu à de nombreux espoirs. C'est en particulier dû à l'essor de l'apprentissage automatique. Rendues possibles par des algorithmes nouveaux, par la multiplication des jeux de données et le décuplement des puissances de calcul, les applications se multiplient : traduction, voiture autonome, détection de cancer, ... Le développement de l'intelligence artificielle se déroule dans un environnement technologique caractérisé par la "datafication" du monde, qui implique la collecte de données distribuées dans tous les domaines et secteurs, tels que la robotique, la

blockchain, le supercalcul et le stockage massif. En confrontant ces diverses réalités, il est probable que le devenir de l'intelligence artificielle repose sur l'utilisation d'éviter technologiques.

II.1 L'intelligence artificiel

II.1.1 Définition [10]

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de l'informatique qui se concentre sur la création de systèmes et de machines capables de réaliser des tâches qui nécessitent généralement l'intelligence humaine. L'objectif de l'IA est de développer des programmes informatiques et des algorithmes qui peuvent comprendre, apprendre, raisonner, planifier, percevoir, communiquer et agir de manière autonome ou semi-autonome.

En d'autres termes, l'intelligence artificielle vise à reproduire certains aspects du fonctionnement du cerveau humain et de l'intelligence humaine dans des systèmes informatiques. Cela peut inclure des capacités telles que la résolution de problèmes, l'apprentissage à partir de l'expérience, la reconnaissance de modèles, la prise de décisions, la compréhension du langage naturel, la perception sensorielle (comme la vision et l'audition), et bien plus encore.

II.2 L'histoire de l'intelligence [11]

L'histoire de l'intelligence artificielle remonte à plusieurs siècles, avec des concepts et des idées qui ont évolué au fil du temps. Voici un aperçu des principales étapes de son développement :

Les débuts de l'IA (Antiquité - 20ème siècle) : Les premières traces de réflexions sur l'intelligence artificielle remontent à l'Antiquité, avec des légendes et des récits mettant en scène des créatures artificielles dotées d'intelligence. Cependant, le véritable développement de l'IA moderne a commencé au 20ème siècle avec les travaux de chercheurs pionniers tels que Alan Turing, qui a formulé le célèbre test de Turing pour évaluer l'intelligence d'une machine.

L'âge des premiers ordinateurs (1940 - 1960) : Pendant la Seconde Guerre mondiale, les ordinateurs ont été développés pour résoudre des problèmes mathématiques et cryptographiques. Cette période a également vu émerger les premiers travaux sur les réseaux de neurones artificiels, inspirés par les découvertes en neurologie.

L'âge de l'optimisme (1956 - 1974) : L'expression "Intelligence Artificielle" a été popularisée lors de la conférence de Dartmouth en 1956, où le terme a été officiellement adopté. Cette période a été marquée par un optimisme débordant quant aux possibilités de l'IA, avec des progrès significatifs dans des domaines tels que la résolution de problèmes, les jeux d'échecs et la traduction automatique.

L'hiver de l'IA (1974 - 1980) : Au milieu des années 1970, l'enthousiasme pour l'IA a été tempéré par des progrès plus lents que prévu et des difficultés techniques. Cela a conduit à une période de stagnation et de désillusion connue sous le nom d'"hiver de l'IA", où les financements pour la recherche en IA ont été réduits.

La renaissance de l'IA (1980 - aujourd'hui) : À partir des années 1980, l'intérêt pour l'IA a été ravivé grâce à des avancées majeures dans les domaines de l'apprentissage automatique, des réseaux de neurones artificiels et de la puissance de calcul informatique. Les progrès technologiques ont ouvert de nouvelles possibilités pour l'IA, avec des applications de plus en plus répandues dans des domaines tels que la reconnaissance vocale, la vision par ordinateur, la robotique et le traitement du langage naturel.

Aujourd'hui, l'intelligence artificielle est omniprésente dans notre vie quotidienne, avec des applications allant des assistants virtuels et des recommandations personnalisées aux véhicules autonomes et à la médecine de précision. Bien que de nombreux défis restent à relever, l'IA continue d'évoluer rapidement et de repousser les limites de ce qui est possible.

II.3 L'importance de l'intelligence artificielle [10]

L'importance de l'intelligence artificielle (IA) dans la société moderne est immense, et ses applications touchent de nombreux aspects de notre vie quotidienne. Voici quelques-unes des raisons pour lesquelles l'IA est si importante, ainsi que des exemples de ses applications :

Automatisation des tâches : L'IA permet d'automatiser un large éventail de tâches répétitives et laborieuses, ce qui libère du temps et des ressources pour les humains. Par exemple, les chatbots alimentés par l'IA peuvent répondre aux questions des clients 24h/24, les systèmes de gestion des ressources humaines peuvent trier et filtrer les CV des candidats, et les véhicules autonomes peuvent conduire de manière sécurisée sans intervention humaine.

Prise de décision intelligente : Les systèmes d'IA peuvent analyser de grandes quantités de données et fournir des informations précieuses pour la prise de décision. Par exemple, les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent prédire les tendances du marché financier, aider les médecins à diagnostiquer les maladies, ou recommander des produits et services personnalisés aux consommateurs.

Amélioration de l'efficacité opérationnelle : Les entreprises utilisent l'IA pour optimiser leurs processus et améliorer leur efficacité opérationnelle. Par exemple, les systèmes d'IA peuvent optimiser les chaînes d'approvisionnement en prédisant la demande des consommateurs, les entreprises de logistique peuvent utiliser des algorithmes pour planifier des itinéraires de livraison efficaces, et les fabricants peuvent utiliser des robots intelligents pour automatiser la production.

Innovation technologique : L'IA est un moteur majeur de l'innovation technologique, stimulant de nouveaux développements dans des domaines tels que la robotique, la réalité virtuelle, la réalité augmentée, l'Internet des objets (IoT), et bien plus encore. Par exemple, les assistants virtuels comme Siri et Alexa utilisent l'IA pour comprendre et répondre aux commandes vocales des utilisateurs, et les drones autonomes utilisent des algorithmes d'IA pour naviguer dans des environnements complexes.

Transformation numérique : L'IA est au cœur de la transformation numérique en cours dans de nombreux secteurs, de la finance à la santé en passant par le commerce de détail. Les entreprises qui adoptent des technologies d'IA peuvent gagner un avantage concurrentiel en

améliorant leur capacité à innover, à s'adapter aux changements du marché et à fournir des produits et services de meilleure qualité.

II.4 L'intelligence artificielle et de ses branches principales[12]

II.4.1 1.Intelligence Artificielle Générale (IAG)

L'intelligence artificielle est supposée avoir des capacités semblables à celles des humains pour comprendre, apprendre et appliquer des connaissances dans un large éventail de domaines. Contrairement à l'IA spécialisée, l'IA générale peut transférer des connaissances d'un domaine à un autre.

Statut actuel : AGI est encore au stade de la recherche et du développement et n'a pas encore été réalisé. Il s'agit d'un objectif à long terme des chercheurs en intelligence artificielle.

L'objectif : créer une intelligence artificielle dotée de capacités cognitives humaines, capable de raisonner, de planifier et d'apprendre à un niveau supérieur à celui des systèmes actuels.

II.4.2 2.Apprentissage Automatique (Machine Learning)

Une technologie qui permet aux machines d'apprendre à partir des données et de s'améliorer automatiquement grâce à l'expérience sans être explicitement programmées pour chaque tâche.

Sous-domaines :

Apprentissage supervisé : le modèle est formé sur des données étiquetées qui fournissent des entrées et des sorties. Par exemple, utilisez des images de chats étiquetées pour entraîner un modèle à reconnaître les chats.

Apprentissage non supervisé : les modèles recherchent une structure ou des modèles dans des données non étiquetées. Par exemple, regrouper des images similaires sans connaître leur contenu à l'avance.

Apprentissage par renforcement : un modèle apprend à prendre des décisions en recevant des récompenses ou des punitions en fonction de ses actions. Par exemple, un agent de jeu qui apprend à gagner des points en jouant à des jeux vidéo.

II.4.3 3.Réseaux de Neurones Artificiels (Neural Networks) [13]

II.4.3.1 Les réseaux neurones

Les réseaux de neurones artificiels ou artificial neural network constituent une pierre angulaire de l'intelligence artificielle moderne. Ils s'inspirent du processus complexe du cerveau humain. Ces modèles informatiques sont capables de traiter des informations et d'apprendre à partir d'elles pour résoudre une variété de problèmes. À l'instar du réseau neuronal du cerveau, les réseaux neuronaux sont composés de couches de neurones interconnectés. Chaque neurone reçoit des signaux des neurones précédents, opère des calculs sur ces signaux, puis transmet le résultat aux neurones suivants.

Cette technique a révolutionné le domaine de l'IA. Elle permet aux machines d'apprendre à partir de données de manière autonome, sans programmation explicite.

Les RNA sont à la base du Deep Learning. Une approche où les réseaux comportent de nombreuses couches cachées pour capturer des niveaux d'abstraction croissants dans les données. Les Convolutional Neural Networks (CNN), une variation des RNA, excellent dans le traitement des données structurées, en particulier les images.

II.4.3.2 Les différents types de réseaux de neurones artificiels

Réseau de neurones feed-forward :

Ce type de réseau est l'architecture de base des RNA. Les informations circulent de la couche d'entrée à la couche de sortie sans rétroaction. Chaque couche de neurones est entièrement connectée à la suivante. Les réseaux de neurones à propagation avant, feed-forward, sont largement utilisés pour la classification, la prédiction et la régression.

Réseau de neurones récurrents

Contrairement aux réseaux feed-forward, les réseaux récurrents possèdent des boucles dans leur architecture. Cette capacité de rétroaction favorise la constitution d'une mémoire. Cette architecture est utilisée pour des tâches telles que la traduction automatique et la génération de texte.

Réseau de neurones convolutifs :

Les réseaux de neurones convolutifs (RNC) sont spécialement conçus pour le traitement des données structurées, en particulier les images. Les RNC utilisent des opérations de convolution pour extraire des caractéristiques spatiales des données d'entrée. Cela les rend particulièrement efficaces pour la reconnaissance d'image, la détection d'objets et d'autres tâches similaires. Cette architecture est au cœur de nombreuses avancées en vision par ordinateur et en traitement d'images.

Réseau de neurones en cascade :

Cette architecture se compose de plusieurs couches de neurones, chaque couche étant connectée à la suivante de manière séquentielle. Les réseaux en cascade sont employés pour des tâches qui nécessitent des étapes successives : la détection de mouvement ou la reconnaissance vocale. L'utilisation de ces différentes architectures dépend largement de la nature de la tâche et des données.

- Réseaux feed-forward pour la classification ;
- Réseaux récurrents pour la séquentialité ;
- Réseaux convolutifs pour le traitement d'image ;
- Réseaux en cascade pour des étapes séquentielles.

II.4.3.3 Les techniques des RN

Les réseaux de neurones sont de plus en plus utilisés dans les applications embarquées. Les contraintes des composants embarqués impliquent de réduire et d'optimiser les réseaux utilisés. Quatre techniques sont possibles :

•simplification/optimisation du réseau : diminuer le nombre de couches pour diminuer le nombre de paramètres .

•élagage (pruning) : réduire la taille d'un réseau en supprimant certains de ses paramètres .

•quantification : utilisation de formats de données réduits (entiers 8 bits (INT8) voire 4 ou 3 bits) sans perte de précision ;

•distillation des connaissances (knowledge distillation) : un gros réseau est d'abord entraîné, puis utilisé pour « enseigner son savoir » à un réseau de plus petite taille.

II.5 Techniques de l'IA pour les RN

L'intelligence artificielle (IA) utilise différentes techniques pour les réseaux neuronaux, telles que les réseaux neuronaux convolutifs (CNN), les réseaux neuronaux récurrents (RNN), les autoencodeurs et les réseaux génératifs adverses (GAN).

La vision par ordinateur utilise les CNN pour repérer des motifs et des caractéristiques visuelles dans des images.

Les réseaux de neurones artificiels sont conçus pour traiter des données séquentielles, en modélisant des séquences temporelles dans le texte, le son, etc.

En apprenant des représentations compactes, les autoencodeurs permettent de diminuer la dimensionnalité des données.

Les réseaux GAN se composent de deux réseaux opposés, créant des échantillons réalistes à partir de données aléatoires et les différenciant des échantillons réels.

II.6 Importance des réseaux neurones [14]

Les réseaux de neurones sont extrêmement importants dans le domaine de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique pour plusieurs raisons clés :

1. Puissance de l'apprentissage complexe : Les réseaux de neurones peuvent modéliser des relations complexes entre les données, ce qui les rend efficaces pour des tâches difficiles comme la reconnaissance de formes et la prédiction.
2. Adaptabilité à divers types de données : Ils peuvent être utilisés avec différents types de données, des images aux séquences temporelles, grâce à des architectures spécifiques comme les CNN et les RNN.
3. Hautes performances : Correctement entraînés, les réseaux de neurones peuvent atteindre des performances exceptionnelles dans des domaines tels que la vision par ordinateur, le traitement du langage naturel et la recommandation de produits.
4. Automatisation avancée : Ils permettent l'automatisation de tâches complexes comme la détection d'objets, la traduction automatique et la prédiction de tendances économiques.
5. Innovations et nouvelles applications : Les réseaux de neurones ouvrent la voie à de nouvelles applications innovantes dans des domaines variés tels que la santé, la finance, l'automobile autonome et bien d'autres.

6. Adaptabilité aux changements : Ils peuvent être entraînés pour s'adapter à l'évolution des données, ce qui les rend pertinents dans des environnements dynamiques et en évolution constante.

Ces capacités font des réseaux de neurones des outils fondamentaux pour l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique, avec des implications importantes dans de nombreux aspects de la technologie et de la société moderne.

II.6.1 Traitement du Langage Naturel (Natural Language Processing) [15]

Branche de l'intelligence artificielle qui se concentre sur l'interaction entre les ordinateurs et les humains à l'aide du langage naturel. Son objectif est de permettre aux machines de comprendre, d'interpréter et de répondre au langage humain de manière pertinente.

Application:

Assistants vocaux : Siri, Alexa, Google Assistant.

Analyse des sentiments : détectez les sentiments dans les textes des réseaux sociaux ou les avis des clients.

Traduction automatique : Google Translate, DeepL.

Chatbots : automatisez le support client.

II.6.2 Vision par Ordinateur (Computer Vision) [16]

Un domaine de l'intelligence artificielle qui permet aux machines de comprendre et d'interpréter des informations visuelles du monde réel, telles que des images et des vidéos.

Application :

Reconnaissance faciale : utilisée dans les systèmes de sécurité et les réseaux sociaux.

Diagnostic médical : analyse des rayons X et des IRM pour détecter une maladie.

Véhicules autonomes : détection d'obstacles, reconnaissance des panneaux de signalisation.

Surveillance : analyse vidéo de sécurité.

II.6.3 Robotique

Domaine de l'intelligence artificielle qui se concentre sur la création, la fabrication et l'exploitation de robots, des machines capables de réaliser des tâches physiques de manière autonome ou partiellement autonome.

Applications : comprennent l'automatisation industrielle, les robots domestiques, l'exploration spatiale et les drones.

II.6.4 Systèmes Experts [17]

Les systèmes experts sont des programmes informatiques conçus pour imiter le raisonnement et le comportement d'un expert humain dans un domaine spécifique. Ils utilisent des règles et des bases de connaissances pour prendre des décisions et résoudre des problèmes.

Ces branches de l'intelligence artificielle sont étroitement liées et interagissent souvent les unes avec les autres dans le développement de systèmes d'IA avancés.

II.6.5 L'apprentissage en profondeur

Un sous-domaine de l'apprentissage automatique qui utilise des réseaux de neurones profonds (structures informatiques inspirées du cerveau humain) pour modéliser et comprendre des données complexes.

Application:

Reconnaissance d'images : Reconnaître des objets, des visages, des scènes, etc.

Traitement du langage naturel : traduction automatique, analyse des sentiments, génération de texte.

Jeux vidéo : Apprentissage de stratégies complexes dans des environnements virtuels.

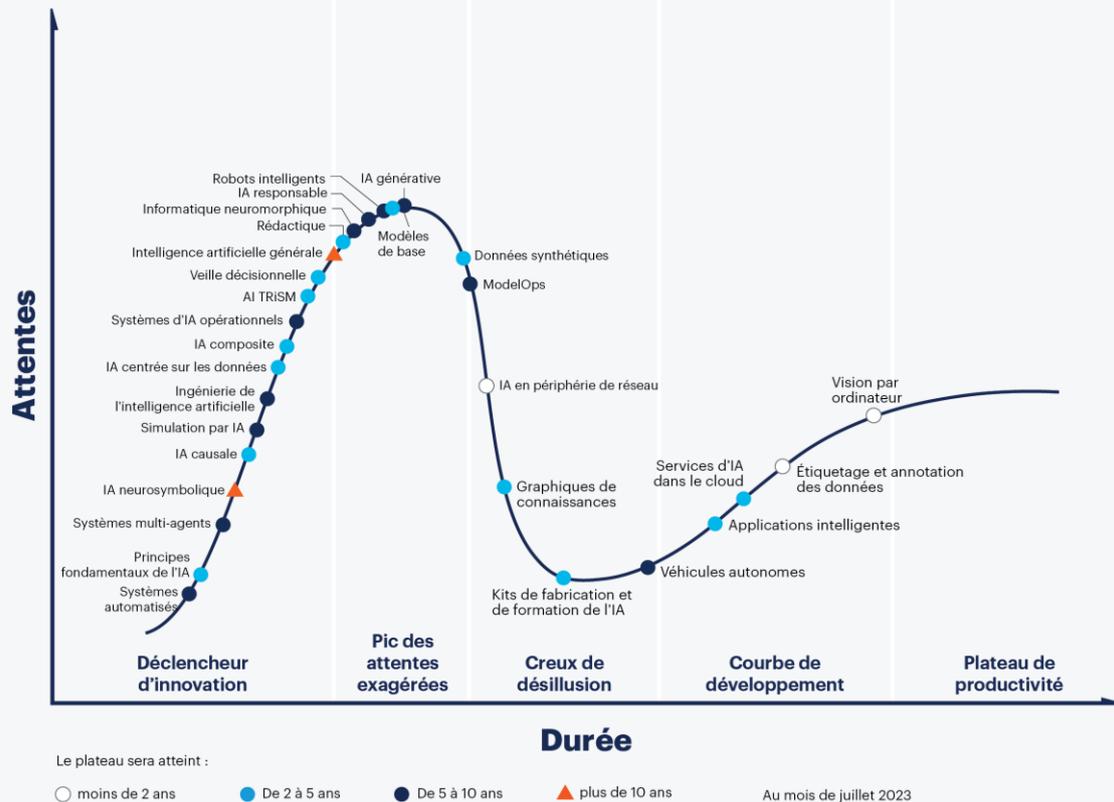
II.7 IA et Industrie 4.0 [18]

Les Big Data et l'IA ont donné une formidable impulsion à l'Industrie 4.0. Grâce à des solutions logicielles intelligentes, les gros volumes de données générés par une usine peuvent servir à identifier des tendances et des modèles susceptibles d'accroître l'efficacité des processus de production et de réduire leur consommation d'énergie. Les installations sont ainsi adaptées en permanence aux nouvelles conditions et optimisées sans intervention de l'opérateur. Et à mesure que le niveau d'interconnexion augmente, le logiciel d'IA peut apprendre à lire entre les lignes, permettant la découverte de nombreuses interrelations complexes que l'être humain n'aurait pas ou plus été en mesure d'appréhender. De tels logiciels intelligents dotés de techniques d'analyse intelligentes sont déjà disponibles. Selon les besoins de l'utilisateur, le traitement des données peut s'effectuer au niveau local (par Edge Computing, par exemple) ou via une solution Cloud. Les données sont accessibles plus rapidement et en plus haute résolution sur la plate-forme Edge, tandis qu'elles bénéficient d'une plus grande puissance de calcul sur le Cloud. Dans de nombreux cas, il est nécessaire de combiner Edge et Cloud pour obtenir le meilleur des deux mondes.

Les produits, les installations, les systèmes et les machines peuvent être connectés via MindSphere, le système d'exploitation IoT ouvert de Siemens basé sur le Cloud. Doté d'une vaste puissance d'analyse, il constitue l'une des bases incontournables dans la mise en œuvre de l'IA dans l'industrie, car il permet d'exploiter pleinement la richesse des données générées par l'Internet des objets (IoT) à des fins d'optimisation, de simulation et d'aide à la décision.

Le jumeau numérique permet de tester virtuellement différents scénarios et de prendre des décisions intelligentes dans des domaines comme l'optimisation de la production. Grâce à la réplique numérique d'une machine-outil et du processus de production associé, l'IA pourra à l'avenir déterminer, par exemple, si la pièce en cours de fabrication répond aux exigences de qualité et quels paramètres de production doivent être ajustés pour que cela reste le cas tout au long du processus. La production sera ainsi plus fiable et efficace et l'entreprise plus compétitive.

Hype Cycle concernant l'intelligence artificielle, 2023



gartner.fr

Source : Gartner
© 2023 Gartner, Inc. et/ou ses sociétés affiliées. Tous droits réservés. 2079794

Gartner

Figure II-1 Hype cycle concernant intelligence artificielle, 2023

II.7.1 Exemples d'usage de l'IA pour l'industrie [19]

Une aide à la prise de décision

Pour faire suite au point précédent, toutes ces capacités de description, prédiction et prescription sont avant tout une aide à la prise de décision pour les salariés (ou décisionnaires, justement). Le traitement des données, les algorithmes, les prédictions, les recommandations sur la meilleure utilisation des systèmes sont autant d'informations, et d'outils, qui permettent d'optimiser la productivité.

Certaines entreprises se dotent en plus d'applications (aussi appelées jumeaux numériques) qui permettent ensuite de tester virtuellement plusieurs scénarios de production. Ainsi entre le moment où l'intelligence artificielle agit (lors du traitement des données, la prédiction ou la prescription) et le moment où l'humain décide de la mettre en œuvre, il est possible de faire un test virtuel.

L'optimisation du processus et réduction des coûts (augmentation de la productivité de l'entreprise)

Autre atout de l'intelligence artificielle descriptive est qu'elle permet de distinguer quelles sont les tâches pouvant être améliorées, et les autres. Intégrée aux machines et logiciels de planification, elle identifie les tâches répétitives à faible valeur ajoutée qui peuvent être automatisées et donc prises en charge par les robots, et celles à plus haute valeur ajoutée (ou plus complexes) qui seront traitées par l'homme. Cadence, taux d'occupation des machines, gestion des stocks : l'intelligence artificielle aide aussi aux calculs des meilleures pratiques pour finalement augmenter la productivité.

Intelligence prédictive : réparer avant la panne !

L'entretien des machines et équipements représente dans ces domaines une dépense importante. Selon une publication de Forrester pour IBM, en 2018, les temps d'arrêts de production non planifiés auraient coûté près de 50 milliards de dollars aux usines du monde entier, dont 42 % serait attribué à des défaillances des équipements. Raison pour laquelle le caractère prédictif de l'intelligence artificielle, comme vu plus haut, est essentiel.

On parle aujourd'hui de maintenance prédictive ou intelligente : les informations collectées sont objets d'analyses, et permettent aux technologies utilisées de déceler les signes avant-coureurs d'une panne ou défaillance avant qu'elle ne survienne. Les techniciens sont au courant, les pannes sont évitées. Les informations renseignées dans les algorithmes permettront aussi par la suite d'évaluer l'état des outils, machines et équipements en prévision. Il y a un gain de temps et d'argent.

Contrôle qualité : vers le zéro défaut ?

L'intelligence artificielle peut être utilisée pour alerter les défaillances machines qui génèrent des défauts de fabrication. Mais elle est aussi utilisée pour intercepter les défauts directement dans la ligne de production. La vision par ordinateur par exemple est une technologie qui permet de détecter les défauts sur une chaîne de production avec des caméras à haute résolution, plus performantes que l'œil humain. L'utilisation de cette technologie permet aussi la satisfaction et le respect de normes et réglementations de plus en plus précises en matière de qualité produit.

Meilleure qualité de vie professionnelle

Enfin oublions les machines quelques instants pour parler de ce qui nous intéresse surtout, l'humain, et sa qualité de vie professionnelle. Car nous les premiers, trouverons nos usages optimisés grâce à l'intelligence artificielle. Vu plus haut, l'IA permet d'identifier les tâches répétitives qui peuvent être prises en charge par les machines... et les tâches à valeur ajoutée qui peuvent du coup être consacrées à l'homme. Cependant, lorsqu'on entend parler du « remplacement de l'homme par la machine » ce n'est pas tout à fait juste, car l'homme est formé à son utilisation. Et pour qu'une tâche soit automatisée par une machine, il faut bien que quelqu'un incorpore des paramètres dans la machine. Aussi et bien qu'elle soit très intelligente,

la machine ne remplacera jamais l'homme : elle est avant tout là pour le soulager, l'épauler, et réduire sa charge de travail pour se consacrer à des tâches plus bénéfiques.

Conclusion

En résumé, l'IA joue un rôle essentiel dans la société moderne en permettant l'automatisation, la prise de décision intelligente, l'amélioration de l'efficacité opérationnelle, l'innovation technologique et la transformation numérique.

Son impact continue de croître à mesure que de nouvelles applications émergent et que les technologies l'IA deviennent de plus en plus sophistiquées.

Chapitre **III** Robots & IA

Chapitre III Robots & IA

III. Introduction

Bien que la robotique, l'automatisation et plus largement l'IA sont des concepts connexes, chacun d'eux a ses propres dimensions.

D'un point de vue général, la robotique englobe toute machine qui peut être utilisée pour effectuer des actions ou des tâches complexes de manière.

L'automatisation fait référence à l'utilisation de systèmes et d'équipements largement automatisés, probablement contrôlés par ordinateur, dans les processus de fabrication et de production qui remplacent une partie ou la totalité des tâches qui étaient auparavant effectuées par le travail humain.

En ce qui concerne l'intelligence artificielle, on distingue l'IA générale de l'IA étroite. L'intelligence artificielle générale désigne un logiciel informatique, inexistant à l'heure actuelle, qui pourrait penser et agir de manière complètement autonome. L'IA étroite désigne quant à elle un logiciel informatique qui s'appuie sur des techniques algorithmiques très sophistiquées afin d'identifier des modèles dans les données à partir desquels il est possible de faire des prédictions sur l'avenir.

III.1 Robotique [20]

La robotique est un domaine scientifique ayant trait au travail avec les machines qui exécutent des tâches en fonction de programmes et d'algorithmes prédéterminés et adaptatifs, de façon automatique ou semi-automatique. Ces machines – que l'on appelle couramment « robots » – sont contrôlées par des humains ou travaillent entièrement sous la supervision d'une application informatique et d'algorithmes. La robotique est un concept général qui englobe la construction, l'élaboration et la programmation des robots. Ces robots sont en contact direct avec le monde réel. Ils sont souvent utilisés pour remplacer les humains et exécuter des tâches monotones et répétitives. Les robots peuvent être catégorisés en fonction de leur taille, de leur secteur d'intervention ou de leur finalité.

III.2 Robot nettoyeurs

Les robots laveurs de sol, aussi appelés robots serpillières, viennent compléter le travail d'un aspirateur en lavant les sols durs. Capables de décoller les petites poussières incrustées, ces appareils naviguent au sein du foyer de façon autonome. Si certains considèrent ces produits comme de simples gadgets, les robots laveurs de sol offrent des performances similaires à celles des aspirateurs-robots et certains s'acquittent de leur tâche avec brio.

En électroménager, quand on parle de l'entretien des sols, on pense plus souvent aux aspirateurs-balais, robots, traîneaux qu'aux robots laveurs de sol ou robots-serpillières. Pourtant, ils constituent une solution de nettoyage de plus en plus crédible. Si le marché en est encore à ses balbutiements, on voit de plus en plus d'acteurs se lancer sur ce terrain en proposant des modèles

assez variés. Certains sont ronds, d'autres sont carrés, d'autres préfèrent l'usage d'un rouleau pour frotter le sol aux lingettes vibrantes, quand, enfin, certains diffusent l'eau savonneuse par projection et non par capillarité.

Si le système de lavage peut varier d'un modèle à l'autre, le système de navigation aussi peut différer. Certains robots sont dotés d'un télémètre laser ou bien d'une caméra et s'orientent dans l'espace en effectuant une cartographie. D'autres ne sont munis que de capteurs pour essayer de se repérer dans leur environnement. De fait, ils naviguent dans la pièce différemment : certains assurent une couverture méthodique des surfaces (en zigzag), quand d'autres, moins pragmatiques, peuvent repasser plusieurs fois au même endroit et vider leur réservoir d'eau sur des surfaces déjà nettoyées.

Si la plupart des robots au sein de notre comparatif sont autonomes et retournent spontanément à leur base, certains nécessitent une attention particulière et des manipulations pour sortir et rentrer à leur base. La connectivité de l'appareil n'est pas non plus un passage obligé. Certains modèles préfèrent la télécommande à l'application de contrôle, c'est selon. Encore incapables de descendre ou de monter les escaliers ni de s'atteler au nettoyage des meubles ou des plinthes, ces produits viennent nécessairement cohabiter avec une autre solution de nettoyage des sols. [21]

III.3 Robotique et intelligence artificielle

III.3.1 Le rôle de l'IA dans les robots [22]

La robotique et l'intelligence artificielle sont souvent perçues comme interchangeables, bien qu'elles soient en réalité distinctes avec des points de convergence.

Cette distinction peut sembler évidente, mais il est essentiel de comprendre que robotique et intelligence artificielle sont deux domaines aux caractéristiques propres.

Si l'intégration de l'IA dans les robots est une réalité, il est tout aussi vrai que de nombreux systèmes robotiques fonctionnent parfaitement sans IA.

La robotique et l'intelligence artificielle sont-elles la même chose ?

Bien qu'elles soient parfois (à tort) utilisées de manière interchangeable, la robotique et l'intelligence artificielle sont deux choses très différentes.

L'intelligence artificielle permet aux systèmes d'imiter l'esprit humain pour apprendre, résoudre des problèmes et prendre des décisions à la volée, sans avoir besoin d'instructions spécifiquement programmées.

La robotique est le domaine dans lequel les robots sont construits et programmés pour accomplir des tâches très spécifiques.

Dans la plupart des cas, l'intelligence artificielle n'est pas nécessaire, car les tâches exécutées sont prévisibles et répétitives et ne nécessitent pas de « réflexion » supplémentaire.

III.3.2 Exemples du rôle de l'IA dans la robotique [23]

Cela dit, les champs de la robotique et de l'intelligence artificielle peuvent s'entrecroiser. Bien que minoritaires, les projets mêlant IA et robotique se multiplient et pourraient devenir plus fréquents à mesure que nos technologies d'IA évoluent. Voici quelques exemples où l'IA enrichit la robotique.

III.4 Robots Intelligents en Industrie[24]

Dans le secteur manufacturier, l'impact de l'IA robotique est encore plus marquant. Dans ce qu'on appelle l'Industrie 4.0, l'application de l'IA s'étend de simples robots naviguant dans des entrepôts bondés à des solutions plus complexes comme celles de Vicarious(entreprise spécialisée dans l'intelligence artificielle), qui applique l'IA appelée Recursive Cortical Network (RCN) à des robots pour des tâches trop complexes pour l'automatisation standard.

III.4.1 Recursive Cortical Network (RCN)[25]

RCN est une technologie de vision par ordinateur avancée qui permet aux systèmes robotiques de comprendre et d'interagir avec leur environnement de manière plus intelligente. Voici ses principales applications industrielles:

Tri et sélection, Emballage et palettisation, Inspection visuelle.

Un autre exemple est la Shadow Dexterous Hand, d'une agilité exceptionnelle, capable de manipuler des objets fragiles comme des fruits sans les endommager, tout en apprenant par la démonstration à l'aide des techniques comme Vision par Ordinateur (Computer Vision) (Utilisation de caméras et de capteurs pour détecter et suivre les objets en temps réel, Comprendre la disposition des objets dans l'espace tridimensionnel pour planifier les mouvements de la main). Cette technologie pourrait révolutionner l'industrie pharmaceutique.

Scaled Robotics innove également dans le secteur de la construction avec son robot de surveillance de chantier, capable de scanner les projets et d'analyser les données pour identifier d'éventuels problèmes de qualité et parmi les techniques de l'IA qui utilise : Vision par Ordinateur et Traitement d'Images, Apprentissage Automatique (Machine Learning), Réseaux de Neurones Artificiels (Neural Networks), Traitement de Langage Naturel (Natural Language Processing) .

III.4.2 Types de robots [26]

Les robots en entreprises

Dans le domaine des services, les robots de livraison de Starship Technologies représentent une avancée majeure. Équipés de systèmes de cartographie, de capteurs et d'IA, ces petits robots roulants choisissent le meilleur itinéraire en temps réel, en évitant les dangers urbains.

Et en restauration, l'innovation atteint des sommets. Flippy de MisoRobotics, avec sa vision 3D et thermique, apprend à maîtriser son environnement de cuisine et à acquérir de nouvelles compétences. De même, la cuisine robotisée de Moley offre un aperçu fascinant de l'avenir de la restauration automatisée.

Les robots dans le secteur de la santé

Dans le domaine de la santé, où la fatigue du personnel peut avoir des conséquences graves, la robotique offre des solutions révolutionnaires. Les robots, exempts de fatigue, sont des auxiliaires précieux. Les « chirurgiens Waldo », par exemple, réalisent des opérations avec une précision et une fiabilité remarquables.

Au-delà des chirurgies complexes, les robots simplifient d'autres aspects des soins de santé. Prenons Moxi, capable d'effectuer diverses tâches, de la distribution d'EPI (Distribution d'Équipements de Protection Individuelle) à l'analyse d'échantillons, libérant ainsi du temps précieux pour les médecins

Moxi utilise des techniques de vision par ordinateur. Cela lui permet de détecter les obstacles, de reconnaître les personnes et les objets, et de naviguer en conséquence, Traitement du Langage Naturel (NLP) pour communiquer avec le personnel médical et les patients.

Durant la pandémie de coronavirus, Cobionix (compagnie médicale créée par Dr Tim Lasswell, Nima Zamani, John Van Leeuwen) a innové avec un robot administrant des vaccins sans aiguille et sans supervision humaine.

Les robots dans l'agriculture

En agriculture, la robotique ne se contente pas de pallier les pénuries de main-d'œuvre ; elle contribue également à une agriculture plus durable. IronOx, par exemple, utilise des caméras et des algorithmes de vision par ordinateur pour identifier et surveiller les plantes. Cela permet de détecter la santé des plantes, de repérer les maladies, les parasites et de surveiller la croissance.

L'Agrobot E-Series, avec ses 24 bras robotisés, peut récolter des fraises tout en évaluant la maturité de chaque fruit grâce à son IA connu sous nom de IA étroite, cette forme d'IA est spécialisée pour effectuer des tâches spécifiques avec une grande précision, comme la reconnaissance d'image et la navigation autonome.

Les robots dans l'Aérospatiale

Dans l'aérospatiale, la NASA (National Aeronautics and Space Administration) travaille à améliorer l'IA de ses rovers martiens et développe un robot de réparation de satellites automatisé. Parallèlement, Airbus a développé CIMON (Crew Interactive Mobile CompaniON) , un assistant vocal similaire à Alexa pour l'espace, destiné à aider les astronautes et à servir d'alerte précoce en cas de problèmes à l'aide de ses techniques comme l'apprentissage par renforcement, apprentissage non supervisé , réseaux neurones artificiels

Ces techniques peuvent être combinées et adaptées pour résoudre des problèmes spécifiques dans divers domaines.

iSpace (Entreprise qui opère dans le secteur de l'industrie spatiale fondée en octobre 2016 et basée à Pékin) n'est pas en reste, avec son propre rover lunaire, envisageant de poser les bases d'une colonie lunaire « Moon Valley » dans un futur proche.

Les robots domestiques



Figure III-1Aspirateur autonome

Le futur robot domestique d'Amazon, Astro, est un exemple parfait de cette révolution. Plus qu'un simple Écho Show mobile, Astro fait appel à l'intelligence artificielle pour se déplacer de manière autonome chez vous, se transformant en vos yeux et oreilles grâce à sa caméra périscopique pendant votre absence. La technologie n'est pas complètement récente. Prenons l'exemple des aspirateurs robots, qui parviennent à empêcher les meubles grâce à l'intelligence artificielle. Récemment, iRobot a développé des Roombas avec un système d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle afin de repérer et prévenir les excréments d'animaux domestiques.

III.5L'Intégration de l'Intelligence Artificielle dans la Robotique

Le débat sur l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) dans la robotique s'anime autour d'un point central : dans de nombreux cas, l'IA pourrait sembler superflue.

Les tâches robotiques actuelles sont souvent prévisibles et répétitives, ne nécessitant pas une « réflexion » avancée que l'IA pourrait offrir. Cependant, cette vision a ses limites. Historiquement, les robots ont été conçus pour des tâches simples et programmables, en partie à cause des contraintes de l'IA de l'époque.

Avec les avancées rapides en IA, il est plausible que la frontière entre robotique et IA devienne de plus en plus floue dans les décennies à venir.

La robotique et l'IA, bien que distinctes, sont étroitement liées.

Les robots utilisent des algorithmes d'IA pour naviguer de manière autonome dans des environnements complexes. Ces algorithmes, comme la cartographie simultanée et la localisation (SLAM), permettent au robot de construire une carte de son environnement et de s'y situer en temps réel. L'interaction homme-robot est également un domaine clé, où l'IA est utilisée pour permettre aux robots d'interagir de manière naturelle avec les humains. Cela inclut la reconnaissance du langage naturel, la détection des émotions humaines et la réponse aux interactions sociales.

De plus, la vision par ordinateur est essentielle pour permettre aux robots de percevoir leur environnement et de reconnaître les objets et les obstacles. Cela leur permet de naviguer en toute sécurité et de réaliser des tâches de manipulation d'objets.

Les robots utilisent également des techniques d'apprentissage collaboratif pour travailler en collaboration avec les humains et d'autres robots. Cela peut inclure le partage de connaissances et d'expériences pour résoudre des problèmes de manière collective.

III.6 Les technique d'IA pour les Robots nettoyeur

Aujourd'hui, les robots de nettoyage peuvent fonctionner dans des conditions qui ne conviennent pas aux employés. Par exemple, les robots peuvent aider à prévenir les blessures ou les effets néfastes sur la santé des travailleurs humains. Les robots autonomes sont plus précis et plus efficaces que les humains, et ils ne se fatiguent jamais. Ils peuvent être programmés pour identifier la manière la plus efficace de nettoyer une surface et pour se comporter de manière cohérente dans toutes les tâches.

III.6.1 Les Applications de l'IA dans la propreté professionnelle[27]

Robotique autonome

Les robots autonomes équipés de capteurs avancés et d'algorithmes d'apprentissage automatique accompagnent désormais les opérateurs dans le domaine de la propreté professionnelle. Ces robots peuvent effectuer diverses tâches, telles que le balayage, le lavage des sols, le dépoussiérage, et même le nettoyage des fenêtres dans les bâtiments de grande hauteur. Ils cartographient les espaces, évitent les obstacles et peuvent s'adapter à des environnements complexes, réduisant ainsi le temps nécessaire pour nettoyer une zone donnée et minimisant les risques d'accidents.

Systèmes de surveillance et de gestion des installations

Les systèmes de surveillance basés sur l'IA utilisent des caméras et des capteurs pour surveiller en temps réel l'état de propreté des installations. Ces systèmes peuvent détecter les déversements, les déchets, et même évaluer la qualité de l'air intérieur. Les données collectées sont analysées pour identifier les tendances, les zones à problèmes et optimiser les plans de nettoyage.

Planification optimisée des tâches

Les algorithmes d'optimisation basés sur l'IA peuvent générer des plans de nettoyage efficaces en prenant en compte divers paramètres tels que la taille de la zone à nettoyer, le type de surface, le trafic piétonnier et les contraintes de temps. Ces systèmes peuvent aider les gestionnaires à répartir efficacement les ressources et à minimiser les coûts tout en maintenant des normes élevées de propreté.

Analyse prédictive et maintenance préventive

En utilisant des techniques d'apprentissage automatique, les entreprises de nettoyage peuvent prédire les besoins de maintenance des équipements, identifier les pannes potentielles avant qu'elles ne surviennent et planifier les interventions de manière proactive. Cela permet de réduire les temps d'arrêt imprévus et d'optimiser la durée de vie des équipements.

III.6.2 Les avantages de l'IA dans la propreté professionnelle **Amélioration de l'efficacité et de la productivité**

L'intégration de l'IA dans les opérations de nettoyage permet d'automatiser les tâches répétitives et chronophages, libérant ainsi le personnel pour se concentrer sur des tâches plus complexes et à plus forte valeur ajoutée. Cela se traduit par une augmentation de la productivité globale et une utilisation plus efficace des ressources.

Qualité et consistance accrues

Les systèmes basés sur l'IA sont capables de maintenir des normes de propreté élevées de manière cohérente, même dans des environnements en constante évolution. Ils peuvent détecter les zones négligées, identifier les problèmes potentiels et garantir que les espaces sont toujours propres et accueillants pour les occupants.

Réduction des coûts et de l'impact environnemental

En optimisant les plans de nettoyage, en prévenant les pannes d'équipement et en réduisant les gaspillages de ressources, l'IA permet aux entreprises de nettoyage de réaliser des économies significatives à long terme. De plus, en utilisant des technologies écoénergétiques et en minimisant l'utilisation de produits chimiques nocifs, les solutions basées sur l'IA contribuent à réduire l'impact environnemental des opérations de nettoyage.

III.7 Les défis et les limitations

Malgré ses nombreux avantages, l'IA dans le domaine de la propreté professionnelle présente également des défis et des limites. Parmi ceux-ci, citons :

- La nécessité d'investir dans des équipements et des logiciels coûteux.
- La formation du personnel pour utiliser et entretenir les technologies basées sur l'IA.
- Les préoccupations concernant la confidentialité et la sécurité des données collectées par les systèmes de surveillance.
- Les risques potentiels pour l'emploi, car certaines tâches traditionnellement effectuées par des travailleurs humains sont maintenant automatisées.

Cependant, avec une planification appropriée, une collaboration étroite entre les entreprises de nettoyage et les fournisseurs de solutions technologiques, ces défis peuvent être atténués et l'IA peut devenir un outil particulièrement apprécié pour l'amélioration des opérations de nettoyage professionnel.

III.8 Alors, l'IA dans le nettoyage, une bonne nouvelle ?

L'intégration de l'Intelligence Artificielle dans le domaine de la propreté professionnelle représente une évolution majeure qui promet d'optimiser les opérations, d'augmenter l'efficacité et de réduire les coûts tout en maintenant des normes élevées de propreté et d'hygiène. Alors que les technologies continuent de progresser, il est essentiel pour les entreprises de nettoyage de rester à la pointe de l'innovation et d'adopter les solutions basées sur l'IA pour rester compétitives sur le marché en constante évolution de la propreté professionnelle.

Conclusion

Enfin, les robots autonomes utilisent l'IA pour s'adapter à des environnements changeants et imprévisibles. Cela leur permet de prendre des décisions proactives et de résoudre de nouveaux problèmes de manière efficace.

Bien que l'on puisse intégrer de l'IA dans la robotique (et vice versa), elles peuvent aussi exister indépendamment.

Actuellement, la plupart des robots, conçus pour des tâches simples et répétitives, n'ont pas besoin d'IA avancée.

Toutefois, avec l'évolution continue de l'IA, les concepteurs de robots sont de plus en plus enclins à repousser les limites, fusionnant de manière innovante ces deux domaines.

Chapitre IV Conception & Réalisation

Chapitre IV Conception et Réalisation

IV. Introduction

Dans la constitution d'un robot, la partie matérielle est aussi importante que la partie logicielle et parmi les difficultés rencontrées lors de la conception d'un robot, les problèmes de la mécanique sont les plus fréquents, afin de les éviter, on doit faire le bon choix du matériel et réaliser un travail bien fini. Dans ce chapitre, on va présenter les différents outils utilisés pour la réalisation du robot (robot nettoyeur).

IV.1 Structure générale du robot [28]

Notre robot est constitué de plusieurs parties, Voici les pièces dont nous aurons besoin

IV.1.1 Le châssis

Une structure de base qui sert de support et de cadre pour les composants mécaniques, électriques et électroniques d'un robot.

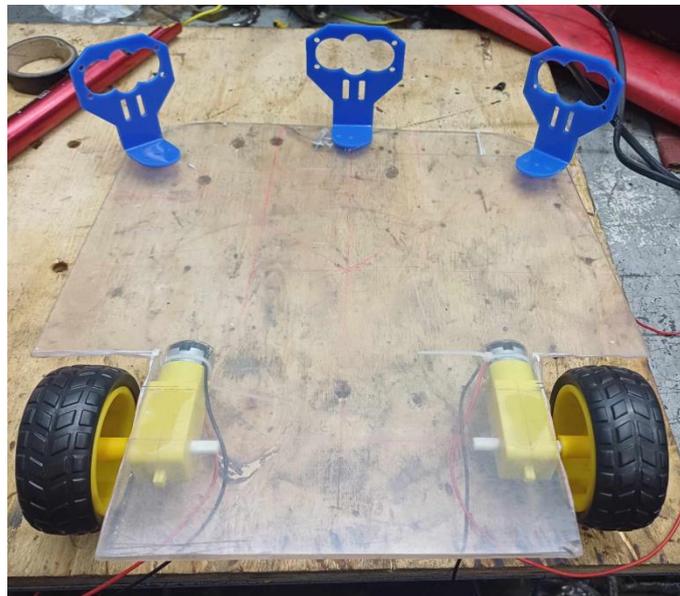


Figure IV-1 Conception et Réalisation

IV.1.2 Plaque d'essai vide

Une plaque d'essai vide est simplement une plaque d'essai électronique sans aucun composant électronique ou connexion préexistante. Cela signifie qu'elle est prête à être utilisée pour créer des circuits temporaires en insérant manuellement des composants électroniques et en établissant des connexions à l'aide des broches des composants.

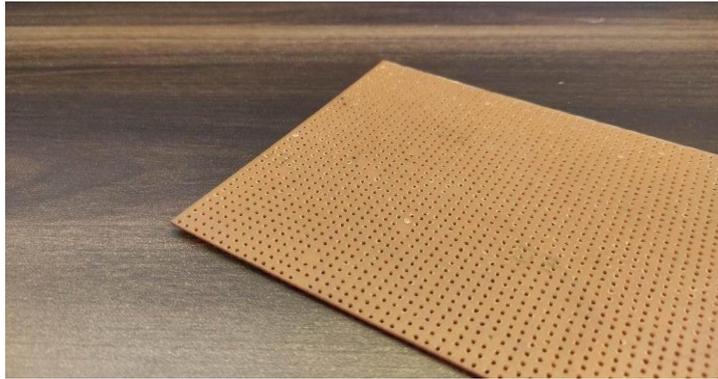


Figure IV-2 Plaque d'essai vierges

IV.1.3 Arduino Nano

L'Arduino Nano est une petite carte de développement électronique basée sur la plateforme Arduino. Elle intègre un microcontrôleur ATmega et offre des broches d'entrée/sortie pour connecter et contrôler différents composants électroniques. Compacte et polyvalente, elle est largement utilisée dans les projets électroniques pour son adaptabilité et sa facilité de programmation.

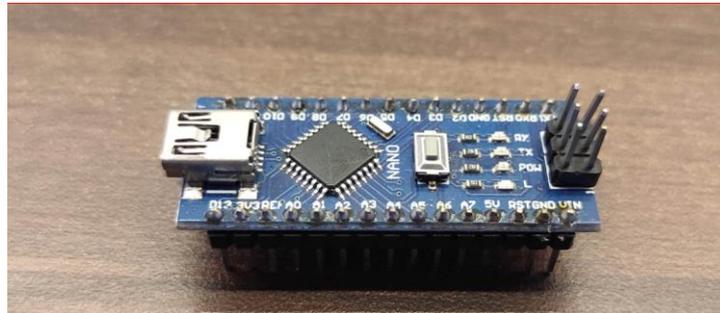


Figure IV-3 Arduino nano

IV.1.4 Module Bluetooth HC-05

Le module Bluetooth HC-05 est un dispositif électronique compact conçu pour permettre la communication sans fil via la technologie Bluetooth. Il est largement utilisé dans les projets électroniques pour établir des connexions sans fil entre des microcontrôleurs, des ordinateurs, des smartphones et d'autres appareils compatibles Bluetooth. Le HC-05 offre des fonctionnalités de communication série (UART) facilitant son intégration dans des projets Arduino, Raspberry Pi et d'autres systèmes électroniques, ce qui en fait un choix populaire pour la transmission de données sans fil.

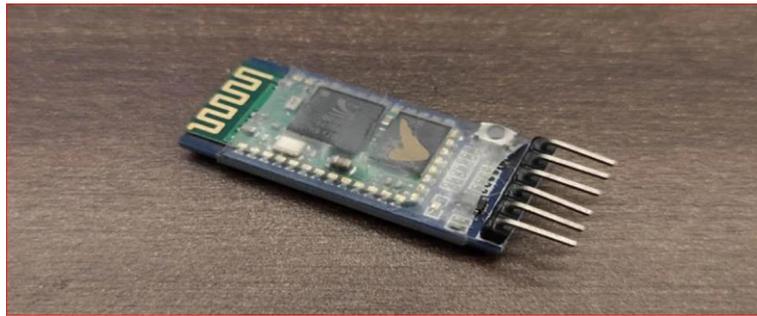


Figure IV-4 module Bluetooth HC-05

IV.1.5 Carte pilote de moteur L298N

La carte pilote de moteur L298N est un circuit intégré conçu pour contrôler la vitesse et la direction des moteurs électriques, en particulier les moteurs à courant continu (DC). Elle est largement utilisée dans les projets électroniques pour fournir une interface entre un microcontrôleur ou tout autre système de contrôle et les moteurs. Le L298N intègre des ponts en H (H-Bridge) permettant d'inverser le sens de rotation des moteurs et de contrôler leur vitesse en modulant la largeur d'impulsion (PWM). C'est un composant pratique pour le prototypage rapide de robots, de véhicules télécommandés et d'autres systèmes nécessitant le contrôle de moteurs.

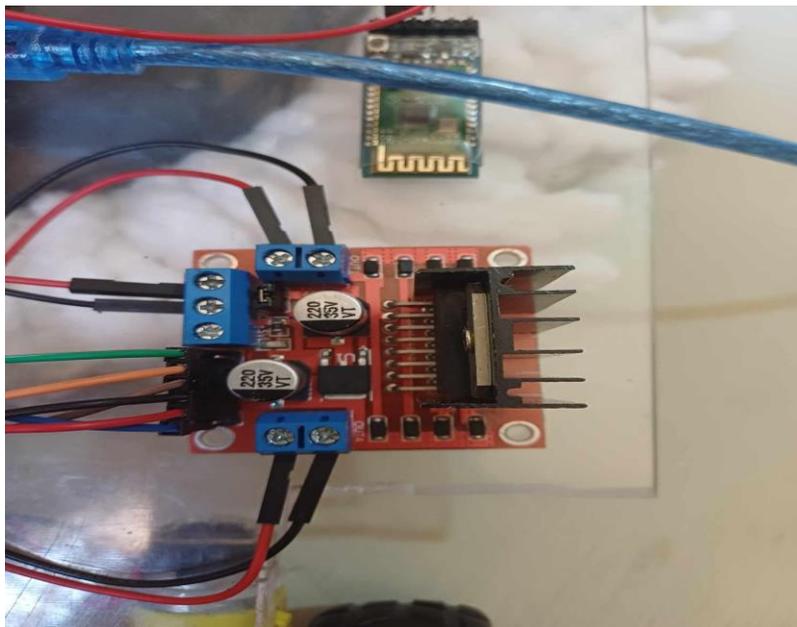


Figure IV-5 Carte pilote de moteur L298N

IV.1.6 Capteurs à ultrasons HC-SR04

Le capteur à ultrasons HC-SR04 est un dispositif électronique utilisé pour mesurer la distance de manière précise en utilisant des ondes ultrasonores. Il se compose généralement d'un

émetteur ultrasonore qui envoie des signaux ultrasonores et d'un récepteur qui détecte les signaux réfléchis par un objet. En mesurant le temps écoulé entre l'émission et la réception des signaux, le capteur peut calculer la distance jusqu'à l'objet avec une bonne précision. Le HC-SR04 est largement utilisé dans les projets d'automatisation, les robots et d'autres applications où la détection de distance est nécessaire.

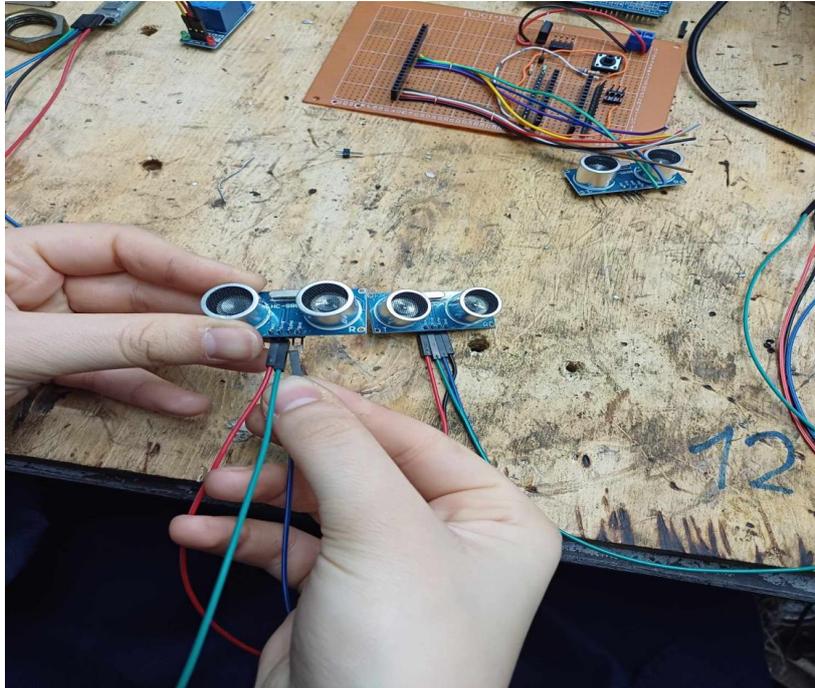


Figure IV-6 photo de capteur ultrason prise lors de la conception

IV.1.7 Pinces pour capteurs à ultrasons

Les pinces pour capteurs à ultrasons sont des composants mécaniques qui facilitent l'intégration des capteurs dans des systèmes en les maintenant fermement en place. Elles sont souvent utilisées dans des projets où la précision et la stabilité des mesures de distance sont essentielles, tels que les robots, les systèmes de sécurité et les dispositifs de détection industrielle.



Figure IV-7 Porte capteur

IV.1.8 Ecran LCD 16x2

Les écrans LCD 16x2 sont des composants d'affichage très populaires en raison de leur facilité d'utilisation et de leur compatibilité avec de nombreux microcontrôleurs et circuits électroniques. Ils sont souvent utilisés dans des projets impliquant des systèmes embarqués, des appareils de contrôle, des stations météorologiques, des horloges, des compteurs et bien d'autres applications où une interface utilisateur visuelle est nécessaire.

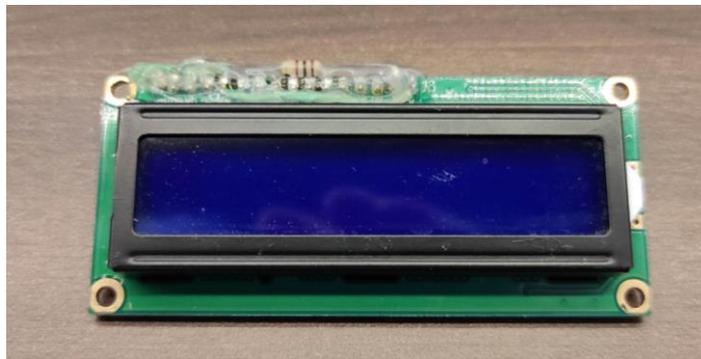


Figure IV-8 afficheur LCD

IV.1.9 Module de relais 5 V à canal unique

Un module de relais 5V à canal unique est un dispositif électronique qui permet de commuter des charges électriques à partir d'un circuit de faible tension, souvent utilisé avec des microcontrôleurs ou des circuits logiques.

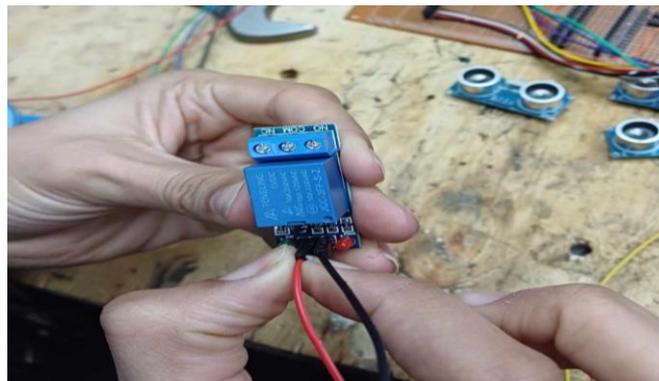


Figure IV-9 Relais à 5v

IV.1.10 Motoréducteurs 100 tr/min

Un moteur réducteur à 100 tr/min est un dispositif mécanique qui combine un moteur électrique ou un moteur à combustion interne avec un mécanisme de réduction de vitesse. Cela permet de réduire la vitesse de rotation de l'arbre de sortie à 100 tours par minute (tr/min) tout en augmentant le couple de sortie. Ces motoréducteurs sont utilisés dans diverses applications industrielles et commerciales nécessitant un contrôle précis de la vitesse et du couple.



Figure IV-10 motoréducteur montée sur châssis

IV.1.11 Roues pour moteurs

Des roues pour moteurs sont des composants mécaniques conçus pour être montés sur l'arbre de sortie d'un moteur afin de transmettre la puissance mécanique à d'autres parties du système, comme des engrenages, des courroies ou des chaînes. Elles sont conçues pour fournir un mouvement rotatif efficace et peuvent varier en taille, en matériau et en conception en fonction de l'application spécifique du moteur et des exigences de performance.



Figure IV-11 Les roues

IV.1.12 Pompe à eau à membrane 12 V

Une pompe à eau à membrane 12 V est un dispositif électrique conçu pour pomper de l'eau en utilisant une membrane flexible actionnée par un moteur électrique fonctionnant sous une tension de 12 volts. La membrane de la pompe se déplace de manière alternée pour créer une aspiration et une pression qui permettent de pomper efficacement l'eau sans avoir besoin d'une alimentation électrique plus importante.



Figure IV-12 Pompe à eau à membrane 12v

IV.1.13 Piles Lithium-Ion 18650

Trois piles lithium-ion 18650 se réfèrent à un ensemble de trois batteries rechargeables de type 18650 fonctionnant avec la technologie lithium-ion. Les batteries 18650 sont cylindriques et mesurent environ 18 mm de diamètre et 65 mm de longueur, d'où leur nom. Elles sont largement utilisées dans divers appareils électroniques tels que les ordinateurs portables, les lampes de poche, les outils électriques et les véhicules électriques. Leur capacité élevée et leur densité énergétique les rendent populaires pour fournir une alimentation fiable et durable dans de nombreuses applications.



Figure IV-13 piles lithium 4.2v *3

Figure IV-14 piles lithium 4.2v *3

IV.1.14 Supports de cellules ou 3x supports de cellules simples

Ces supports sont généralement utilisés dans des applications où plusieurs cellules doivent être connectées en série ou en parallèle pour créer une batterie de la taille et de la capacité souhaitées. Les supports de cellules simples fournissent un moyen pratique de maintenir et de connecter les cellules de manière sécurisée pour former une batterie fonctionnelle.



Figure IV-14 portes piles

IV.1.15 Régulateur de tension

Le régulateur de tension 7805 est un composant électronique qui fournit une tension régulée de 5 volts en sortie, indépendamment des variations de tension en entrée. Il appartient à la famille des régulateurs de tension linéaires et est largement utilisé dans les circuits électroniques pour alimenter des composants nécessitant une tension stable, tels que les microcontrôleurs, les capteurs, les circuits intégrés, etc. Le "78" dans la désignation 7805 indique qu'il s'agit d'un régulateur positif, tandis que "05" signifie qu'il régule la tension à 5 volts.



Figure IV-15 Régulateur

IV.1.16 Résistances 1K, 2K, 10K (1 chacune)

Ohms (1K), 2000 ohms (2K) et 10000 ohms (10 K) respectivement. Ces valeurs représentent la résistance électrique que chaque résistance offre au passage du courant électrique. Sont standard et largement utilisées dans la conception de circuits électroniques pour atteindre les niveaux de tension et de courant souhaités.



Figure IV-16 Résistances

IV.1.17 En-têtes mâle/femelle

Les termes "en-tête mâle" et "en-tête femelle" font référence à des connecteurs électroniques utilisés pour relier des composants ou des cartes de circuits imprimés (PCB).



Figure IV-17 En-têtes mâle/femelle

IV.1.18 Borne à vis bref

Une borne à vis est un dispositif de connexion électrique qui utilise une vis pour serrer et maintenir en place les fils électriques. Elle est composée d'un bloc avec des trous pour insérer les fils et d'une vis métallique que l'on serre à l'aide d'un tournevis pour fixer les fils en place. Les bornes à vis sont couramment utilisées dans les installations électriques pour créer des connexions sécurisées et durables.



Figure IV-18 Borne à vis

IV.1.19 Bouton-poussoir de verrouillage

Un bouton-poussoir de verrouillage est un type de commutateur qui, lorsqu'il est enfoncé, maintient sa position enclenchée jusqu'à ce qu'une action supplémentaire soit effectuée pour le déverrouiller., un bouton-poussoir de verrouillage reste enfoncé jusqu'à ce qu'un mécanisme interne, souvent un autre appui ou une action de rotation, soit effectué pour le désengager.

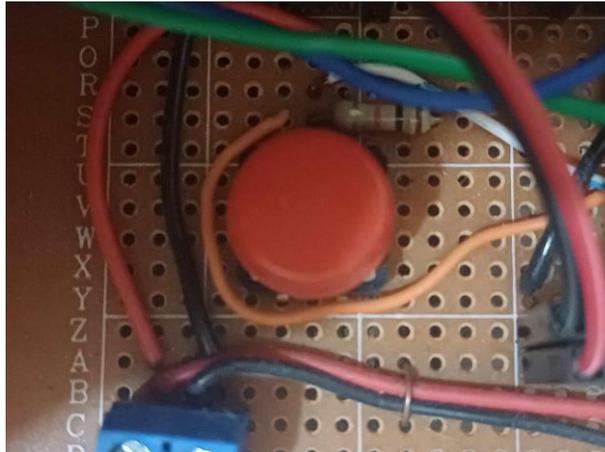


Figure IV-19 Un bouton-poussoir rouge

IV.1.20 Bouton ON / OFF

Un bouton ON/OFF est un interrupteur à bouton-poussoir utilisé pour activer ou désactiver un dispositif électrique ou électronique. En général, il comporte deux positions clairement marquées : ON (allumé) et OFF (éteint).



Figure IV-20 Un bouton ON/OFF

IV.1.21 Fils de liaison femelle à femelle/ fils

Un fil de liaison femelle à femelle est un câble ou une liaison électrique équipée de connecteurs femelles des deux côtés, Les fils de liaison femelle à femelle sont souvent utilisés pour relier des modules électroniques, des cartes de circuits imprimés (PCB) ou d'autres composants dans des circuits électroniques. Ils offrent une connexion sûre et fiable sans avoir besoin de souder ou de faire d'autres types de connexions permanentes.

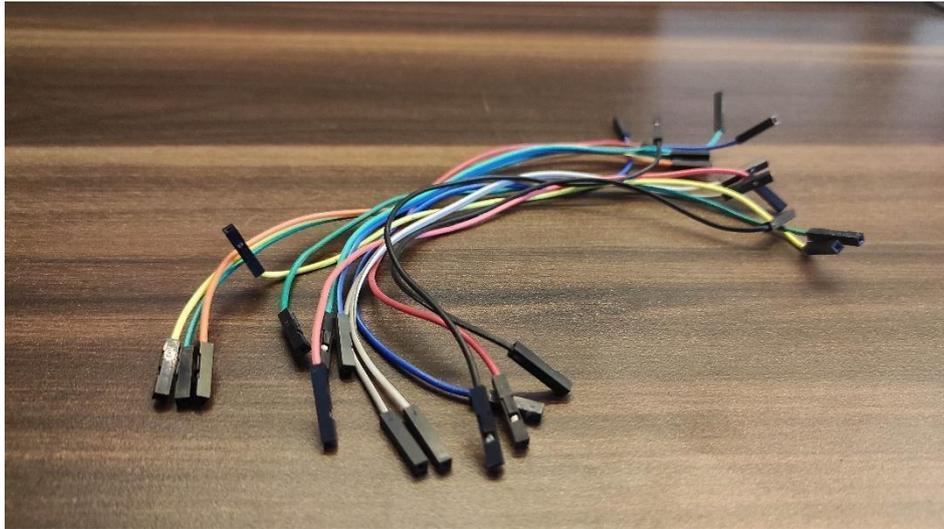


Figure IV-21 Fils de liaison

IV.1.22 Tubes en vinyle

Les tubes en vinyle peuvent être utilisés pour le transport de fluides tels que l'eau, les gaz, les huiles légères, les produits chimiques non corrosifs et d'autres liquides compatibles. Ils sont souvent utilisés dans les systèmes d'irrigation, les systèmes de distribution d'eau, les systèmes pneumatiques, les lignes de drainage, les circuits de refroidissement, et bien d'autres applications industrielles et domestiques.



Figure IV-22 Tube en vinyle

IV.1.23 Accessoire pour vadrouille rotative

Ces accessoires visent à rendre le nettoyage plus efficace et à répondre à différents besoins de nettoyage et de surfaces.



Figure IV-23 vadrouille rotative (Fabro)

IV.1.24 Tuyau d'égouttement de glucose

Un tuyau d'égouttement de glucose utilisé étant un régulateur de débit



Figure IV-24 Tuyau d'égouttement

IV.1.25 Un réservoir d'eau

Conçu pour stocker une quantité limitée d'eau. Ce réservoir peut être utilisé individuellement ou intégré dans des dispositifs ou des systèmes pour fournir de l'eau de manière pratique et portable.



Figure IV-25 *Un petit réservoir d'eau*

IV.2 Les étapes de notre construction

Pour pouvoir construire notre robot on a passé par plusieurs parties (partie mécanique, électronique, assemblage et programmation) dont on a appliqué notre compétence et notre connaissance théorique dans la vie réelle .

On l'ai résumé on quelque points:

IV.2.1 Partie mécanique

1. On commence par préparer le châssis ou base du robot. On a utilisé du plexiglas(polyméthacrylate) du 6mm d'épaisseur comme matériau.

On va joindre une présentation très basique pour que vous puissiez la suivre.

Le plexiglas a été coupé à l'aide d'une machine coupe verre

2. Utilisez une lime plate pour arrondir les deux coins à l'avant.
3. Poncez tous les coins avec du papier de verre.
4. Utilisez de la colle chaude pour monter les moteurs à la base. On a mesuré et marquez l'emplacement des moteurs et les portes capteurs. Sans oublier de prendre en compte les roues lors de la mesure.
5. Percez d'abord un trou pour le passage des fils du moteur.
6. Fixez ensuite les roues au moteur en fixant la roue avec l'arbre du moteur.
7. Percez un grand trou (en fonction de la taille de votre vadrouille) à l'avant du robot pour placer la vadrouille.

IV.2.2 Partie électronique

1. Faites votre schéma de circuit électronique avec toutes les pièces sur un logiciel.

Notre circuit a été conçu avec FRITZING[29] comme mentionné ci-dessus Regardez-le très attentivement :

Les résistances 1K et 2K sont connectées à la broche Tx de l'arduino pour créer un diviseur de tension, car le module Bluetooth HC-05 fonctionne sur un niveau logique de 3,3 V mais l'Arduino donnerait des signaux de 5 V qui pourraient endommager le module Bluetooth.

Si vous ne souhaitez pas utiliser d'écran LCD, ne le connectez pas. Le projet fonctionnera toujours parfaitement sans aucune modification du câblage ou du code.

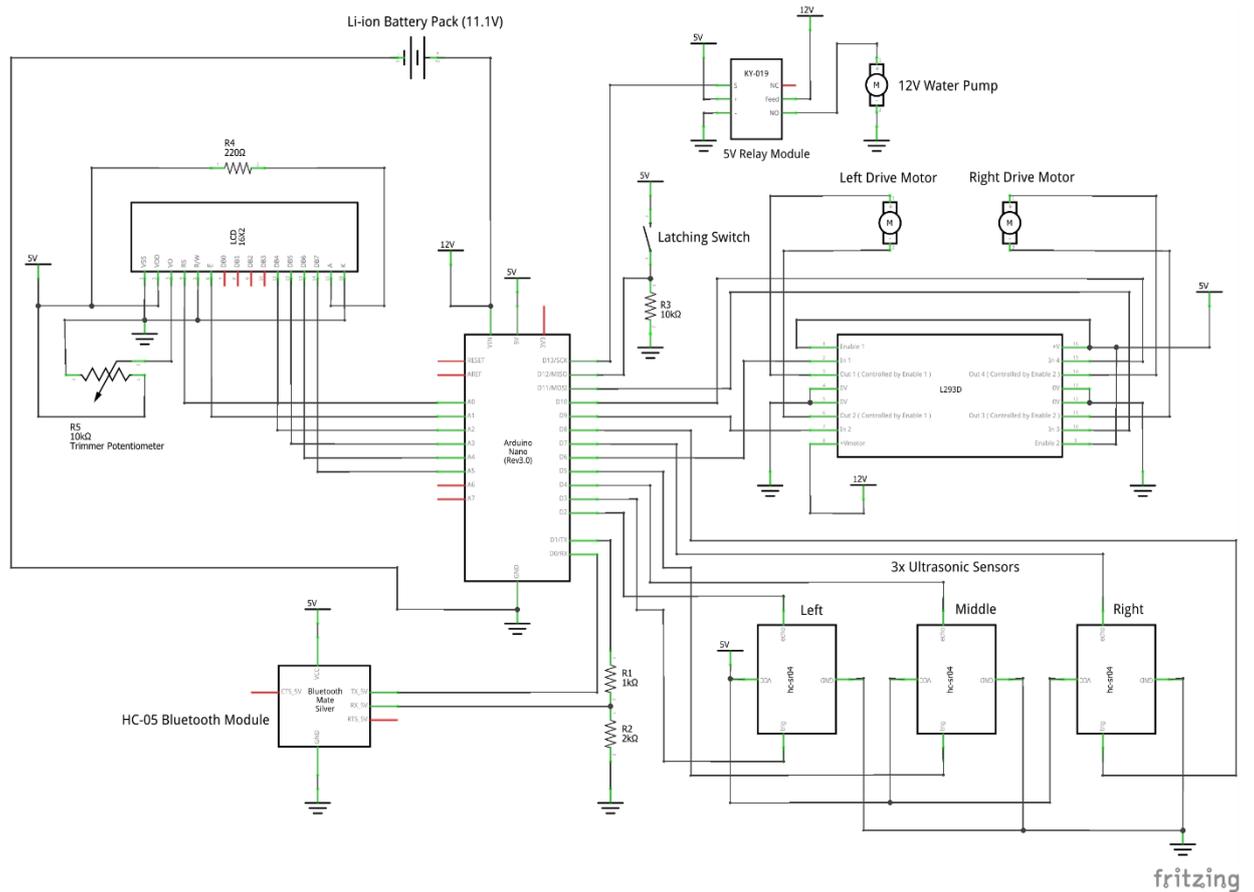


Figure IV-26 schéma électronique de la carte principale

2. Procurez-vous un morceau de carte de performance (zéro PCB). Pour placer l'arduino, soudez d'abord quelques connecteurs femelles, puis connectez les connecteurs mâles en parallèle à chacun des connecteurs femelles qui correspondent à chaque broche de l'arduino. Tous les composants externes seront connectés à ces embases mâles.

3. Pour connecter l'écran LCD, soudez à nouveau quelques connecteurs femelles, ou vous pouvez le connecter directement avec des fils aux bornes du côté gauche.
4. Ajoutez une borne à vis (pour connecter l'alimentation de la batterie), un interrupteur à verrouillage et un régulateur de tension au PCB.
5. Soudez quelques connecteurs mâles devant le régulateur de tension.
6. Ajoutez également toutes les résistances et connectez le tout selon le schéma à l'aide de fils.

Une fois notre circuit imprimé principal terminé, nous devons maintenant y connecter tous les composants externes.

IV.3 Assemblage

1. Commencez par connecter le module Bluetooth, suivi de la carte relais et du pilote de moteur. Suivez simplement le schéma.
2. Connectez également les deux moteurs au pilote de moteur.
3. Placez tous les composants sur la base du robot avec de la colle chaude.
4. Connectez les ultrasons à leurs broches respectives à l'aide de câbles de liaison, conformément au schéma.

Maintenant le mécanisme de pulvérisation d'eau, Pour pulvériser de l'eau sur la vadrouille, on a utilisé une pompe à membrane 12V avec un mécanisme très simple. La pompe colle directement au réservoir d'eau et l'autre côté est le tuyau de sortie qui ira à la vadrouille et on a utilisé un clapet pour éviter l'écoulement de l'eau.

Collez à chaud la bouteille en place et la vanne de régulation de débit.

Le tuyau de sortie doit être placé de manière à ce que l'eau tombe directement sur la vadrouille.

Pour l'alimentation électrique, on a décidé d'utiliser 3 batteries Lithium-ion 18650, de 3000 mAh chacune. C'est probablement la meilleure option pour alimenter notre robot puisque les batteries au lithium ont une densité énergétique élevée et prennent donc très moins de place. Les 3 batteries sont connectées en série, nous obtenons donc environ 12.6 V, ce qui est optimal pour notre application.

On a utilisé 3 supports de cellule simples, on les a collés à chaud sur le châssis et on les a connectés en série car on n'a pas trouvé 3 supports de cellule.

On a également connecté un interrupteur pour allumer/éteindre le robot.

On a fixé la vadrouille au robot via le trou que nous avons percé et avec beaucoup de colle chaude.

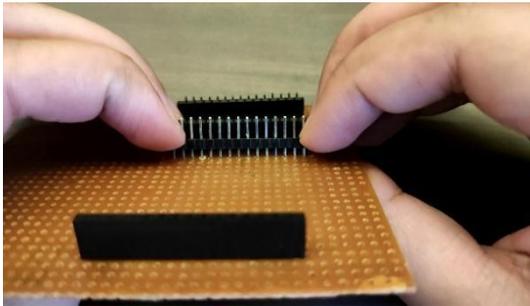
IV.4 Les étapes de la construction



Montage des roues+moteur+portes capteur



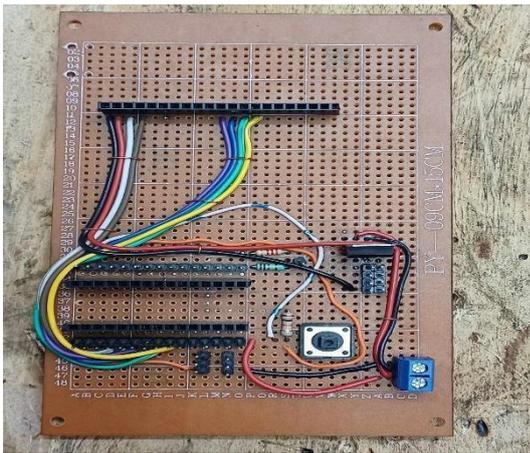
Montage de vadrouille



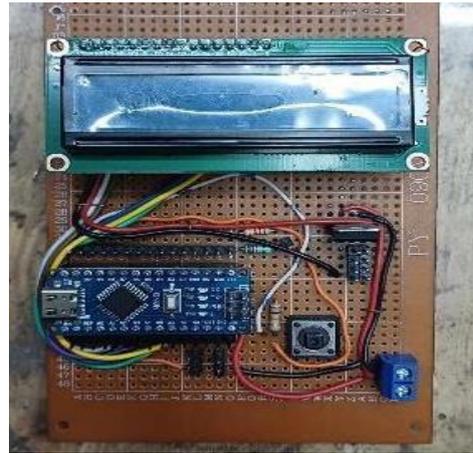
Placement des composants dans la carte



Soudure



Vue carte après soudure



Vue carte avec Arduino&LCD

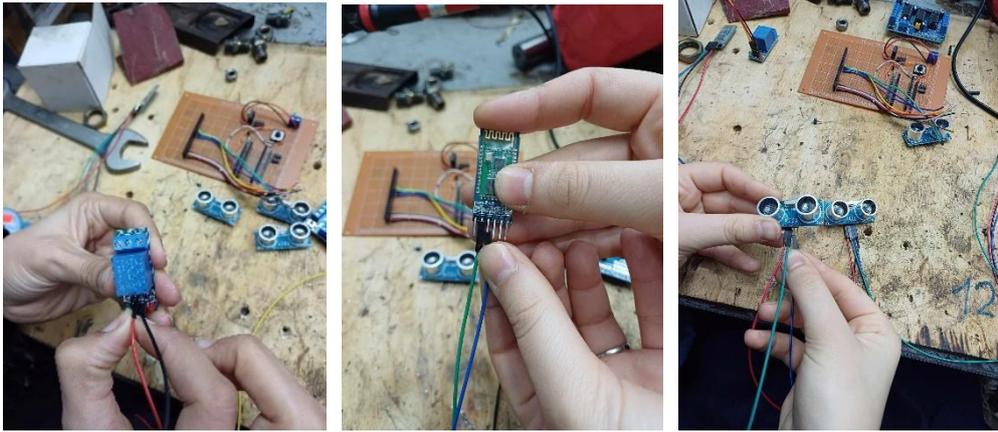


Figure IV-27 Les étapes de constructions

IV.5 Les problèmes rencontrés lors de la construction

Lors de la réalisation de notre projet, nous avons rencontré plusieurs obstacles :

1. Problème de charge des batteries :

La consommation inconditionnelle d'énergie due aux programmes non contrôlables a entraîné des difficultés pour maintenir les batteries chargées.

2. Problème de téléversement du code :

Pour qu'un Arduino fonctionne correctement lorsqu'il est connecté à un ordinateur, il est souvent nécessaire d'installer des drivers (pilotes) spécifiques. Ces drivers permettent à l'ordinateur de communiquer avec l'Arduino via le port USB.

3. Problème de déplacement du robot :

Le frottement de la vadrouille avec le sol gênait le déplacement du robot. Nous avons résolu ce problème en ajoutant une roue rotative pour diminuer le frottement et faciliter le déplacement du robot pour le nettoyage.

4. Déchargement de la batterie :

Face à ce problème, nous avons opté pour une deuxième solution en utilisant un générateur de tension comme source d'alimentation. Cependant, nous n'avons pas prêté attention au voltage élevé, ce qui a entraîné la destruction de notre carte Arduino, que nous avons dû remplacer.

Conclusion

Cette aventure de conception et de réalisation a été extrêmement enrichissante, offrant une expérience pratique précieuse et soulignant l'importance d'une intégration soignée et d'une gestion efficace de l'alimentation pour assurer des performances optimales. Le projet a non seulement démontré la faisabilité de créer un robot nettoyeur autonome avec des composants accessibles, mais a aussi ouvert la voie à des améliorations futures telles que l'optimisation de la navigation, l'amélioration de la gestion de la batterie et le développement d'une interface utilisateur plus avancée.

Chapitre V Résultats & discussion

Chapitre V Résultats & discussion

V. Introduction

V.1 Programmation de l'écran LCD

Nous allons consacrer ce chapitre pour la programmation des différents composants tel que: Ecran LCD, Capteurs ultrason, Bluetooth et carte pilote moteur. Nous allons donner aussi un aperçu de quelques scénarios de navigation et de commande de notre robot nettoyeur.

Nous allons consacrer ce chapitre pour la programmation des différents composants tel que: Ecran LCD, Capteurs ultrason, Bluetooth et carte pilot moteur. Nous allons donner aussi un aperçu de quelques scénarios de navigation et de commande de notre robot nettoyeur.

On a utilisé Arduino IDE 1.6.13 [30]



```
lcd_test | Arduino 1.6.13
Fichier Édition Croquis Outils Aide

lcd_test

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.setCursor(4, 1);
  lcd.backlight();
  lcd.print("welcome");
  Serial.begin(9600);
  delay(2000);
}

void loop() {
}
```

Figure V-1 Code pour LCD

Avec ce code et les connexions appropriées, l'écran LCD I2C affiche "Welcome" dès que on alimentent avec la carte Arduino .

On a eu la sortie comme suite :



Figure V-2 Affichage de l'écran LCD

V.2 Programmation du capteur

```

ultra_test
const int trig = 3;
const int echo = 2 ;
float pulse_width,distance;
void setup() {
  pinMode(trig, OUTPUT);//define arduino pin
  pinMode(echo, INPUT);//define arduino pin
  Serial.begin(9600);//enable serial monitor
  digitalWrite(trig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
}
void loop() {
  //pulse output

  digitalWrite(trig, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig, LOW);

  pulse_width = pulseIn(echo, HIGH);//input pulse and save it variable

  distance = (pulse_width * 0.0343) / 2; //time convert distance

  Serial.print("Distance = ");
  Serial.print(distance);//print serial monitor cm
  Serial.println(" cm");//print space
  delay(500);//delay
}

```

Figure V-3 Code pour le capteur ultrasons

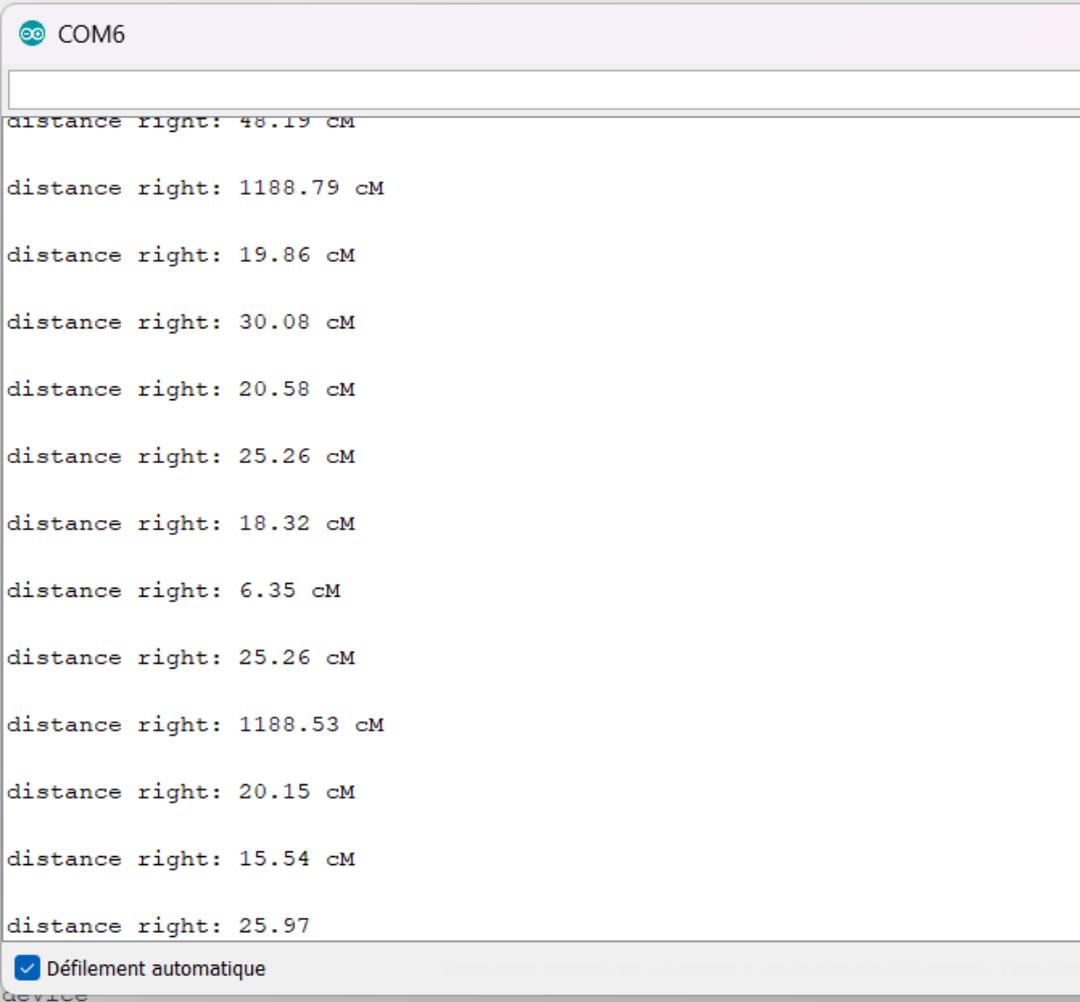
Le code de la Figure V-4 permet de mesurer la distance à un objet devant le capteur ultrasonique à intervalles réguliers (toutes les 500 millisecondes)

$$\text{distance} = (\text{pulse_width} * 0.0343) / 2$$

Conversion en une série d'équations numériques

1. pulse_width=1000 μ s
2. vitesse_du_son=0.0343 cm
3. distance_totale=1000 \times 0.0343=34.3
4. Calcul final (division par 2) : distance=distance_totale\2=34.3\2=17.15 cm

La Figure V-5 montre quelques résultats affichés sur le moniteur série .



The screenshot shows a serial monitor window titled 'COM6'. The output consists of a series of lines, each displaying a distance measurement in centimeters. The measurements are: 48.19 cm, 1188.79 cm, 19.86 cm, 30.08 cm, 20.58 cm, 25.26 cm, 18.32 cm, 6.35 cm, 25.26 cm, 1188.53 cm, 20.15 cm, 15.54 cm, and 25.97. At the bottom of the window, there is a checkbox labeled 'Défilement automatique' which is checked. The text 'ster device' is partially visible at the bottom left of the window.

```
COM6
distance right: 48.19 cm
distance right: 1188.79 cm
distance right: 19.86 cm
distance right: 30.08 cm
distance right: 20.58 cm
distance right: 25.26 cm
distance right: 18.32 cm
distance right: 6.35 cm
distance right: 25.26 cm
distance right: 1188.53 cm
distance right: 20.15 cm
distance right: 15.54 cm
distance right: 25.97
 Défilement automatique
ster device
```

Figure V-4 Distances en cm près du capteur ultrasonique gauche

V.3 Programmation LCD & Capteur

sketch_may30a

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

int trig = 3;
int echo = 2;

void setup() {
  pinMode(trig, OUTPUT); //define arduino pin
  pinMode(echo, INPUT); //define arduino pin
  digitalWrite(trig, LOW);

  Serial.begin(9600); //enable serial monitor
  lcd.init();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.backlight();
  lcd.print("Welcome");
  delay(1000);
  lcd.clear();
}

void loop() {
  digitalWrite(trig,1);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig, 0);
  float pulse_width = pulseIn(echo, 1); //input pulse and save it variable
  |
```

```

float t = pulse_width * 0.0343 / 2;
String cc = String(t) + " cM" ;
Serial.print("distance right: ");
lcd.print(cc);
Serial.println(cc);

Serial.println();//print space
delay(500);//delay

lcd.clear();
}

```

Téléversement terminé

Figure V-5 code pour capteur avec LCD

Nous pouvons voir sur la figure V.6 une distance d'un objet par rapport au robot affiché sur l'écran LCD Cette opération est réalisé à partir du code de la figure V.5.

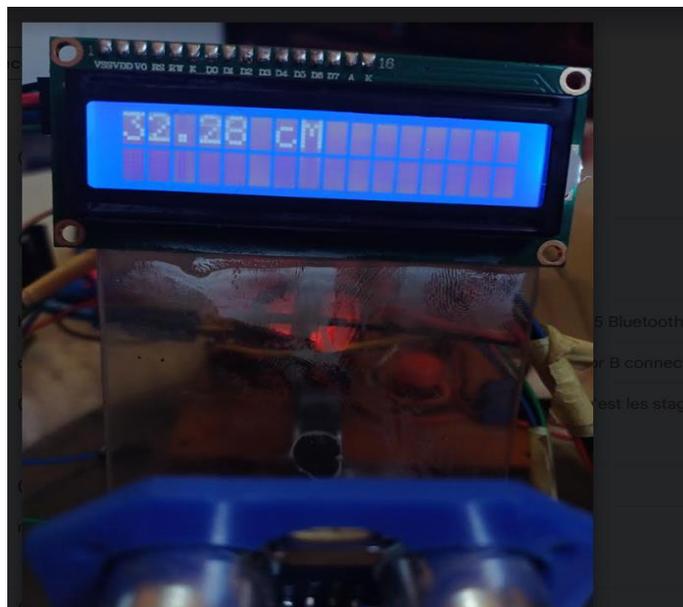


Figure V-6Affichage de la distance lorsque la détection d'un obstacle

V.4 Programmation carte pilote moteur

```
dc_motor
// Motor A connections
int enA = 9;
int in1 = 8;
int in2 = 7;
// Motor B connections
int enB = 10;
int in3 = 2;
int in4 = 3;

void setup() {
  // Set all the motor control pins to outputs
  pinMode(enA, OUTPUT);
  pinMode(enB, OUTPUT);
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  // Turn off motors - Initial state
  digitalWrite(in1, LOW);
  digitalWrite(in2, LOW);
  digitalWrite(in3, LOW);
  digitalWrite(in4, LOW);
}

void loop() {
  directionControl();
  delay(1000);
  //speedControl();
  //delay(1000);
}

// This function lets you control spinning direction of motors
```

Figure V-7 Code pour le carte pilote moteur

Ce code est pour contrôler un moteur à courant continu (DC) avec une carte Arduino nano. Cette dernière permet de réguler le mouvement du moteur en utilisant des broches de sortie numérique pour envoyer des signaux à un module pilote de moteur, L298N.

V.5 Programmation module Bluetooth

```
/*
 * This Arduino Nano code was developed by newbiely.com
 *
 * This Arduino Nano code is made available for public use without any restric
 *
 * For comprehensive instructions and wiring diagrams, please visit:
 * https://newbiely.com/tutorials/arduino-nano/arduino-nano-bluetooth
 */

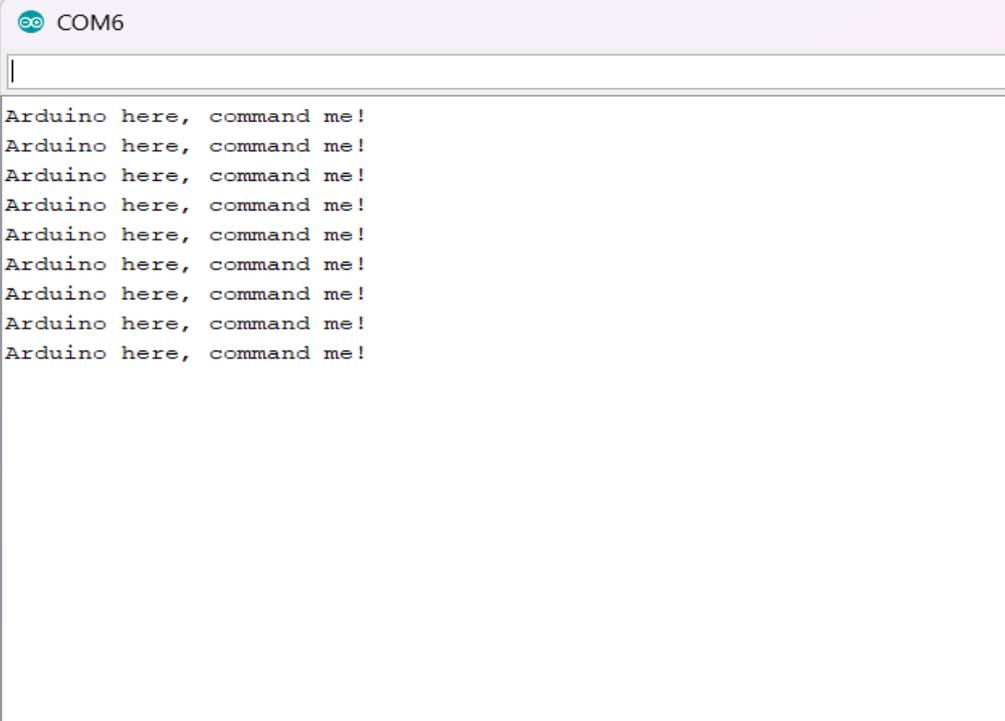
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  Serial.println("Arduino here, command me!");
  delay(1000);
}
```

Figure V -8 Code pour module Bluetooth hc-05

En utilisant le code du module HC-05 Bluetooth avec la carte Arduino Nano, il est possible de concevoir une interface de communication sans fil entre cette carte et un autre dispositif Bluetooth, tel qu'un smartphone ou une tablette. Dans ce programme, on configure l'Arduino Nano pour démarrer une connexion série avec le module HC-05, habituellement à une vitesse de transmission de 9600 bauds. Après avoir établi la connexion, l'Arduino peut recevoir des instructions ou des informations envoyées depuis l'appareil connecté via Bluetooth. La configuration du port série est simplement effectuée par le code de base, qui, dans la boucle principale, lit les données reçues et peut les utiliser pour déclencher diverses actions, telles que l'allumage d'une LED, le contrôle d'un moteur ou l'affichage de messages sur un écran. Grâce à cette fonctionnalité, l'utilisateur peut superviser l'Arduino à distance.

```
without any  
e visit:  
bluetooth
```



The image shows a screenshot of a serial monitor window. The window title is 'COM6'. The text displayed in the monitor is:

```
Arduino here, command me!  
Arduino here, command me!
```

Figure 0 V -9Résultats affichés sur le moniteur série

V.6 Programmation module Bluetooth + Carte pilote moteur

```
bleutooth  
  
#include <SoftwareSerial.h>  
  
SoftwareSerial Bluetooth(2, 3); // RX, TX  
  
const int in1 = 8;  
const int in2 = 7;  
const int in3 = 6;  
const int in4 = 5;  
  
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  Bluetooth.begin(9600);  
  
  pinMode(in1, OUTPUT);  
  pinMode(in2, OUTPUT);  
  pinMode(in3, OUTPUT);  
  pinMode(in4, OUTPUT);  
  
  Serial.println("Ready");  
}  
  
void loop() {  
  if (Bluetooth.available()) {  
    char command = Bluetooth.read();  
    Serial.println(command);  
    if (command == 'F') {  
      forward();  
    } else if (command == 'B') {  
      backward();  
    } else if (command == 'L') {  
      left();  
    } else if (command == 'R') {  
      right();  
    }  
  }  
}
```

```

        right();
    } else if (command == 'S') {
        stop();
    }
}

void forward() {
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, HIGH);
    digitalWrite(in4, LOW);
}

void backward() {
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, HIGH);
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, HIGH);
}

void left() {
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, HIGH);
    digitalWrite(in3, HIGH);
    digitalWrite(in4, LOW);
}

void right() {
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);

```

Téléversement terminé

```

void right() {
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, HIGH);
}

void stop() {
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, LOW);
}

```

Téléversement terminé

Figure V-10 Code pour model Bluetooth +carte pilote moteur

Le code pour contrôler un moteur à courant continu (DC) avec un module Bluetooth et une carte Arduino permet de recevoir des commandes sans fil pour ajuster la vitesse et la direction du moteur. En utilisant cette carte connecté à un module L298N pour piloter le moteur et un module Bluetooth HC-05 pour la communication, ce code lit les commandes envoyées depuis un appareil Bluetooth (comme un smartphone) et les traite pour faire avancer, reculer ou arrêter le moteur. Les broches du microcontrôleur sont configurées pour contrôler la direction et la vitesse du moteur, et les commandes sont lues et interprétées dans une boucle principale pour répondre en temps réel aux instructions reçues, offrant ainsi un moyen flexible et pratique de contrôler le moteur à distance.

On peut utiliser l'application (Arduino Bluetooth Controller) qui se trouve sur google store [31] .

Cette Application permet de guider le robot en mode manuel.

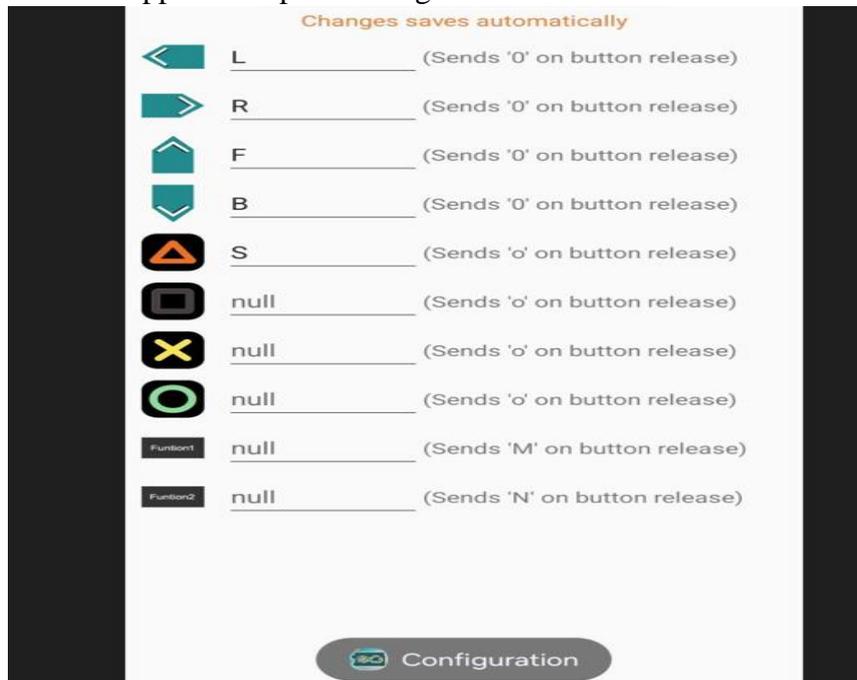


Figure 0 V -11réglage des paramètres d'applications

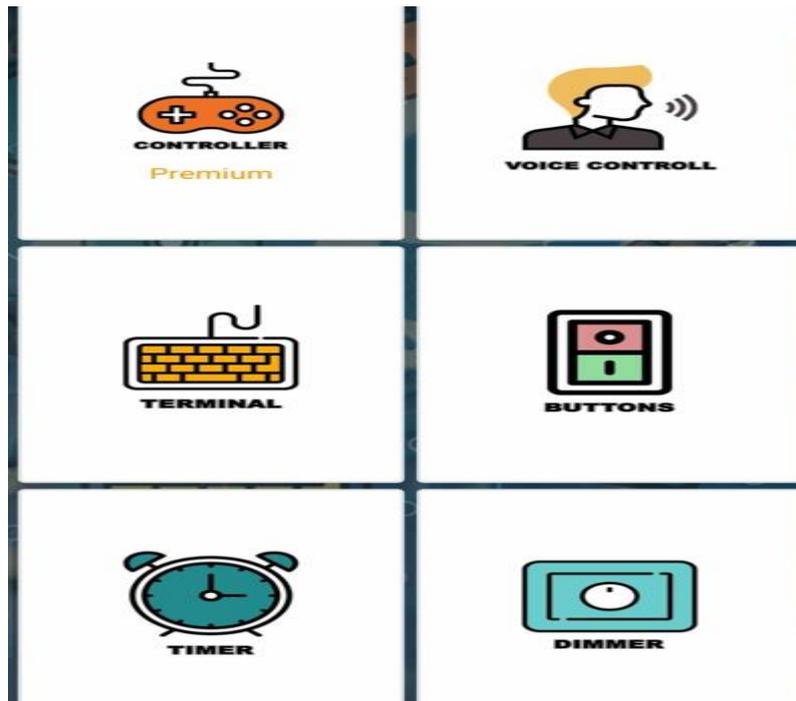


Figure 0-12 le choix de la manière du control

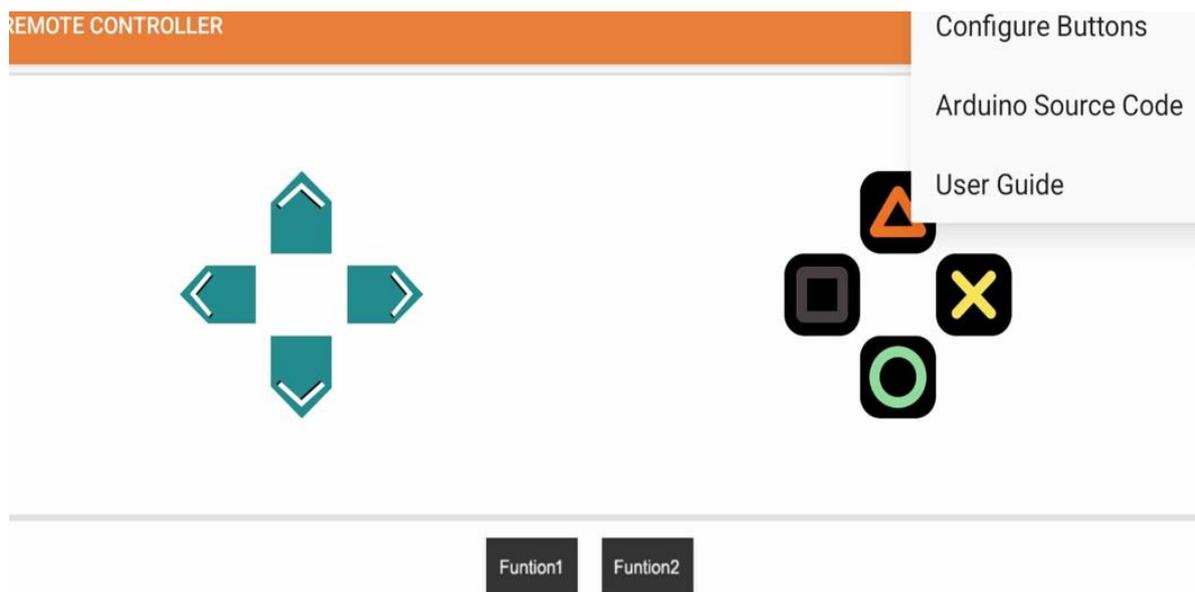


Figure 0-13 La commande du control

La figure V.14 montre les résultats des commandes transmises par l'application via Bluetooth jusqu'à la carte Arduino.

Les commandes sont :

B: backward

O:lachement du botton

F :forword

S :stop

L :left

R :right

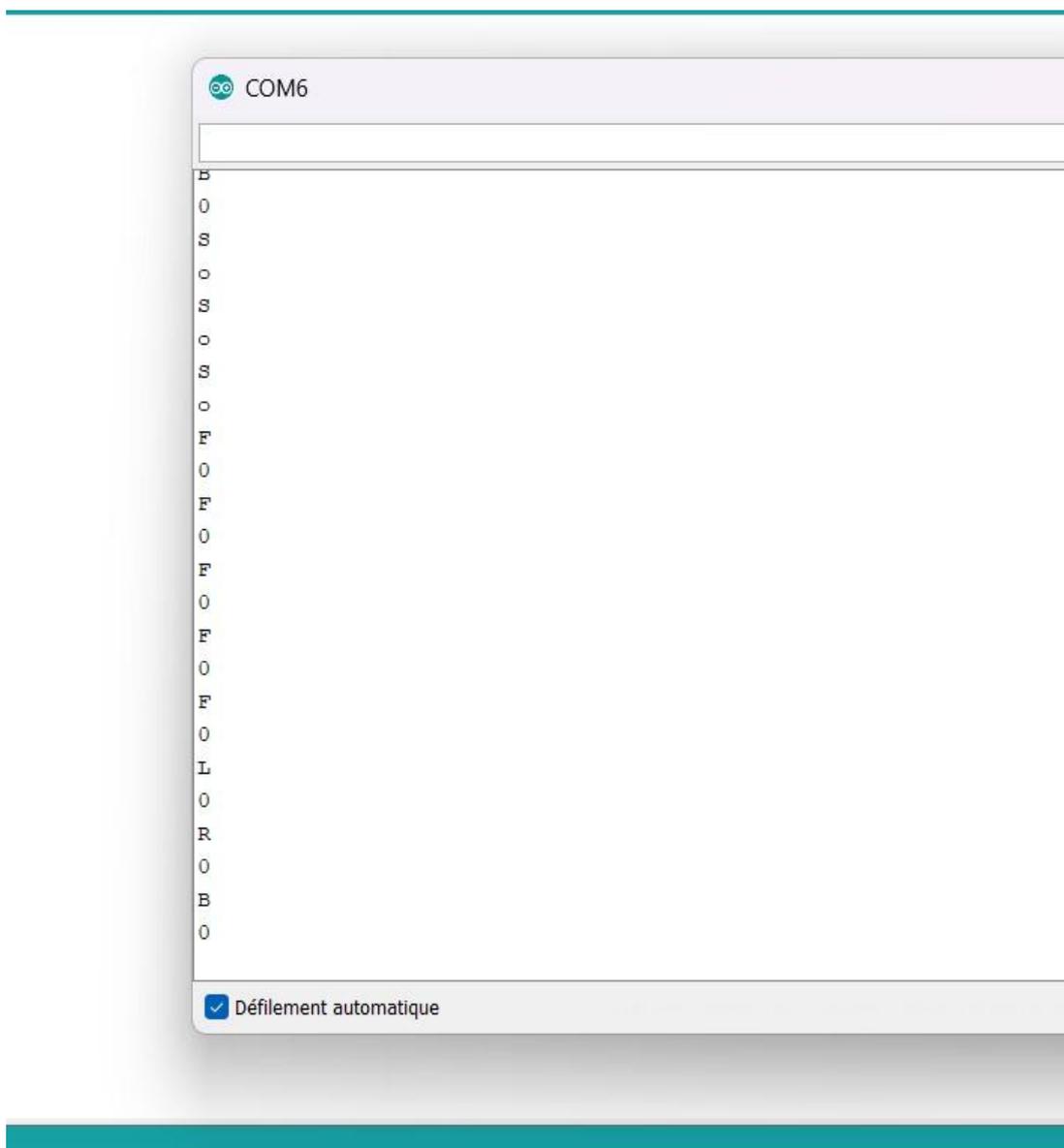


Figure 0-14 Résultats affichés dans le moniteur série

V.7 Programmation module Bluetooth+ Carte pilote moteur +LCD

```
lcd_hc05_i298 $
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SoftwareSerial.h>

// Bluetooth Serial Pins
SoftwareSerial BTSerial(12, 11); // RX, TX

// Motor Pins
const int motor1Pin1 = 2;
const int motor1Pin2 = 3;
const int motor2Pin1 = 4;
const int motor2Pin2 = 5;
const int enable1 = 9;
const int enable2 = 10;

// Initialize LCD
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Adjust the address if needed

void setup() {
  // Initialize Serial Communications
  BTSerial.begin(9600);
  Serial.begin(9600);

  // Initialize Motor Pins
  pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);
  pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
  pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
  pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);
  pinMode(enable1, OUTPUT);
  pinMode(enable2, OUTPUT);
}
```

```
// Initialize LCD
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Robot Ready");
}

void loop() {
  if (BTSerial.available()) {
    char command = BTSerial.read();
    Serial.println(command);

    switch (command) {
      case 'F': // Forward
        digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
        analogWrite(enable1, 255);
        analogWrite(enable2, 255);
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Moving Forward ");
        break;
      case 'B': // Backward
        digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
        analogWrite(enable1, 255);
        analogWrite(enable2, 255);
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Moving Backward ");
    }
  }
}
```

```
    lcd.print("Moving Backward ");
    break;
case 'L': // Left
    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
    analogWrite(enable1, 255);
    analogWrite(enable2, 255);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Turning Left  ");
    break;
case 'R': // Right
    digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
    analogWrite(enable1, 255);
    analogWrite(enable2, 255);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Turning Right  ");
    break;
case 'S': // Stop
    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
    analogWrite(enable1, 0);
    analogWrite(enable2, 0);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Stopped      ");
```

```

    lcd.print("Stopped      ");
    break;
default:
    // Stop the motors if the command is not recognized
    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
    analogWrite(enable1, 0);
    analogWrite(enable2, 0);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Invalid Command ");
    break;
}
}
}

```

Éléversement terminé

Figure V-15 Code pour module Bluetooth + carte pilote moteur +LCD

On a eu les résultats dans le moniteur série comme suit

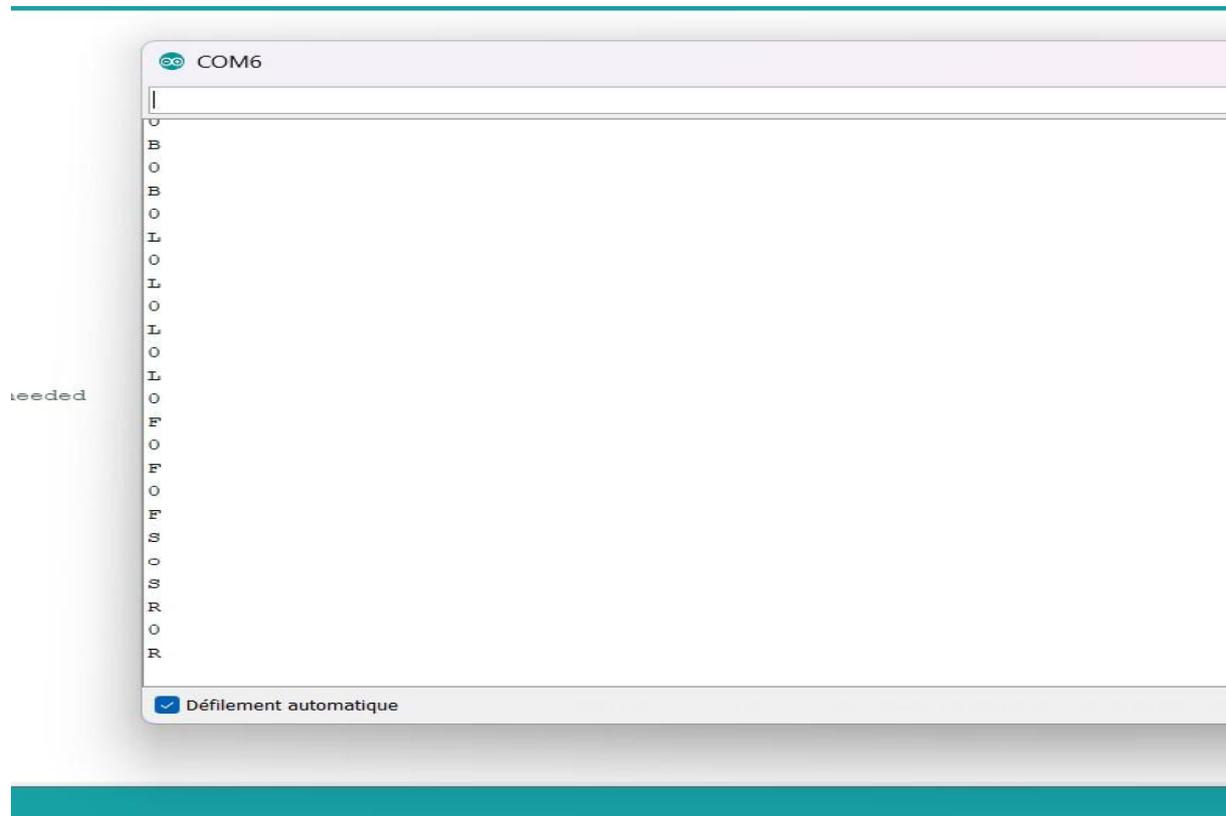


Figure I-16 Résultats affichés dans le moniteur série

Après le téléversement du code et l'utilisation d'application arduino Bluetooth on a eu
L'affichage suivant



Figure V -17 Affichage l'état arrêt du robot



Figure I-18 Affichage l'état (tourne à droite)



Figure I-19 Affichage l'état avance

V.8 Différent scénarios d'utilisation du robot

V.8.1 Mode manuel (commande avec l'application)



```
// Define motor control pins
#define IN1 2
#define IN2 3
#define IN3 4
#define IN4 7
#define ENA 6
#define ENB 5

// Define pump control pin
#define PUMP 8

// Define double-click interval in milliseconds
#define DOUBLE_CLICK_INTERVAL 500

unsigned long lastBackwardTime = 0;
bool pumpActivated = false;

void setup() {
  // Initialize serial communication
  Serial.begin(9600);

  // Initialize motor control pins
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
```

Téléversement terminé

```
avrdude done. Thank you.
```

```
✓ → 🏠 ⬆️ ⬇️ Nouveau
sketch_jun17d

// Initialize motor control pins
pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);
pinMode(IN3, OUTPUT);
pinMode(IN4, OUTPUT);
pinMode(ENA, OUTPUT);
pinMode(ENB, OUTPUT);

// Initialize pump control pin
pinMode(PUMP, OUTPUT);

// Set initial motor speeds
analogWrite(ENA, 255); // Full speed for motor A
analogWrite(ENB, 255); // Full speed for motor B

// Ensure pump is off initially
digitalWrite(PUMP, LOW);
}

void moveForward() {
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

Téléversement terminé
```

```
sketch_jun17d

void moveBackward() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
}

void turnRight() {
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
}

void turnLeft() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}

void stopMotors() {
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
}

Téléversement terminé
```

```

✓ → 📄 📤 📥 Télécharger
sketch_jun17d
digitalWrite(IN3, LOW);
digitalWrite(IN4, LOW);
}

void togglePump() {
  pumpActivated = !pumpActivated;
  digitalWrite(PUMP, pumpActivated ? HIGH : LOW);
}

void loop() {
  if (Serial.available() > 0) {
    char command = Serial.read();
    unsigned long currentTime = millis(); // Move declaration outside switch-case
    switch (command) {
      case 'F': // Forward
        moveForward();
        break;
      case 'B': // Backward
        if (currentTime - lastBackwardTime < DOUBLE_CLICK_INTERVAL) {
          // Double-click detected
          togglePump();
        }
        lastBackwardTime = currentTime;
        moveBackward();
        break;
      case 'L': // Left

```

Téléversement terminé

```

        break;
      case 'L': // Left
        turnLeft();
        break;
      case 'R': // Right
        turnRight();
        break;
      case 'S': // Stop
        stopMotors();
        break;
      default:
        stopMotors();
        break;
    }
  }
}
}

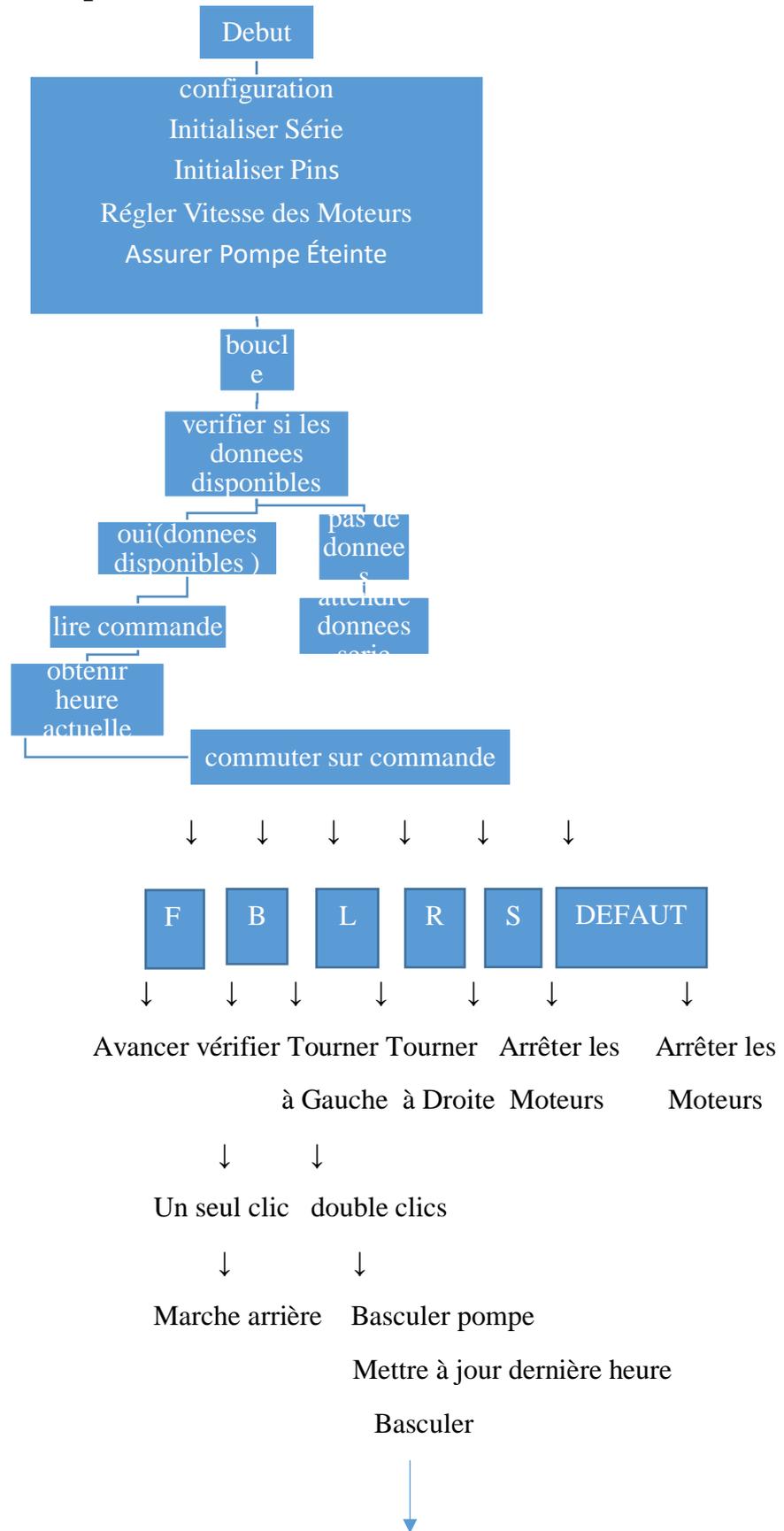
```

Téléversement terminé

avrdude done. Thank you.

FigureV- 20 Code générale pour le Mode manuel (commande avec l’application)

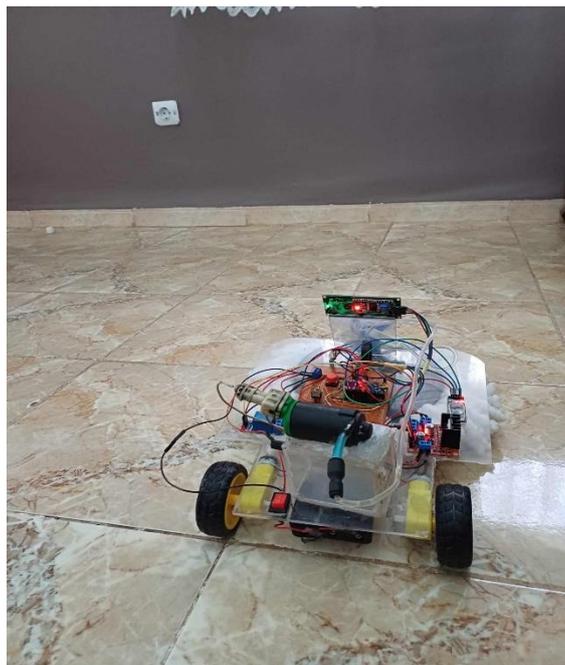
V.8.2 Un Organigramme pour le mode manuel



FigureV- 21 Organigramme pour le mode manuel

V.8.3 Description du scenario (Mode manuel)

Le code fourni est conçu pour contrôler un robot à moteur via une communication Bluetooth, permettant des mouvements de base tels que l'avance, la marche arrière, les virages à gauche et à droite, ainsi que l'arrêt. Les moteurs sont contrôlés par les broches IN1 à IN4 avec la vitesse définie par les broches ENA et ENB. Le moteur peut être activé dans une direction spécifique en définissant les états des broches correspondantes. Une fonctionnalité de double-clic sur la commande arrière ('B') active ou désactive une pompe via la broche PUMP, offrant ainsi un contrôle supplémentaire. L'ensemble du processus est géré dans la boucle principale de manière réactive à partir des commandes série entrantes, assurant ainsi un fonctionnement intuitif en mode manuel avec l'applications Arduino Bluetooth Controller.



FigureV-22 : robot en position initial

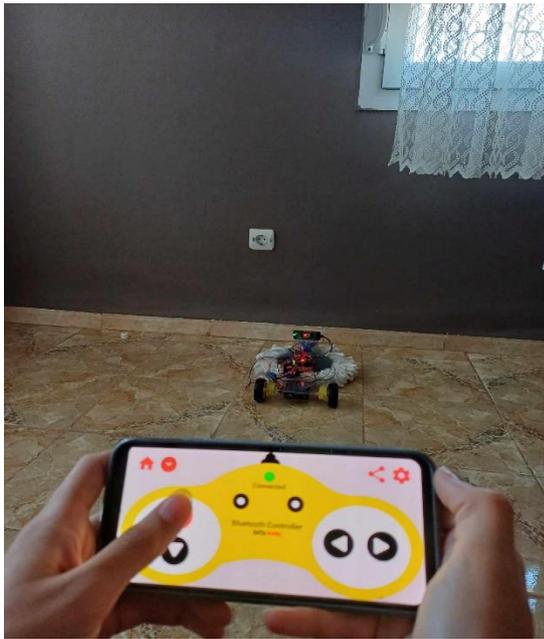


Figure V-23 Robot en position finale (le mur)



Figure V-24 Robot tourne a droit avec l'application

V.9 Mode automatique (sans obstacle)

```
✓ → 📄 ⬆️ ⬇️ Nouveau
sans_obstacle_code
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// LCD Setup
|
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Ultrasonic Sensor Setup
const int trigPin = 9;
const int echoPin = 10;

// Motor Control Pins for L298N
const int in1 = 2;
const int in2 = 3;
const int in3 = 4;
const int in4 = 7;
const int ena = 5; // Enable pin for motor A
const int enb = 6; // Enable pin for motor B

// Pump Control Pin
const int pumpPin = 11;

// Constants for movement and area
const int WALL_DISTANCE_CM = 10; // Distance from the wall to stop
const int SIDE_LENGTH_CM = 100; // Length of each side for movement
const int TARGET_AREA_CM2 = 20000; // Target area to clean

Téléversement terminé
avrdude done. Thank you.
```

```
✓ → 📄 ⬆️ ⬇️ Nouveau
sans_obstacle_code

// Variables for tracking movement
long cleanedArea = 0;
int currentState = 0; // 0: initial pump, 1: forward, 2: stop and pump, 3: turn right twice, 4: forward, 5: stop and pump, 6: turn left twice

void setup() {
  // Initialize LCD
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Welcome");

  // Initialize Serial communication
  Serial.begin(9600);

  // Initialize Ultrasonic Sensor Pins
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);

  // Initialize Motor Control Pins
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);
  pinMode(ena, OUTPUT);
  pinMode(enb, OUTPUT);

Téléversement terminé
```

sans_obstacle_code

```
// Initialize Pump Control Pin
pinMode(pumpPin, OUTPUT);

// Turn off motors and pump initially
stopMotors();
digitalWrite(pumpPin, LOW);

delay(2000); // Delay for initialization
}

void loop() {
  // Robot movement logic
  switch (currentState) {
    case 0: // Initial pump
      controlPump();
      currentState = 1;
      break;
    case 1: // Moving forward
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Moving Forward");
      moveForwardUntil(WALL_DISTANCE_CM);
      currentState = 2;
      break;
    case 2: // Stop and pump
```

Téléversement terminé

sans_obstacle_code

```
      break;
    case 2: // Stop and pump
      controlPump();
      currentState = 3;
      break;
    case 3: // Turning right twice
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Turning Right");
      turnRight();
      turnRight();
      currentState = 4;
      break;
    case 4: // Moving forward again
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Moving Forward");
      moveForwardUntil(WALL_DISTANCE_CM);
      currentState = 5;
      break;
    case 5: // Stop and pump
      controlPump();
      currentState = 6;
      break;
    case 6: // Turning left twice
      lcd.clear();
```

Téléversement terminé

```
✓ → 📄 ⬆️ ⬇️
sans_obstacle_code
    break;
case 6: // Turning left twice
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Turning Left");
    turnLeft();
    turnLeft();
    currentState = 1;
    break;
}

// Calculate cleaned area
cleanedArea += SIDE_LENGTH_CM * SIDE_LENGTH_CM;

// Stop cleaning if target area is reached
if (cleanedArea >= TARGET_AREA_CM2) {
    stopMotors();
    Serial.println("Cleaning complete!");
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Cleaning complete!");
    while (true); // Stop further execution
}

// Delay between actions
delay(1000);
Téléversement terminé
```

```

,

void controlPump() {
    digitalWrite(pumpPin, HIGH); // Turn on pump
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Pump ON");
    delay(1000); // Adjust this delay as necessary for pumping water
    digitalWrite(pumpPin, LOW); // Turn off pump
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Pump OFF");
    delay(1000); // Ensure pump is off before moving
}

void moveForwardUntil(int distanceToStop) {
    // Set motors to move forward
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, HIGH);
    digitalWrite(in4, LOW);
    analogWrite(ena, 150); // Set to medium speed
    analogWrite(enb, 150); // Set to medium speed
    Serial.println("Moving Forward");

    while (measureDistance() > distanceToStop) {

```

Téléversement terminé

```
sans_obstacle_code
while (measureDistance() > distanceToStop) {
  delay(100); // Short delay for sensor reading stability
}

stopMotors();
}

void turnRight() {
  // Set motors to turn right
  digitalWrite(in1, HIGH);
  digitalWrite(in2, LOW);
  digitalWrite(in3, LOW);
  digitalWrite(in4, HIGH);
  analogWrite(ena, 150); // Set to medium speed
  analogWrite(enb, 150); // Set to medium speed
  Serial.println("Turning Right");

  delay(1000); // Adjust this delay based on the turning speed of the robot

  stopMotors();
}

void turnLeft() {
  // Set motors to turn left
  digitalWrite(in1, LOW);
  digitalWrite(in2, HIGH);
```

Téléversement terminé

```
sans_obstacle_code
digitalWrite(in2, HIGH);
digitalWrite(in3, HIGH);
digitalWrite(in4, LOW);
analogWrite(ena, 150); // Set to medium speed
analogWrite(enb, 150); // Set to medium speed
Serial.println("Turning Left");

delay(1000); // Adjust this delay based on the turning speed of the robot

stopMotors();
}

void stopMotors() {
  // Stop both motors
  digitalWrite(in1, LOW);
  digitalWrite(in2, LOW);
  digitalWrite(in3, LOW);
  digitalWrite(in4, LOW);
  analogWrite(ena, 0);
  analogWrite(enb, 0);
  Serial.println("Motors stopped");
}

long measureDistance() {
  // Ensure that the trigPin is low initially
  digitalWrite(trigPin, LOW);
```

Téléversement terminé

```

// Send an ultrasonic pulse of 10 microseconds
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);

// Measure the time it takes for the pulse to return
long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

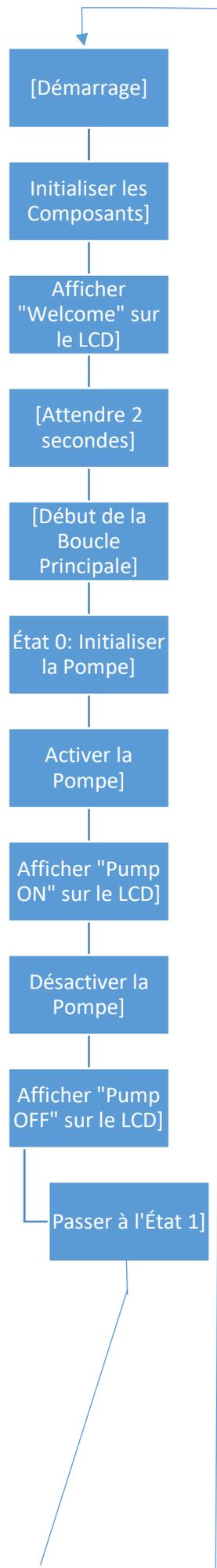
// Convert the time into distance
long cm = duration / 29 / 2;
Serial.print("Distance: ");
Serial.print(cm);
Serial.println(" cm");
return cm;
}

```



FigureV- 25 Code générale pour le Mode automatique (sans obstacle)

V.9.1 Un Organigramme pour le mode automatique (sans obstacle)



[État 1: Avancer]

[Afficher "Moving Forward" sur le LCD]

Avancer jusqu'à 100 cm ou 10 cm du mur]

Arrêter les Moteurs]

Passer à l'État 2

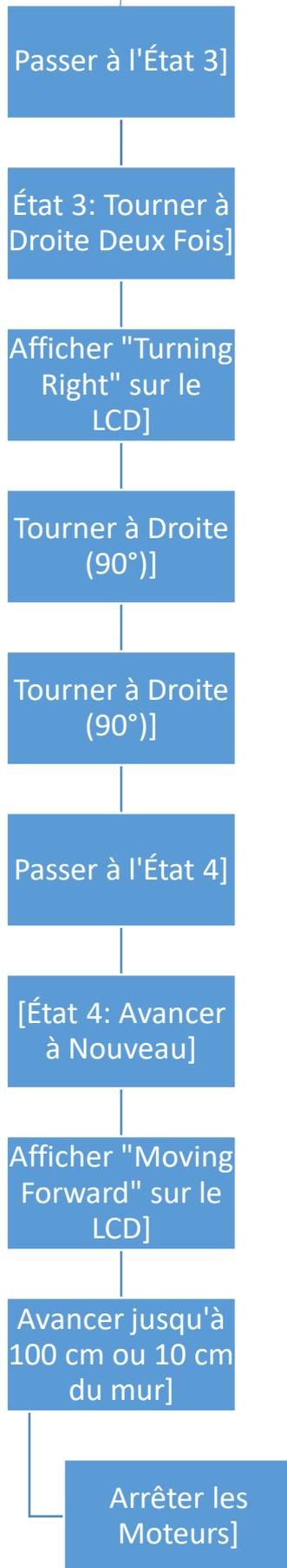
[État 2: Arrêt et Pompe]

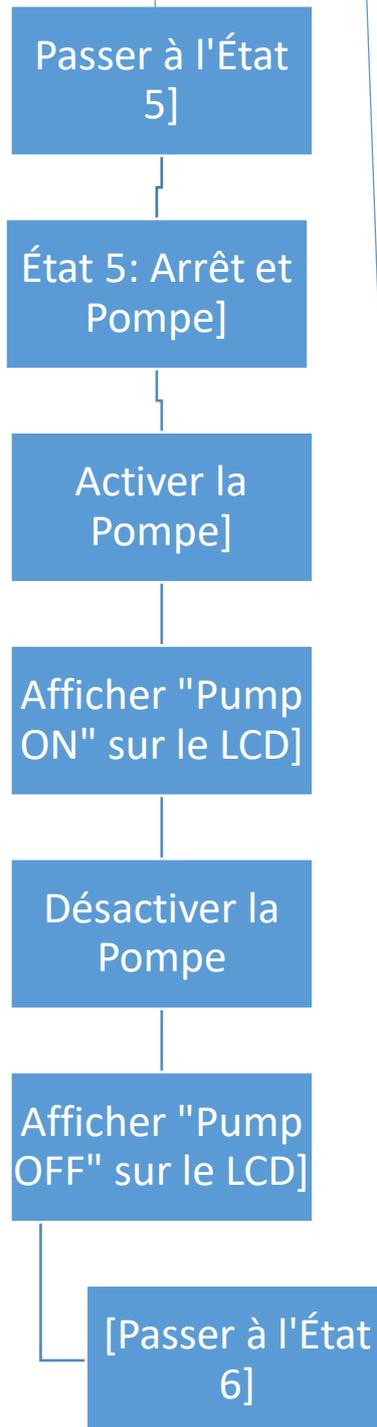
Activer la Pompe]

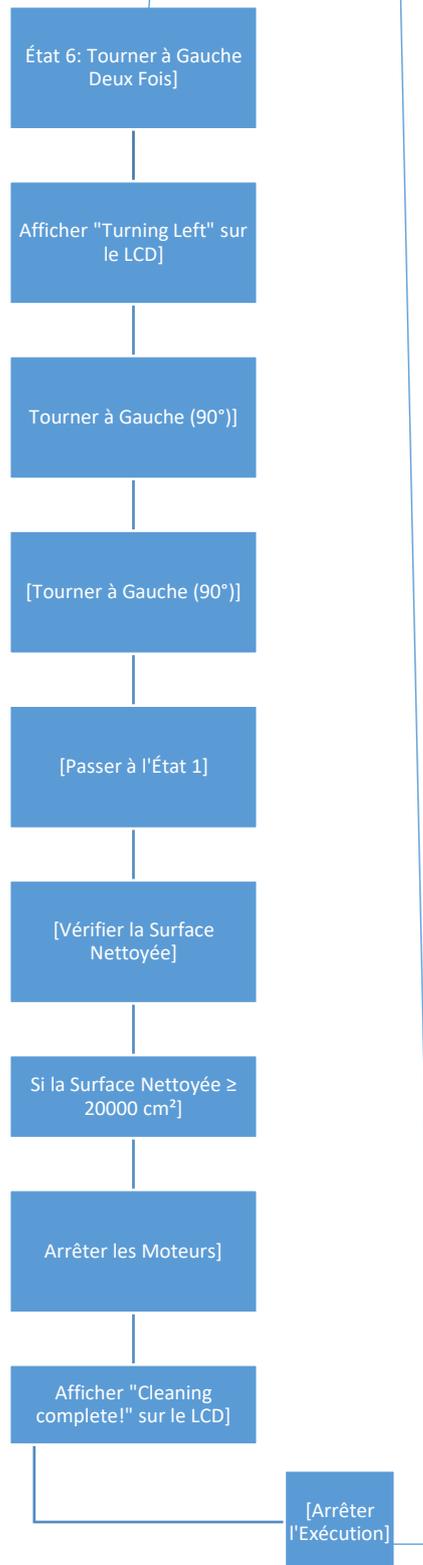
Afficher "Pump ON" sur le LCD

Désactiver la Pompe

Afficher "Pump OFF" sur le LCD]







FigureV- 26 Organigramme pour mode automatique (sans obstacle)

V.9.2 Description du scenario (mode automatique sans obstacle)

Le robot nettoyeur commence par initialiser tous les composants (LCD, capteurs, moteurs, pompe) et affiche "Welcome" sur le LCD, suivi d'une attente de 2 secondes. Dans la boucle principale, il commence par activer la pompe, affichant "Pump ON" puis "Pump OFF" sur le LCD. Ensuite, le robot avance de 100 cm ou jusqu'à ce qu'il soit à 10 cm d'un mur, affichant "Moving Forward" sur le LCD, puis s'arrête et réactive la pompe avec les mêmes affichages. Ensuite, il tourne à droite deux fois (180 degrés), affichant "Turning Right", et répète l'avance et l'arrêt avec la pompe. Il tourne ensuite à gauche deux fois (180 degrés), affichant "Turning Left". Après chaque cycle, il ajoute la surface nettoyée à une variable `cleanedArea`. Si cette surface atteint ou dépasse 20000 cm², le robot arrête les moteurs, affiche "Cleaning complete!" sur le LCD, et stoppe l'exécution.



Figure V-27 Robot position initial



Figure V-28 Robot tourne à droite

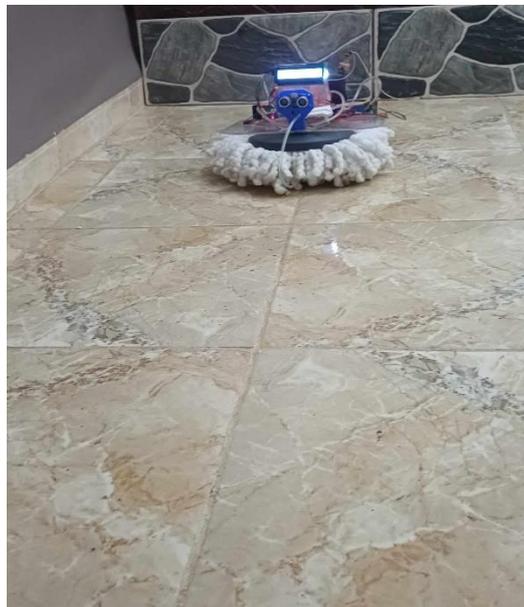


Figure V-29 Retour du robot par la deuxième ligne

V.10 Mode automatique (avec obstacle)

code_obstacle \$

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <NewPing.h>

// LCD Setup
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Ultrasonic Sensor Setup
#define TRIGGER_PIN 9
#define ECHO_PIN 10
#define MAX_DISTANCE 200 // Distance maximale à mesurer en cm

// Motor Control Pins (L298N)
const int in1 = 2;
const int in2 = 3;
const int in3 = 4;
const int in4 = 7;
const int ena = 5;
const int enb = 6;

// Pump Control Pin
const int pumpPin = 11;

// Constants
const int FORWARD_SPEED = 150; // Vitesse des moteurs en PWM (0-255)
const int TURN_SPEED = 200; // Vitesse pour tourner
```

Téléversement terminé

```
avrduide done. Thank you.
```

code_obstacle \$

```
// Variables
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE); // Objet pour le capteur ultrason

void setup() {
  // Initialize LCD
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Pump ON"); // Affiche "Pump ON" au démarrage
  digitalWrite(pumpPin, HIGH); // Active la pompe dès le démarrage

  // Initialize Motor Control Pins
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);
  pinMode(ena, OUTPUT);
  pinMode(enb, OUTPUT);

  // Turn off motors initially
  stopMotors();

  delay(2000); // Delay for initialization
}
```

Téléversement terminé

code_obstacle §

```
void loop() {  
  // Measure distance using Ultrasonic Sensor  
  int distance = sonar.ping_cm();  
  Serial.print("Distance: ");  
  Serial.print(distance);  
  Serial.println(" cm");  
  
  // Control pump based on distance  
  if (distance < 10) {  
    controlPump(); // Activate pump  
    delay(1000); // Adjust delay for pump operation  
    stopPump(); // Deactivate pump  
  }  
  
  // Control movement based on distance  
  if (distance >= 10) {  
    moveForward();  
  } else {  
    turn();  
  }  
  
  delay(100); // Adjust delay between sensor readings  
}  
  
void controlPump() {|
```

Téléversement terminé

avrdude done. Thank you.

```

void controlPump() {
    digitalWrite(pumpPin, HIGH); // Turn on pump
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Pump ON");
    delay(1000); // Adjust this delay as necessary for pumping water
}

void stopPump() {
    digitalWrite(pumpPin, LOW); // Turn off pump
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Pump OFF");
}

void moveForward() {
    analogWrite(ena, FORWARD_SPEED);
    analogWrite(enb, FORWARD_SPEED);
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, HIGH);
    digitalWrite(in4, LOW);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Moving Forward");
}

```

Téléversement terminé

```

}

void turn() {
    analogWrite(ena, TURN_SPEED);
    analogWrite(enb, TURN_SPEED);
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, HIGH);
    digitalWrite(in3, HIGH);
    digitalWrite(in4, LOW);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Turning");
}

void stopMotors() {
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, LOW);
    analogWrite(ena, 0);
    analogWrite(enb, 0);
}

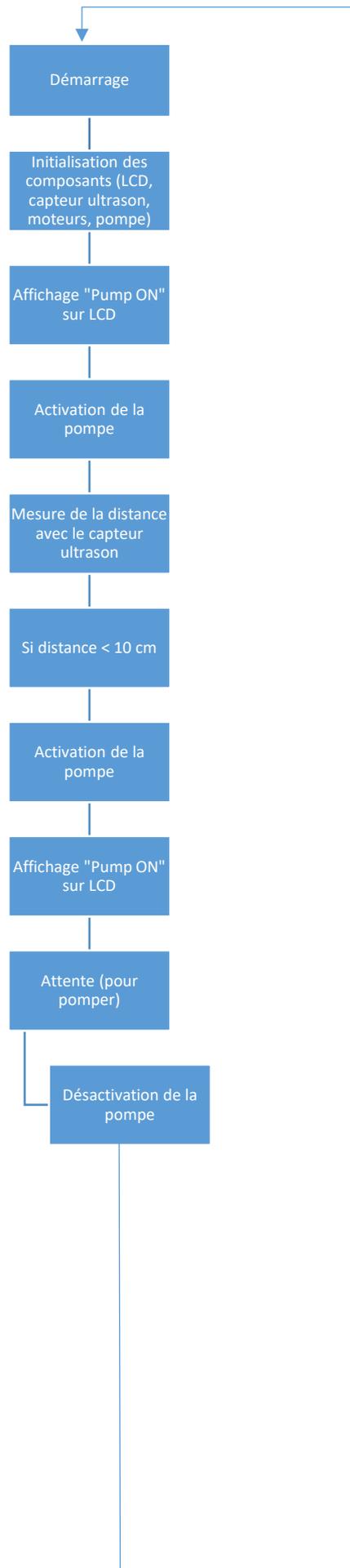
```

Téléversement terminé

avrdude done. Thank you.

Figure V-30 Code générale pour mode automatique (avec obstacl

V.10.1 Un organigramme pour le mode automatique (avec obstacle)



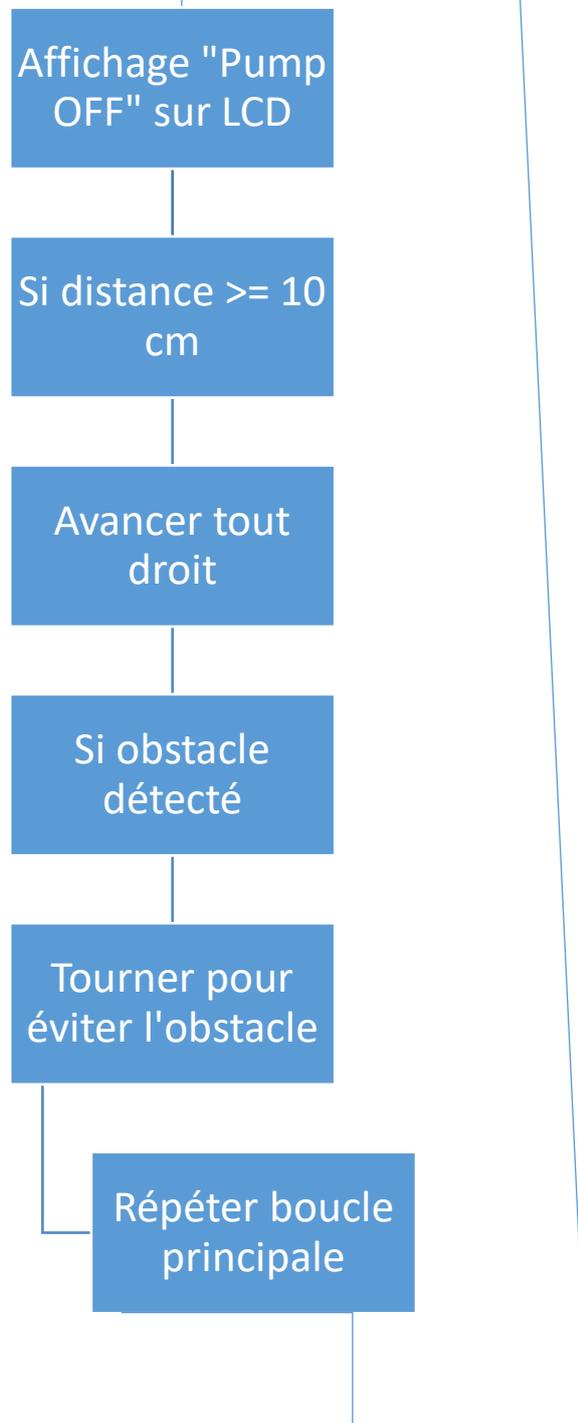


Figure V-31 Organigramme pour mode automatique (avec obstacle

V.10.2 Description du scénario (mode automatique avec obstacle)

Le programme démarre en initialisant tous les composants, y compris le LCD, le capteur ultrason, les moteurs et la pompe. Dès le début, l'écran LCD affiche "Pump ON" pour indiquer que la pompe est activée et prête à commencer le processus de nettoyage. Le capteur ultrason mesure en continu la distance devant le robot. Si un obstacle est détecté à moins de 10 cm, le robot s'arrête, active la pompe pour asperger le liquide nettoyant, puis la désactive après un court laps de temps, mettant à jour l'écran LCD pour afficher "Pump ON" puis "Pump OFF". Le robot tourne ensuite pour éviter l'obstacle et continue d'avancer. Si aucun obstacle n'est détecté à moins de 10 cm, le robot continue à avancer tout droit. Ce cycle se répète, garantissant que le robot avance, évite les obstacles et active la pompe pour le nettoyage chaque fois que nécessaire. L'écran LCD fournit un retour visuel en temps réel sur l'état de la pompe, facilitant la surveillance du processus de nettoyage autonome du robot.

Figure V-32 Le robot détecte un obstacle



Figure V-33 Le robot détecte un obstacle



Figure V-34 Le robot change de direction



Figure V-35 Le robot continue de nettoyer

CONCLUSION

Ce chapitre a détaillé les performances du robot nettoyeur à deux roues, mettant en évidence les codes de chaque composant et les programmes en modes manuel et automatique. Les tests montrent que le microcontrôleur, les moteurs, les capteurs et le système de nettoyage fonctionnent efficacement, permettant au robot de se déplacer de manière autonome, d'éviter les obstacles et de nettoyer les surfaces efficacement. En mode manuel, le robot répond bien aux commandes, tandis qu'en mode automatique, il navigue de manière autonome et couvre les zones de nettoyage prévues. Bien que des améliorations soient possibles, notamment en termes d'autonomie de la batterie et de sophistication des capteurs, les résultats sont prometteurs et ouvrent la voie à des innovations futures.

CONCLUSION GENERALE

VI. Conclusion Générale

La réalisation de ce projet de robot nettoyeur à deux roues nous a permis d'apprendre des techniques et d'acquérir de nouvelle compétence précieuse en science moderne (robotique). Ce mémoire a documenté chaque étape, de la conception à la mise en œuvre, en passant par les tests et l'évaluation des performances du robot. Les principaux objectifs de ce projet étaient de créer un robot capable de se déplacer de manière autonome, d'éviter les obstacles et d'effectuer des tâches de nettoyage efficacement. Voici une synthèse des conclusions tirées de ce travail

VI.1 Réalisations et Contributions

VI.1.1 Conception

- Un robot nettoyeur à deux roues a été conçu avec une structure compacte et légère, optimisée pour une mobilité et une maniabilité maximales dans un environnement domestique.
- Les composants matériels, incluant les capteurs, les moteurs et la batterie, ont été sélectionnés et intégrés de manière à garantir une autonomie suffisante et une performance fiable.

VI.1.2 Système de contrôle

- Un algorithme de navigation basé sur l'évitement d'obstacles a été implémenté, permettant au robot de se déplacer de manière autonome dans des espaces encombrés.
- L'utilisation de capteurs (par exemple ultrasons) a permis une détection précise des obstacles et une adaptation rapide du parcours du robot.

VI.1.3 Limites et Contraintes

- Problème de la Batterie : Bien que l'autonomie soit adéquate pour des tâches de nettoyage de courte durée, des améliorations sont nécessaires pour prolonger la durée d'utilisation sans recharge.
- Problème de nettoyage : Le robot peut avoir des difficultés à nettoyer certains types de surfaces.

- Navigation Complexe : Les environnements très encombrés ou comportant de nombreux obstacles mobiles peuvent poser des défis supplémentaires au système de navigation.

VI.2 Perspectives d'Avenir

VI.2.1 Améliorations Techniques

- Autonomie et Efficacité Énergétique : Développer des batteries plus performantes et optimiser la consommation énergétique des composants pour prolonger l'autonomie du robot.

- Capteurs et Algorithmes : Intégrer des capteurs plus avancés (comme la vision par ordinateur) et améliorer les algorithmes de navigation pour une détection et une adaptation encore plus précises aux obstacles.

VI.2.2 Fonctionnalités Additionnelles

- Nettoyage Multifonction: Ajouter des fonctionnalités supplémentaires telles que le nettoyage humide ou la désinfection pour augmenter la polyvalence du robot.

- Intégration Domotique : Permettre au robot de s'intégrer dans des systèmes de maison intelligente, facilitant le contrôle à distance via des applications mobiles ou des assistants vocaux.

VI.2.3 Études et Tests Complémentaires :

- Scénarios Réels : Effectuer des tests approfondis dans des environnements domestiques réels pour évaluer et améliorer les performances du robot en conditions réelles.

- Adaptabilité: Étudier la capacité du robot à s'adapter à différents types de sols et de conditions de nettoyage pour une utilisation plus universelle.

En conclusion, ce projet a posé les bases d'un robot nettoyeur domestique efficace et innovant. Les résultats obtenus sont prometteurs et ouvrent la voie à des améliorations futures qui pourraient faire de ce type de robot un outil indispensable dans les foyers modernes. Les perspectives d'amélioration et d'innovation sont nombreuses, et le développement continu de ces technologies pourrait transformer radicalement notre approche du nettoyage domestique.

BIBLIOGRAPHIE

VII. BIBLIOGRAPHIE

- [1] « Screw Theory in Robotics | An Illustrated and Practicable Introduction ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781003216858/screw-theory-robotics-jose-pardos-gotor>
- [2] « Robotics | Definition, Applications, & Facts | Britannica ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.britannica.com/technology/robotics>
- [3] « La révolution robotique - Peter Skalfist - Google Livres ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://books.google.dz>
- [4] c'est ? F. R. ;, « Robotique : qu'est-ce que c'est ? », *Rev. Sci.*, juin 2002.
- [5] « Histoire de la robotique : des automates aux premiers robots | Dossier ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/tech/dossiers/robotique-robotique-a-z-178/page/2/>
- [6] « ISN - Robotique - Constituants d'un robot ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://silanus.fr/sin/formationISN/Parcours/Robotique/co/module_Robotique_9.html
- [7] « Robotique agricole : l'avenir de l'agriculture moderne - Rtone ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://rtone.fr/blog/robotique-agricole-avenir-agriculture-moderne/>
- [8] « Quelle différence entre un robot et un automate ? – Robot et Tech ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.robot-n-tech.com/quelle-difference-entre-un-robot-et-un-automate/>
- [9] « Donner un sens à l'intelligence artificielle: pour une stratégie nationale ... - Cédric Villani, Yann Bonnet, Charly Berthet, François Levin, Marc Schoenauer, Anne Charlotte Cornut, Bertrand Rondepierre - Google Livres ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://books.google.dz/books> [10] « Qu'est-ce que l'intelligence artificielle (IA) et pourquoi est-elle importante | NetApp ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.netapp.com/fr/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence>.
- [11] « Histoire de l'intelligence artificielle — Wikipédia ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_l%27intelligence_artificielle
- [12] « Intelligence artificielle — Wikipédia ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_artificielle
- [13] « Réseau de neurones artificiels (RNA) : définition & fonctionnement ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://ledigitaliseur.fr/ia/reseau-de-neurones-artificiels/>
- [14] « Que sont les réseaux neuronaux ? | IBM ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/neural-networks>
- [15] « Natural Language Processing (NLP) : Définition et principes ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing>
- [16] « Vision par ordinateur », *Wikipédia*. 3 juin 2024. Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Vision_par_ordinateur&oldid=215641994
- [17] « Système expert - Data Analytics Post ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://dataanalyticspost.com/Lexique/systeme-expert/>
- [18] « L'intelligence artificielle dans l'industrie », Siemens France. Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur:

- <https://www.siemens.com/fr/fr/entreprise/stories/industrie-du-futur/l-intelligence-artificielle-dans-l-industrie.html>
- [19] L. Delattre, « L'IA générative a bien atteint le pic de la Hype Cycle du Gartner », IT for Business. Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.itforbusiness.fr/l-ia-generative-a-bien-atteint-le-pic-de-la-hype-cycle-du-gartner-66484>
- [20] « robotics, n. meanings, etymology and more | Oxford English Dictionary ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.oed.com/dictionary/robotics_n
- [21] « Les meilleurs robots aspirateurs laveurs », *Le Monde.fr*, 8 septembre 2023. Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.lemonde.fr/guides-d-achat/article/2023/09/08/les-meilleurs-robots-aspirateurs-laveurs_6188403_5306571.html
- [22] « Robot et intelligence artificielle : impact, rôle et fonctionnement - IA School ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.intelligence-artificielle-school.com/alternance-et-entreprises/secteur-d-activite/robot-et-intelligence-artificielle-impact-role-et-fonctionnement/>
- [23] « Découvrez comment l'intelligence artificielle (IA) change la robotique ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.intel.fr/content/www/fr/fr/robotics/artificial-intelligence-robotics.html>
- [24] Bcnvision, « Robotique industrielle : IA et vision artificielle. » Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://bcnvision.es/blog-vision-artificial/fr/robotique-vision-industrielle-ia/>
- [25] F. J. Pinilla, R. Martínez-Tomás, et M. Rincón, « Automatic Scoring of Rey-Osterrieth Complex Figure Test Using Recursive Cortical Networks », in *Artificial Intelligence in Neuroscience: Affective Analysis and Health Applications*, J. M. Ferrández Vicente, J. R. Álvarez-Sánchez, F. de la Paz López, et H. Adeli, Éd., Cham: Springer International Publishing, 2022, p. 455-463. doi: 10.1007/978-3-031-06242-1_45.
- [26] « Robotique et intelligence artificielle : Le rôle de l'IA dans les robots ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://aiexplorer.io/actualites-ia/robotique-et-intelligence-artificielle-le-role-de-lia-dans-les-robots/>
- [27] « L'intelligence artificielle débarque dans le nettoyage ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ph06.com/blog/l-intelligence-artificielle-debarque-dans-le-nettoyage-n73>
- [28] « Microsoft Copilot : votre assistant IA quotidien », Microsoft Copilot : votre assistant IA quotidien. Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://ceto.westus2.binguxlivesite.net/?form=MG0AUO>
- [29] « The Fritzing Parts Library ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://fritzing.org/>
- [30] « Software ». Consulté le: 10 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.arduino.cc/en/software>
- [31] « Arduino bluetooth controller - Apps on Google Play ». Consulté le: 14 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.giumig.apps.bluetoothserialmonitor&hl=en_US