



République Algérienne Démocratique et Populaire.



Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Université d'Oran 2  
Institut de Maintenance et de sécurité Industrielle

**Mémoire / Master 2023.**

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
DE MASTER 2 EN INGENIERIE DE LA MAINTENANCE EN  
INSTRUMENTATION

**Réalisation D'un Robot Autonome**

**Présenté par :**

**Mr. Mouemene Moncef Abdel Malek**

**Mr. Loucif Mohammed**

Devant le jury composé de :

<b>Mr. Hassini Abdellatif</b>	Professeur	IMSI Univ Oran 2	Président
<b>Mme. Moufok Souad</b>	MAA	Univ Oran 2	Examineur
<b>Mr. Rouan-Serik Mehdi</b>	MCB	IMSI Univ Oran 2	Encadrant
<b>Mr. Ikhlef Abdallah</b>	Magister	USTO MB	Co-encadrant

# Réalisation D'un Robot Autonome

## Résumé :

Dans ce mémoire on parle sur Les robots mobiles autonomes utilisant Arduino, l'intelligence artificielle et leur capacité de prendre des décisions intelligentes, naviguer dans des environnements complexes et accomplir des tâches spécifiques. Ils trouvent des applications dans la logistique, l'industrie, la santé, et plus encore, ouvrant de nouvelles possibilités d'innovation et de progrès technologiques. et pour notre thèse, nous avons créé un robot qui soit éviterait les obstacles, soit suivrait un objet en utilisant l'IA et des capteurs.

**Mots clés :** autonome, robot mobile, arduino, intelligence artificielle

## Realization of an Autonomous Robot

### Abstract:

Autonomous mobile robots using Arduino and artificial intelligence are able to make intelligent decisions, navigate complex environments and complete specific tasks. They find applications in logistics, industry, healthcare, and more, opening up new possibilities for innovation and technological advancements. and for our thesis we made a robot that would either avoid obstacles or follow an object using AI and capteurs.

**Key words:** Autonomous, mobile robots ,Arduino ,artificial intelligence

## تحقيق روبوت مستقل

**الملخص:** الروبوتات المتنقلة المستقلة التي تستخدم Arduino والذكاء

الاصطناعي قادرة على اتخاذ قرارات ذكية ، والتنقل في البيئات المعقدة وإكمال مهام محددة . يجدون تطبيقات في اللوجستيات والصناعة والرعاية الصحية وغير ذلك ، مما يفتح إمكانيات جديدة للابتكار والتقدم التكنولوجي . ومن أجل أطروحتنا ، صنعنا روبوتًا يمكنه إما تجنب العقبات أو تتبع كائن باستخدام الذكاء الاصطناعي والكابتن

**كلمات مفتاحية:** الروبوتات المتنقلة, الذكاء الاصطناعي, المستقلة, Arduino

# Remerciements

*Nous tenons à remercier notre Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la Santé et la Volonté pour compléter ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier notre promoteur, Monsieur Rouane serik .M et Ikhlef. A pour sa disponibilité, son orientation et Son soutien moral tout au long de notre travail.*

*Nos profondes gratitude, s'adressent à Monsieur Hassini. A qui a accepté de présider ce jury.*

*Nos profondes gratitude aux membres du jury qui ont l'honneur d'évaluer ce travail de fin d'études.*

*Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire.*

*Nos remerciements les plus chaleureux vont à nos chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leur grand soutien durant toutes ces années d'études.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce Mémoire.*

# Sommaire

Remerciements .....	i
Sommaire .....	ii
Liste des Figures .....	v
Liste des Abréviations.....	vii
Introduction Générale .....	9
<b>Chapitre 1: Les Robots .....</b>	<b>11</b>
1.1 INTRODUCITON : .....	11
1.2 Les Robots mobile .....	12
1.2.1 PRESENTAION DES ROBOTS MOBILES .....	12
1.3 Les origines de la robotique [2] .....	12
1.3.1 Les dates marquantes de la robotique.....	13
1.4 Classification des robots mobiles [3] .....	14
1.4.1 Classification selon le degré d'autonomie .....	14
Robot télécommandé : .....	14
Robot semi-autonome : .....	14
Robot autonome : .....	14
1.4.2 Classification selon le domaine d'application .....	15
Les robots industriels et de service.....	15
Les robots militaires .....	15
Les robots de laboratoire .....	15
1.5 Les Architectures décisionnelles d'un robot mobile .....	16
1.5.1 Architecture délibérative .....	16
1.5.2 Architecture comportementale .....	17
1.5.3 Architecture hybride.....	17
1.6 Application de la robotique .....	17
1.6.1 La robotique d'intervention .....	18
1.6.2 La robotique de service professionnel.....	18
1.6.3 La robotique personnelle .....	18
1.7 LES MOYENS DE PERCEPTION EN ROBOTIQUE MOBILE [7] .....	18
1.8 LA STRUCTURE MECANIQUE ET MOTRICITE [8] .....	19
1.8.1 Les robots mobiles à roues .....	19
1.8.2 Les robots à chenilles .....	19
1.8.3 Les robots marcheurs.....	20
1.8.4 Les robots rampants .....	20
1.9 ORGANES DE SÉCURITÉ.....	21
1.10 TRAITEMENT DES INFORMATIONS ET GESTION DES TACHES .....	22
1.11 Conclusion.....	23
<b>Chapitre 2: Robotique &amp; IA .....</b>	<b>24</b>
2.1 Intelligence artificielle introduction .....	24

2.2	Historique de l'intelligence artificielle [11] .....	25
2.3	quelque techniques de l'IA .....	27
2.3.1	Apprentissage supervisé [12].....	27
	Définition.....	27
	les applications de l'apprentissage supervisé.....	27
	les algorithmes d'apprentissage supervisé .....	28
2.3.2	Apprentissage non supervisé [13] .....	28
	Définition.....	28
	Les applications .....	28
	différence entre apprentissage non supervisé et apprentissage supervisé .....	29
2.3.3	Apprentissage par renforcement [14] .....	29
	Définition.....	29
	Les applications .....	29
	les algorithmes d'apprentissage par renforcement .....	29
2.3.4	Réseaux de neurones artificiels .....	29
	Définition.....	30
	Application .....	30
2.3.5	Algorithmes génétiques .....	31
	Définition.....	31
	Application .....	31
2.3.6	Logique floue [15].....	32
	Définition.....	32
	les principales applications de la logique floue en IA sur le robot .....	32
	La commande flou.....	32
	Etape de fuzzification : .....	32
	La base des règles.....	33
	Les réactions associées à ces situations sont les suivantes .....	34
	Défuzzification.....	35
2.3.7	Traitement du langage naturel [16] .....	35
	Définition.....	35
	Quelques exemples de modèles de deep learning orientés NLP.....	36
2.4	Les Technique IA & la robotique .....	36
2.4.1	Vision par ordinateur.....	36
2.4.2	Apprentissage automatique.....	37
2.4.3	Apprentissage par renforcement .....	37
2.4.4	Planification automatique .....	37
2.4.5	Traitement du langage naturel .....	37
2.4.6	Réseaux de neurones artificiels .....	37
2.5	INTELLIGENCE ARTIFICIELLE & robots mobiles [17].....	38
2.5.1	Exemple sur un robot mobile intelligent .....	39
2.6	Conclusion.....	40
	<b>Chapitre 3: Conception.....</b>	<b>42</b>
3.1	Introduction .....	42
3.2	Généralités des matériaux.....	42
3.2.1	La locomotion .....	42
	DEFINITION GENERALE.....	43
	Historique .....	43
	Les critères de choix du moteur d'un robot autoguidé .....	44
	Les différents types de moteurs pour robots autoguidés .....	45
	<b>LE "SERVO" .....</b>	<b>45</b>
	<b>LE MOTEUR A COURANT CONTINU .....</b>	<b>45</b>
	<b>MOTEURS PAS A PAS .....</b>	<b>46</b>

Le moteur à aimants permanents.....	46
Le moteur à réluctance variable .....	47
Le moteur hybride.....	48
3.2.2 ROUES.....	48
Définition :.....	48
Historique : [18].....	48
Robot unicycle [19].....	49
Robot tricycle.....	50
Robot voiture .....	50
Robot omnidirectionnel .....	51
Les avantages et les inconvénients des différents types de robots à roues.....	52
3.2.3 CHASSIS.....	52
Définition:.....	52
CHASSIS ANCIENS : [20].....	52
CHASSIS MODERNES [20].....	53
3.2.4 Les capteurs en robotique mobile [21] .....	54
Capteurs proprioceptifs.....	56
Les capteurs de déplacement.....	56
<b>LES ODOMETRES :</b> .....	<b>56</b>
Les capteurs infrarouges :.....	57
Les capteurs ultrasonores :.....	57
3.3 Structure de notre robot.....	58
3.3.1 L'Arduino UNO R3 [22]:.....	58
Caractéristiques:.....	59
3.3.2 Carte Shield L293D.....	60
3.3.3 Cable USB .....	60
USB TYPE A.....	61
3.3.4 Capteur Infrarouge FC-51.....	61
Caractéristiques.....	62
Le Branchement.....	63
3.3.5 Moteur à courant continu.....	63
Détails techniques: .....	63
3.3.6 Batterie MIR SAT :.....	64
Caractéristiques de notre batterie .....	65
3.3.7 Les Roues .....	65
3.3.8 CHASSIS.....	66
<b>Chapitre 4: Simulation et Réalisation .....</b>	<b>67</b>
4.1 Définition de la simulation [23].....	67
4.2 DEFINITION ARDUINO [24].....	67
4.3 LES TYPES DE CARTES ARDUINOS .....	67
4.4 ARDUINO UNO .....	68
4.4.1 SIMULATEURS ARDUINO .....	69
Tinkercad Circuits.....	69
Virtual Breadboard et Avatar Hardware .....	70
SimulIDE.....	71
PICSimLab .....	72
Wokwi.....	72
UnoArduSim.....	73
Proteus.....	74
4.5 Les avantages et inconvénients de chaque simulateur .....	75
4.6 Simulation .....	77
4.6.1 Simulation du robot sur proteus .....	77
4.6.2 Simulation Wokwi en ligne .....	78

4.6.3 Programme évite obstacles .....	79
4.6.4 Scenarios d'applications du robot .....	82
4.6.5 Programme suiveur .....	86
4.6.6 Scénarios d'application du robot.....	89
4.7 Conclusion.....	90
Conclusion générale et perspectives .....	91
<b>Bibliographie .....</b>	<b>92</b>

## Liste des Figures

Figure 1: Robots mobiles a roues .....	19
Figure 2 : Les robots à chenilles .....	20
Figure 3 : Robots Marcheurs .....	20
Figure 4 : Robots rampants .....	21
Figure 5 : les éléments d'organe de sécurité dans un robot .....	22
Figure 6 schéma d'un réseau de neurone artificielle.....	31
Figure 7 : Schéma des différents modules d'un contrôleur flou.....	32
Figure 8: Fonctions d'appartenances de la distance .....	33
Figure 9: Représentation des différentes situations associées aux capteurs infrarouges. .....	34
Figure 10 : Les valeurs floues associées à l'orientation $\Delta(\theta)$ .....	35
Figure 11 : Servo moteur.....	45
Figure 12 : Moteur à courant continue.....	46
Figure : 13 Moteur pas à pas. ....	46
Figure 14 : Moteur à aimants permanent. ....	47
Figure 15 : Moteur à réluctance variable .....	48
Figure 16 : Robot Unicycle .....	50
Figure 17 : Robot Tricycle .....	50
Figure 18 : Robot voiture .....	51
Figure 19 : Robot Omnidirectionnel .....	51
Figure 20 : explication d'un capteur.....	55
Figure 21 : Capteur ultrasonore .....	58
Figure 22 : Arduino Uno R3 Wifi.....	59
Figure 23 : Carte L293D .....	60
Figure 24 :Cable USB .....	61

Figure 25 : Capteur FC-51.....	62
Figure 26 : Fonctionnement du capteur .....	62
Figure 27 : Branchement du capteur IR FC-51. ....	63
Figure 28 : Moteur TT.....	64
Figure 29: batterie .....	64
Figure 30 : Roues de notre robot. ....	65
<b>Figure 31</b> : Notre chassi. ....	66
Figure 32 : Avantage de la forme cylindrique.....	66
Figure 33 Schéma de simulation du robot sur Proteus.....	77
Figure 34 : schéma de simulation robot sur Wokwi. ....	78
Figure 35: Organigramme de navigation (évite obstacles). ....	79
Figure 36 A.Le robot détecte un obstacle à droite. ....	82
Figure 37 A.Le robot détecte un obstacle frontale.....	83
Figure 38 A.Le robot détecte un obstacle gauche.....	83
Figure 39 A.Le robot dans un couloir. ....	84
Figure 40 A.Le robot détecte un coin à droite. ....	84
Figure 41: Le robot détecte un coin à gauche.....	85
Figure 42: Organigramme de mode suiverur.....	86
Figure 43: Le robot suiveur. ....	89
Figure 44:ATMEGA328 .....	94
Figure 45:ESP8266 .....	95
Figure 46: Arduino R3 Wifi .....	96

#### Liste des Tableaux

Table 1 Différents types de robot à roues. ....	52
Table 2 Tableau des avantages et inconvénients de chaque simulateur. ....	77



# Liste des Abréviations

IA : Intelligence artificielle.

ISO : Organisation internationale de normalisation.

IEEE : Institute of electrical and electronics engineers.

LAN : Local Area Network.

WIFI : Wireless Fidelity.

TD : Temporal difference

NLP : Natural Language Processing

MIT : Massachusetts Institute of Technology

ALPAC: Automatic Language Processing Advisory Committee

USB : Universal Serial Bus

IR : InfraRouge



## Introduction Générale

Depuis bien longtemps, l'humain rêve de créer des machines intelligentes capables d'effectuer des tâches à sa place. Ainsi, les humains auraient plus de temps à consacrer pour leurs loisirs, ou prendraient moins de risques pour effectuer des tâches dangereuses dans des endroits inaccessibles et hostiles. La robotique est l'ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation de ces machines-là intitulé « robot ». Un robot est appareil effectuant, grâce à un système de commande automatique à microprocesseur, une tâche précise pour laquelle il a été conçu dans le domaine industriel, domestique ou scientifique. Dans ce travail, on se focalise sur les robots mobiles, qui sont largement utilisés dans les environnements industriels Le plus souvent pour effectuer des tâches répétitives et pénibles. L'intérêt principal des robots mobiles, c'est de permettre aux êtres humains d'effectuer des tâches dangereuses dans des endroits inaccessibles et hostiles. C'est pour cela que l'un des domaines les plus populaires où les robots mobiles sont utilisés est le domaine scientifique, s'en aperçoit rapidement que l'exploration des fonds marins, et de l'espace présente une grande porte pour l'évolution de la science et de notre civilisation, ainsi comme on peut constater le développement du domaine de la robotique mobile est très essentiel pour l'avancement de l'humanité. Dans ce genre d'environnement, l'autonomie est primordiale, car l'intervention humaine est difficile ou, même impossible. Si on prend l'exemple des robots explorateurs de planètes, tel le robot qui explore la planète mars Curiosité, Il est impossible de contrôler en temps réel un robot qui se trouve à une distance de 225 300 000 km de la terre, on ne peut pas négliger le retard que met un signal de commande pour arriver jusqu'à la planète mars, et ça sans parler des bruits (radiation) qui peuvent perturber le signal, c'est pour cela que la capacité pour un robot de prendre lui-même ses propres décisions est essentielle afin qu'il puisse réaliser et coordonner des missions complexes. Le robot doit sélectionner les meilleures actions à effectuer pour réussir adéquatement sa mission. Afin d'être autonome, un robot mobile doit posséder de nombreuses potentialités. Premièrement, il doit être capable de percevoir son environnement et de se localiser dans celui-ci. Pour ce faire, un robot mobile doit être doté de différents capteurs. Comme des sonars ou des dispositifs à balayage laser servant à mesurer des distances entre lui-même et les obstacles à proximité. Une fois localisé dans son environnement, le robot doit être capable de se déplacer d'un point à l'autre en trouvant des chemins efficaces et sécurisés afin d'éviter des collisions avec les obstacles, pour cela les robots mobiles utilisés es plusieurs moyens de locomotion selon l'environnement auquel ils sont destinés. De plus, un robot est souvent appelé

à communiquer avec les gens ou d'autres agents situés à proximité. Cela peut être fait de différentes façons, comme par une interface wifi, Bluetooth... Etc. Bien évidemment, les robots mobiles sont dotés de bien beaucoup plus d'autres capacités de perception et d'action. En effet, le domaine de la robotique mobile est un domaine hautement multidisciplinaire qui fait l'objet de beaucoup de recherches dans des disciplines très diversifiées. Pour cette raison, dans le présent mémoire, nous faisons abstraction de la plupart de ces habiletés robotiques et nous considérons avoir accès à celles-ci puisqu'ils découlent des autres travaux, indépendamment de ceux présentés ici. Le but de ce mémoire est la conception et réalisation d'un robot mobile autonome avec la possibilité d'être télécommandé à distance par une application. Le robot sera basé sur une carte pic f18 et Arduino UNO R3 comme composant cœur avec différents organes de perception (capteurs) et de locomotion (moteurs), ainsi qu'un moyen de communication par une application qui offre un moyen de contrôle et de feedback à distance. Ce mémoire est organisé de la façon suivante. Le premier chapitre introduit des notions de base en robotique mobile. Dans ce chapitre, on étudiera les généralités sur les robots mobiles (classification, capteurs en robotique mobile, les actionneurs...). Le chapitre deux et trois sera consacré à l'étude théorique de la conception d'un robot autonome mobile et L'intelligence artificielle,

# Chapitre 1: Les Robots

---

Dans ce chapitre on va parler généralement sur les robots mobiles, ces types et domaines d'application.

## 1.1 INTRODUCITON :

D'une manière générale, l'appellation robots mobiles regroupe l'ensemble des robots à base mobile, par opposition aux robots manipulateurs, et on désigne le plus souvent par ce terme les robots mobiles à roues. Les autres robots mobiles sont en effet le plus souvent désignés par leur type de locomotion, qu'ils soient marcheurs, sous-marins ou aériens. On peut estimer que les robots mobiles à roues constituent le gros des robots mobiles, c'est pour cela qu'on se limitera volontairement à une présentation des robots mobiles à roues et des problèmes associés à leur déplacement autonome. Les robots mobiles ont une place particulière en robotique. Leur intérêt réside dans leur mobilité qui ouvre des applications dans de nombreux domaines. Comme les robots manipulateurs, ils sont destinés à assister l'homme dans les tâches pénibles (transport de charges lourdes), monotones ou en ambiance hostile (nucléaire, marine, spatiale, lutte contre l'incendie, surveillance...). L'aspect particulier de la mobilité impose une complexité technologique et méthodologique qui s'ajoute en général aux problèmes rencontrés par les robots manipulateurs. La résolution de ces problèmes passe par l'emploi de toutes les ressources disponibles tant au niveau technologique (capteurs, motricité, énergie) qu'à celui du traitement des informations par l'utilisation des techniques de l'intelligence artificielle. L'autonomie du robot mobile est une faculté qui lui permet de s'adapter ou de prendre une décision dans le but de réaliser une tâche malgré un manque d'informations préliminaires ou éventuellement erronées. Dans d'autres cas d'utilisation, comme celui des véhicules d'exploration de planètes, comme le fameux Curiosity rover [1] qui est en phase d'exploration de la planète mars actuellement. L'autonomie est un point fondamental puisque la télécommande est alors impossible par le fait de la durée du temps de transmission des informations. Afin d'être autonome, un robot mobile doit posséder de nombreuses capacités. Premièrement, il doit être capable de percevoir son environnement et de se localiser dans celui-ci. Pour ce faire, un robot possède des capteurs, comme des sonars et un dispositif à balayage laser servant à mesurer des distances entre lui-même et les obstacles à proximité. Une fois localisé dans son environnement, le robot doit être capable de se déplacer d'un point à l'autre en trouvant des chemins efficaces et sécurisés afin d'éviter des collisions avec les

obstacles. De plus, un robot est souvent appelé à communiquer avec les gens ou d'autres agents situés à proximité. Cela peut être fait de différentes façons, comme par communication vocale ou depuis une interface graphique.

## **1.2 LES ROBOTS MOBILE**

### **1.2.1 PRESENTAION DES ROBOTS MOBILES**

Un robot mobile est un système mécanique, électronique et informatique agissant physiquement sur son environnement en vue d'atteindre un objectif qui lui a été assigné. Cette machine est polyvalente et capable de s'adapter à certaines variations de ses conditions de fonctionnement. Elle est dotée de fonctions de perception, de décision et d'action, lui permettant ainsi d'être capable d'effectuer diverses tâches, de plusieurs manières, et accomplir correctement sa tâche, même s'il rencontre de nouvelles situations inattendues. Le robot mobile est doté de moyens qui lui permettent de se déplacer dans son espace de travail. Son degré d'autonomie ou degré d'intelligence, il peut être doté de moyens de perception et de raisonnement. Certains sont capables, sous contrôle humain réduit, de modéliser leur espace de travail et de planifier un chemin dans un environnement qu'ils ne connaissent pas forcément d'avance. Actuellement, les robots mobiles les plus sophistiqués sont essentiellement orientés vers des applications dans des environnements variables ou incertains, souvent peuplés d'obstacles, nécessitant une adaptabilité à la tâche.

## **1.3 LES ORIGINES DE LA ROBOTIQUE [2]**

Les ancêtres des robots sont les automates. Un automate très évolué fut présenté par Jacques de Vaucanson en 1738 : il représentait un homme jouant d'un instrument de musique à vent. Jacques de Vaucanson créa également un automate représentant un canard mangeant et refoulant sa nourriture après ingestion de cette dernière.

Le mot « robot » quant à lui est apparu pour la première fois en 1920 dans une pièce de théâtre de Karel Capek de science-fiction R.U.R (Rossum's Universal Robots) il est inventé par son frère Josef à partir du mot Tchèque « Robota ».

### 1.3.1 Les dates marquantes de la robotique

- 1774 : Les trois automates de Pierre Jacquet-Droz.
- 1801 : Le métier à tisser Jacquart.
- 1920 : Invention du mot "robot" (pièce de théâtre de Karel Capek).
- 1946 : ENIAC, le premier ordinateur.
- 1950 : Les tortues de Grey Walter, premiers robots mobiles autonomes.
- 1950 : Les robots recueils de nouvelles d'Issac Asimov (les trois lois de la robotique)
- 1956 : Conférence sur l'intelligence artificielle.
- 1961 : Unimate, premier robot industriel aux Etats-Unis.
- 1967 : Shaley, premier robot mobile contrôlé par ordinateur, Stanford Research Institute.
- 1973 : Wabot-1, premier robot humanoïde à marche bipède, Université de Waseda.
- 1992 : Robodoc, premier robot pour une opération de la hanche (Etats-Unis).
- 1993: Cog, Humanoid Robotics Group, MIT (Massachusetts Institute of Technology- Etats Unis)
- 1999 : AIBO-ERS- 110, Sony.
- 2000 : Asimo, Honda.
- 2003 : Les Rovers Spirit et Opportunity sur Mars, NASA.
- 2004 : Le robot serpent amphibie (Japon).
- 2005 : AIBO Mind 3-ERS-7, Sony.
- 2006 : Lego Mindstorm RCX.
- 2009 : Lego Mindstorm NXT.
- 2012 : Le rover Curiosity sur Mars, NASA

## 1.4 CLASSIFICATION DES ROBOTS MOBILES [3]

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

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

Il est important de noter que l'expression « robots mobiles » bien que désignant l'ensemble des robots à base mobile (par opposition aux robots manipulateurs), est généralement employé afin de désigner les robots mobiles terrestres.

### 1.4.1 Classification selon le degré d'autonomie

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

#### ***Robot télécommandé :***

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

#### ***Robot semi-autonome :***

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

#### ***Robot autonome :***

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



### **1.4.2 Classification selon le domaine d'application**

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

#### ***Les robots industriels et de service***

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

Les applications typiques incluent des robots de soudage, de peinture et d'assemblage. La robotique industrielle inspecte les produits, rapidement et précisément.

Les robots industriels sont très utilisés en automobile, leur conception nécessite une bonne connaissance et un très haut niveau dans le domaine de l'ingénierie.

Quant aux robots de service, ils sont destinés à aider des handicapés moteurs dans leur vie quotidienne, à guider les aveugles ainsi qu'à piloter des voitures automatiques.

#### ***Les robots militaires***

Un robot militaire, aussi appelé arme autonome, est un robot autonome contrôlé à distance, conçu pour des applications militaires. Les drones sont une sous-classe des robots militaires.

Les applications militaires de la robotique mobile sont nombreuses. Ce champ d'application présente l'intérêt de fournir des spécifications accrues telles la vitesse des véhicules, leurs capacités de franchissement d'obstacles (la robustesse de ce type de robots est essentielle), ainsi que leur rapidité de réaction en font des robots de très hautes performances.

#### ***Les robots de laboratoire***

Afin de valider des travaux théoriques sur la perception et la planification de mouvements, De nombreux laboratoires travaillent dans le domaine de la robotique.

La robotique de laboratoire est l'utilisation de robots dans les laboratoires de biologie ou de chimie. Par exemple, les sociétés pharmaceutiques utilisent des robots pour la synthèse de nouvelles entités chimiques ou pharmaceutiques afin de tester la valeur des matières chimiques.

Les principaux problèmes particuliers liés à la conception de tels robots sont:

- La conception mécanique liée à la mobilité.
- La détermination de la position et de l'orientation.
- La détermination du chemin optimal.

## **1.5 LES ARCHITECTURES DECISIONNELLES D'UN ROBOT MOBILE**

Un robot mobile autonome est un système doté de capacités décisionnelles lui permettant d'accomplir un certain nombre de tâches, dans un environnement plus ou moins connu d'avance, et cela avec une intervention humaine réduite voire inexistante. Un robot est composé d'un ensemble de modules, chacun étant responsable d'une ou plusieurs capacités. L'un des premiers défis à résoudre est de déterminer comment relier efficacement les différents modules. Pour ce faire, il faut élaborer une architecture décisionnelle qui dicte les responsabilités de chacun des modules et comment l'information circule entre ces derniers. Depuis les débuts de la robotique, beaucoup d'architectures ont été proposées. Elles sont ainsi classées en trois grandes catégories [4]:

- Délibérative.
- Comportementale.
- Hybride.

### **1.5.1 Architecture délibérative**

Les architectures délibératives sont les premières à avoir été proposées. Les architectures de ce type sont basées sur des processus complètement planifiés. Si par exemple on veut exécuter un déplacement, un robot basé sur ce type d'architecture calcule un plan complet, lui disant d'avancer de  $x$  mètres, ensuite de tourner avec un angle  $\omega$ , et ainsi de suite. Lorsqu'il y a un changement dans l'environnement, l'exécution est suspendue et un nouveau plan est généré. Ce type d'architecture souffre de plusieurs lacunes importantes. Premièrement, puisque les capteurs sont imprécis et que l'environnement est dynamique et partiellement observable, il est très difficile de tout prévoir à l'avance. Pour ces raisons, il n'est pas d'une très grande utilité de tout planifier à l'avance, puisque

les plans seront constamment à refaire. Un autre problème avec cette architecture est que la génération de plans précis demande beaucoup de ressources (temps de calcul et mémoire) [5].

### **1.5.2 Architecture comportementale**

L'architecture comportementale, proposée par Brooks [5] est inspirée du comportement des insectes. L'idée générale est de développer plusieurs petits modules simples et indépendants les uns des autres, une fois regroupés ces modules auront un comportement plus intelligent qui émergera sans que celui-ci ne soit préalablement programmé. Ce type d'architecture est complètement à l'opposé des architectures délibératives et ne fait aucune place à des processus raisonnés. Les comportements sont tous indépendants les uns des autres. Par exemple, on peut avoir des comportements pour l'évitement d'obstacles, suivi de chemin ou manipulation d'objets. Les comportements sont exécutés parallèlement à une certaine fréquence. Lors d'une itération, chaque comportement calcule une ou plusieurs commandes motrices qui sont envoyées à un module d'arbitrage. Ce dernier fusionne l'ensemble des commandes reçues et calcule les commandes finales devant être envoyées à chacun des actionneurs du robot. Ce type d'architecture a la difficulté à réaliser des tâches structurées, puisqu'elle ne contient aucun processus délibératif. En effet, les tâches complexes requièrent la capacité du robot à prédire les conséquences futures de ses actions afin de sélectionner celles qui conviennent le mieux pour la réalisation de ses activités. En d'autres termes, ces tâches complexes ne peuvent se faire qu'avec planification [6] .

### **1.5.3 Architecture hybride**

Les limitations des deux types d'architectures précédentes justifient l'émergence récente des architectures hybrides [6] , tentant de combiner les avantages des architectures délibératives et comportementales. Elles sont généralement décomposées en plusieurs niveaux. Dans la partie supérieure, on place les modules de type délibératif. Dans la partie inférieure, on retrouve les modules de type comportemental.

## **1.6 APPLICATION DE LA ROBOTIQUE**

Les applications de la robotique peuvent être classées selon trois grandes catégories à savoir :

- la robotique d'intervention.
- la robotique de service professionnel.
- la robotique personnelle.

### **1.6.1 La robotique d'intervention**

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

### **1.6.2 La robotique de service professionnel**

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

### **1.6.3 La robotique personnelle**

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

## **1.7 LES MOYENS DE PERCEPTION EN ROBOTIQUE MOBILE [7]**

La perception est un domaine crucial de la robotique. C'est autour de ce concept qu'est bâtie la structure d'un robot apte à exécuter des tâches complexes ou à évoluer dans un univers inconnu ou mal connu. L'élément de base du système de perception est le capteur qui a pour objet de traduire en une information exploitable des données représentant des caractéristiques de l'environnement.

Les moyens utilisés pour la perception de l'environnement sont nombreux. Nous citons :

- Les systèmes de vision globale.
- Les télémètres laser et ultrasonores.

- Les capteurs optiques et infrarouges.
- Les capteurs tactiles.

## 1.8 LA STRUCTURE MECANIQUE ET MOTRICITE [8]

Il existe quatre types de structures mécaniques assurant la motricité :

- Les robots à roues.
- Les robots à chenilles.
- Les robots marcheurs.
- Les robots rampants.

### 1.8.1 Les robots mobiles à roues

La mobilité par roues est la structure mécanique la plus communément appliquée.

Cette technique assure selon l'agencement et les dimensions des roues un déplacement dans toutes les directions avec une accélération et une vitesse importantes.

Le franchissement d'obstacles ou l'escalade de marches d'escaliers est possible.



Figure 1: Robots mobiles a roues

### 1.8.2 Les robots à chenilles

L'utilisation des chenilles présente l'avantage d'une bonne adhérence au sol et d'une faculté de franchissement d'obstacles. L'utilisation est orientée vers l'emploi sur sol accidenté ou de mauvaise qualité au niveau de l'adhérence.

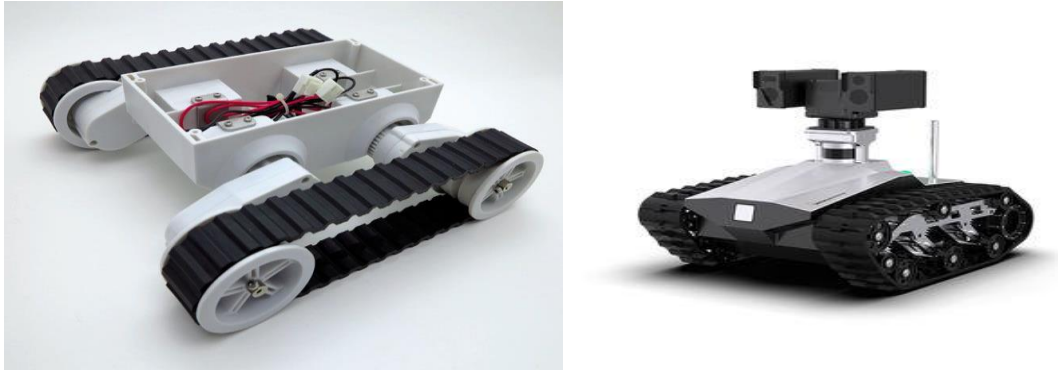


Figure 2 : Les robots à chenilles

### 1.8.3 Les robots marcheurs

Les robots marcheurs sont destinés à réaliser des tâches variées dont l'accès au site est difficile. Leur anatomie à nombreux degrés de liberté permet un rapprochement avec les robots manipulateurs. La locomotion est commandée en termes de coordonnées articulaires. Les différentes techniques étudiées se rapprochent de la marche des animaux et notamment de celle des insectes.



Figure 3 : Robots Marcheurs

### 1.8.4 Les robots rampants

Les robots rampants, fonctionnant avec un seul moteur, disposent d'une structure bien particulière basée autour d'un axe central.

Ce dernier actionne et coordonne les déplacements de bagues et d'accroches permettant un mouvement dans un endroit confiné.

Ces robots peuvent être rapides avec des déplacements jusqu'à 5 cm/s entre deux surfaces

horizontales et ils sont même peu gourmands en énergie.

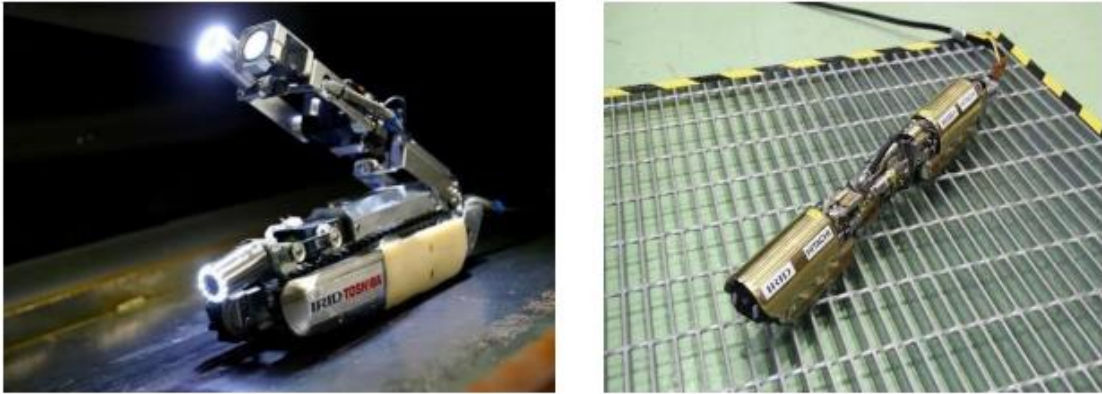


Figure 4 : Robots rampants

## 1.9 ORGANES DE SÉCURITÉ

Il est dangereux de laisser le robot mobile complètement libre. Donc il est obligatoire qu'il soit doté d'organes garantissant la sécurité. Si le capteur à contact est sollicité, le robot s'immobilise soit définitivement, soit tant que le contact persiste, ou il effectue un mouvement opposé au contact.

Deux types de capteurs sont employés :

- Les capteurs géométriques assurent la détection avant collision (ultrasons, hyperfréquences, infrarouge...).
- Les capteurs à contact détectent une collision ou un choc avec l'environnement (contact électrique sur pare-chocs, résistance variable, fibre optique...).

L'organisation de la sécurité d'un robot mobile est représentée sur le schéma suivant:

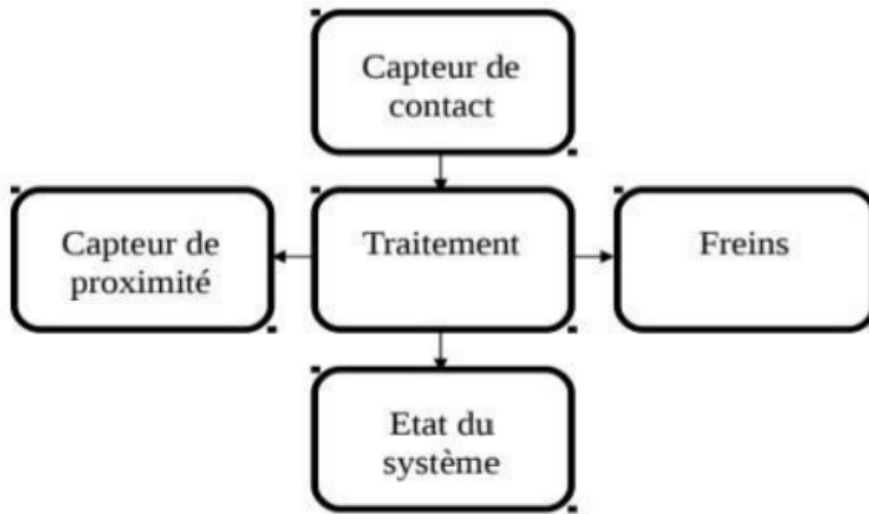


Figure 5 : les éléments d'organe de sécurité dans un robot

Le comportement du robot mobile lors de la détection d'un obstacle s'effectue selon plusieurs cas :

- Si le capteur à contact est sollicité le robot s'immobilise soit définitivement, soit tant que le contact persiste, ou il effectue un mouvement opposé au contact.
- Si on détecte une présence, la stratégie consiste soit à immobiliser le robot en attendant que la personne s'éloigne, soit à ralentir le mouvement si la personne n'est pas très proche, soit à choisir un autre chemin qui l'éloigne de la personne.

### 1.10 TRAITEMENT DES INFORMATIONS ET GESTION DES TACHES

L'ensemble de traitement des informations et gestion des tâches constitue le noyau du module d'informatique central qui établit les commandes permettant au robot mobile de réaliser un déplacement et d'activer les divers organes en accord avec l'objectif.

A ce niveau le problème qui se pose est le problème de génération de plan qui consiste à établir la manière dont le robot se déplace par rapport à des connaissances aprioriques « statiques » ou obtenues en cours d'évolution « dynamiques »



La génération des plans repose sur trois concepts:

- La stratégie de navigation.
- La modélisation de l'espace.
- La planification

### **1.11 CONCLUSION**

Ce premier chapitre fournit une présentation générale sur les robots mobiles. Il constitue également une introduction de l'étude conduite .

Dans le chapitre qui suit, on présentera l'étude L'intelligence artificielle dans les robots mobiles .

# Chapitre 2: Robotique & IA

---

Dans ce chapitre on va explorer l'intelligence artificielle et ces plusieurs technique et historique riche et comment elle à affecté la robotique.

## 2.1 INTELLIGENCE ARTIFICIELLE INTRODUCTION

L'intelligence artificielle (IA) consiste en un ensemble d'implémentations technologiques visant à permettre aux machines d'imiter une certaine forme d'intelligence du monde réel. L'IA est utilisée dans un nombre croissant de domaines d'application.

Le concept a été inventé par le mathématicien Alan Turing dans les années 1950. Dans son livre *Computing Machinery and Intelligence*, ce dernier pose la question de doter les machines d'une certaine forme d'intelligence. Parlons maintenant de ce que l'on appelle maintenant le "test de Turing". Dans ce test, les sujets interagissent aveuglément avec un autre humain puis avec une machine programmée pour produire des réponses rationnelles. Si les testeurs n'arrivent pas à faire la différence, la machine a réussi le test et peut être qualifiée d' "intelligente" selon l'auteur. [9]

Le terme "machine intelligente" ne décrit pas ce qu'est l'intelligence artificielle ou ce qui rend une machine intelligente. Pour tenter de résoudre ce problème, Stuart Russel et Peter Norvig ont introduit l'intelligence artificielle.

approche moderne."

Dans cet ouvrage, deux experts combinent leurs recherches sur l'intelligence artificielle. Selon eux, "l'IA est l'étude des agents qui reçoivent des perceptions de leur environnement et effectuent des actions".

Selon elle, quatre approches différentes ont historiquement défini le domaine de l'intelligence artificielle.

Pensée humaine, pensée rationnelle, action humaine, action rationnelle. Les deux premières approches sont liées au raisonnement et au traitement de la pensée, et les deux autres sont liées au comportement. Norvig et Russell se concentrent principalement sur les agents rationnels qui peuvent produire les meilleurs résultats dans leurs écrits.

Patrick Winston, professeur d'intelligence artificielle au MIT, définit l'IA comme "des algorithmes activés par des contraintes et révélés par des représentations qui supportent des modèles qui relient la pensée, la perception et l'action".

Une autre définition moderne décrit l'IA comme "une machine dotée d'une capacité humaine à répondre aux simulations et à penser, juger et avoir des intentions". Ces systèmes peuvent "prendre des décisions qui nécessitent normalement une expertise humaine". Ils ont trois caractéristiques qui constituent l'essence de l'intelligence artificielle.

Intention, intelligence, adaptabilité.

Ces différentes définitions peuvent sembler abstraites et compliquées. Mais ils établissent l'intelligence artificielle en tant qu'informatique. Lors de la Japan AI Experience 2017, le PDG de DataRobot, Jeremy Achin, a défini sa propre IA moderne et sans humour.

"L'intelligence artificielle est un système informatique qui peut effectuer des tâches qui nécessitent normalement l'intelligence humaine. Beaucoup de ces systèmes d'IA sont basés sur l'apprentissage automatique, certains sont basés sur l'apprentissage en profondeur, d'autres sont basés sur des règles, certains sont basés sur le truc très ennuyeux. [10]

De Google à Apple en passant par IBM, Microsoft en passant par Facebook, tous les acteurs majeurs de l'industrie informatique sont aux prises avec le problème de l'intelligence artificielle, essayant de l'appliquer à un domaine spécifique. Ainsi, tout le monde construit des réseaux de neurones artificiels composés de serveurs capables de gérer des calculs massifs au sein d'énormes bases de données. [9]

## **2.2 HISTORIQUE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE [11]**

L'histoire de l'intelligence artificielle commence en 1943 avec l'article "Le calcul logique des idées inhérentes à l'activité neuronale". Par Warren McCulloch et Walter Pitts. Dans ce document, les scientifiques présentent le premier modèle mathématique pour créer des réseaux de neurones.

Le premier ordinateur à réseau neuronal, Snarc, a été développé en 1950 par deux étudiants de Harvard.

Marvin Minsky et Dean Edmonds. Cette même année, Alan Turing publie le test de Turing, qui est encore utilisé aujourd'hui pour évaluer l'IA. En 1952, Arthur Samuel a développé un logiciel qui apprenait aux gens à jouer aux échecs par eux-mêmes. Le terme intelligence artificielle sera

discuté dans le projet de recherche d'été de Dartmouth sur l'intelligence artificielle. Lors de cet événement, les chercheurs présenteront leurs objectifs et leurs visions en matière d'IA. Beaucoup considèrent cette conférence comme la véritable naissance de l'intelligence artificielle telle que nous la connaissons aujourd'hui. En 1959, Arthur Samuel a inventé le terme apprentissage automatique alors qu'il travaillait chez IBM. Ensuite, John McCarthy et Marvin Minsky ont fondé le projet d'intelligence artificielle du MIT. En 1963, John McCarthy a également fondé le "AI Lab" à l'Université de Stanford.

Les questions vont secouer le domaine de l'IA dans les années à venir. En 1966, un rapport américain de l'ALPAC soulignait l'absence de progrès dans la recherche en traduction automatique visant à traduire le russe à la volée dans le contexte de la guerre froide. De nombreux projets financés par le gouvernement américain ont été annulés. De même, en 1973, le gouvernement britannique publie le rapport « Lighthill », soulignant la déception de la recherche en IA. Encore une fois, les compressions budgétaires pour les projets de recherche ont fait une différence. Cette période de suspicion a duré jusqu'en 1980 et s'appelle désormais "AI's First Winter".

Cet hiver se termine avec la création de R1 (XCON) par Digital Equipment Corporations. Ce système expert commercial a été développé pour établir des commandes de nouveaux systèmes informatiques et a déclenché un sérieux boom des investissements qui a duré plus d'une décennie.

Le Japon et les États-Unis investissent massivement dans la recherche sur l'IA. Les entreprises dépensent plus d'un milliard de dollars par an en systèmes experts, et le secteur est en pleine croissance.

Malheureusement, le marché des machines "Lisp" s'est effondré en 1987 lorsque des alternatives moins chères sont apparues. C'est le "deuxième hiver de l'IA". Les entreprises se désintéressent des systèmes experts. Les gouvernements américain et japonais abandonnent des projets de recherche, gaspillant des milliards de dollars.

Dix ans plus tard, en 1997, il y a eu un grand changement dans l'histoire de l'IA. Deep Blue AI d'IBM bat le champion du monde d'échecs Gary Kasparov. Pour la première fois, les humains ont perdu face aux machines.

Une décennie plus tard, les avancées technologiques ont permis une mise à jour de l'intelligence artificielle. En 2008, Google fait une percée majeure dans le domaine de la reconnaissance vocale et introduit cette fonctionnalité dans une application pour smartphones.

En 2012, Andrew Ng a alimenté un réseau de neurones avec 10 millions de vidéos YouTube en tant qu'ensemble de données d'entraînement. Grâce au deep learning, ce réseau de neurones apprend à reconnaître les chats sans qu'on leur apprenne ce qu'ils sont. C'est l'aube d'une nouvelle ère dans l'apprentissage en profondeur. En 2016, l'IA a remporté une autre victoire sur les humains lorsque le système AlphaGo de Google DeepMind a battu le champion de Go Lee Sedol. L'intelligence artificielle conquiert également le domaine des jeux vidéo.

L'apprentissage en profondeur et l'apprentissage automatique sont désormais utilisés par des entreprises de tous les secteurs à des fins diverses. L'IA évolue et vous serez surpris par ses performances. Le rêve de l'intelligence artificielle générale se rapproche de plus en plus de la réalité...

## **2.3 QUELQUE TECHNIQUES DE L'IA**

L'intelligence artificielle (IA) englobe un large éventail de techniques et d'approches visant à permettre aux machines de réaliser des tâches qui nécessitent normalement l'intelligence humaine. Voici quelques-unes des techniques couramment utilisées en IA :

### **2.3.1 Apprentissage supervisé [12]**

#### ***Définition***

consiste à entraîner un modèle à partir de données préalablement étiquetées ou annotées. Il est utilisé aussi bien en traitement du langage qu'en vision par ordinateur ou analyse prédictive.

L'apprentissage supervisé ou supervised learning est une méthode de machine learning s'appuyant sur des données ou exemples labellisés (étiquetés ou annotés) pour entraîner des modèles d'intelligence artificielle (IA) prédictifs.

En se basant sur cette base d'apprentissage, par exemple des photos assorties de la mention de ce qu'elles représentent, les paramètres du modèle s'ajustent en vue ensuite de réagir efficacement face à des situations similaires. Au fur et à mesure de l'enrichissement du modèle, le résultat gagne en pertinence, réduisant la marge d'erreur.

#### ***les applications de l'apprentissage supervisé***

- le traitement automatique du langage,

- la reconnaissance vocale,
- la vision par ordinateur,
- la bio-informatique...

Nous utilisons également l'apprentissage supervisé dans la détection des spams par e-mail, la gestion des chatbots et des bots vocaux et la robotique. Cette méthode permet également le développement de technologies embarquées pour les voitures autonomes.

### *les algorithmes d'apprentissage supervisé*

Pour créer un modèle d'apprentissage supervisé, on peut recourir à différents algorithmes :

- la régression linéaire :  $y = c + b * x$ ,
- la régression logistique :  $h(x) = 1 / (1 + e^{-x})$ ,
- l'arbre de décision avec différentes variables de sortie,
- la machine à vecteur de support (SVM).

## 2.3.2 Apprentissage non supervisé [13]

### *Définition*

En machine learning, la technique de l'apprentissage non supervisé (ou unsupervised learning) consiste à entraîner des modèles, sans réaliser d'étiquetage manuel ou automatique des données au préalable. Les algorithmes regroupent les données en fonction de leur similitude, sans aucune intervention humaine.

L'apprentissage non supervisé détecte des données ou individus présentant des caractéristiques ou des structures communes. Typiquement, l'unsupervised learning peut servir à développer un moteur de recommandation de produits, qui est conçu pour proposer à un visiteur des produits au regard des appétences des clients présentant les mêmes caractéristiques.

### *Les applications*

L'utilisation de l'apprentissage non supervisé peut être réunie en problèmes de clustering et d'association.

#### Clustering

Un problème de clustering est un problème pour lequel on attend de la machine qu'elle rassemble sous forme de groupe (mise en cluster) des objets présents dans des groupes de données, et ce de la manière la plus juste et efficace possible. Cette technique, bien que parfois difficile à comprendre par l'homme, est très utilisée dans le domaine du marketing pour placer dans des groupes les différents clients par exemple. Un exemple d'algorithme très souvent utilisé dans le clustering est le K-means.

#### Association

Le système d'association permet de trier et regrouper les données qui peuvent être liées grâce à certaines caractéristiques. Le but est donc de trouver des objets liés les uns aux autres sans qu'il

s'agisse néanmoins d'objets identiques. À titre d'exemple, en fournissant à l'algorithme de nombreuses images de chats et d'accessoires pour chats, alors l'algorithme d'apprentissage non supervisé ne regrouperait pas tous les chats ensemble mais par exemple une pelote de laine avec un chat. Un exemple d'algorithme très souvent utilisé dans l'association est l'algorithme A-priori.

### *différence entre apprentissage non supervisé et apprentissage supervisé*

A la différence de l'apprentissage supervisé qui fait appel à des données étiquetées ou annotées pour réaliser des prédictions, l'apprentissage non supervisé n'a pas besoin d'étiquette. Puisque les données ne sont pas étiquetées, il n'est pas possible pour le modèle de calculer des scores de réussite. En conséquence, alors que les systèmes supervisés se concentrent sur les tâches de régression et classification, la technique non supervisée est utilisée pour effectuer des regroupements ou des mises en grappe de données en fonction de leurs ressemblances ou différences.

## **2.3.3 Apprentissage par renforcement [14]**

### *Définition*

Le Reinforcement Learning ou apprentissage par renforcement est une méthode de Machine Learning de plus en plus utilisée. Elle consiste à laisser les ordinateurs apprendre de leurs expériences grâce à un système de récompense ou de pénalité. Il pourrait même s'agir de la clé permettant l'avènement d'une intelligence artificielle générale comparable à celle de l'humain.

### *Les applications*

- Les véhicules autonomes
- L'automatisation industrielle
- La finance et le trading
- La médecine
- Les jeux

### *les algorithmes d'apprentissage par renforcement*

Les deux plus célèbres algorithmes de reinforcement learning sont le TD learning (pour temporal difference learning) et le Q-learning. Des modèles de learning qui s'inspirent du processus humain (et animal) d'acquisition des connaissances par essais-erreurs.

## **2.3.4 Réseaux de neurones artificiels**

### *Définition*

Inspirés du fonctionnement du cerveau humain, les réseaux de neurones artificiels sont des modèles computationnels qui utilisent des couches de nœuds interconnectés (les neurones) pour traiter des informations. Ils sont souvent utilisés dans des tâches de reconnaissance d'images, de traitement du langage naturel et d'autres domaines.

### *Application*

- Traitement d'image : compression d'images, reconnaissance de caractères et de signatures, reconnaissance de formes et de motifs, chiffrement, classification.
- Traitement du signal : traitement de la parole, identification de sources, filtrage, classification.
- Traitement automatique des langues : segmentation en mots, représentation sémantique des mots (plongements lexicaux), étiquetage morpho-syntaxique, traduction automatique.
- Contrôle : diagnostic de pannes, commande de processus, contrôle qualité, robotique.
- Optimisation : allocation de ressources, planification, régulation de trafic, gestion, finance.
- Simulation : simulation boîte noire, prévisions météorologiques.
- Classification d'espèces animales étant donnée une analyse ADN.
- Modélisation de l'apprentissage et perfectionnement des méthodes de l'enseignement.
- Approximation d'une fonction inconnue ou modélisation d'une fonction connue mais complexe à calculer avec précision.



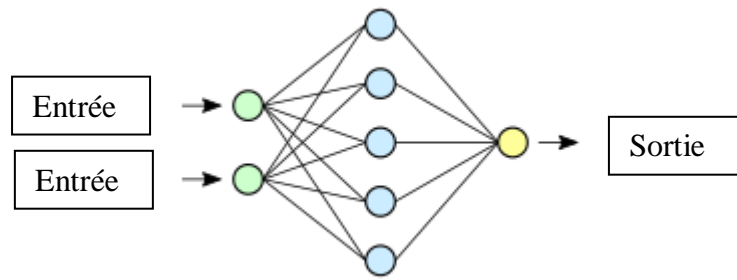


Figure 6 schéma d'un réseau de neurone artificielle

### 2.3.5 Algorithmes génétiques

#### *Définition*

Ces techniques sont basées sur les principes de l'évolution biologique. Les algorithmes génétiques génèrent une population de solutions potentielles à un problème donné, puis utilisent des opérations d'héritage, de mutation et de sélection pour évoluer progressivement vers une solution optimale.

#### *Application*

Les algorithmes génétiques peuvent être une bonne solution pour résoudre un problème. Néanmoins, leur utilisation doit être conditionnée par certaines caractéristiques du problème.

Les caractéristiques à prendre en compte sont les suivantes :

- Le temps de calcul de la fonction d'évaluation (fitness en anglais) doit être raisonnablement court. En effet, celle-ci sera évaluée de nombreuses fois.
- Nombre de solutions important : les performances des algorithmes génétiques par rapport aux algorithmes classiques sont plus marquées lorsque les espaces de recherches sont importants. En effet, pour un espace dont la taille est faible, il peut être plus sûr de parcourir cet espace de manière exhaustive afin d'obtenir la solution optimale en un temps qui restera somme toute correct. Au contraire, utiliser un algorithme génétique engendrera le risque d'obtenir une solution non optimale en un temps qui restera sensiblement identique.
- Pas d'algorithme déterministe adapté et raisonnable.
- Lorsque l'on préfère avoir une solution relativement bonne rapidement plutôt qu'avoir la solution optimale en une durée indéfinie. C'est ainsi que les algorithmes génétiques sont utilisés pour la programmation de machines qui doivent être très réactives aux conditions environnantes.

### 2.3.6 Logique floue [15]

#### *Définition*

La logique floue, ou fuzzy logic en anglais, introduit des valeurs de vérités partielles. Elle se base sur des variables qualitatives pour modéliser des systèmes complexes.

La logique floue est une approche utilisée en IA basée sur des "valeurs ou degrés de vérité" sous forme de nombres réels compris entre 0 et 1. À cet égard, elle diffère de la logique booléenne classique, qui repose sur deux valeurs "vrai ou faux" (1 ou 0). En d'autres termes, cette logique dite générique permet la possibilité d'une vérité partielle entre deux valeurs. La logique floue extremum 0 et 1 a été formulée dans les années 1960 par le mathématicien Lotfi Zadeh dans le cadre de ses travaux sur la compréhension du langage. Il a évidemment été créé par un ordinateur.

#### *les principales applications de la logique floue en IA sur le robot*

La figure 7, donne une description de l'organisation des différents modules du contrôleur flou. Ce dernier sera activé, lorsqu'il reçoit en entrée les informations délivrées par les capteurs, En premier temps on a implémenté un contrôleur flou à trois entrées en boucle ouverte, c'est-à-dire, la commande du robot se fait directement à partir de la sortie du navigateur, donc sans réglage de la position et de la vitesse (sans régulation).

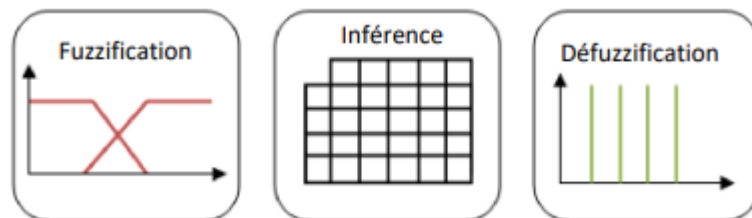


Figure 7 : Schéma des différents modules d'un contrôleur flou.

#### *La commande flou*

On a choisi un contrôleur flou de type Takagi-Sugeno, il est constitué de différentes parties qui sont décrites dans ce qui suit.

#### *Etape de fuzzification :*

Les distances détectées par les capteurs infrarouges (dF, dD, dG) sont évaluées par rapport aux deux sous ensembles flous, caractérisés par les variables linguistiques P : Prés L : Loin (figure 8). Elles caractérisent linguistiquement la distance d entre le robot et l'obstacle.

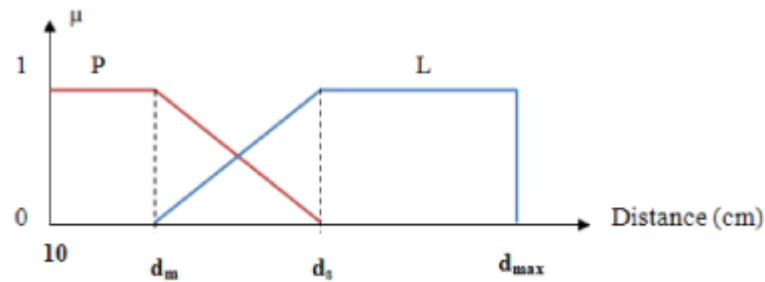


Figure 8: Fonctions d'appartenances de la distance

Pour la fuzzification des entrées, on a utilisé une partition floue :

$$\forall X, \sum_{i=1}^N \mu_{A_i}(X) = 1$$

Où X est la valeur d'entrée,  $\{A_i\}$  : l'ensemble des fonctions d'appartenance,

N : le nombre des sous-ensembles flous (N=2).

Les paramètres  $d_m$  et  $d_s$  représentent respectivement la distance raisonnable à garder vis-à-vis d'un obstacle et en même temps la distance au-delà de laquelle l'espace du robot est considéré libre. On a choisi :  $d_m = 15$  cm,  $d_s = 25$  cm,  $d_{max}$  = est la portée maximale des capteurs ( $d_{max} = 80$ cm).

### ***La base des règles***

Nous allons tout d'abord nous intéresser aux différents comportements que nous avons mis en place. La distance séparant le robot d'un obstacle est décrite à l'aide de deux données linguistiques : (prés, loin). En reprenant les trois variables d'entrée attachées aux capteurs infrarouges (obstacle gauche, obstacle droit, obstacle avant). La stratégie de navigation du robot réalisant l'action d'éviter les obstacles est formée de l'ensemble des huit règles de contrôle suivantes :

1. Si (dG est P et dF est P et dD est P) alors ( $\Delta\theta$ ) est  $\pm G$
2. Si (dG est P et dF est P et dD est L) alors ( $\Delta\theta$ ) est NG
3. Si (dG est P et dF est L et dD est P) alors ( $\Delta\theta$ ) est ZR
4. Si (dG est P et dF est L et dD est L) alors ( $\Delta\theta$ ) est NP
5. Si (dG est L et dF est P et dD est P) alors ( $\Delta\theta$ ) est PG

6. Si (dG est L et dF est P et dD est L) alors ( $\Delta\theta$ ) est  $\pm G$

7. Si (dG est L et dF est L et dD est P) alors ( $\Delta\theta$ ) est PP

8. Si (dG est L et dF est L et dD est L) alors ( $\Delta\theta$ ) est ZR

Les différentes situations de l'orientation sont représentées sur la figure 9.

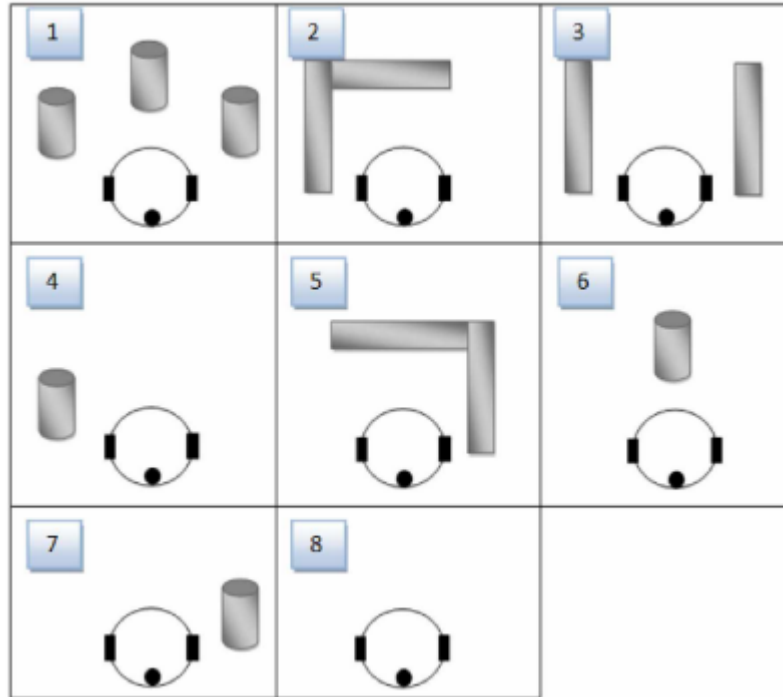


Figure 9: Représentation des différentes situations associées aux capteurs infrarouges.

*Les réactions associées à ces situations sont les suivantes*

- Blocage: on arrête le mouvement de translation du robot et on demande une rotation vers la droite.
- Coin gauche : on arrête le mouvement de translation du robot et on demande une rotation à droite.
- Couloir étroit : pas de consigne pour la vitesse. On demande de rester dans l'axe du couloir.
- Obstacle près gauche : on ne fournit pas de consigne pour la vitesse de translation et on demande une rotation vers la droite de manière à s'éloigner de l'obstacle.
- Obstacle près droite : de même, on ne fournit pas de consigne pour la vitesse de translation et on demande une rotation lente sur la gauche.

- Obstacle près devant : on arrête le mouvement de translation du robot et on demande une rotation à droite.
- Coin droit : de même, on arrête le mouvement de translation du robot et on demande une rotation à gauche.
- Obstacles loin : marche avant.

Les huit règles de contrôle correspondent aux huit configurations de l'environnement immédiat du robot dans son champ visuel. Cette stratégie est formulée de la façon suivante : « le robot se déplace en direction de celui-ci une stratégie définie par la huitième règle, qui indique que le robot marche en avant, tant qu'il n'y a pas d'obstacles où le robot est considéré loin des obstacles (sous ensemble flou L). Lorsque le robot s'approche des obstacles, le dispositif de contrôle fait appel aux sept règles restant selon la situation de l'environnement ».

### *Défuzzification*

La variation de l'orientation peut être petite, grande ou nulle, affectée des qualificatifs positifs ou négatifs, ce qui donne les labels : NG, ZR, NP, PP et PG, nous avons utilisé la répartition suivante :

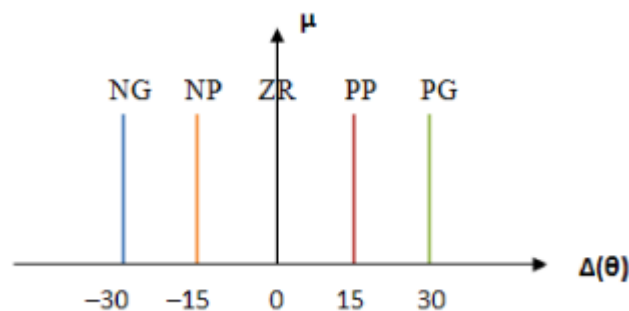


Figure 10 : Les valeurs floues associées à l'orientation  $\Delta(\theta)$ .

Lorsque le robot détecte un obstacle, une orientation est effectuée, à gauche ou adroite selon les sept situations de braquage, pour cela, nous avons choisi une vitesse de valeur 0.12 m/s.

### **2.3.7 Traitement du langage naturel [16]**

#### *Définition*

Le natural language processing (NLP), ou traitement automatique des langues (TALN), est une intelligence artificielle visant à fournir aux machines la capacité de comprendre, de générer

ou de traduire le langage humain tel qu'il est écrit ou parlé. Les chatbots sont l'un des logiciels de PNL les plus populaires.

Les assistants vocaux Alexa, Google Home et Siri reposent tous trois sur des technologies de traitement automatique du langage. Objectif : avoir la capacité de comprendre, traiter et générer des messages vocaux.

### ***Quelques exemples de modèles de deep learning orientés NLP***

Les projets de NLP orientés intelligence artificielle se sont notamment multipliés chez les géants du numérique. Parmi les modèles les plus en pointe, on peut citer :

- Les modèles BERT et ALBERT de Google AI,
- Les modèles dérivés de cette première famille comme RoBERTa (Facebook), StructBERT (Alibaba), DeBERTa (Microsoft), DistilBERT (Hugging Face),
- Les modèles alternatifs comme GPT-2 et GPT-3 (OpenAI), XLNet (Université Carnegie Mellon), UniLM (Microsoft), et Reformer (Google).

## **2.4 LES TECHNIQUE IA & LA ROBOTIQUE**

L'intelligence artificielle (IA) joue un rôle crucial dans le domaine de la robotique, offrant des capacités avancées aux robots pour interagir avec leur environnement et prendre des décisions autonomes. Voici quelques-unes des techniques d'IA couramment utilisées dans la robotique :

### **2.4.1 Vision par ordinateur**

La vision par ordinateur permet aux robots de "voir" et d'interpréter les informations visuelles provenant de leur environnement. Cela implique la détection et la reconnaissance d'objets, la segmentation d'images, la cartographie de l'environnement, etc. Des techniques d'apprentissage profond, telles que les réseaux de neurones convolutifs, sont souvent utilisées pour résoudre ces problèmes.

### **2.4.2 Apprentissage automatique**

L'apprentissage automatique est une branche de l'IA qui permet aux robots de s'améliorer et de prendre des décisions en se basant sur des données. Les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent être utilisés pour entraîner des robots à effectuer des tâches spécifiques, comme la reconnaissance d'objets, la planification de trajectoires, la prédiction de comportements, etc.

### **2.4.3 Apprentissage par renforcement**

L'apprentissage par renforcement est une technique d'IA dans laquelle un robot apprend à travers l'interaction avec son environnement. Il reçoit des récompenses ou des punitions en fonction de ses actions, ce qui lui permet d'apprendre à prendre des décisions optimales pour maximiser sa récompense globale. Cela peut être utilisé pour entraîner des robots à effectuer des tâches complexes et à prendre des décisions en temps réel.

### **2.4.4 Planification automatique**

La planification automatique consiste à générer des séquences d'actions pour atteindre un objectif donné. Les techniques d'IA, telles que la planification basée sur des règles, la recherche heuristique et la recherche d'arbres de décision, peuvent être utilisées pour générer des plans efficaces pour les robots. Cela leur permet de résoudre des problèmes de navigation, de manipulation d'objets, de coordination de mouvements, etc.

### **2.4.5 Traitement du langage naturel**

Les robots peuvent également être équipés de capacités de traitement du langage naturel, leur permettant de comprendre et de répondre aux commandes vocales ou aux instructions écrites. Les techniques d'IA, comme le traitement automatique du langage naturel (TALN), peuvent être utilisées pour analyser et interpréter le langage humain.

### **2.4.6 Réseaux de neurones artificiels**

Les réseaux de neurones artificiels sont des modèles d'IA inspirés du fonctionnement du cerveau humain. Ils peuvent être utilisés dans différents aspects de la robotique, tels que la perception, la prise de décision, la planification et le contrôle des mouvements. Les réseaux de neurones

profonds, en particulier, ont révolutionné de nombreux domaines de la robotique en permettant aux robots d'apprendre des représentations hiérarchiques et complexes des données.

Ces techniques d'IA sont souvent combinées pour permettre aux robots d'acquérir des capacités avancées, d'interagir avec leur environnement de manière autonome et de s'adapter.

## **2.5 INTELLIGENCE ARTIFICIELLE & ROBOTS MOBILES [17]**

Les robots mobiles et l'intelligence artificielle (IA) sont étroitement liés et interagissent de manière synergique pour permettre aux robots de se déplacer, de prendre des décisions autonomes et d'interagir avec leur environnement.

L'intelligence artificielle joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des robots mobiles. Elle permet aux robots de comprendre et d'interpréter les informations provenant de leurs capteurs, tels que les caméras, les lidars ou les capteurs de proximité. Grâce à l'IA, les robots peuvent traiter ces données en temps réel, extraire des informations pertinentes et prendre des décisions adaptées en fonction de la situation.

L'apprentissage automatique, une branche de l'IA, est particulièrement utile pour les robots mobiles. Les robots peuvent être entraînés à partir de grandes quantités de données afin d'apprendre à reconnaître des objets, à cartographier leur environnement, à éviter les obstacles et à planifier des trajets optimaux. L'apprentissage automatique permet aux robots de s'adapter à des situations nouvelles ou changeantes et d'améliorer leurs performances au fil du temps.

Les robots mobiles utilisent également des techniques d'IA pour la navigation autonome. Ils peuvent utiliser des algorithmes de localisation simultanée et de cartographie (SLAM) pour construire une carte de leur environnement et se localiser précisément. En combinant ces informations avec des algorithmes de planification de mouvement, les robots peuvent déterminer les meilleurs chemins pour atteindre leur destination tout en évitant les obstacles.



D'autre part, les robots mobiles fournissent également des données précieuses pour l'intelligence artificielle. Ils peuvent collecter des informations sur leur environnement, telles que des images, des vidéos ou des données sensorielles, qui peuvent être utilisées pour entraîner des modèles d'IA. Par exemple, les données collectées par un robot mobile dans un entrepôt peuvent être utilisées pour améliorer les systèmes de gestion des stocks ou de planification logistique.

En résumé, les robots mobiles et l'intelligence artificielle sont étroitement liés et se renforcent mutuellement. L'IA permet aux robots de comprendre et d'interagir avec leur environnement, tandis que les robots fournissent des données qui peuvent être utilisées pour améliorer les modèles d'IA. Cette synergie entre les robots mobiles et l'IA ouvre de nombreuses perspectives dans des domaines tels que la robotique industrielle, la logistique, l'exploration spatiale, la médecine et bien d'autres.

### **2.5.1 Exemple sur un robot mobile intelligent**

Développé par Boston Dynamics, Spot est un robot chien conçu pour être robuste et entièrement configurable. Il se déplace facilement dans des environnements difficiles d'accès ou accidentés et peut même monter des escaliers. Avec ses 32 kg, il évite les obstacles fixes et mobiles, voit à 360° et effectue un grand nombre de tâches programmées.

Les capacités polyvalentes de Spot apportent une valeur ajoutée dans une grande variété d'applications, dans des secteurs dangereux ou non (énergies, construction, usines...), notamment:

- Inspection dans des milieux industriels.
- Surveillance de l'environnement et des chantiers de constructions.
- Documentation sur site et collecte de données.
- Détection de fuites et fissures (radiations, gaz, pétrole, eau...).



Figure 11 Spot le chien robot.

## 2.6 CONCLUSION

En conclusion, l'intelligence artificielle a transformé la robotique en offrant aux robots des capacités avancées pour interagir de manière autonome avec leur environnement. Les techniques d'IA telles que la vision par ordinateur, l'apprentissage automatique, l'apprentissage par renforcement, la planification automatique, le traitement du langage naturel et les réseaux de neurones artificiels ont permis aux robots de percevoir, d'apprendre, de prendre des décisions et de s'adapter aux situations complexes.

L'intégration de l'IA dans la robotique a ouvert de nouvelles perspectives et possibilités dans de nombreux domaines, tels que l'industrie, la médecine, l'exploration spatiale, l'assistance aux personnes âgées et handicapées, et bien d'autres encore. Les robots dotés d'une intelligence artificielle peuvent effectuer des tâches répétitives, dangereuses ou difficiles pour les humains, améliorant ainsi notre productivité, notre sécurité et notre qualité de vie.

Cependant, il est également important de prendre en compte les aspects éthiques et sociaux liés à l'utilisation de l'IA dans la robotique. La question de la responsabilité, de la sécurité, de la confidentialité des données et de l'impact sur l'emploi nécessite une réflexion approfondie. Il est essentiel de veiller à ce que le déploiement de l'IA dans la robotique se fasse de manière responsable, en garantissant la transparence, l'éthique et la prise en compte des préoccupations humaines.

En somme, l'intelligence artificielle a révolutionné le domaine de la robotique, permettant aux robots d'acquérir des compétences avancées et de devenir des partenaires et des aides précieux pour les êtres humains. La combinaison de l'IA et de la robotique offre un potentiel immense pour améliorer notre vie quotidienne et relever certains des défis les plus pressants de notre société.

# Chapitre 3: Conception

---

Dans ce chapitre on va voir le matériel utilisé, la conception du robot, simulation et réalisation.

## 3.1 INTRODUCTION

Après avoir présenté un état de l'art sur la robotique et l'intelligence artificielle, et nous être intéressés particulièrement à la robotique mobile, nous allons maintenant passer à la généralités des matériaux qu'on peut utiliser et puis on va préciser le matériel et la conception de notre robot mobile.

Pour cela on a besoin tout d'abord de choisir la structure du robot, ainsi que les différents éléments qui le composeront.

Tout d'abord, pour pouvoir se localiser dans un environnement, un robot mobile a besoin d'un moyen de perception (capteurs) qui l'informe sur sa position dans l'espace dans lequel il évolue.

Dans un second temps, un robot a besoin d'actionneurs (moteur, servomoteur) pour pouvoir se déplacer et interagir avec son environnement.

Enfin pour terminer, le robot a besoin d'un élément essentiel qui représente son cerveau. Ce composant est sans équivoque le microcontrôleur de l'Arduino UNO R3 , qui sert à orchestrer les différents éléments constituant le robot. Partant de l'acquisition des données qui parviennent des capteurs à la prise de décision, ensuite l'exécution des différentes tâches de déplacements qui permettent au robot de naviguer dans son environnement de manière plus ou moins autonome.

## 3.2 GÉNÉRALITÉS DES MATÉRIAUX

### 3.2.1 La locomotion

#### **Les actionneurs :**

Pour bouger à l'intérieur de son environnement et interagir avec celui-ci, les robots sont équipés de ce qu'on appelle des « Actionneurs ». Un actionneur est un dispositif qui transforme l'énergie délivrée par l'interface de puissance, en énergie utilisable par les

effecteurs de processus.

Les actionneurs sont aux robots ce que les muscles sont à l'être humain. Il existe plusieurs types d'actionneurs qui sont utilisés en robotique mobile, ils sont classifiés selon trois catégories :

- Actionneurs hydrauliques : ils exploitent la propriété d'incompressibilité des fluides.
- Actionneurs pneumatiques : ils exploitent les propriétés de compression et de dilatation de l'air.
- Actionneurs électromécaniques: ils exploitent les propriétés telle que l'effet magnétique, l'effet piézoélectrique,...etc.

Dans le domaine de la robotique mobile, les actionneurs les plus utilisés sont les actionneurs électriques, ils assurent une conversion d'énergie et d'information de la forme électrique à la forme mécanique. Un actionneur électromécanique est aussi appelé moteur.

Les moteurs les plus souvent employés en robotique mobile sont les moteurs à courant continu, les moteurs pas à pas, les servomoteurs, et les motoréducteurs.

## **Les moteurs**

### ***DEFINITION GENERALE***

Un moteur est une machine qui convertit toute énergie en énergie de rotation mécanique.

Un moteur appartient à un type d'actionneur et crée un mouvement.

Discutez du moteur si la course n'est pas limitée (discutez du vérin si l'actionneur est à course limitée).

### ***Historique***

Les moteurs les plus anciens exploitent les forces de la nature, avec peu ou pas de technologie supplémentaire.

Moteurs à pression (voiles, éoliennes). moteurs à élastiques (arcs, arbalètes, catapultes à torsion, horloges à mouvement d'horlogerie) ; moteurs utilisant la gravité (roues à aubes sur canaux ou réservoirs, clepsidres, catapultes à contrepoids, rôtissoires lestées, horloges lestées).

La première machine véritablement indépendante de la nature et adaptable à ses circonstances est la machine à vapeur. Ce moteur est basé sur une chaudière qui utilise une source de chaleur (généralement la combustion) pour produire de la vapeur. La vapeur comprimée dans son état expansé est utilisée pour déplacer le piston dans le cylindre. Ce mouvement de translation est converti en rotation par un système bielle-manivelle. La rotation de l'arbre, stabilisée par un volant régulateur de vitesse, entraîne finalement la machine ou les roues via un mécanisme de transmission.

À la fin du XIXe siècle, des moteurs à combustion interne produisant de l'énergie directement à partir de la combustion rapide d'un mélange de carburant et d'oxydant ont été développés et utilisés dans les premières automobiles. Comme les machines à vapeur, cette machine est équipée de bielles et de pistons, à l'exception des machines Wankel, qui ont des pistons rotatifs au lieu de bielles. Cependant, la production d'énergie a lieu exactement là où le travail est effectué, d'où le nom de moteur à combustion interne. Depuis, nous n'avons cessé de progresser en termes de performance et de respect des exigences des normes de protection de l'environnement. Au milieu du XXe siècle, en particulier pendant la Seconde Guerre mondiale, les moteurs à réaction ont été développés en tandem avec les moteurs-fusées pour missiles, compte tenu de la demande croissante en énergie pour propulser les avions militaires. Ces deux familles de moteurs ont des rapports puissance-poids (ou masse-performance) inégalés malgré leurs rendements plutôt faibles, ce qui les rend toujours attrayants pour propulser les avions et les fusées du 21e siècle.

#### ***Les critères de choix du moteur d'un robot autoguidé***

Avant de choisir tel ou tel moteur, il faut garder à l'esprit qu'il existe plusieurs tailles possibles. Les petits moteurs sont conçus pour des applications où la compacité est valorisée par le couple. La gamme IDX est une gamme de moteurs compacts avec commandes de positionnement intégrées. Il existe également de petits moteurs à couple élevé, mais ils sont généralement plus chers en raison de la rareté de leurs aimants, du haut rendement de leurs roulements et d'autres caractéristiques qui affectent leurs performances.

Les moteurs plus gros produisent plus de couple, mais nécessitent des courants plus élevés et des batteries de plus grande capacité. De plus, ils nécessitent des boucles de contrôle plus grandes et plus robustes sous charge. Il est donc important de choisir un moteur adapté à la taille du robot. Le premier critère de sélection est la taille, suivi de la vitesse attendue et des efforts à transmettre.

### ***Les différents types de moteurs pour robots autoguidés***

Il existe une dizaine de types de moteurs, mais la plupart des passionnés de robotique optent pour l'un des trois :

#### ***Le "servo"***

Le servomoteur est souvent l'un des premiers moteurs utilisés par les personnes qui se lancent dans la robotique. Il est vraiment facile à gérer et intègre beaucoup de choses d'une manière tout-en-un. On parle de servomoteur lorsque, indépendamment du moteur utilisé dans le coffret qui fait office de véritable servomoteur, c'est le même coffret, à la fois mécanique et électronique, qui commande et verrouille le moteur.



Figure 12 : Servo moteur.

#### ***Le moteur à courant continu***

Le moteur à courant continu est également appelé moteur à courant continu ou moteur à courant continu. La différence avec le servomoteur est qu'il est non esclave, ce qui signifie que vous n'avez pas besoin de savoir comment lui envoyer une instruction spécifique. Il est équipé de seulement deux fils et il suffit d'alimenter le moteur pour qu'il tourne en permanence pour changer son sens de rotation. Il suffit d'inverser la polarité. Le moteur DC DC est souvent utilisé pour entraîner les roues du robot.



Figure 13 : Moteur à courant continue.

### ***Moteurs pas à pas***

C'est le type de moteur pas à pas, choisi par ceux qui ne sont pas encore familiarisés avec l'asservissement des moteurs à courant continu. Comme son nom l'indique, il tournera pas à pas, ce qui facilitera le contrôle du nombre d'étapes nécessaires.

On trouve trois types de moteurs pas à pas :

- Le moteur à aimants permanents.
- Le moteur hybride.
- Le moteur à réluctance variable.

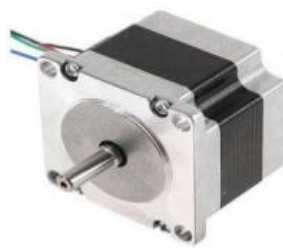


Figure : 14 Moteur pas à pas.

### ***Le moteur à aimants permanents***

C'est le modèle dont le fonctionnement est le plus simple. Le rotor est constitué d'un aimant permanent, et le stator comporte deux paires de bobines. En agissant sur les bobines alimentées et le sens des courants, on fait varier le champ créé par le stator. A chaque pas, la direction du champ induit par le stator tourne de 90°. L'aimant permanent suit le déplacement du champ magnétique créé par les bobines et s'oriente selon une de ses quatre positions stables. Comme le rotor est aimanté, lorsque le moteur n'est pas alimenté, le flux magnétique



dû à l'aimant permanent crée un couple résiduel en se plaçant dans l'axe de l'une des bobines.

Pour augmenter le nombre de positions stables et donc de pas du moteur à aimant permanent, on peut alimenter successivement une puis deux paires de bobines : c'est le mode "demi-pas".

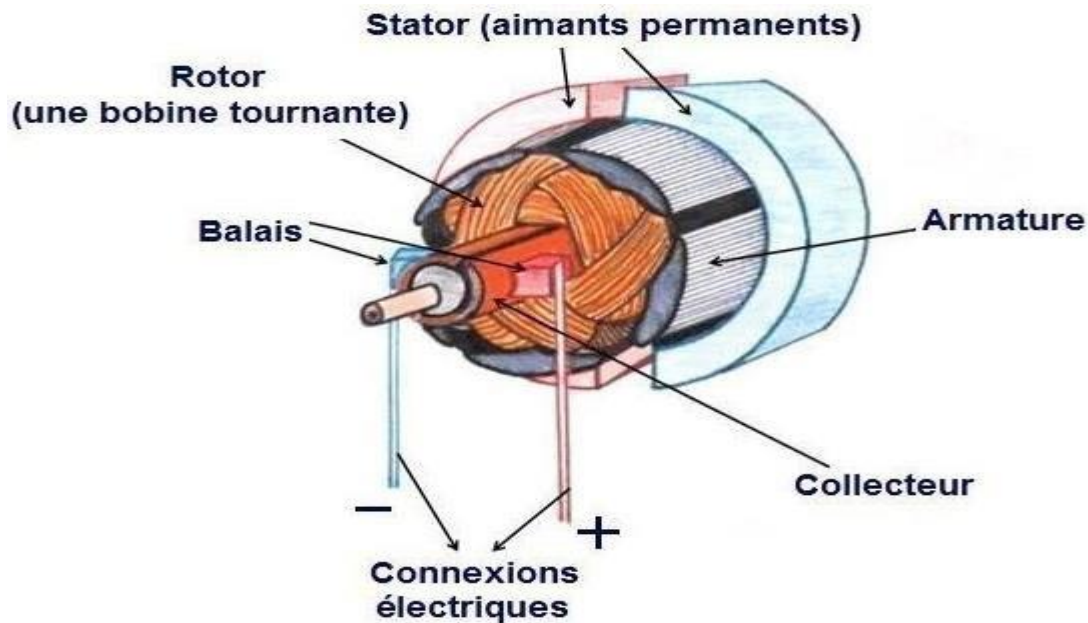


Figure 15 : Moteur à aimants permanent.

### *Le moteur à réluctance variable*

Ce type de moteur pas à pas est composé d'un barreau de fer doux et d'un certain nombre de bobines. Lorsqu'on alimente une bobine, elle devient un électroaimant et le barreau de fer cherche naturellement à s'orienter suivant le champ magnétique. Dans cet exemple on alimente la phase 1, puis la phase 2, puis la phase 3... Si nous souhaitons changer le sens du moteur, il suffit de changer l'ordre d'alimentation des bobines.

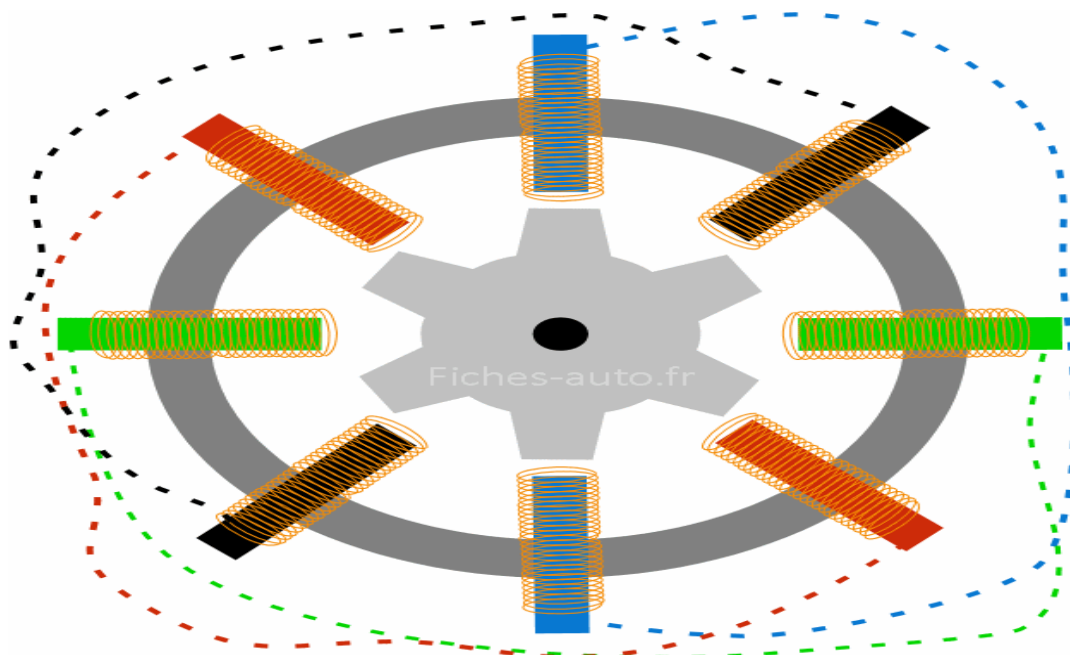


Figure 16 : Moteur à réluctance variable

### *Le moteur hybride*

Le moteur pas à pas « hybride » allie le principe du moteur à réluctance variable à celui du moteur à aimant permanent. Le rotor présente plusieurs dents comme pour un moteur pas à pas à réluctance variable, mais chaque dent est polarisée comme pour un moteur pas à pas à aimants permanents. Physiquement le rotor est composé de deux éléments identiques à un rotor de moteur à réluctance variable, reliés ensemble par un aimant permanent, avec un déphasage d'une demi-dent. De ce fait ces deux éléments ont une polarisation différente (nord et sud) et vont réagir à la polarisation de chacune des dents du stator. C'est cette polarisation qui permet de n'utiliser que 2 bobines en même temps.

### 3.2.2 ROUES

#### *Définition :*

Une roue est une pièce mécanique circulaire qui tourne autour d'un axe passant par son centre. Les roues sont l'une des huit machines simples, elles se présentent donc sous de nombreuses formes.

#### *Historique : [18]*

Des traces de roues, des représentations de roues, des modèles réduits de roues et même des restes de roues eux-mêmes apparaissent archéologiquement dans divers endroits d'Europe et du Moyen-Orient vers la fin de la période néolithique, mais la rareté des vestiges et leur rareté le prouvent également. Car les opportunités de diffusion rapide inhérentes à ces technologies posent

des difficultés importantes pour situer précisément le lieu et le moment de l'invention de la première roue.

L'invention de la roue a longtemps été attribuée aux Sumériens de la Basse Mésopotamie à la fin du IV<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., sous réserve d'interprétation pictographique. A l'époque, les roues de transport étaient considérées comme une invention dérivée du tour de potier, comme en témoigne Sumer à l'époque. En fait, la première utilisation enregistrée de véhicules à roues en Mésopotamie remonte à la première moitié du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. Cependant, un vase Bronočice trouvé en Pologne en 1974 contient un glyphe représentant une charrette à quatre roues et daterait de 3500 av. J.-C., Sur la culture du vase en entonnoir qui fait douter de l'origine sumérienne de la roue.

Brouette du début du 3<sup>e</sup> millénaire avant J.-C. Deux vieux wagons provenant de ce que l'on pense être un ancien Kurgan indo-européen de la culture Yamuna et de ses cultures dérivées ont été découverts, et deux vieux wagons de la culture Maikop Kurgan à Kuban, dans le Caucase du Nord ont été découverts. Les jouets à roue de taureau et d'autres preuves attestent d'une connaissance encore plus ancienne de la roue dans la culture ukrainienne Cukhteni-Tripyria, datant de la première moitié du 4<sup>e</sup> millénaire avant notre ère. Soit dit en passant, indépendamment de Sumer, le tour de potier était également utilisé dans la culture Kukuteni-Tripyria. Et enfin, à la fin du 4<sup>e</sup> millénaire avant notre ère, de véritables roues de véhicules en bois ont été trouvées en Europe centrale. Ch. J.-C. a finalement mis fin à la théorie sumérienne de l'invention.

Il existe plusieurs classes de robots à roues déterminées, principalement, par la position et le nombre de roues utilisées.

Nous citerons ici les quatre classes principales de robots à roues.

### ***Robot unicycle [19]***

Un robot de type unicycle est actionné par deux roues indépendantes, il possède éventuellement des roues folles pour assurer sa stabilité. Son centre de rotation est situé sur l'axe reliant les deux roues motrices.

C'est un robot non-holonome, en effet il est impossible de le déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues de locomotion.

Sa commande peut être très simple, il est en effet assez facile de le déplacer d'un point à un autre par une suite de rotations simples et de lignes droites.

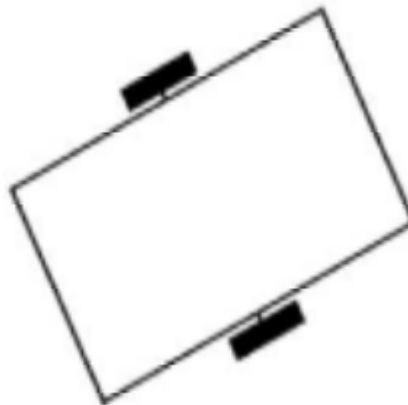


Figure 17 : Robot Unicycle

### ***Robot tricycle***

Un robot de type tricycle est constitué de deux roues fixes placées sur un même axe et d'une roue centrée orientable placée sur l'axe longitudinal. Le mouvement du robot est donné par la vitesse des deux roues fixes et par l'orientation de la roue orientable. Son centre de rotation est situé à l'intersection de l'axe contenant les roues fixes et de l'axe de la roue orientable.

C'est un robot non-holonyme. En effet, il est impossible de le déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues fixes. Sa commande est plus compliquée. Il est en général impossible d'effectuer des rotations simples à cause d'un rayon de braquage limité de la roue orientable.

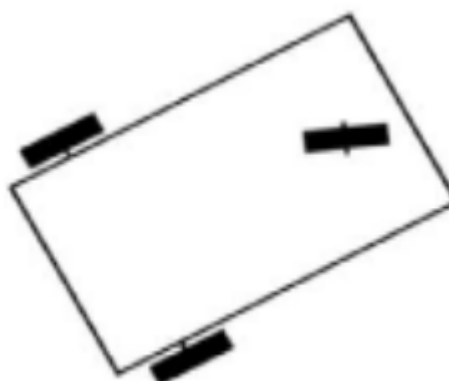


Figure 18 : Robot Tricycle

### ***Robot voiture***

Un robot de type voiture est semblable au tricycle, il est constitué de deux roues fixes placées sur un même axe et de deux roues centrées orientables placées elles aussi sur un même axe.

Le robot de type voiture est cependant plus stable puisqu'il possède un point d'appui supplémentaire.

Toutes les autres propriétés du robot voiture sont identiques au robot tricycle, le deuxième pouvant être ramené au premier en remplaçant les deux roues avant par une seule placée au centre de l'axe, et ceci de manière à laisser le centre de rotation inchangé.

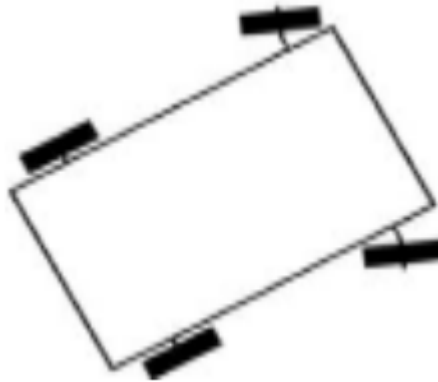


Figure 19 : Robot voiture

### ***Robot omnidirectionnel***

Un robot omnidirectionnel est un robot qui peut se déplacer librement dans toutes les directions. Il est en général constitué de trois roues décentrées orientables placées en triangle équilatéral.

L'énorme avantage du robot omnidirectionnel est qu'il est holonome puisqu'il peut se déplacer dans toutes les directions. Mais ceci se fait au dépend d'une complexité mécanique bien plus grande.

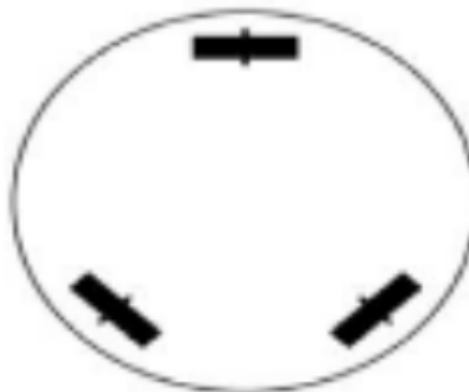


Figure 20 : Robot Omnidirectionnel

*Les avantages et les inconvénients des différents types de robots à roues*

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

Table 1 Différents types de robot à roues.

**3.2.3 CHASSIS***Définition:*

Un châssis est un cadre rigide ou mobile fait d'une matière résistante, destiné à entourer ou supporter quelque chose.

*CHASSIS ANCIENS : [20]*

En termes de menuiserie, fin xviii<sup>e</sup> siècle, le châssis désigne tout bâti dont l'intérieur n'est pas rempli de panneaux. On distingue :

-châssis vitré — assemblage de montants et traverses rempli de petits bois pour recevoir les vitres, et qu'on place dans une petite baie d'un mur, d'une cloison, ou au-dessus d'une porte ; il en est qui sont dormants et d'autres qui sont ouvrants.

-châssis de couche — châssis qui se compose de montants et traverses, et se pose sur une bâche pour couvrir des plantes.

-châssis de fenêtre — partie ouvrante d'une fenêtre composée de montants, traverses et petits

bois.

- châssis d'imposte — châssis qui termine le haut d'une grande fenêtre et qui, pour l'ordinaire, n'est point ouvrant et pose sur une traverse qu'on nomme imposte.

- châssis en tabatière — châssis ouvrant (d'où son nom) composé de montants et traverses avec ou sans dormant, et souvent un montant au milieu, qu'on place dans un comble entre les chevrons pour éclairer une chambre, un grenier.

- châssis de plafond — châssis se composant de montants et traverses qu'on couvre de toiles et de papiers pour masquer les solives d'un plancher ou pour diminuer la hauteur d'une pièce.

- châssis de tenture — assemblage de tringles qu'on pose sur les murs pour les couvrir de toile et de papier.

- châssis de foyer ou frise de parquet — bandes de bois qui encadrent le foyer de pierre ou de marbre de la cheminée, moulures de cuivre entourant tablier de cheminée.

- châssis cintré — châssis d'une fenêtre dont la partie supérieure qui se termine en demicercle ou demi-ovale.

### ***CHASSIS MODERNES [20]***

Le châssis de fenêtre est le cadre qui supporte le vitrage, dont le châssis à guillotine.

- Le châssis d'aéragé à lames est l'entrée d'air ou l'évacuation d'air ou de fumées.

- Le châssis de pierre est le cadre d'un tampon de regard, d'une trappe.

- Le châssis à coller de menuisier est le cadre de serrage des bois de menuiserie.

- En peinture d'art, un châssis est une armature sur laquelle la toile est tendue.

- En typographie, le châssis est un cadre en métal servant à maintenir la forme imprimante pour le passage sous la presse.

- En jardinage et en maraîchage, le châssis est une structure en bois, plastique ou métal, recouverte d'un matériau translucide (plastique, verre) pour faire office de serre au-dessus des plantations fragiles.

- Le châssis de véhicule ou châssis automobile, autrefois en bois, puis métallique,

supporte et rigidifie tous les éléments constituant les véhicules, les automobiles. Jadis distinct de la carrosserie et des aménagements intérieurs, il a été remplacé par un châssis-coque.

- Le châssis des plaques photographiques des débuts de sa pratique, ou de film « grand format » (aussi appelé plan film) utilisé dans les chambres.

- En informatique et en télécommunications, un châssis désigne un boîtier d'équipement réseau écartable avec la connectique.

-En robotique, un châssis est une plaque sur laquelle sont posés tous les composants du robot et permettant de le faire tenir en équilibre.

-En fonderie, un châssis est un cadre métallique servant à maintenir le sable qui contient l'empreinte (moule). Les châssis ont besoin d'être très résistants car ils doivent supporter tous les efforts auxquels ils sont soumis.

### **3.2.4 Les capteurs en robotique mobile [21]**

La robotisation des tâches s'oriente d'une manière générale vers une plus grande prise d'initiatives de la part du robot par rapport à un système automatisé. Le robot choisit ainsi lui-même sa stratégie d'action en fonction de la tâche à réaliser et en fonction de son environnement. Pour accomplir cette opération, le robot doit être doté de capteurs lui permettant d'appréhender en temps réel son environnement.

Le capteur est un instrument qui permet de déceler l'information contenue dans un objet ou issue d'un phénomène. Ce dispositif est soumis à l'action d'une mesurande non électrique, et fournit un signal électrique à sa sortie. Il va assurer la mesure permanente des grandeurs réelles en question.

Ainsi on obtient la grandeur électrique de sortie en fonction de la grandeur physique d'entrée comme représenté sur la figure suivante :



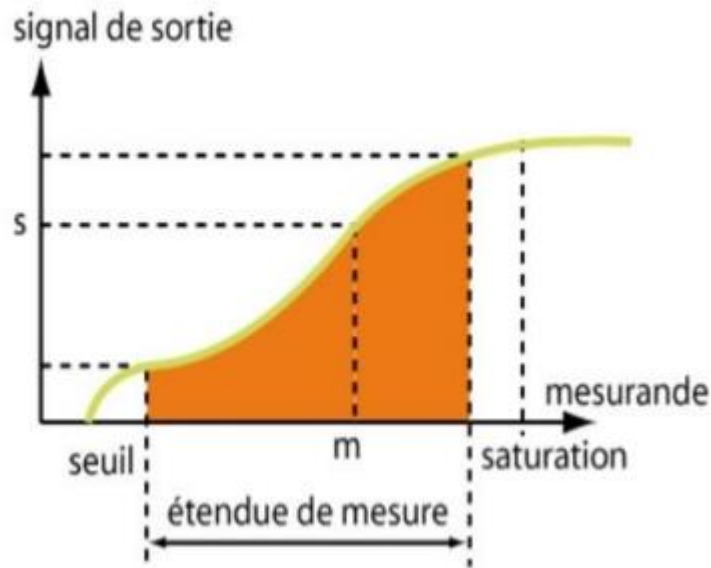


Figure 21 : explication d'un capteur

L'exploitation numérique de la grandeur de sortie du capteur en fonction de la mesurande s'obtient comme suit :

$$S = f(m)$$

**La mesurande** : c'est l'objet de la mesure ou plus simplement la grandeur à mesurer.

**Le mesurage** : c'est l'ensemble des opérations pour déterminer la valeur de la mesurande.

**La mesure** : c'est le résultat du mesurage. Autrement dit c'est la valeur de la mesurande.

Les capteurs typiquement installés sur un robot sont des capteurs ultrasonores, capteurs laser de proximité, des encodeurs de roues (odomètres), des caméras optiques et des microphones. Les types d'informations perçues ainsi que leur précision varient beaucoup d'un capteur à l'autre. Par exemple, un capteur laser de proximité permet de mieux percevoir les contours de l'environnement que les sonars puisque le capteur offre une meilleure résolution angulaire et une meilleure précision sur la distance.

La classification des capteurs est réalisée suivant les phénomènes qu'ils mesurent : force, énergie, distance, champ magnétique, etc. Par conséquent, la classification peut être élaborée suivant que les capteurs utilisent un phénomène physique générateur de tension ou de courant, on parle alors de capteurs actifs, ou qu'ils nécessitent une source d'alimentation pour pouvoir traduire la variation du phénomène en tension, ce sont alors des capteurs passifs. Ils peuvent se classer aussi selon le type d'information qu'ils délivrent soit analogique ou numérique.

En robotique mobile, on classe traditionnellement les capteurs en deux catégories selon qu'ils mesurent l'état du robot lui-même ou l'état de l'environnement dans lequel il évolue. Dans le premier cas, on parle de proprioception et donc de capteurs proprioceptifs. On trouve dans cette catégorie des capteurs de position, de vitesse des roues, ainsi que des capteurs de charge de la batterie.

### ***Capteurs proprioceptifs***

Ce type de capteurs fournit, des informations élémentaires sur les paramètres cinématiques du robot, permettant ainsi un contrôle permanent et la bonne exécution du mouvement.

Les informations sensorielles gérées sont généralement des vitesses, des accélérations, des angles de rotation ou des angles d'attitude. On peut regrouper ces capteurs internes en deux familles :

- Les capteurs de déplacement qui comprennent les odomètres, les accéléromètres, les radars Doppler et les mesureurs optiques. Cette catégorie permet de mesurer des déplacements élémentaires, des variations de vitesse ou d'accélération sur des trajectoires rectilignes ou curvilignes
- Les capteurs d'attitude qui mesurent deux types de données : les angles de cap et les angles de roulis et de tangage. Ils sont principalement constitués par des gyroscopes et des gyromètres, les capteurs inertiels composites, les inclinomètres et les magnétomètres. Ces capteurs sont en majorité de type inertiel, en d'autres termes ces capteurs sont utilisés afin de déterminer le mouvement absolu d'un mobile.

### ***Les capteurs de déplacement***

#### ***Les odomètres :***

Les odomètres permettent de fournir une quantification des déplacements curvilignes du robot en mesurant la rotation de ses roues. Le calcul de la position relative du robot est réalisé par intégration des rotations élémentaires des roues.

Les odomètres sont généralement composés de codeurs incrémentaux qui permettent de mesurer les angles de rotation avec précision qui dépend de la résolution du codeur. Des méthodes fondamentales sont utilisées pour la mesure de position. Dans la première méthode, le capteur est lié à la partie mobile du robot, et fournit un signal dont la variation traduit la position. Il existe des codeurs digitaux absolus où il est déterminé par lecture optique d'une graduation codée en binaire portée par un disque solidaire. Dans la seconde méthode le capteur délivre une impulsion à chaque déplacement élémentaire : la position est déterminée par comptage des impulsions émises, ou décomptages selon le sens du déplacement. Il s'agit de capteur incrémental. L'information de déplacement nécessitera la connaissance du diamètre des roues, de l'entraxe des roues, de la structure mécanique et cinématiques du véhicule

### ***Les accéléromètres :***

Un accéléromètre est un capteur qui nous permet de mesurer l'accélération linéaire du mobile sur lequel il est fixé, il fournit, en sortie, une tension proportionnelle à l'accélération linéaire dans une direction fixée par sa géométrie. Le corps d'épreuve est le même dans tous les capteurs d'accélération et on le nomme une masse sismique. Lorsque le capteur est soumis à une accélération, l'inertie de la masse sismique résiste à son mouvement avec une force  $F = ma$ . Il faut donc mesurer l'amplitude de la force  $F$  pour déduire l'accélération. Cela sera fait par l'élément de transduction.

La mesure de l'accélération utilise trois technologies de capteurs différentes :

- Accéléromètres piézoélectriques.
- Accéléromètres piézorésistifs.
- Accéléromètres asservis.

### ***Les capteurs infrarouges :***

Les capteurs infrarouges sont constitués d'un ensemble d'émetteur/récepteur fonctionnant avec des radiations non visibles, dont la longueur d'onde est juste inférieure à celle du rouge visible. La mesure des radiations infrarouges étant limitée et, en tout état de cause, la qualité est très dégradée au-delà d'un mètre, ces dispositifs ne servent que rarement de télémètres. On les rencontrera le plus souvent comme détecteurs de proximité. Il faut noter que ce type de détection est sensible aux conditions extérieures, notamment à la lumière ambiante, à la sécularité des surfaces sur lesquelles se réfléchissent les infrarouges, à la température et même à la pression ambiante. Ces capteurs ne sont pas complètement directionnels et leur caractéristique présente une zone de détection conique à l'origine d'incertitudes. Enfin, l'alternance de phase d'émission et de réception impose une distance de détection minimale. Ce genre de capteurs sont des télémètres de faible portée, ils mesurent des distances absolues ou relatives par détection infrarouge et disposent, selon les modèles, de sorties numériques ou analogiques. La mesure est établie à partir de l'inclinaison du rayon réfléchi ; le rayon est en effet dévié à l'aide d'un système optique sur une matrice de photodiodes (PSD),

### ***Les capteurs ultrasonores :***

Les capteurs ultrasonores utilisent des vibrations sonores dont les fréquences ne sont pas audibles par l'oreille humaine. Les sons audibles par l'homme ont des fréquences comprises approximativement entre 20Hz et 20kHz. Les ultrasons, correspondent aux sons qui ont une fréquence supérieure à 20kHz (les sons ayant une fréquence inférieure à 20 kHz sont appelés

infrasons.), les fréquences couramment utilisées dans ce type de technologie vont de 20 kHz à 200kHz. Les ultrasons émis se propagent dans l'air et sont réfléchis partiellement lorsqu'ils heurtent un corps solide (voir la figure 17), en fonction de son impédance acoustique. La distance entre la source et la cible peut être déterminée en mesurant le temps que prennent les ondes ultrasons pour faire un aller-retour entre le capteur et le corps distant.

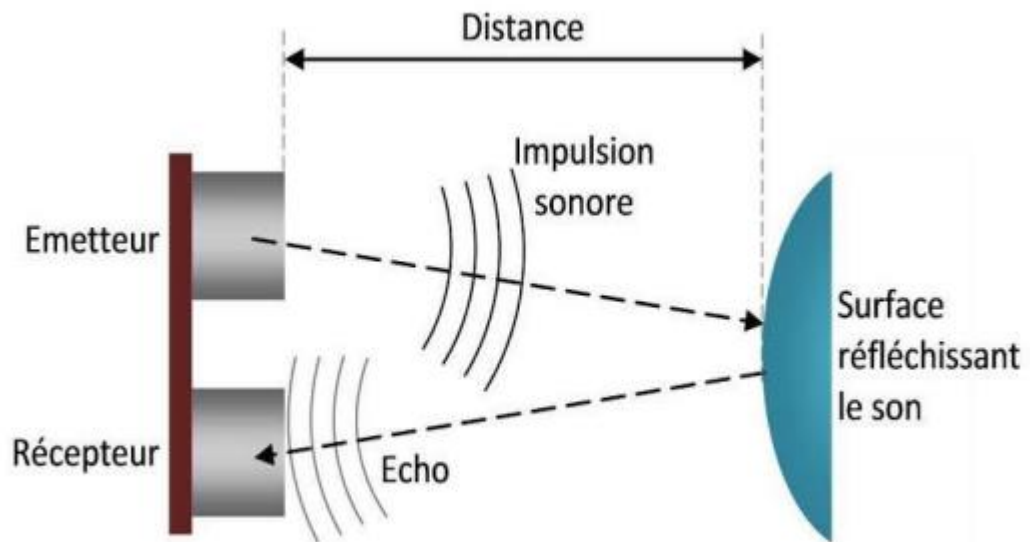


Figure 22 : Capteur ultrasonore

### 3.3 STRUCTURE DE NOTRE ROBOT

Dans notre travail nous avons choisi de concevoir un robot mobile autonome à roues, de type omnidirectionnel, ce type de structure a pour avantage d'être plus stable mécaniquement et d'une complexité mécanique modérée ainsi qu'un déplacement aisé dans son environnement.

#### La conception matérielle de notre robot :

##### 3.3.1 L'Arduino UNO R3 [22]:

C'est un micro-contrôleur très largement utilisé par la communauté des makers.

Cette version de l'UNO R3, avec ATmega 328, est améliorée et intègre 2 pins analogiques (A6 et A7). Ses 14 entrées/sorties (dont 6 PWM) la rendent capable d'assumer un très grand nombre de projets.

On peut alimenter le micro-contrôleur via un câble Micro-USB ou une câble Jack DC. Le régulateur de tension (LDO) peut gérer une tension d'entrée entre 6 et 12V DC. La tension de sortie est de 5V, pour un courant max 800mA. Le courant max pour la sortie 3,3V est de 180mA.

La carte inclus un circuit intégré CH340G pour l'interface USB (plus abordable que le FTDI qui équipe les versions officielles), qui nécessite sur Mac le téléchargement et l'installation du driver. En effet, l'OS.X n'intègre pas (encore, à la date d'écriture de cet article) en standard ce driver alors que Windows l'intègre.

**Caractéristiques:**

- Intégration complète sur une carte: Uno R3 ATmega 328 et WiFi ESP8266 avec 8 Mo de mémoire.
- La solution pratique pour le développement de nouveaux projets nécessitant Uno et WiFi.
- La carte possède un commutateur DIP pour connecter les modules.
- Tension d'alimentation: 6 9 V recommandée.
- MCU: ATmega328.
- MCU WiFi: ESP8266.
- Convertisseur USB: CH340G

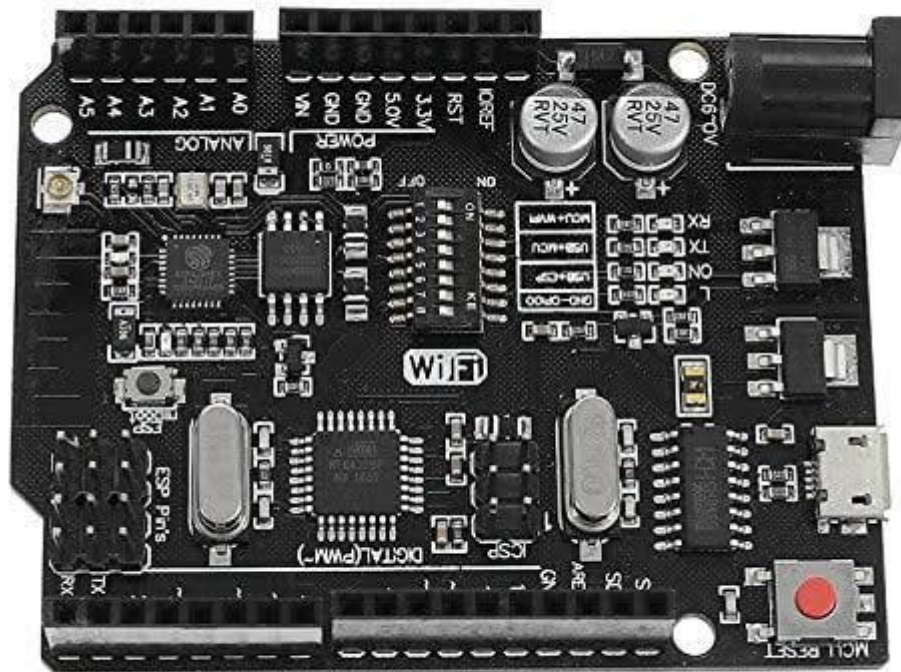


Figure 23 : Arduino Uno R3 Wifi.

### 3.3.2 Carte Shield L293D

Pour contrôler un moteur à courant continu de faible puissance (max 0,6 A) dans les deux sens de rotation et faire de la variation de vitesse le shield moteur L293D est une bonne solution. L'interface moteur est équipée d'un circuit intégré L293D permettant de piloter deux moteurs à courant continu dans les deux sens de rotation ou pour réduire ou accélérer la vitesse du moteur. Voyons en détail les possibilités de ce module avec l'utilisation d'une carte de développement Arduino.

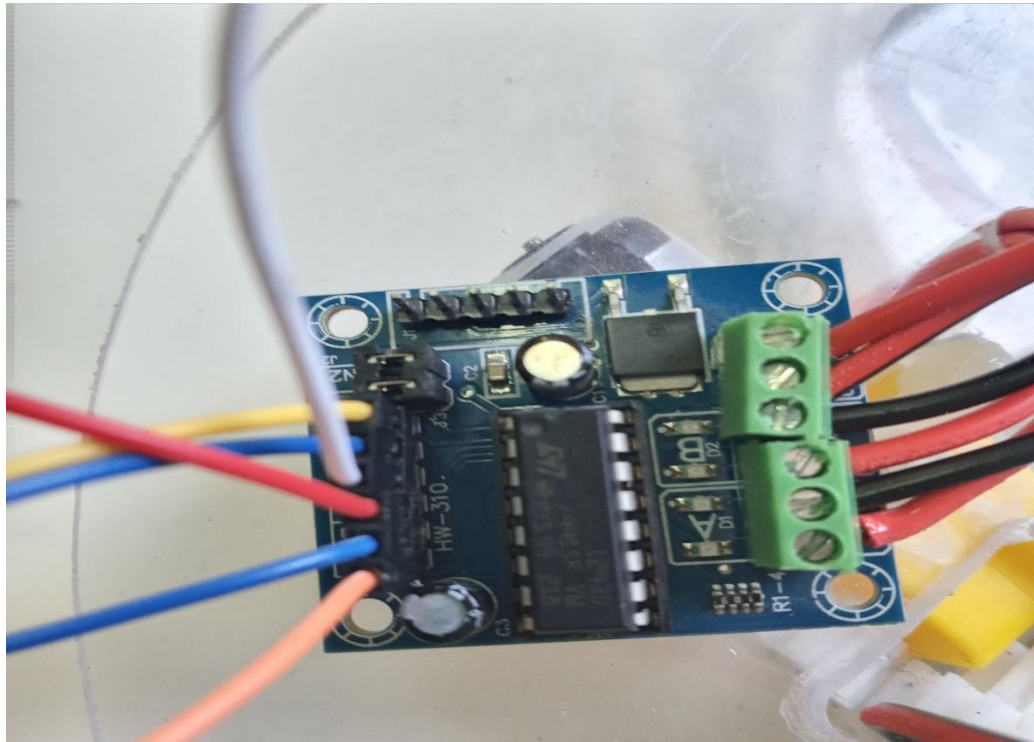


Figure 24 : Carte L293D

### 3.3.3 Cable USB

L'abréviation « USB » signifie « Universal Serial Bus ». Cette interface a été conçue afin de permettre les connexions entre de nombreux appareils grâce à un même type de prise et de câble. Son but premier était l'échange d'informations. Aujourd'hui, les câbles USB permettent d'échanger des données mais aussi d'alimenter des appareils.

L'USB est le câble de prédilection de nombreuses interfaces audio, des ordinateurs portables, smartphones et tablettes. Il permet le transfert de données et la charge minimale des anciennes versions, mais aussi de fournir une alimentation jusqu'à 100 W.

### ***USB TYPE A***

Le port USB de type A est le plus connu et le plus couramment utilisé. Il est facilement reconnaissable par sa forme rectangulaire. On le retrouve généralement sur la grande majorité des appareils numériques : ordinateurs, claviers, serveurs, etc.

Il s'agit également du type de port USB utilisé sur les clés USB permettant une connexion simple et rapide à n'importe quel appareil afin de lire les données stockées sur celle-ci.



Figure 25 :Cable USB

#### **3.3.4 Capteur Infrarouge FC-51**

Le capteur de proximité FC-51 (voir Figure 17) est composé d'une diode infrarouge (émetteur) et d'une photodiode (récepteur).

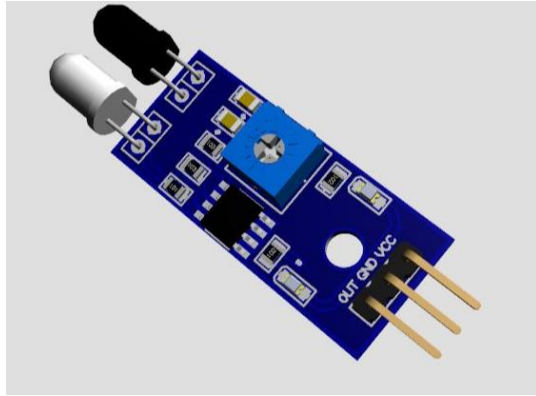


Figure 26 : Capteur FC-51

Suivant la distance à laquelle se trouve l'obstacle, le récepteur recevra plus ou moins de lumière infra-rouge réfléchi. La figure 18 montre le fonctionnement d'un tel capteur infrarouge.

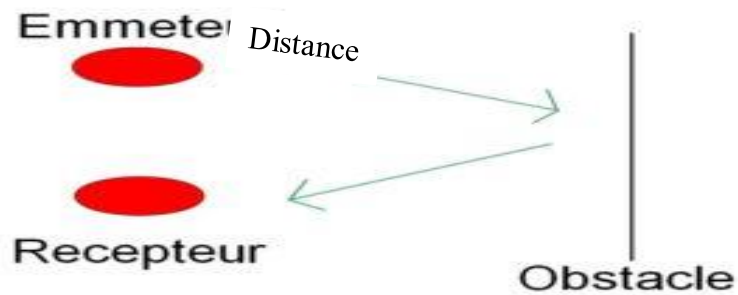


Figure 27 : Fonctionnement du capteur

***Caractéristiques***

- Distance de détection : de 2 à 30 cm
- Dimensions : 3.1 cm \* 1.5 cm
- Alimentation : 3.3 – 5 V.
- OUT : interface de sortie numérique de la carte (0 si détection, et 1 si aucune détection)



### ***Le Branchement***

Il est à noter que lors du branchement, une LED verte s'allume sur le capteur si un obstacle est détecté. Celle-ci permet de savoir si votre capteur est en état de fonctionnement ou non. La distance de détection peut-être ajustée à l'aide d'un potentiomètre disponible sur le capteur.

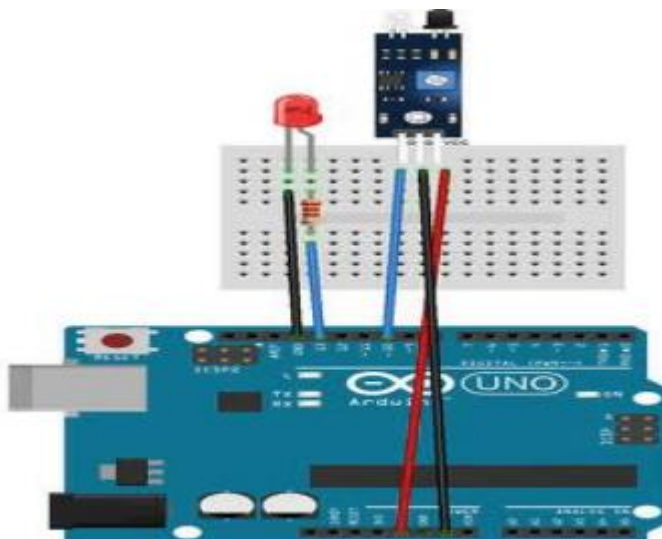


Figure 28 : Branchement du capteur IR FC-51.

### **3.3.5 Moteur à courant continu**

Pour moteur nous avons choisi le DC Gearbox Moteur - "TT Motor".

Ces moteurs durables de boîte de vitesses en plastique (également appelés moteurs « TT ») sont un moyen facile et peu coûteux pour obtenir vos projets en mouvement. Ceci est un moteur à courant continu Transmission TT avec un rapport de vitesse de 1:.. 48, et il est livré avec 2 x 200 mm avec des fils plaque d'essais-friendly 0,1" connecteurs mâles parfait pour brancher une carte de test ou des borniers

#### ***Détails techniques:***

- Tension nominale: 3 ~ 6V
- continue à vide: 150mA +/- 10%
- Min. Vitesse de fonctionnement (3V): 90 +/- 10% RPM
- Min. Vitesse de fonctionnement (6V): 200 +/- 10% RPM
- Couple: 0.15Nm ~ 0,60 Nm
- Stall couple (6V): 0.8kg.cm
- Rapport de vitesse: 01:48

- Dimensions du corps: 70 x 22 x 18 mm
- Longueur des fils: 200mm et 28 AWG
- Poids: 30,6 g



Figure 29 : Moteur TT.

### 3.3.6 Batterie MIR SAT :

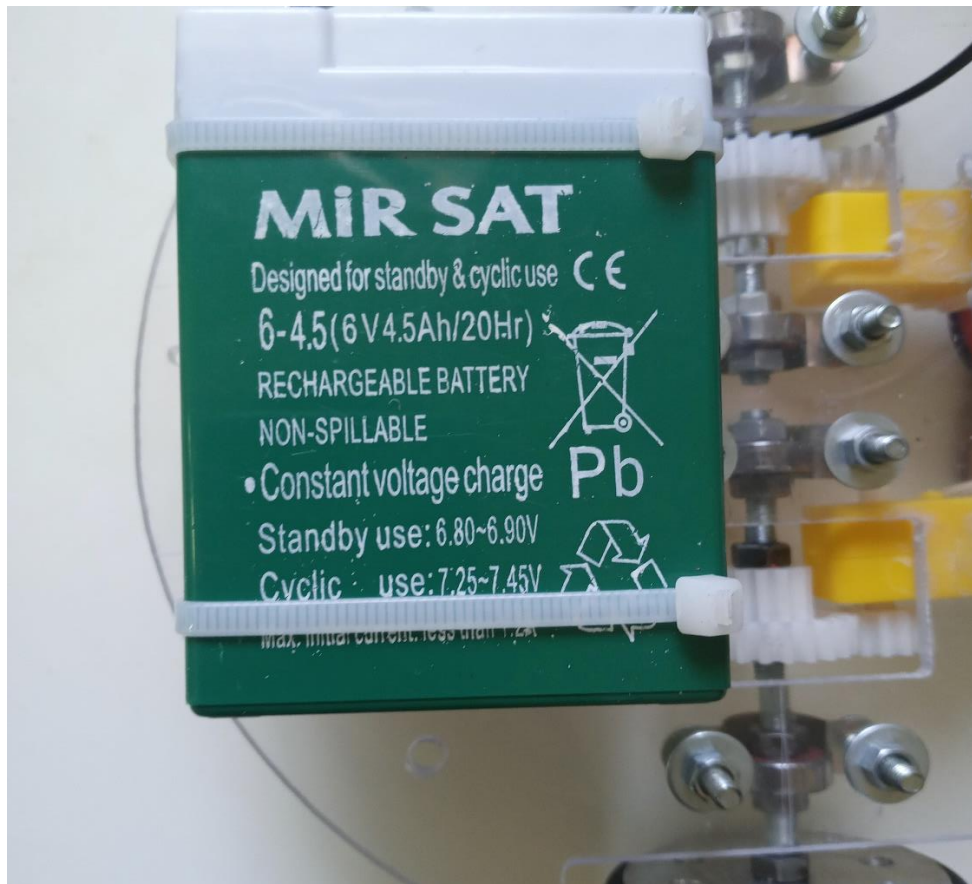


Figure 30: batterie

### *Caractéristiques de notre batterie*

- 6-4.5(6v 4.5Ah/20hr)
- Batterie Rechargeable
- Non Renversible
- Charge voltage Constant
- utilisation en veille: 6.80-6.90V
- Courant initiale max >1.2Ah
- Utilisation cyclic 7.25-7.45V

### **3.3.7 Les Roues**

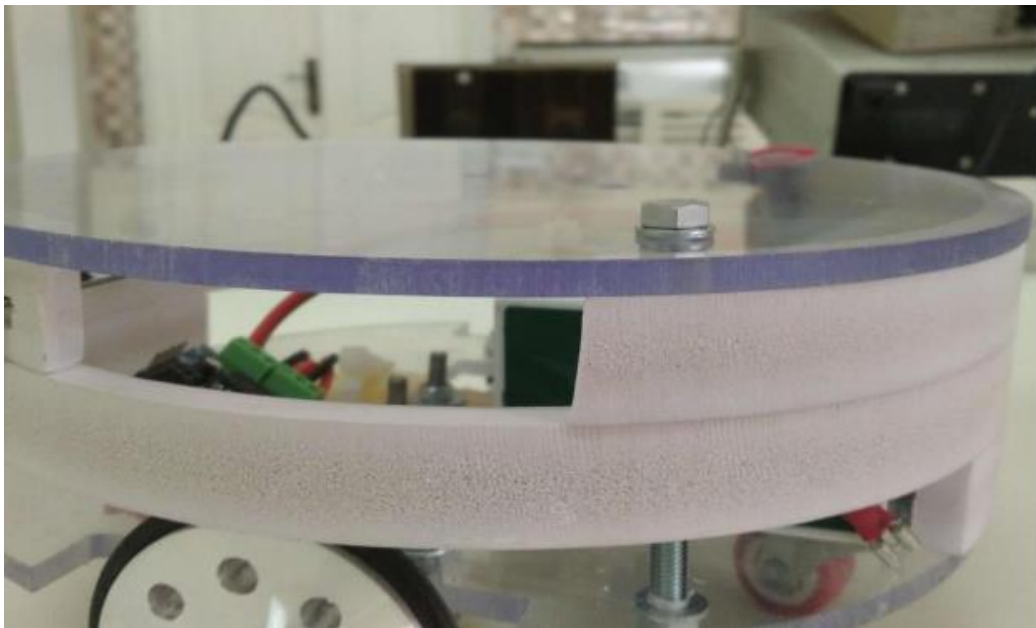
Les roues que nous avons utilisé sont de diamètres 60 mm et de poids 150 g avec un joint torique noir au contour et troués pour diminuer le poids du robot



Figure 31 : Roues de notre robot.

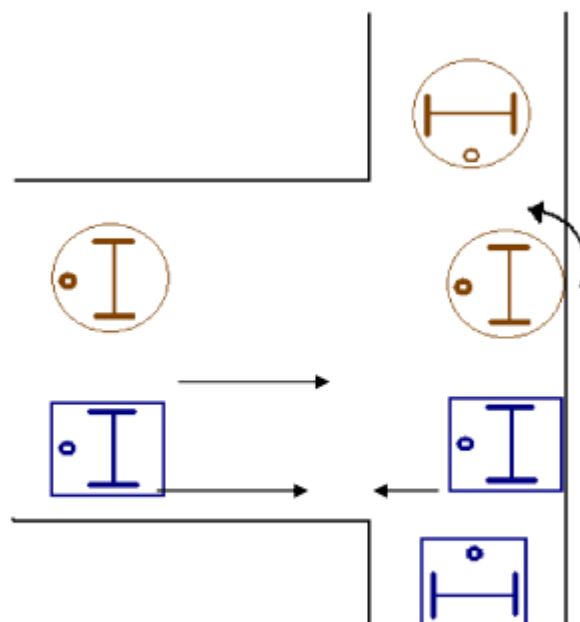
### 3.3.8 CHASSIS

Notre Châssis à un diamètre de 220mm est réalisé à partir d'une matière à base de plexy-glace transparent.



**Figure 32 :** Notre chassi.

Dans la (figure 32) le robot cylindrique détecte un mur par ces capteurs avant, alors il évite l'obstacle par pivotage à gauche, et il reprend son chemin dans un couloir droit. Par contre le robot rectangulaire, il doit reculer avant de réagir.



**Figure 33 :** Avantage de la forme cylindrique.

## Chapitre 4: Simulation et Réalisation

---

### 4.1 DEFINITION DE LA SIMULATION [23]

La simulation s'applique à de nombreux domaines : Santé, Aéronautique, Marine Marchande, Industrie Nucléaire, etc.

La simulation est une méthode d'enseignement positive qui facilite l'apprentissage. Elle permet l'acquisition de connaissances, l'amélioration des performances, la réflexion de groupe, l'amélioration du travail d'équipe et la confiance en soi.

La simulation se compose de 3 étapes.

Briefing, simulation, débriefing. La qualité de l'enseignement repose sur les bonnes pratiques et l'expertise des formateurs telles que décrites dans le « Guide des bonnes pratiques en simulation santé » – HAS 2012.

Les simulations sur site sont aussi réalistes que possible, utilisant des environnements de travail réels et des outils adaptés (tels que des systèmes informatiques).

Les taux de rétention pour l'apprentissage par la pratique atteignent 75% (5-10% pour les cours de lecture et de théorie selon la pyramide d'apprentissage).

### 4.2 DEFINITION ARDUINO [24]

Ce sont des cartes électroniques programmables (donc équipées d'un processeur et d'une mémoire) auxquelles on peut connecter des capteurs de température, d'humidité, de vibration ou de lumière, des caméras, des boutons, des potentiomètres de réglage, des contacts électriques, etc.

Il existe également des connecteurs pour connecter des LED, des moteurs, des relais, des afficheurs, des écrans...

Les cartes Arduino sont les cerveaux qui rendent les systèmes électroniques intelligents et pilotent les dispositifs mécaniques.

### 4.3 LES TYPES DE CARTES ARDUINOS

Les concepteurs d'Arduino.cc ont mis au point de nombreuses conceptions de cartes au fil des ans. La première carte Arduino, Diecimila, est sortie en 2007. Depuis lors, la famille Arduino a évolué pour tirer parti de la grande variété de microprocesseurs Atmel.

Le Due, sorti en 2012, a été le premier Arduino à utiliser le processeur ARM Cortex-M3 32 bits. Il surpasse les autres familles en termes de puissance de traitement et de brochage de la carte. D'autres cartes telles que LilyPad et Nano ne partagent pas non plus le même brochage et visent un domaine différent d'applications plus "portables".

Pour LilyPad, il est utilisé pour une incorporation facile dans les vêtements et les tissus.

Esplora intègre des capteurs et des actionneurs, et la taille compacte des modèles Mini, Micro et Nano les rend idéaux pour les applications petites, légères et discrètes.

#### **4.4 ARDUINO UNO**

L'Arduino Uno est une carte microcontrôleur open source basée sur le microcontrôleur (MCU) Microchip ATmega328P et développée par Arduino.cc et initialement publiée en 2010.

La carte est équipée d'ensembles de broches d'entrée/sortie (E/S) numériques et analogiques qui peuvent être interfacées avec diverses cartes d'extension (blindages) et d'autres circuits.

La carte possède 14 broches d'E/S numériques (six capables de sortie PWM), 6 broches d'E/S analogiques et est programmable avec l'IDE Arduino (environnement de développement intégré), via un câble USB de type B.

Il peut être alimenté par un câble USB ou un connecteur barillet acceptant des tensions comprises entre 7 et 20 volts, comme une pile rectangulaire de 9 volts. Il a le même microcontrôleur que la carte Arduino Nano et les mêmes en-têtes que la carte Leonardo.

La conception de référence matérielle est distribuée sous une licence Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 et est disponible sur le site Web Arduino. Des fichiers de mise en page et de production pour certaines versions du matériel sont également disponibles.

Le mot "uno" signifie "un" en italien et a été choisi pour marquer une refonte majeure du matériel et des logiciels Arduino.

La carte Uno a succédé à la version Duemilanove et était la 9e version d'une série de cartes Arduino basées sur USB.

La version 1.0 de l'IDE Arduino pour la carte Arduino Uno a maintenant évolué vers des versions plus récentes.

L'ATmega328 sur la carte est préprogrammé avec un chargeur de démarrage qui permet de télécharger un nouveau code sans l'utilisation d'un programmeur matériel externe.

Alors que l'Uno communique en utilisant le protocole original STK500, elle diffère de toutes les cartes précédentes en ce qu'elle n'utilise pas de puce série FTDI USB vers UART. Au lieu de cela, il utilise l'Atmega16U2 (Atmega8U2 jusqu'à la version R2) programmé comme un convertisseur USB-série.

#### **4.4.1 SIMULATEURS ARDUINO**

Mais de nos jours on a plusieurs logiciel / simulateur qu'on peut utiliser

Nous allons parler de certains de ces logiciels :

##### ***Tinkercad Circuits***

Tinkercad Circuits est le service en ligne gratuit d'Autodesk lancé en 2017. Probablement le simulateur Arduino le plus simple à utiliser. Vous pouvez facilement concevoir vos propres circuits, les programmer sous forme de bloc ou de texte et les déboguer.

Simuler une carte Arduino et une interface IO et travailler avec le code fonctionne bien. Vous pouvez également télécharger le code et le partager avec d'autres fabricants. Bien sûr, il ne peut pas tout faire. Par exemple, vous ne pouvez pas créer ou ajouter vos propres pièces et composants dans Tinkercad Circuits. De plus, seules 6 bibliothèques Arduino ne peuvent pas être complétées.

Si vous voulez essayer Tinkercad Circuits, vous devez d'abord vous inscrire. Il existe trois types de comptes :

formateur, étudiants et particuliers.

Développeur : Autodesk

Catégorie : en ligne

Open source : non

Pour : les niveaux débutant et intermédiaire

Les petits plus : possibilité d'exporter les cartes et les schémas pour produire des circuits imprimés

Compatibilité : MacOS, Windows, Linux, etc. (service en ligne)

Prix : gratuit

### ***Virtual Breadboard et Avatar Hardware***

Virtual Breadboard est une application du Windows Store. L'interface utilisateur est conviviale et il est très facile de concevoir votre propre circuit (à l'aide d'outils de glisser-déposer). Vous pouvez également télécharger le croquis au format HEX depuis Arduino IDE, Arduino Create, PlatformIO, Visual Studio, etc.

Avec cette application, vous pouvez simuler des cartes Arduino, des interfaces IO, des interactions de programme, etc. Il existe également une option pour exporter le projet au format SVG et KiCad. Ce qui rend les maquettes virtuelles spéciales, c'est la combinaison de matériel réel avec des composants et des circuits virtuels modifiables.

La version gratuite est assez limitée :

Vous devez absolument passer à la version payante pour continuer. Que vous choisissiez la version gratuite ou payante, le simulateur a certaines limites dans la mesure où l'interface du logiciel ne vous permet pas de créer ou d'ajouter vos propres pièces ou composants ou d'écrire vos propres programmes. Enfin, il n'est pas non plus possible d'exporter des cartes et des schémas pour créer des circuits imprimés.

Développeur : James Caska

Catégorie : hors-ligne, en ligne (version bêta gratuite)

Open source : non

Pour : les niveaux débutant et intermédiaire

Les petits plus : possibilité de créer et modifier des composants virtuels en réalité mixte



Compatibilité : Windows

Prix : l'appli est gratuite, Avatar hardware coûte un peu moins de 10 €, sans compter l'inscription Pro d'un an, qui coûte environ 30 €.

### *SimulIDE*

SimulIDE est un simulateur de circuit électronique en temps réel qui inclut des simulations PIC, AVR et Arduino.

Il existe 3 versions :

Payé 0.5.15-RC4 (via Patreon), gratuit 0.4.15-SR4 et Community Edition. SimulIDE présente une interface utilisateur sophistiquée qui se veut rapide, simple et conviviale.

Vous pouvez concevoir vos propres circuits et les programmer avec des éditeurs de code et des débogueurs pour GcBasic, Arduino, PIC et AVR. SimulIDE a également une chaîne YouTube avec 12 vidéos. Comme pour l'exemple précédent, vous ne pouvez pas créer vos propres pièces ou composants (mais vous pouvez toujours poser des questions sur les forums ou Patreon). Vous ne pouvez pas non plus concevoir des cartes ou des schémas et les exporter pour la fabrication de PCB.

Développeurs : Santiago Gonzales et Popov Alexey

Catégorie : hors-ligne

Open source : non, ni pour la version gratuite, ni pour la payante, mais c'est par contre le cas de la version communautaire

Pour : les niveaux débutant à avancé

Les petits plus : repository GitHub pour la version communautaire

Compatibilité : Windows 32 ou 64 bits, Ubuntu, MacOS (avec Wine)

Prix : paiements échelonnés possibles pour la version payante (entre 1 et 9 €/mois +TVA), la version communautaire est gratuite

### ***PICSimLab***

PICSimLab est un émulateur de carte de développement en temps réel avec un débogueur MPLAB X/AVR GDB intégré. Prend en charge certains microcontrôleurs PICSim et Simavr. Lors de la programmation de cartes à microcontrôleur, PICSimLab bénéficie de son intégration avec MPLAB X Arduino IDE.

Vous pouvez concevoir vos propres circuits, télécharger des fichiers HEX ou télécharger directement depuis l'IDE Arduino. Il est également possible de simuler les interfaces Arduino IO et les interactions de programme. Les utilisateurs plus avancés peuvent créer ou ajouter leurs propres pièces et composants, mais encore une fois, ils ne peuvent pas concevoir de cartes ou de schémas et les exporter pour créer des PCB.

Développeur : Luis Claudio Gambôa Lopes

Catégorie : hors-ligne (une version) et en ligne (trois versions)

Open source : oui

Pour : les utilisateurs de niveau intermédiaire à avancé.

Les petits plus : possibilité d'émuler certains microcontrôleurs PICSim, repository GitHub

Compatibilité : Windows 32 ou 64 bits, Ubuntu, MacOS (avec Wine)

Prix : gratuit

### ***Wokwi***

Wokwi adopte une approche complètement différente. Ce programme est basé sur AVR8js, une implémentation JavaScript de l'architecture AVR 8 bits. Visitez la page GitHub et téléchargez Wokwi-elements et Wokwi-playground. À partir de là, vous pouvez explorer et simuler divers exemples, et même modifier l'esquisse et l'apparence du circuit (à l'aide du fichier diagram.json).

Si vous souhaitez enregistrer (copier) l'échantillon, vous devez d'abord vous inscrire via Google ou GitHub. Une fois connecté, vous verrez un petit menu (coin supérieur droit de l'écran) avec les choix suivants :

Discord Server, Mes projets, Clubs et Déconnexion.

Ce n'est pas une interface glisser-déposer, vous devrez donc regarder les exemples existants, les copier, les modifier et voir les résultats vous-même. Vous pouvez ensuite créer votre propre simulation. Pour concevoir votre propre circuit, vous devez modifier le fichier diagram.json. Voir la documentation pour plus de détails. Les utilisateurs avancés peuvent créer ou ajouter leurs propres pièces, composants ou même bibliothèques Arduino (cliquez sur la petite flèche à côté de la liste des fichiers et sélectionnez "Nouveau fichier..." pour créer un fichier .h ou .cpp). Limites uniquement :

Il n'est pas possible d'exporter des cartes et des schémas pour la fabrication de PCB.

Wokwi a évolué rapidement car ses développeurs et sa communauté sont très actifs. Visitez la chaîne Discord pour poser des questions et obtenir de l'aide. Tout le monde est prêt à vous soutenir, y compris les développeurs.

Développeur : Uri Shaked

Catégorie : en ligne

Open source : oui

Pour : les utilisateurs de niveau intermédiaire à avancé.

Les petits plus : chat sur Discord (aide en ligne), repository GitHub

Compatibilité : MacOS, Windows, Linux, etc. (service en ligne)

Prix : gratuit (possibilité de faire des dons mensuels)

### ***UnoArduSim***

UnoArduSim est un outil pédagogique gratuit qui permet de concevoir vos propres circuits (en cliquant sur Configure > I/O Devices), vos programmes (seulement du texte, ou en chargeant des fichiers Arduino), déboguer du code et simuler les interfaces IO Arduino et l'interaction des programmes.

Notez que vous ne pouvez pas créer ou ajouter vos propres pièces et composants, ni glisser-déposer des composants, ni concevoir des cartes et des schémas, ni en exporter en vue de produire des circuits imprimés.

Développeur : Stan Simmons

Catégorie : hors-ligne

Open source : non

Pour : les utilisateurs de niveau intermédiaire à avancé

Les petits plus : interface agréable ressemblant à un oscilloscope

Compatibilité : Windows

Prix : gratuit

### ***Proteus***

Il s'agit d'une compilation de logiciels produite par Labcenter Electronics et distribuée en France exclusivement par Multipower. Actuellement, Proteus (2020) est la seule CAO électronique capable de concevoir et de simuler un système électronique complet, y compris en utilisant le code des microcontrôleurs. Elle comprend un éditeur de schéma (ISIS), un outil de placement-routage (ARES), un simulateur analogique-numérique, un environnement de développement intégré pour microcontrôleurs, un module de programmation par algorithme et un éditeur d'interface pour smartphone pour piloter à distance les cartes Arduino ou Raspberry Pi.

Développeur : Multipower

Catégorie : Hors ligne

Open source : oui

Pour : les utilisateurs de niveau intermédiaire à avancé.

Prix : 35\$ chaque moi

Compatibilité : Windows , mac , linux

#### 4.5 LES AVANTAGES ET INCOVENIENTS DE CHAQUE SIMULATEUR

Simulateur	Les avantages	Les incovenients
Tinkercard circuits	<p>-Il propose des schémas de circuits très esthétique et permet de les simuler. Il est rare pour un simulateur de maîtriser ces deux aspects.</p> <p>-Tinkercad est gratuit, contrairement à la plus part de ces concurrents qui sont payant avec une version d'essai.</p> <p>-C'est un simulateur fonctionnant avec internet, ce qui vous assure d'avoir la dernière version du logiciel gratuitement.</p>	<p>-Tinkercad est exclusivement en anglais</p> <p>-Contrairement à ses concurrents, il ne possède pas une grande gamme de composants pour personnaliser votre circuit. Il est donc possible que vous ne trouviez pas tous ce dont vous avez besoin. De plus il est impossible d'ajouter des composants contrairement à d'autre concurrent comme Fritzing ou Flowcode ce qui en fait un défaut majeur.</p>
Virtual breadboard	<p>-Il est facile à vérifier rapidement pour les circuits simples et complexes et il a des circuits facilement vérifiés au stade initial, ce qui permet de gagner du temps.</p> <p>-Il peut être débogué facilement.</p> <p>-Il est facile à régler.</p> <p>-C'est souple.</p>	<p>-Un breadboard est plus bruyante que des circuits imprimés correctement agencés, parfois beaucoup trop bruyants.</p> <p>-Non destiné à résister à une haute tension supérieure à 48 V.</p> <p>-Pas bon pour les applications à courant élevé.</p>
SimulIDE	<p>-Logiciel open-source gratuit pour la simulation et la conception de circuits électroniques.</p> <p>-Interface conviviale : SimulIDE dispose d'une interface conviviale qui</p>	<p>-L'interface utilisateur peut être moins intuitive pour les débutants.</p> <p>-Les simulations peuvent être plus lentes ou moins précises que dans des logiciels plus puissants.</p>

	<p>permet aux utilisateurs de concevoir et de simuler des circuits électroniques sans avoir de connaissances techniques approfondies. La fonctionnalité de glisser-déposer et les contrôles intuitifs le rendent accessible aux débutants.</p>	
PicSimLab	<p>-Intégration complète : Il est intégré à l'environnement Proteus VSM, ce qui permet de bénéficier de toutes les fonctionnalités de simulation et de conception disponibles dans Proteus.</p> <p>-Polyvalent : PicSimLab prend en charge une large gamme de microcontrôleurs populaires, offrant ainsi une flexibilité dans le choix des plateformes de développement.</p>	<p>-Courbe d'apprentissage : PicSimLab peut être complexe pour les débutants en électronique et en programmation de microcontrôleurs, nécessitant une courbe d'apprentissage pour maîtriser pleinement ses fonctionnalités.</p> <p>-Interface en anglais</p>
Wokwi	<p>-Accessibilité en ligne depuis n'importe quel navigateur.</p> <p>-Grande bibliothèque de composants électroniques.</p> <p>-Interface utilisateur conviviale.</p> <p>-Fonctionnalités collaboratives en temps réel.</p>	<p>-Dépendance à une connexion Internet.</p> <p>-Possibilité de performances plus lentes par rapport aux outils hors ligne.</p> <p>-limitations de compatibilité avec certains composants ou fonctionnalités avancées.</p>
Unoardosim	<p>-Logiciel gratuit</p> <p>-utile pour les travaux simple</p>	<p>- vous ne pouvez pas créer ou ajouter vos propres pièces et composants</p> <p>-vous ne pouvez pas glisser-déposer des composants</p> <p>- ni concevoir des cartes et des schémas</p> <p>- ni en exporter en vue de produire des circuits imprimés.</p>

<p>Proteus</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplification du stockage et de la gestion de configuration, puisque le schéma est forcément associé à son PCB</li> <li>- Possibilité de faire du LIVE PCB, où le schéma et le PCB sont en interaction permanente.</li> <li>- Portabilité, puisqu'un seul fichier contient à la fois le schéma, le PCB, la nomenclature et la librairie attachée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisation d'une empreinte comportant des pastilles de même nom peut faire oublier des liaisons électrique (pas de déclenchement d'erreur de connectivité).</li> <li>- Les lettres peuvent être moins "parlante" que des chiffres, notamment pour l'orientation du composant.</li> </ul>
----------------	---	--

Table 2 Tableau des avantages et inconvénients de chaque simulateur.

## 4.6 SIMULATION

### 4.6.1 Simulation du robot sur proteus

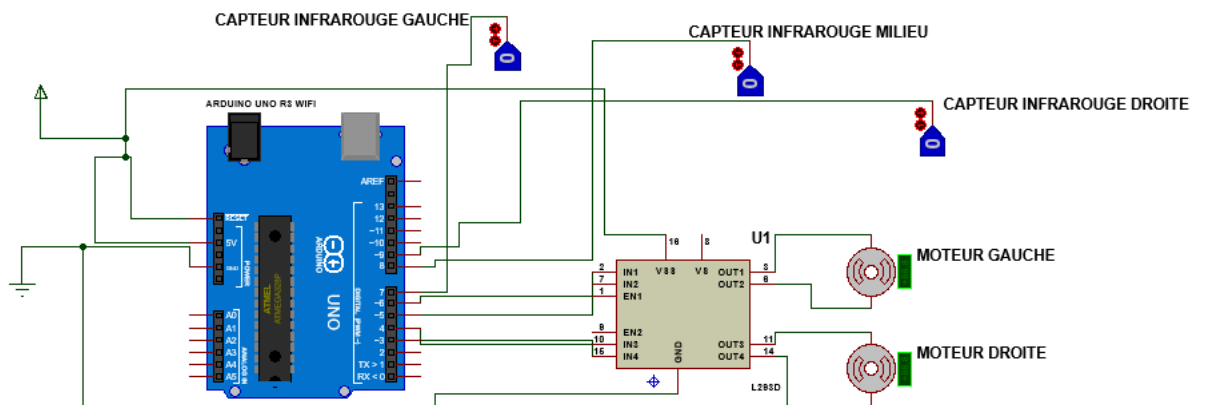


Figure 34 Schéma de simulation du robot sur Proteus.

#### 4.6.2 Simulation Wokwi en ligne

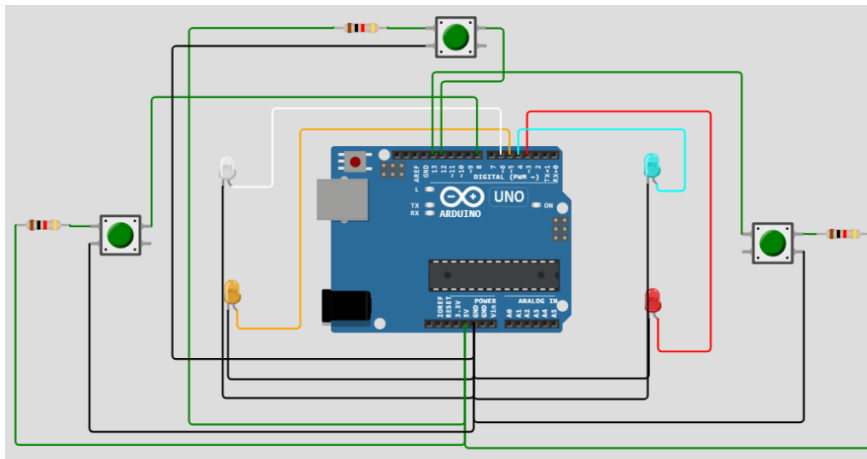


Figure 35 : schéma de simulation robot sur Wokwi.

Pour simuler notre robot nous avons utilisé les outils wokwi et Proteus pour leurs accessibilité et facilité.

Nous avons utilisé 4 LEDs : 2 LED pour chaque roue et des boutons poussoires au lieu des obstacles.

Nous avons opter pour un branchement des LED dans les pins 3,4,5 et 6 et les boutons poussoires : Right , Mid et Left dans les pins 7,8,9 respectivement. Nous avons aussi utilisé le pin GND et 3.3v pour l'alimentation.



## 4.6.3 Programme évite obstacles

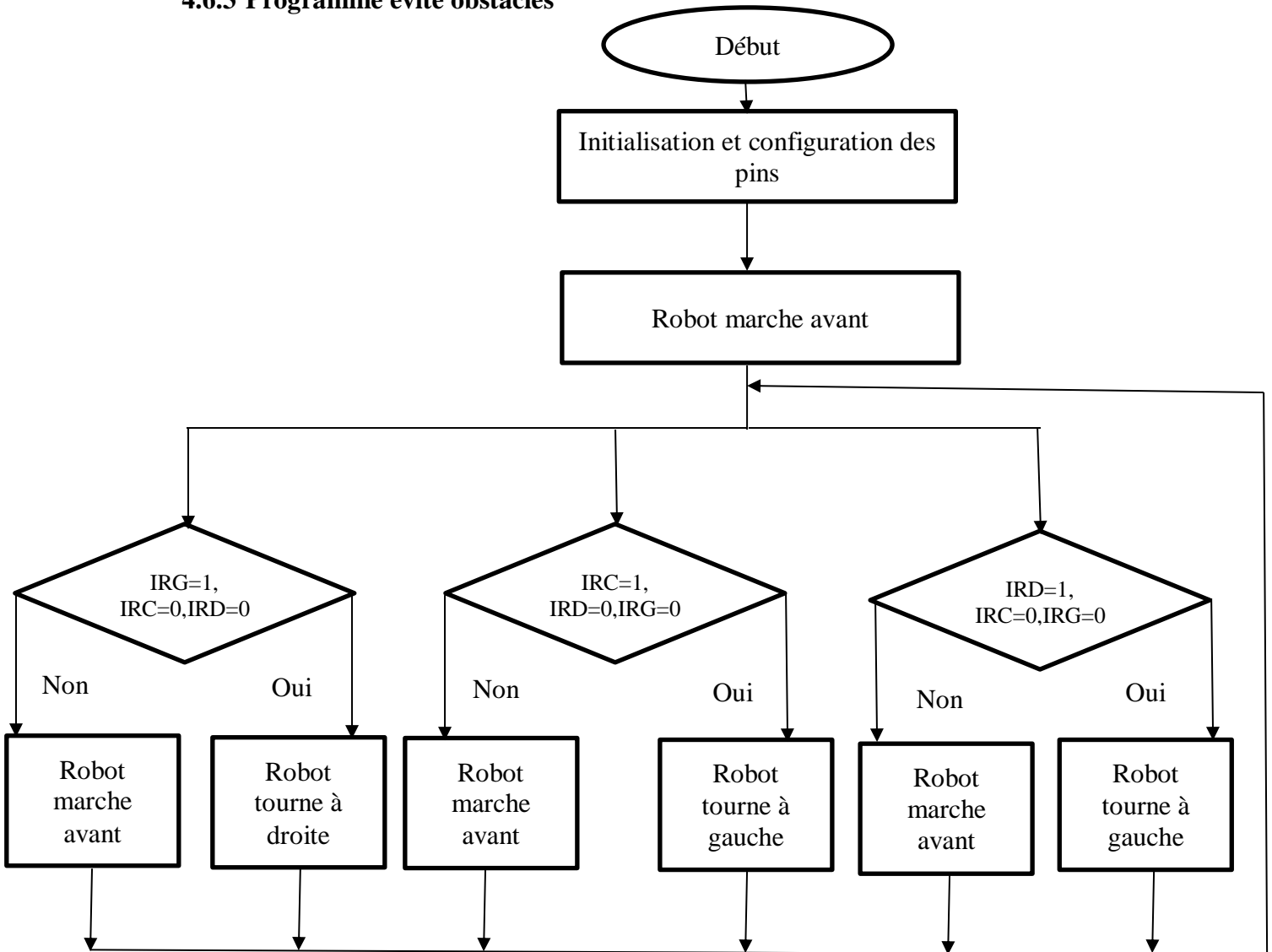


Figure 36: Organigramme de navigation (évite obstacles).

```

int MA2 = 3;
int MA1 = 4;
int MB2 = 5;
int MB1 = 6;
int Capteur_Frontal = 8;
int Capteur_Droit = 7;
int Capteur_Gauche = 9;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(MA2,OUTPUT);
  pinMode(MA1,OUTPUT);
  pinMode(MB2,OUTPUT);
  pinMode(MB1,OUTPUT);
}

```

```
pinMode(Capteur_Droit , INPUT);
pinMode(Capteur_Gauche , INPUT);
pinMode(Capteur_Frontal , INPUT);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

  if(digitalRead(Capteur_Droit) == LOW){
    digitalWrite(MA1,HIGH);
    digitalWrite(MB2,HIGH);
    digitalWrite(MA2,LOW);
    digitalWrite(MB1,LOW);
  }

  else if( digitalRead(Capteur_Gauche)
    == LOW){
    digitalWrite(MA2,HIGH);
    digitalWrite(MB1,HIGH);
    digitalWrite(MA1,LOW);
    digitalWrite(MB2,LOW);
  }

  else if( digitalRead(Capteur_Frontal)
    == LOW){
    digitalWrite(MA1,HIGH);
    digitalWrite(MB2,HIGH);
    digitalWrite(MA2,LOW);
    digitalWrite(MB1,LOW);
  }
  else if( digitalRead(Capteur_Gauche)==LOW && digitalRead(Capteur_Frontal) ==
LOW){
    digitalWrite(MA2,HIGH);
    digitalWrite(MB1,HIGH);
    digitalWrite(MA1,LOW);
    digitalWrite(MB2,LOW);
  }
  else if( digitalRead(Capteur_Droit)==LOW && digitalRead(Capteur_Frontal) ==
LOW){
    digitalWrite(MA1,HIGH);
    digitalWrite(MB2,HIGH);
    digitalWrite(MA2,LOW);
    digitalWrite(MB1,LOW);
  }
}
```

```

else if( digitalRead(Capteur_Droit)==LOW && digitalRead(Capteur_Gauche) ==
LOW){
    digitalWrite(MA1,HIGH);
    digitalWrite(MB2,LOW);
    digitalWrite(MA2,LOW);
    digitalWrite(MB1,HIGH);
}
else {
digitalWrite(MA1,HIGH);
digitalWrite(MB1,HIGH);
digitalWrite(MB2,LOW);
digitalWrite(MA2,LOW);
}
}

```

Ce que nous voulons réaliser avec ce code, c'est que notre robot évite les obstacles qu'il trouve sur son chemin.

Si le capteur du milieu est actif et que les deux autres ne le sont pas, alors cela signifie qu'il y a un obstacle devant le robot et qu'il réagirait en tournant à gauche.

```

else if( digitalRead(Capteur_Frontal)
== LOW){
    digitalWrite(MA1,HIGH);
    digitalWrite(MB2,HIGH);
    digitalWrite(MA2,LOW);
    digitalWrite(MB1,LOW);
}

```

Au cas où le capteur droit est actif, cela signifierait que le robot a trouvé un obstacle à sa droite et réagirait en tournant à gauche.

la même chose s'applique avec les coins droits.

```

if(digitalRead(Capteur_Droit) == LOW){
else if( digitalRead(Capteur_Droit)==LOW && digitalRead(Capteur_Frontal) == LOW){
    digitalWrite(MA1,HIGH);
    digitalWrite(MB2,HIGH);
    digitalWrite(MA2,LOW);
    digitalWrite(MB1,LOW);
}
}

```

S'il y a un obstacle à gauche, le capteur gauche serait actif et le robot tournerait à droite.

la même chose s'applique avec les coins gauches.

```

else if( digitalRead(Capteur_Gauche)
== LOW){
else if( digitalRead(Capteur_Gauche)==LOW && digitalRead(Capteur_Frontal) ==
LOW){
digitalWrite(MA2,HIGH);
}
}

```

```
digitalWrite(MB1,HIGH);
digitalWrite(MA1,LOW);
digitalWrite(MB2,LOW);
```

Si le robot se retrouve dans un couloir étroit, les capteurs droit et gauche seraient actifs et le robot continuerait à avancer.

```
else if( digitalRead(Capteur_Droit)==LOW && digitalRead(Capteur_Gauche) == LOW){
digitalWrite(MA1,HIGH);
digitalWrite(MB2,LOW);
digitalWrite(MA2,LOW);
digitalWrite(MB1,HIGH);
```

#### 4.6.4 Scenarios d'applications du robot

Après la mise en marche de notre robot, nous avons vu qu'il à bien atteindre sa mission, les résultats de la navigation évite obstacle de notre robot sont présentés par les figures suivantes :

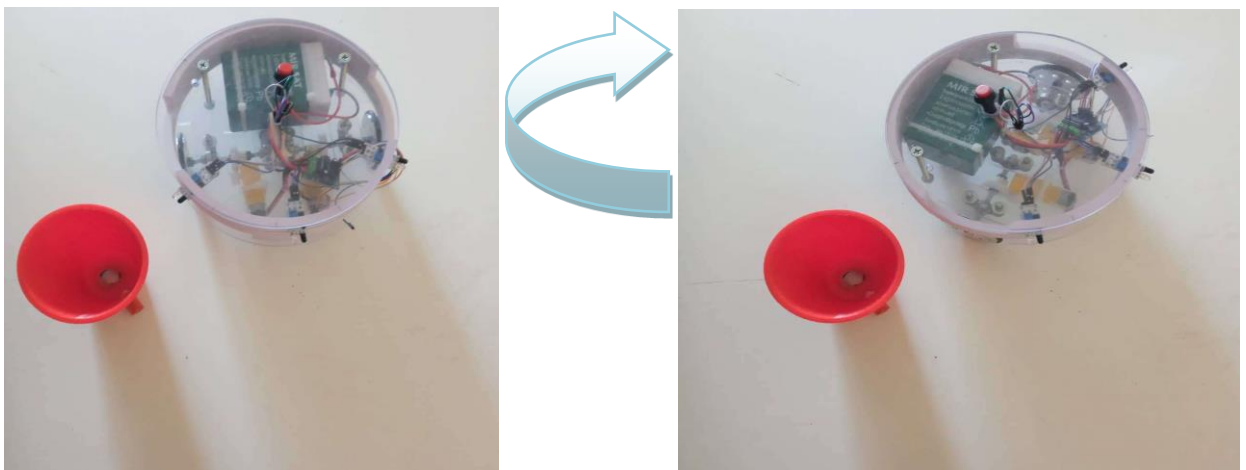


Figure 37 A.Le robot détecte un obstacle à droite.

Figure 37 B.Le robot tourne à gauche.

Le contrôleur fait tourné le robot à gauche.

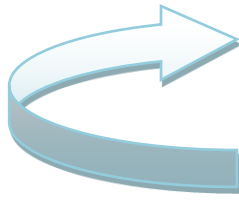


Figure 38 A. Le robot détecte un obstacle frontale.

Figure 38 B. Le robot tourne à gauche.

Le robot tourne adroite pour cela le contrôleur donne l'ordre au moteur gauche d'avancé  
Et pour le moteur adroit de reculer jusqu'au disparition de l'obstacle.

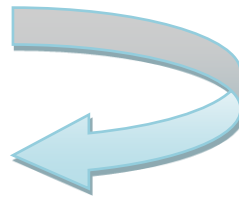


Figure 39 A. Le robot détecte un obstacle gauche.

Figure 39 B. Le robot tourne à droite.

Le robot fait une orientation adroite jusqu'au disparition donc une commande par le  
contrôleur fait avancé le moteur gauche et reculé aussi le moteur a droite.



Figure 40 A. Le robot dans un couloir.



Figure 40 B. Le robot marche avant.

Le robot avance et garde la même distance entre obstacle de la gauche comme la droite.



Figure 41 A. Le robot détecte un coin à droite.



Figure 41 B. Le robot tourne à gauche.

Le robot tourne a gauche et éloigne du coin à droite.



Figure 42: Le robot détecte un coin à gauche.



Figure 42 B. Le robot tourne à droite.

Le robot tourne a droite et éloigne du coin à gauche.

## 4.6.5 Programme suiveur

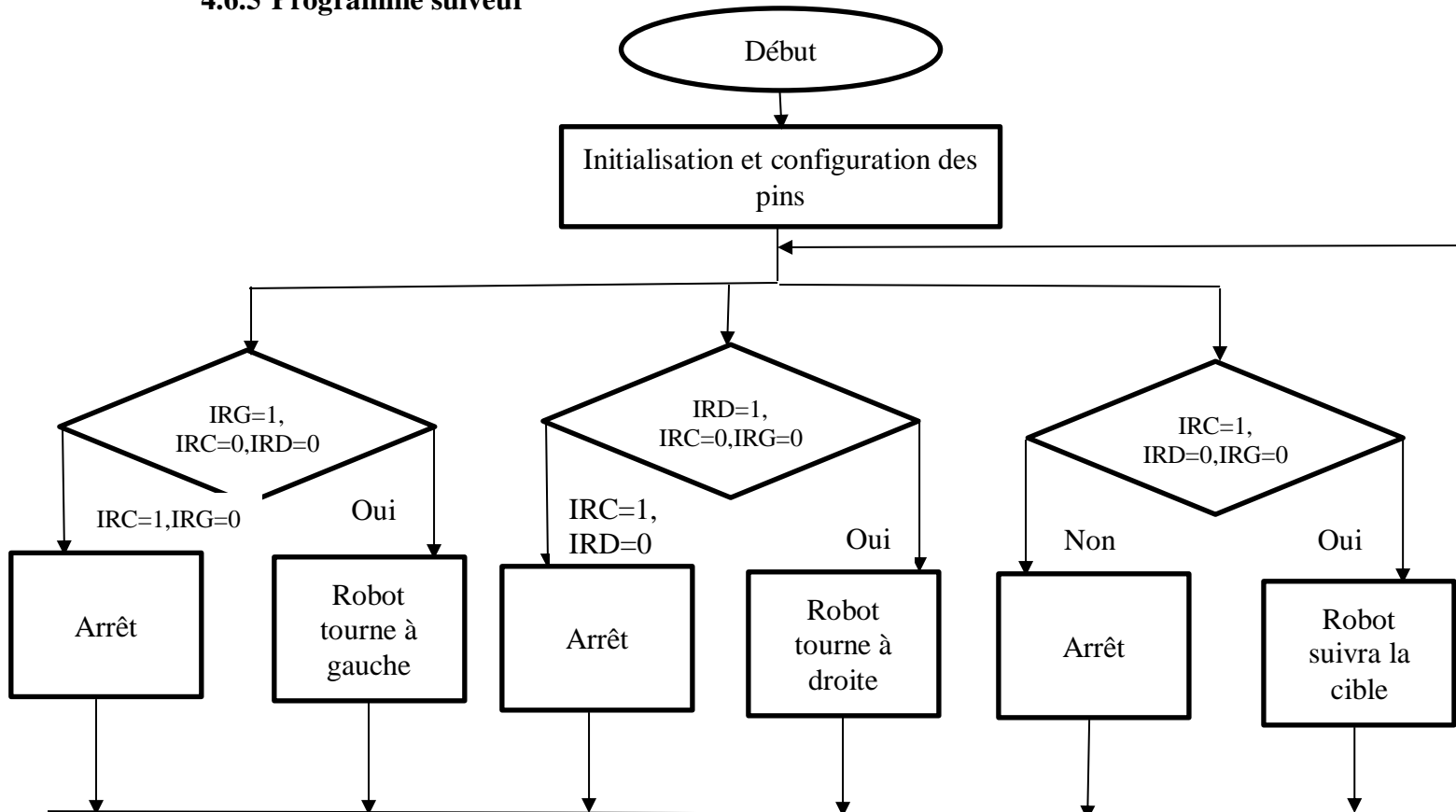


Figure 43: Organigramme de mode suiveur.

```

int MA2 = 3;
int MA1 = 4;
int MB2 = 5;
int MB1 = 6;
int Capteur_Frontal = 8;
int Capteur_Droit = 7;
int Capteur_Gauche = 9;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(MA2,OUTPUT);
  pinMode(MA1,OUTPUT);
  pinMode(MB2,OUTPUT);
  pinMode(MB1,OUTPUT);

  pinMode(Capteur_Droit , INPUT);
  pinMode(Capteur_Gauche , INPUT);
  pinMode(Capteur_Frontal , INPUT);
}

```



```

void loop() {
  bool check = true;
  // put your main code here, to run repeatedly:

  while(digitalRead(Capteur_Frontal) == LOW && digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH
  && digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH){

    digitalWrite(MA1,HIGH);
    digitalWrite(MB1,HIGH);
    digitalWrite(MB2,LOW);
    digitalWrite(MA2,LOW);

    if(digitalRead(Capteur_Frontal) == HIGH && digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH &&
    digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH){
      digitalWrite(MA1,LOW);
      digitalWrite(MB1,LOW);
      digitalWrite(MB2,LOW);
      digitalWrite(MA2,LOW);
    }
  }
  /*-----*/
  while(digitalRead(Capteur_Frontal) == HIGH && digitalRead(Capteur_Droit) == LOW
  && digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH){

    digitalWrite(MB1,HIGH);
    digitalWrite(MA1,LOW);
    digitalWrite(MA2,HIGH);
    digitalWrite(MB2,LOW);

    if(digitalRead(Capteur_Frontal) == LOW && digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH &&
    digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH){
      digitalWrite(MA1,LOW);
      digitalWrite(MB1,LOW);
      digitalWrite(MB2,LOW);
      digitalWrite(MA2,LOW);
    }
  }
  /*-----*/
  while(digitalRead(Capteur_Frontal) == HIGH && digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH
  && digitalRead(Capteur_Gauche) == LOW){

    digitalWrite(MB1,LOW);
    digitalWrite(MA1,HIGH);
    digitalWrite(MA2,LOW);
    digitalWrite(MB2,HIGH);
  }
}

```

```

if(digitalRead(Capteur_Frontal) == LOW && digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH &&
digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH){
    digitalWrite(MA1,LOW);
digitalWrite(MB1,LOW);
digitalWrite(MB2,LOW);
digitalWrite(MA2,LOW);
}
}
/*-----*/
/*-----*/
/*-----*/
while((digitalRead(Capteur_Frontal) == LOW && digitalRead(Capteur_Droit) == LOW
&& digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH) || (digitalRead(Capteur_Frontal) == LOW
&& digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH && digitalRead(Capteur_Gauche) == LOW)){

digitalWrite(MA1,HIGH);
digitalWrite(MB1,LOW);
digitalWrite(MB2,HIGH);
digitalWrite(MA2,LOW);

if(digitalRead(Capteur_Frontal) == LOW && digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH &&
digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH){
    digitalWrite(MA1,LOW);
digitalWrite(MB1,LOW);
digitalWrite(MB2,LOW);
digitalWrite(MA2,LOW);
}
}
}
}

```

Ce que nous voulons réaliser avec ce code est que notre robot suit un objet qui est placé devant son capteur central.

Si l'objet que nous voulons que notre robot suive est devant lui, le capteur centre sera actif et notre robot le suivra.

```

while(digitalRead(Capteur_Frontal) == LOW && digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH
&& digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH){

digitalWrite(MA1,HIGH);
digitalWrite(MB1,HIGH);
digitalWrite(MB2,LOW);
digitalWrite(MA2,LOW);

```

Au moment où cet objet est introuvable, le robot s'arrêtera net. (cela s'applique dans tous les scenarios)

```
if(digitalRead(Capteur_Frontal) == HIGH && digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH &&
digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH){
    digitalWrite(MA1,LOW);
digitalWrite(MB1,LOW);
digitalWrite(MB2,LOW);
digitalWrite(MA2,LOW);
```

Si ledit objet se déplace d'un côté ou de l'autre (à droite ou à gauche), le robot tournerait à la recherche de l'objet et ne s'arrêterait qu'après l'avoir trouvé, puis recommencerait à le suivre.

```
Par exemple: while(digitalRead(Capteur_Frontal) == HIGH &&
digitalRead(Capteur_Droit) == LOW && digitalRead(Capteur_Gauche) == HIGH){
digitalWrite(MB1,HIGH);
digitalWrite(MA1,LOW);
digitalWrite(MA2,HIGH);
digitalWrite(MB2,LOW);
```

```
while(digitalRead(Capteur_Frontal) == HIGH && digitalRead(Capteur_Droit) == HIGH
&& digitalRead(Capteur_Gauche) == LOW){
digitalWrite(MB1,LOW);
digitalWrite(MA1,HIGH);
digitalWrite(MA2,LOW);
digitalWrite(MB2,HIGH);
```

#### 4.6.6 Scénarios d'application du robot



Figure 44: Le robot suiveur.

Pour cela notre robot reste à la recherche de l'obstacle et réagit comme un radar dès qu'il trouve l'obstacle, il maintient la distance et suit l'obstacle à toutes les directions.

## **4.7 CONCLUSION**

Dans les sections précédentes, nous avons présenté l'approche suivie afin de concevoir un robot autonome mobile. Nous nous sommes focalisés en premier temps sur l'élaboration d'une structure à suivre pour la réalisation du robot. Une fois on a une structure à suivre on a entamé l'étude du principe de fonctionnement de notre robot à l'aide des simulateurs (wokwi / proteus) pour avoir une image claire de la façon dont il agirait dans le monde réel.

## Conclusion générale et perspectives

Les robots dotés d'intelligence artificielle (IA) sont des créations technologiques révolutionnaires qui ont le potentiel de transformer divers domaines de notre société. En tant que machines programmables capables de percevoir, d'apprendre et d'agir de manière autonome, ils offrent des possibilités passionnantes et des avantages considérables.

Les robots IA peuvent être utilisés dans de nombreux secteurs, tels que l'industrie manufacturière, la santé, l'agriculture, la logistique et bien d'autres. Leur précision, leur efficacité et leur capacité à effectuer des tâches répétitives de manière constante en font des outils précieux pour améliorer la productivité et réduire les erreurs humaines.

Cependant, les robots IA soulèvent également des questions éthiques et sociales. Leurs capacités avancées soulèvent des préoccupations quant à leur impact sur l'emploi, car ils pourraient remplacer certains emplois traditionnels. De plus, il est essentiel de mettre en place des réglementations appropriées pour éviter les abus et garantir que ces robots agissent dans le respect des normes éthiques.

Il est important de souligner que les robots IA sont des machines et qu'ils ne possèdent pas de conscience ou de sentiments comme les êtres humains. Ils fonctionnent sur la base de programmes et d'algorithmes et ne peuvent prendre des décisions que dans les limites de leur programmation.

En conclusion, les robots IA représentent une avancée technologique prometteuse avec le potentiel d'améliorer notre quotidien. Cependant, il est crucial de les utiliser de manière éthique, de réglementer leur utilisation et de continuer à étudier attentivement leurs implications afin de maximiser leurs avantages tout en minimisant les risques potentiels.

# Bibliographie

---

- [1] L. e. M. W. Richard, Interviewee, *systems Engineering the curiosity Rover :A Retrospective*. [Interview]. 2-6 june 2013 .
- [2] Wikipédia, «Robotique,» [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Robotique>. [Accès le 15 6 2023].
- [3] H. e. R. Joachim, localisation of a mobile robot by matching 3D laser-range-image and preicated sensor images, Octobre 24-26 ,1994, p. 345.350.
- [4] Keith J. O'Hara, «Towards Robot Systems Architecture, Multirobot Systems and Physical,» 2011.
- [5] R. A. Brooks, A robust layered control system for a mobile robot, 2 éd, septembre 1985.
- [6] E. Beaudry, «thèse de Maître de sciences,» planification de tâches pour un robot mobile autonome,, université de Sherbrooke,, aout 2006.
- [7] .. M. D. M. B. Ismail, « Conception et réalisation d'un robot mobile,» 2006.
- [8] D. Filliat, «Robotique mobile,» école Nationale Supérieure de techniques avancées ,PARISTech, 5 octobre 2011.
- [9] «Intelligence artificielle : qu'est-ce que c'est ?,» [En ligne]. Available: <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-intelligence-artificielle-555/>. [Accès le 31 5 2023].
- [10] «Intelligence Artificielle : définition, histoire, utilisations, dangers,» [En ligne]. Available: <https://datascientest.com/intelligence-artificielle-definition>. [Accès le 31 5 2023].
- [11] «Intelligence Artificielle : définition, histoire, utilisations, dangers,» [En ligne]. Available: <https://datascientest.com/intelligence-artificielle-definition>. [Accès le 15 6 2023].
- [12] A. Crochet-Damais, «Apprentissage supervisé : définition et exemples d'algorithme,» [En ligne]. Available: <https://www.journaldunet.fr/web-tech/guide-de-l-intelligence-artificielle/1501311-apprentissage-supervise/>. [Accès le 19 6 2023].
- [13] r. La, «Apprentissage non-supervisé : définition et algorithmes populaires,» [En ligne]. Available: Apprentissage non-supervisé : définition et algorithmes populaires. [Accès le 19 6 2023].
- [14] L. Bastien, «Reinforcement Learning : qu'est-ce que l'apprentissage par renforcement ?,» [En ligne]. Available: <https://www.lebigdata.fr/reinforcement-learning-definition>. [Accès le 19 6 2023].
- [15] .. M. I. A. Mr. BOUYAHIA Mourad, «Réalisation d'un robot mobile commandé par la logique floue.,» 2008.
- [16] A. Crochet-Damais, «Natural language processing (NLP) : définition et techniques,» [En ligne]. Available: <https://www.journaldunet.fr/web-tech/guide-de-l-intelligence-artificielle/1501887-natural-language-processing-nlp/>. [Accès le 19 6 2023].
- [17] M. Brady, artificial intelligence and robotics, 1985.
- [18] Wikipédia, «Roue,» [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Roue>. [Accès le 19 6 2023].
- [19] H. TAKHI, «Conception ey Réalisation d'un Robot Mobile à Base d'Arduino,» algérie, université Amar Telidji, 2014.

- [20] Wikipédia, «Châssis,» [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Châssis>. [Accès le 19 6 2023].
- [21] H. Joachim R. Joachim, *localization of a mobile robot by matching 3D laser-range-image and preicated sensor imges,*, Proceedings of the vehicules,, October 24-26.
- [22] A. 2023, «Arduino UNO R3,» 2023. [En ligne].
- [23] «Simulation,» [En ligne]. Available: <https://www.l2develop.fr/definition-simulation.html>. [Accès le 18 6 2023].
- [24] «Qu'est-ce que Arduino ?,» [En ligne]. Available: <https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php>. [Accès le 5 31 2023].
- [25] W. Richard, L. Daniel et M. Robert,, «Systems Engineering the Curiosity Rover : A,» 2013 8th international Conference ; 2-6.

## Annexe A

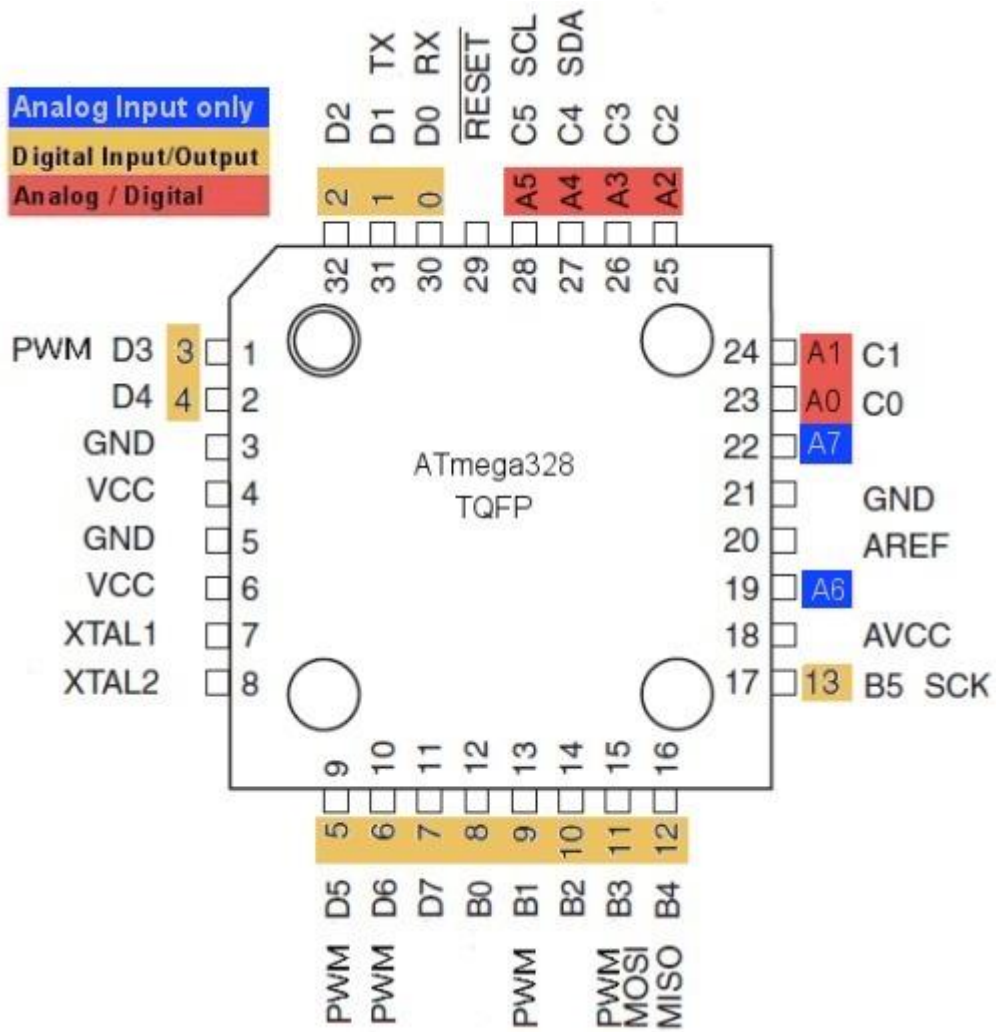


Figure 45: ATMEGA328



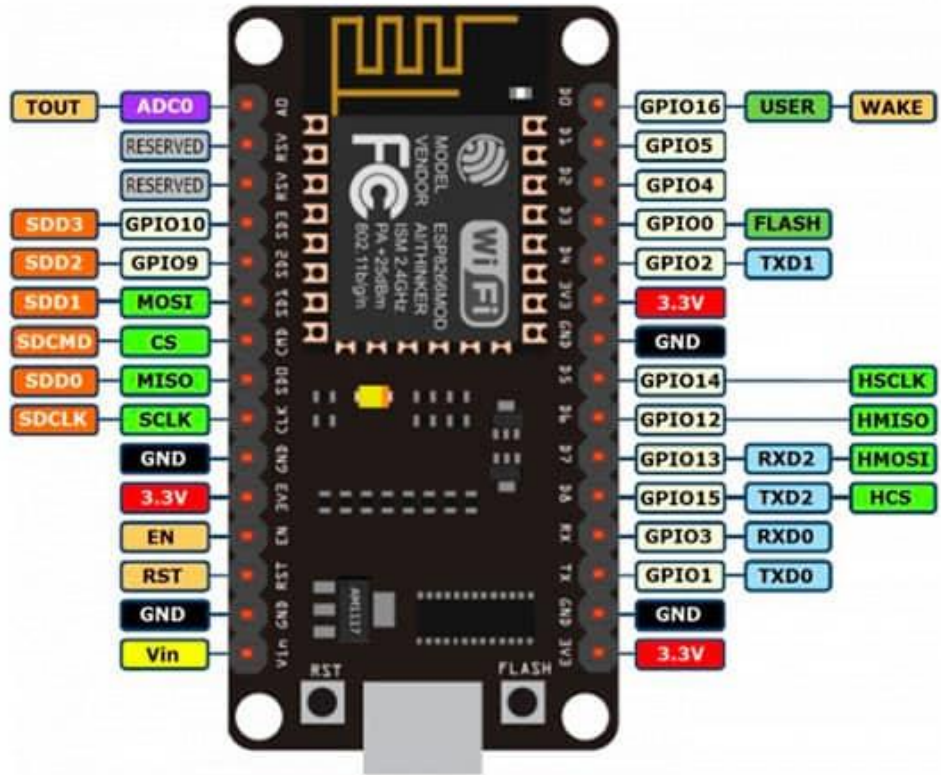


Figure 46:ESP8266

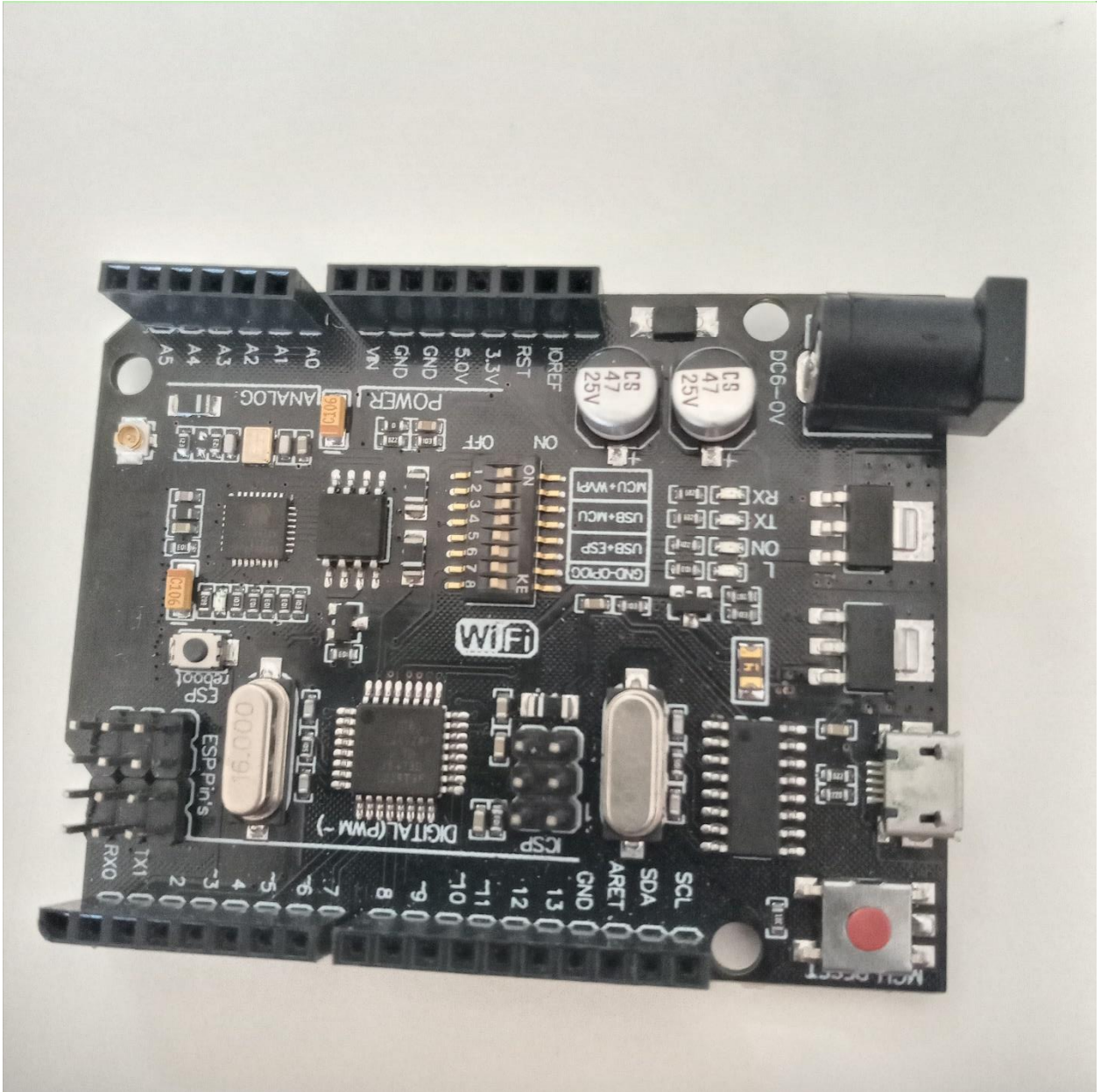


Figure 47: Arduino R3 Wifi