

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

N° : STLC01



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE

FILIERE : TELECOMMUNICATION

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de master

Option : système de télécommunication (STLC)

Par : Nebbad Mounir

Lakhdari Abdelhamid

Intitulé

**Conception et réalisation d'un système de pilotage d'un
robot mobile à base d'un micro-contrôleur 80C51**

Soutenu devant le jury composé de :

Président :

Université de M'sila

Rapporteur:

Université de M'sila

Examineur:

Université de M'sila

Année Universitaire : 2019-2020

Remerciements

Nous remercions d'abord le bon Dieu qui nous a donné le courage, la patience, la santé et la volonté d'arriver à la fin de ce travail.

Nous tenons à remercier nos encadreurs Monsieur L. LAHOUAOUI et Monsieur N. HALOUI pour leur aide, leur disponibilité et les conseils qu'ils n'ont cessé de nous prodiguer pour l'aboutissement de ce modeste travail, qu'ils trouvent ici notre profonde gratitude et toute notre reconnaissance et notre respect.

Nous remercions également les membres de jury de nous avoir fait l'honneur en acceptant d'examiner et de juger notre travail. Et aussi de l'enrichir par leurs propositions.

Nos remerciements vont aussi à toutes et tous ceux qui ont contribué au déroulement de ce travail, à tous nos enseignants et toutes les personnes qui nous ont soutenus jusqu'au bout, et qui n'ont pas cessé de nous donner des conseils précieux, trouvent ici notre profond respect.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- Mes très chers parents pour leur soutien infaillible durant toutes mes années d'études.*
- Mes frères et mes sœurs et toute ma famille sans exception.*
- Mes enseignants dès le primaire jusqu'à l'université.*
- Tous ceux qui m'aiment et tous ceux qui j'aime.*
- Mon binôme Abdelhamid.*
- tout(e)s mes ami(e)s.*
- Et a toute la promotion télécom de 2019 et de 2020.*

N. Mounir

Je dédie ce modeste travail à :

- Mes très chers parents.*
- Mes chers frères et sœurs.*
- Toute ma famille sans.*
- Tous ceux qui j'aime.*
- Mon binôme Mounir.*
- Et enfin a tout(e)s mes ami(e)s.*

L. Abdelhamid

Résumé

Résumé

Ce projet concerne la conception et la réalisation d'un système de pilotage d'un robot mobile à base d'un microcontrôleur 80C51. Après avoir développé le programme de pilotage en assembleurs, dans l'objectif d'éviter la collision dans son environnement, et avec la possibilité d'ajouter des améliorations pour mener plusieurs tâches par exemple transfert des conteneurs dans un port, détecter et éteindre une source de flamme etc...

Mots clé : Robot mobile, microcontrôleur, assembleur

Abstract

This project concerns the design and realization of a control system for a mobile robot based on an 80C51 microcontroller. After having developed the piloting program in assemblers, with the objective of avoiding collision in its environment, and with the possibility to add improvements to carry out several tasks, for example transfer of containers in a port, detect and extinguish a source of flame etc...

Keywords : Mobile robot, microcontroller, Assembly

المخلص

يتعلق هذا المشروع بتصميم وإنتاج نظام تحكم لروبوت متحرك يعتمد على متحكم انتل 80C51

بعد تطوير برنامج التحكم عبر لغة الاسبلي، بهدف تجنب الاصطدام في بيئته، ومع إمكانية إضافة تحسينات لتنفيذ عدة مهام على سبيل المثال نقل الحاويات في الميناء، اكتشاف النيران وإخمادها الخ...

الكلمات المفتاحية : روبوت متنقل، متحكم دقيق، لغة تجميع

Table Des Matières

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	III
Table des matières.....	VI
Liste des figures.....	IX
Liste des Tableaux	X
Liste des Acronymes	XI
Introduction Générale.....	1

Chapitre I : Panorama sur la robotique

I.1. Introduction :.....	4
I.2. Historique :.....	4
I. 3. Définition :.....	6
I. 3.1 Définition de robotique :	6
I. 3.2 Définition d'un robot :	6
I.3.3 Définition du robot mobile :.....	7
I. 4. Classification des robots mobile :.....	7
I. 4.1 Classification selon le degré d'autonomie :	7
I.4.1.1 Robot télécommandé :	8
I.4.1.2 Robot semi-autonome :	8
I.4.1.3 Robot autonome :.....	8
I. 4. 2 Classification selon le type de locomotion :.....	8
I.4.2.1 Les robots mobiles à roues :	8
I.4.2.1.1 Les robots unicycle :	9
I.4.2.1.2 Les robots tricycle :.....	9
I.4.2.1.3 Les robots omnidirectionnels :.....	10
I.4.2.1.4 Les robots voiture (quatre roues) :.....	11
I.4.2.1.5 Comparaison des différents types :	12
I.4.2.2 Les robots à chenilles :	12
I.4.2.3 Les robots marcheurs :.....	12

Table Des Matières

I. 5. Applications des robots mobile :	13
I. 6. Les avantages et inconvénients de la robotique :	15
I.6.1 Les avantages de la robotique :	15
I.6.2 Les inconvénients de la robotique :	16
I.7. Conclusion :	16

Chapitre II : Les capteurs

II.1. Introduction :	17
II.2. Définitions et caractéristiques générales :	17
II.2.1. Définition le capteur :	17
II.3. Généralité sur les capteurs :	17
II.4. Classification des capteurs :	20
II.4.1. Capteur actif :	21
II.4.2 Capteur passif :	23
II.5. Les type de capteurs :	25
II.6. Capteur ultrasonique :	28
II.6.1. Généralité sue le capteur ultrasonique :	28
II.6.2. Fonctionnement du capteur :	29
II.6.3. Le principe des ultrasons :	29
II.6.4. Portées des capteurs à ultrasons :	30
II.6.5. Distances de montage :	31
II.7. Conclusion :	31

Chapitre III : Le microcontrôleur

III.1. Introduction :	32
III.2. Présentation des microcontrôleurs/microprocesseurs :	33
III.2.1. Historique :	33
III.2.2. Définition de microcontrôleur :	35
III.2.3. Les composants internes d'un μC :	36
III.2.4. Classification d'un microcontrôleur :	39
III.2.4.1 Classification selon le nombre de bits :	39
III.2.4.2 Classification selon le type de mémoire :	40

Table Des Matières

III.2.4.3 Classification selon la famille :	41
III.2.4.4 Classification selon le jeu d'instructions :	41
III.2.4.5 Classification selon l'architecture de μC :	42
III.2.5. Langage de programmation d'un μC :	43
III.3. Le microcontrôleur vs le microprocesseur :	43
III.4. Le μC 8051 :	45
III.4.1. Introduction :	45
III.4.2. Présentation de la famille 8051 :	45
III.4.3. Caractéristiques principales du μC 8051 :	46
III.4.4. Brochage du 8051 :	48
III.4.5. Modes d'adressage :	50
III.4.6. Jeux d'instruction du 8051 :	50
III.5. Conclusion :	52

Chapitre IV : Les moteurs

IV.1. Introduction :	53
IV.2. Historique :	53
IV.3. Définition :	55
IV.4. Utilisation :	55
IV.5. Intérêt :	56
IV.6. Comportement mécanique du moteur :	56
IV.6.1. Principe fondamental de la dynamique :	56
IV.7. Classification :	57
IV.7.1. Le moteur à courant alternatif :	58
IV.7.1.1. Définition :	58
IV.7.2. Le moteur asynchrone :	59
IV.7.2.1. Définition :	59
IV.7.2.2. Avantages et inconvénients :	61
IV.7.2.3. Utilisation :	62
IV.7.3. Le moteur synchrone :	62
IV.7.3.1. Définition :	62
IV.7.3.2. Avantages et inconvénients :	64
IV.7.3.3. Utilisation :	64

Table Des Matières

IV.7.4. Le moteur à courant continu :.....	65
IV.7.4.1. Définition :.....	65
IV.7.4.2. Les avantages / inconvénients du moteur CC :.....	66
IV.7.4.3. Utilisation :	67
IV.7.5. Moteur Électrique Universel :	68
IV.7.6. Moteur à réluctance variable :	69
IV.7.7. Moteurs linéaires :.....	69
IV.8. Les relais de protection :	71
IV.8.1. Généralité :	71
IV.9. Conclusion :	71

Chapitre V : Réalisation Pratique

V.1. Introduction :	72
V.2. Objectif :.....	72
V.3. Implémentation :.....	72
V.4. Diagramme :	73
V.4.1. Description du diagramme :.....	73
V.5. SCHÉMA DU CIRCUIT :	76
V.6. Organigrammes de fonctionnement de l'AGV :	77
V.6.1 Organigramme principale de fonctionnement de l'AGV :	77
V.6.2 Organigramme de prise en compte d'un obstacle :	78
V.7. Améliorations possibles :	79
V.8. Conclusion :.....	79
 Conclusion Générale :	 80
Bibliographie	

Liste Des Figures :

Fig. I.1 : Schéma de principe de l'AGV	2
Fig I.2 : Schéma du robot Mars rover	5
Fig I.3 : robot mobile de type unicycle	9
Fig I.4 : robot mobile de type tricycle	10
Fig I.5 : robot mobile de type omnidirectionnels	10
Fig I.6 : robot mobile de type voiture.....	11
Fig I.7 : Exemples de robots commerciaux ou de recherche. [2].....	13
Fig II.1 : Schéma de principe d'un capteur [10]	18
Fig II.2 : Exemple d'évolution d'un mesurande m et de la réponses correspondante du capteur.....	19
Fig II.3 : Courbe d'étalonnage d'un capteur [11]	19
Fig II.4: Exemples d'application d 'effets physiques à la réalisation de capteurs actifs [11].....	24
Fig II.5 : Evolution des capteurs [14].....	25
Fig II.6. Types de captures	27
Fig II.7: Capteur de distance ultrason HC-SR04.....	28
Fig II.8: Le principe des ultrasons.....	30
Fig II.9. Distances de montage.....	31
Fig III.1 : schéma général de microcontrôleur	36
Fig III.2 : les types des microcontrôleurs	39
Fig III.3 : l'architecture Harvard et Von Neumann.....	42
Fig III.4 : Architecture simplifiée du 8051	47
Fig III.5 : Architecture détaillée du 8051	48
Fig III.6 : brochage du 8051	48
Fig IV.1. Le schéma de la roue de Barlow	54
Fig IV.2. Historique sur les moteurs électroniques.	55
Fig IV.3. Coupe d'un stator à pôles saillants et enroulement concentré.....	56
Fig IV.4. Coupe d'un stator à encoches et enroulement distribué.....	57
Fig IV.5. Le moteur à courant alternatif.....	59
Fig IV.6. Le moteur asynchrone.....	61
Fig IV.7. Le moteur synchrone.	63
Fig IV.8. Constitution d'un moteur à courent continu.....	66
Fig IV.9. Moteur Électrique Universel.....	69

Liste Des Figures

Fig IV.10. Moteurs linéaires.	70
Fig IV.11. Le relai.	71
Fig V.1. Diagramme.....	73
Fig V.2. Schéma fonctionnel et tableau de vérité de L293D	76
Fig V.3. Le circuit composé de 80C51 et LD293D.	76

Liste Des Tableaux

Liste Des Tableaux :

Tab I.1: Avantages et inconvénients des robots mobiles à roues [8]	12
Tab I.2 : les domaines d'applications de la robotique [8]	14
Tab II.1. Capteurs actifs : principes physiques de base [11].....	21
Tab II.2. Capteurs passifs : principes physiques et matériaux [11].....	25
Tab III.1: Développements historiques des μ C et μ P [16].....	34
Tab III.2: Comparaison entre microprocesseur et microcontrôleur [26]	44
Tab III.3 : échantillons de la famille MCS 8051 [27]	45
Tab V.1. Specifications de L293D	75
Tab V.2. Les tensions des broches du L293D pour les différents mouvements.	77

Liste des acronymes

Liste Des Acronymes :

AGV : Automated Guided Vehicul

AFNOR : Association française de normalisation

2D : Deux dimensions

CMOS : Complementary Metal Oxide Semiconductor

CPU : Central Processing Unit)

RAM : Random Access Memory)

EPROM : Erasable Programmable Read-Only Memory

PROM : Programmable Read Only Memory

ROM : Read-Only Memory

I / O : Input / Output

μC : microContrôleur

μP : microProcesseur

UAL : Unité Arithmétique et Logique

LED : Light-Emitting Diode

CAN : Convertisseur analogique-numérique

CNA : Convertisseur numérique-analogique

PWM : Pulse Width Modulation

MCU : MicroController Unit

ALU : Arithmetic–Logic Unit

CISC : instruction Complicated Set Computer

RISC : Reduced Instruction Set Computer

IBM : International Business Machines Corporation

Liste des acronymes

SDCC : Small Device C Compiler

E/S : Entrée/Sortie

ISP : In-System Programming

I2C : Inter-Integrated Circuit

Acc : Accumulateur

μ S : micro Seconde

CC : Courant Continu

CA : Courant Alternatif

DC : Direct Current

AC : Alternating Current

CLL : Long Life Capacitor

TTL : Transistor-Transistor Logic

DTL : Diode-Transistor Logic

LCD : Liquid Crystal Display

Introduction

Générale

Introduction générale :

L'extraordinaire développement des techniques électronique a concrétisé des idées qui n'étaient pas des rêves depuis quelque décennies. La robotique est l'une des plus grandiose.

Les enjeux technologiques, vont permettre de développer des robots dotés d'une intelligence artificielle de plus en plus poussée, avec une autonomie prolongée, une communication simplifiée et une mobilité accrue.

Malgré sa forme actuelle moderne et récente, la robotique issue des plus anciennes civilisations, on peut dire qu'elle existe depuis l'existence de ces sciences voisines, on cite ici l'électronique, la mécanique, et l'informatique. Le développement de ces sciences aide la robotique a se développe aussi, au point qui permet à l'être humain aujourd'hui de créer ces " esclaves " qui appliquent leurs propres commandes et qui peut travaillent sans arrêt. Cette évolution de la robotique était attendue, parce que c'était le résultat des développements spectaculaires de l'électronique, la mécanique, et l'informatique. C'est pour cela dans une petite période, les générations de robots ayant vu la naissance d'une nouvelle branche de la robotique visant de plus amples horizons : c'est le temps de la robotique mobile.

Les recherches actuelles portent sur des robots évolués capable de voir, d'entendre, de toucher et de prendre des décisions en temps réel !!

Est-ce que les robots sont capables de voir et de prendre des décisions ?

C'est à partir de ce point qu'on commence notre projet qui consiste à la conception et réalisation d'un AGV (Automated Guided Vehicul) qui décide lui-même de changer sa trajectoire dès l'apparition d'un obstacle.

Objectif du travail :

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, nous allons réaliser un système de pilotage d'un robot mobile ultrasonique d'un A. G. V. (Automated Guided Vehicul).

Le système a réalisé comprend trois cartes principales :

Le radar acoustique a pour but la détection des obstacles à une distance donnée en se basant sur l'émission et la réception des ondes ultrasoniques.

Le cerveau de l'AGV est représenté par le microcontrôleur 80C51, ce dernier est implanté sur une carte dite carte de commande, elle a pour but de gérer les différentes parties de l'AGV.

La carte de puissance s'occupe de l'activation des moteurs qui entraîne les roues.

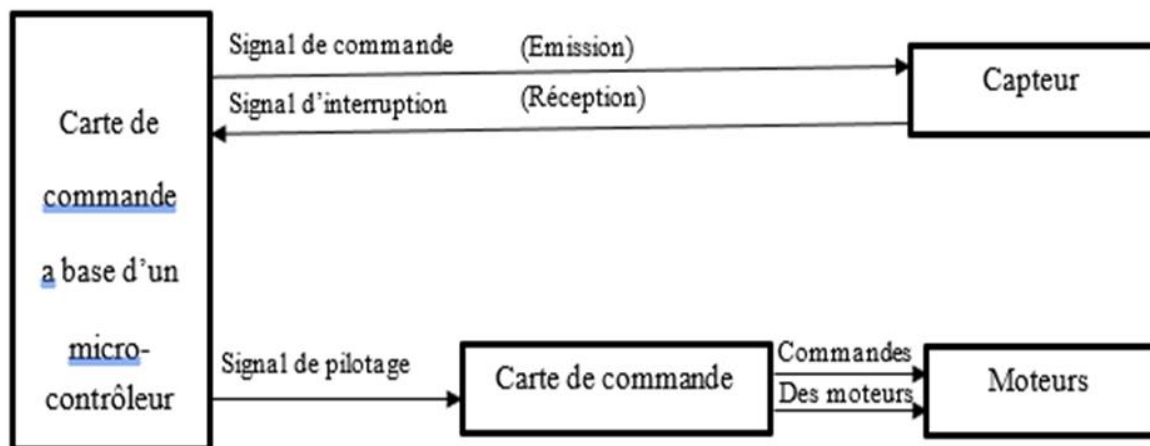


Fig. I.1 : Schéma de principe de l'AGV

Donc Notre mémoire sera structuré en cinq chapitres dont l'agencement reflète les différents blocs de notre projet, la démarche utilisée et les étapes de conception.

Le premier chapitre est consacré à la présentation du cadre général et historique de la robotique et des robots mobile.

Selon les objectifs de notre mémoire, le deuxième, troisième, et quatrième chapitre sont consacrés à la description des différents composants utilisés dans la réalisation dans l'ordre suivant :

→ Le deuxième chapitre présente certaines généralités concernant les capteurs et leurs différents types.

→ Le troisième chapitre est consacré au servo de notre AGV, le microcontrôleur, leurs familles, leurs architectures, et leurs langages de programmation.

→ Le quatrième chapitre traite tout ce qui concerne le moteur et la partie mécanique du robot.

Le cinquième chapitre est réservé exclusivement à la description de la réalisation pratique.

Et on termine avec une conclusion générale.

Chapitre I :

Panorama sur la

robotique

I.1. Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de donner un aperçu général sur la robotique et spécialement sur les robots mobiles. Après la présentation historique de la robotique et la définition des termes générale de ce domaine, nous aborderons les différents types de robots mobiles et les contraintes du terrain sur lequel ils sont conçus pour évoluer, nous discuterons aussi sur les avantages et inconvénients des robots mobiles. Et enfin on cite quelques dates marquantes dans l'histoire de la robotique.

Cet état de l'art offre une vision non exhaustive des thématiques associées au domaine de la robotique mobile et présente l'ensemble des critères scientifiques utilisés dans leur classification.

I.2. Historique :

À l'aube du 20e siècle, les robots n'étaient pas encore partis de la science-fiction populaire. Ce n'est qu'en 1917, lorsque Joseph Capek a écrit le récit « Opilec » décrivant les automates et en 1921, lorsque son frère Karel Capek a écrit la pièce « Rossum's Univeral Robots », que le concept de la robotique est entré dans la conscience populaire. [1]

Le premier lien entre la recherche en intelligence artificielle et la robotique est apparu à l'Université de Stanford en 1969. Cette Université a mené des recherches sur la possibilité d'équiper les machines de capacités de déduction et de réaction logique à des événements extérieurs. Pendant plusieurs années, les laboratoires, les industries, les informaticiens, électroniciens et mécaniciens ont continué leurs travaux en parallèle, ça qui nous permette d'accéder dans le côté industriel à la télé-opération, tandis que du côté informatique, nous assistons à d'énormes progrès en intelligence artificielle. A vers la fin des années soixante-dix, trois grands pôles géographiques ont leader le domaine de la robotique (France, Japon et États-Unis).

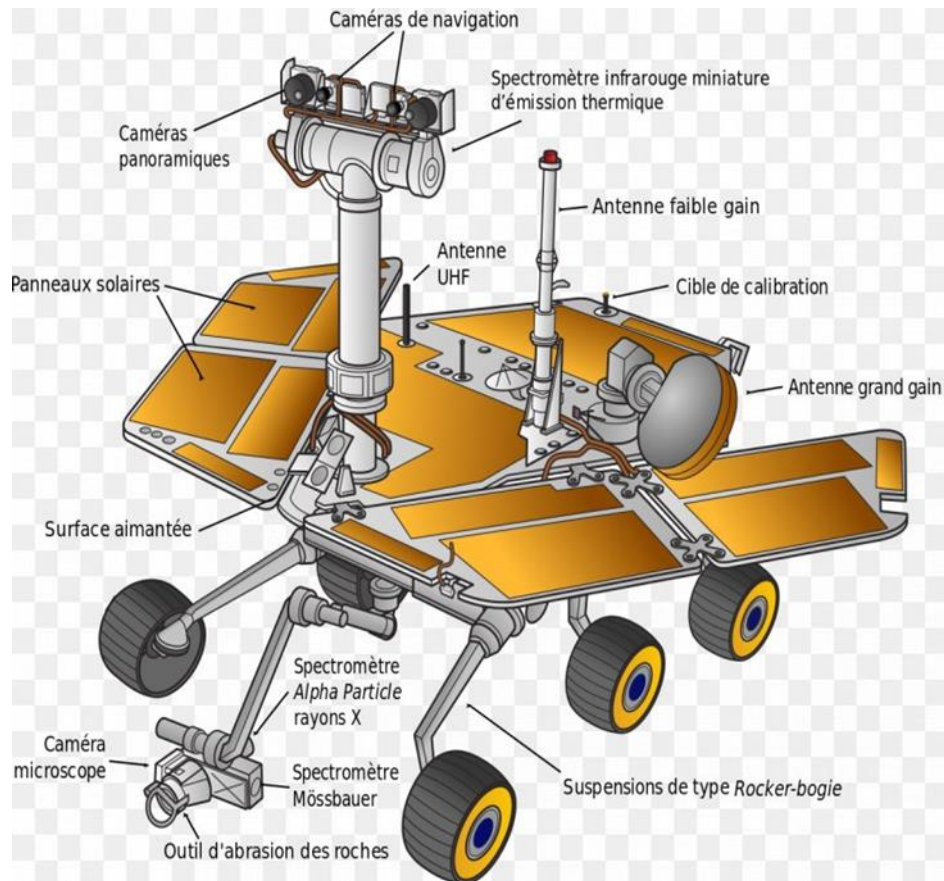


Fig I.2 : Schéma du robot Mars rover

Au début des années 1990, la robotique a vu de grands progrès avec la mise en avant de la robotique réactive, représentée notamment par Rodney Brooks. Cette nouvelle approche de la robotique, qui met la perception au centre de la problématique, a permis de passer de gros robots très lents à de petits robots, beaucoup plus réactifs et plus adaptable à leur environnement. [2]

Ces développements ont continué d'une manière rapide surtout après la commercialisation des robots au large public dans les années 1990. On arrive aujourd'hui à l'explosion de la robotique avec une diversité d'innovations : les drones, véhicule autonome, les assistants personnel intelligent et autres...

I. 3. Définition :

I. 3.1 Définition de robotique :

La robotique est un ensemble de disciplines (mécanique, électronique, automatique et informatique), elle se subdivise en deux types : les robots industriels et les robots mobiles. Les robots industriels qui sont généralement fixes, et qu'ils peuvent être utilisés dans de nombreuses applications industrielles : assemblage mécanique, soudage, peinture ... et les robots mobiles qui ne sont pas fixes, ils sont classifiés selon différents critères, par exemple la locomotion (robots marcheurs, à roues, à chenilles) ... le domaine d'application (robots militaires, de laboratoire, industriels et de services) ... et aussi selon leur degré d'autonomie (fixe, semi autonome, autonome).

I. 3.2 Définition d'un robot :

Un robot est un appareil automatique capable de manipuler des objets ou d'effectuer des opérations selon des programmes fixes ou modifiables. L'image que chacun se fait d'un robot est généralement vague, souvent un robot est généralement défini comme un manipulateur automatique à cycles programmables. Pour « mériter » le nom de robot, un système doit posséder une certaine flexibilité, caractérisée par les propriétés suivantes :

- Multifonctionnalité : Le robot doit avoir la capacité d'effectuer diverses tâches ou d'effectuer la même tâche de différentes manières ;
- Adaptabilité : Le robot doit être capable de s'adapter à un environnement changeant au cours de l'exécution de ses tâches. [3]

D'autre côté, l'Association française de normalisation (AFNOR) définit les robots comme des systèmes mécaniques de type manipulateur commandé en position, reprogrammable, polyvalent (c'est-à-dire à usages multiples) à plusieurs degrés de liberté, capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils et des équipements spécialisés, au cours de mouvements variables et programmés pour l'exécution d'une variété de tâches. Il a souvent l'apparence

d'un, ou plusieurs, bras se terminant par un poignet. Son unité de commande utilise, notamment, un dispositif de mémoire et éventuellement de perception et d'adaptation à l'environnement et aux circonstances. Ces machines polyvalentes sont généralement conçues pour effectuer la même fonction de façon cyclique et peuvent être adaptées à d'autres fonctions sans modification permanente du matériel. [3]

I.3.3 Définition du robot mobile :

Il existe diverses définitions du terme robot mobile, mais elles tournent en général autour de celle-ci : Un robot mobile est un système mécanique, électronique et informatique agissant physiquement sur son environnement, équipé de capacités de perception, de décision et d'action qui lui permettent d'agir de manière autonome dans son environnement en fonction de la perception qu'il en a en vue d'atteindre un objectif qui lui a été assigné. [4]

I. 4. Classification des robots mobile :

Il existe beaucoup de classification des robots mobiles basé sur plusieurs critères (énergie utilisée, autonomie, système de mouvement ou de locomotion...etc.). La caractéristique la plus remarquable d'un robot mobile est évidemment son moyen de locomotion. Celui-ci dépend directement du type d'application ciblé ainsi que de type de terrain dans lequel le robot mobile doit fonctionner (intérieur, extérieur, ouvert ou avec des obstacles, etc.), donc évidemment la classification la plus utilisées sera celui qui dépend cette caractéristique, la classification selon le type de locomotion [5,6]. On note que la classification basée sur le degré d'autonomie est aussi intéressante et fréquemment utilisée.

I. 4.1 Classification selon le degré d'autonomie :

C'est la classification de robots mobile la plus intéressante. Le robot autonome est un système doté d'une capacité de décision et de moyens

d'acquisition et de traitements de données, qui lui permette de réaliser un certain nombre de tâches dans un environnement inconnu avec un contrôle humain réduit ou voire même absent, Selon cette norme, les robots mobiles peuvent être classés selon les catégories suivantes : [7]

I.4.1.1 Robot télécommandé :

Ce sont des robots contrôlés par des opérateurs (machines ou personnes), qui leur dicte chaque tâche élémentaire à faire (avancer, reculer, tourner à droite, etc.)

I.4.1.2 Robot semi-autonome :

Ce sont des robots effectuent lui-même de nombreuses tâches de manière complètement autonome, mais peuvent être interrompu par un opérateur pour recevoir des commandes de contrôle.

I.4.1.3 Robot autonome :

Si le robot peut adapter son comportement à l'environnement, il est considéré comme autonome. L'autonomie est la capacité propre des systèmes sans pilote à capter, percevoir, analyser, communiquer, planifier, prendre des décisions et agir afin d'atteindre les objectifs qui lui ont été assignés par les opérateurs humains. [7]

I. 4. 2 Classification selon le type de locomotion :

I.4.2.1 Les robots mobiles à roues :

La mobilité par roues est la structure mécanique la plus utilisée. Ce type de robot provide un déplacement facile et aisé, mais nécessite un sol relativement plat. Il existe plusieurs catégories de robots à roues, déterminées principalement en fonction de la position et du nombre de roues utilisées. Nous citerons ici les quatre catégories principales de robots à roues :

I.4.2.1.1 Les robots unicycle :

Un robot unicycle est un robot actionné soit par une seule roue ou deux roues indépendantes au maximum, dans ce type de robot, Des capteurs d'attitude et de déplacement sont utilisés pour assurer la stabilité. Et le centre de rotation est situé sur l'axe reliant les deux roues motrices. Un robot unicycle est un robot qui se déplace dans un plan 2D avec une certaine vitesse d'avancement, mais le mouvement latéral instantané est nul, car les robots unicycle sont des systèmes non-holonome. Il est impossible de le déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues de locomotion. [8]

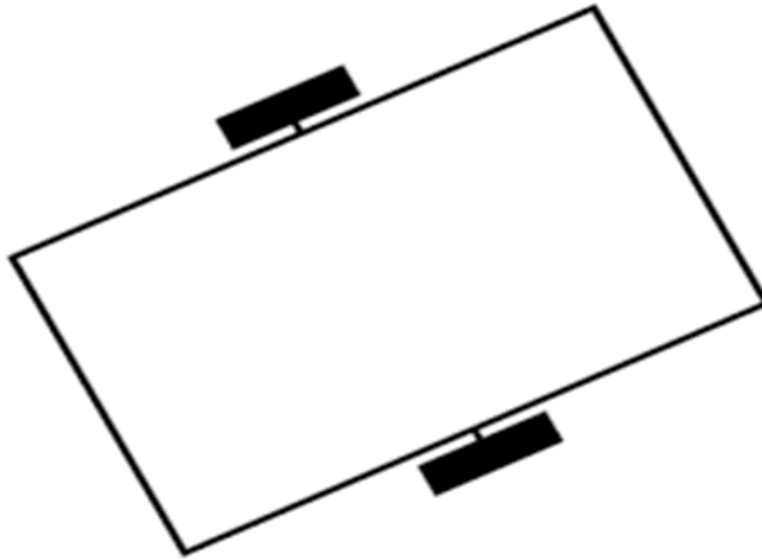


Fig I.3 : robot mobile de type unicycle

I.4.2.1.2 Les robots tricycle :

Un robot tricycle est un robot qui se compose de deux roues fixes placées sur un même axe et d'une roue orientable centrée placée sur l'axe longitudinal. Le mouvement du robot est déterminé par la vitesse des deux roues fixes et la direction ou l'orientation de la roue orientable qui joue le rôle d'un volant. [8]

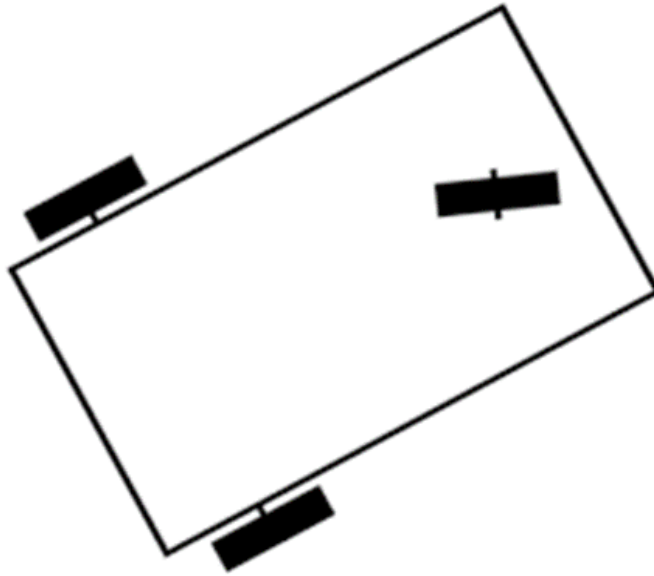


Fig I.4 : robot mobile de type tricycle

I.4.2.1.3 Les robots omnidirectionnels :

On peut dire sur un robot qu'il est omnidirectionnel si on peut agir indépendamment sur les vitesses : vitesse de translation selon les axes x et y et vitesse de rotation autour de z . ce type de robots peut se déplacer librement dans toutes les directions. Il se compose généralement de trois roues décentrées orientables placées en triangle équilatéral. Le plus grand avantage d'un robot omnidirectionnel est qu'il est holonome puisqu'il peut se déplacer dans toutes les directions. Mais cela bien sûr est fait au prix d'une plus grande complexité mécanique. [8]

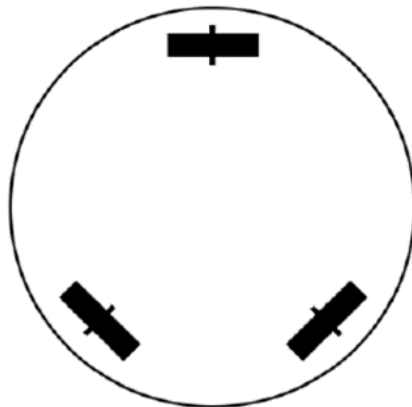


Fig I.5 : robot mobile de type omnidirectionnels

I.4.2.1.4 Les robots voiture (quatre roues) :

Un robot voiture est robot semblable au robot tricycle, il se compose de deux roues fixes placées sur un même axe et de deux roues orientables placées aussi sur un même axe mais différent au premier axe, en raison des points d'appui supplémentaires, le robot à quatre roues est cependant plus stable. Toutes les autres propriétés du robot voiture sont les mêmes que celles du robot tricycle. En remplaçant les deux roues avant par seulement une roue placée au centre de l'axe, le second robot (voiture) peut être restaurée sur le premier (tricycle), de sorte que le centre de rotation reste inchangé. [8]

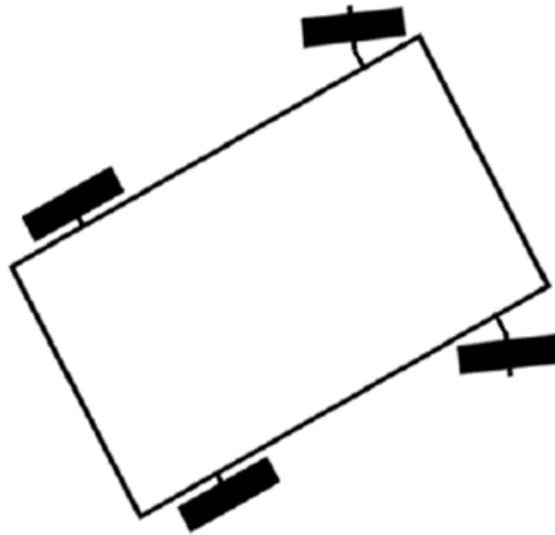


Fig I.6 : robot mobile de type voiture

I.4.2.1.5 Comparaison des différents types :

Nous pouvons observer dans le tableau suivant un résumé des avantages et des inconvénients des différents types de robots à roues.

Classe	Avantages	Inconvénients
Robot unicycle	+ Stable + Rotation sur soi-même + Complexité mécanique faible	⇒ Non-holonome
Robot tricycle	+ Complexité mécanique modérée	⇒ Non-holonome ⇒ Peu stable ⇒ Pas de rotation sur soi-même
Robot voiture	+ Stable + Complexité mécanique modérée	⇒ Non-holonome ⇒ Pas de rotation sur soi-même
Robot omnidirectionnel	+ Holonome + Stable + Rotation sur soi-même	⇒ Complexité mécanique importante

Tab I.1: Avantages et inconvénients des robots mobiles à roues [8]

I.4.2.2 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. Cette application est adaptée pour une utilisation sur un sol accidenté, inégal, et lorsque la qualité est mauvaise en termes d'adhérence.

I.4.2.3 Les robots marcheurs :

Les robots marcheurs sont conçus pour effectuer de diverses tâches dont l'accès au site est difficile. Leur anatomie à nombreux degrés de liberté lui permet un rapprochement et un travail en harmonie avec les autres robots manipulateurs. La locomotion est commandée en termes de coordonnées articulaires. Les différentes techniques utilisées se rapprochent de la marche des animaux, de l'être humain, et notamment de celle des insectes.

I. 5. Applications des robots mobile :

Aujourd'hui, le marché commercial des robots mobiles est toujours relativement restreint en dehors des robots aspirateurs vendus à plusieurs millions d'exemplaires. Cependant, il existe de nombreuses perspectives de développement qui en feront probablement un domaine important dans le futur. Les applications des robots peuvent être trouvées dans de nombreuses activités "ennuyeuses, salissantes ou dangereuses", mais également pour des applications ludiques ou de service, comme l'assistance personnelle pour les âgées ou handicapées. [2]



Fig I.7 : Exemples de robots commerciaux ou de recherche. [2]

Parmi les domaines d'applications possibles de la robotique, citons :

- La robotique de service (hôpital, bureaux, maison)
- La robotique de loisir (jouets, robot 'compagnon')

Chapitre I : Panorama sur la robotique

– La robotique industrielle ou agricole (entrepôts logistiques, récolte de productions agricoles, mines)

– La robotique en environnement dangereux (spatial, industriel, militaire, catastrophes naturelles). [2]

Le tableau suivant détailler un peu plus les domaines d'applications possibles de la robotique :

Domaines	Applications
Industrie nucléaire	<ul style="list-style-type: none">- surveillance de sites- manipulation de matériaux radioactifs- démantèlement de centrales
Sécurité civile	<ul style="list-style-type: none">- neutralisation d'activité terroriste- déminage- pose d'explosif- surveillance de munitions
Chimique	<ul style="list-style-type: none">- surveillance de sites- manipulation de matériaux toxiques
Mine	<ul style="list-style-type: none">- assistance d'urgence
Agricole	<ul style="list-style-type: none">- cueillette de fruits- traite, moisson, traitement des vignes.
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none">- coque de navire- nettoyage industriel
Espace	<ul style="list-style-type: none">- exploration
Industrie	<ul style="list-style-type: none">- convoyage- surveillance
Militaire	<ul style="list-style-type: none">- surveillance- pose d'explosif- manipulation de munition
Sous-marine	<ul style="list-style-type: none">- pose de câbles- recherche de modules- recherche de navires immergés- inspection des fonds marins

Tab I.2 : les domaines d'applications de la robotique [8]

I. 6. Les avantages et inconvénients de la robotique :

Aujourd'hui, comme le nombre de robots dans notre vie continue à s'augmenter, il est maintenant important qu'on pense aux avantages qu'ils apportent, mais bien sûr aussi les problèmes qui sont créés par les effets de la rationalisation automatique doivent également être pris en compte.

I.6.1 Les avantages de la robotique :

Comme souligne Jean-François Germain, directeur commercial de la filiale France de Kuka, un des leaders de la construction de robots : « C'est idéal pour les entreprises qui tournent en continu comme les verreries, les forges ou les fonderies ». Dans certains secteurs tels que le soudage, les robots peuvent effectuer le travail de cinq personnes à la fois, avec presque la même précision que les humains. Donc par conséquent, les robots sont plus rentables que les humains et moins chers au long terme.

En dehors de la rentabilité et le coût, la robotique a beaucoup d'autres avantages comme :

- Les robots peuvent travailler dans un environnement dangereux, sans le besoin de soutien de la vie, ou des considérations concernant la sécurité.
- Les robots n'ont pas besoin de l'éclairage, la climatisation, de ventilation et de protection contre le bruit.
- Les robots travaillent rapidement et peuvent effectuer des tâches répétitives tout au long de la journée et aussi pendant la nuit.
- Les robots peuvent fonctionner en moyenne une quinzaine d'années, sans ressentir d'une fatigue, sans nécessitent d'une assurance médicale ou de vacances, et dans des conditions qui ne sont pas toujours facile à supporter pour les humains.
- Les robots peuvent être beaucoup plus précis que les humains. Précision linéaire d'un robot typiquement est de 20 à 10 microns.

I.6.2 Les inconvénients de la robotique :

Comme rien n'est parfait, Les robots aussi ont des caractéristiques limitées et des inconvénients, parmi ces inconvénients on peut citer :

- le manque de capacité de réagir en cas d'urgence.
- Les robots ne sont pas totalement libre, ils sont contrôlés par l'homme, donc la robotisation créée de nouveaux emplois, comme par exemple des postes de contrôle, de surveillance de robots.
- Les robots entraînent une destruction massive des emplois dans la plupart des pays qui les utilisent.
- Ils peuvent causer de dommage aux autres appareils, ou de blessure à l'homme dans le cas de réponse inadéquate ou mal.
- Consommation d'énergie.
- Les robots sont coûteux au short terme à cause de : le coût initial de l'équipement, le coût d'installation, le besoin de périphériques... etc.

I.7. Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons pu voir une brève historique sur les robots, nous avons aussi pu définir quelques notions de base liées à la robotique en général, et en particulier ceux qui liés aux robots mobiles, telles que les différentes architectures et classifications des robots mobiles. Donc comme fin on dit qu'un robot est en fait une machine programmable qui imite des actions d'une créature intelligente. Les humains ont tenté toujours de concevoir des machines qui puissent nous remplacer sous formes de robots, plus le temps avance plus la robotique évolue.

Chapitre II :

Les capteurs

II.1. Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de donner un aperçu des capteurs, de leurs types et de leurs domaines de classification et Evolution des capteurs, et de parler davantage du type de Capteur ultrasonique, de son principe de fonctionnement et de ses champs.

Nous avons également parlé des portées des capteurs à ultrasons et de son principe et Distances de montage.

II.2. Définitions et caractéristiques générales :

II.2.1. Définition le capteur :

Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable, telle qu'une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité ou la déviation d'une aiguille. On fait souvent (à tort) la confusion entre capteur et transducteur : le capteur est au minimum constitué d'un transducteur.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même, disposant d'un affichage ou d'un système de stockage des données. Le capteur, lui, en est dépourvu.

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation. [9]

II.3. Généralité sur les capteurs :

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique (information entrante) une autre grandeur physique de nature différente (la plupart du temps, électrique). Cette grandeur,

représentative de la grandeur prélevée, est utilisable à des fins de mesure ou de commande. [10]

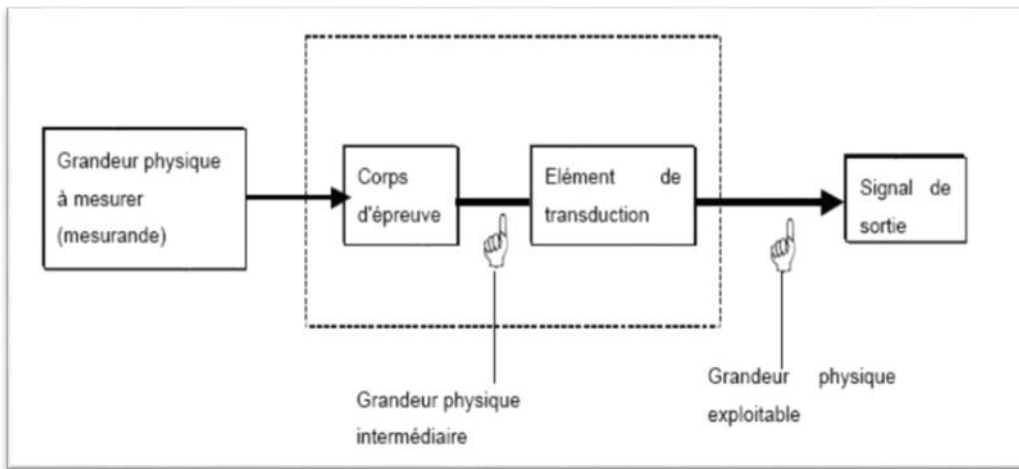


Fig II.1 : Schéma de principe d'un capteur [10]

La grandeur physique objet de la mesure : déplacement, température, pression, etc. est désignée comme le mesurande et représentée par m ; l'ensemble des opérations expérimentales qui concourent à la connaissance de la valeur numérique du mesurande constitue son mesurage. Lorsque le mesurage utilise des moyens électroniques de traitement du signal, il est nécessaire de produire à partir du mesurande.

Une grandeur électrique qui en soit une représentation aussi exacte que possible :

Ceci signifie que la grandeur électrique et ses variations apportent toute l'information nécessaire à la connaissance du mesurande.

Le capteur est le dispositif qui soumis à l'action d'un mesurande non électrique présente une caractéristique de nature électrique (charge, tension, courant ou impédance) désignée par s et qui est fonction du mesurande :

$$S = F(m)$$

S est la grandeur de sortie ou réponse du capteur, m est la grandeur d'entrée ou excitation. La mesure de s doit permettre de connaître la valeur de m (figure 2). La relation $S = F(m)$ résulte dans sa forme théorique des lois physiques qui régissent.

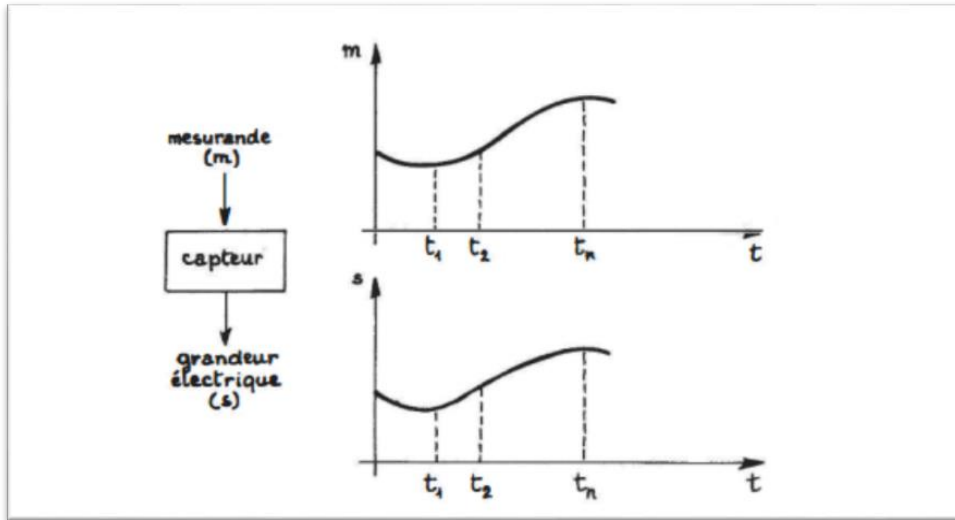


Fig II.2 : Exemple d'évolution d'un mesurande m et de la réponses correspondante du capteur.

Le fonctionnement du capteur et dans son expression numérique de sa construction (géométrie, dimensions), des matériaux qui le constituent et éventuellement de son environnement et de son mode d'emploi (température, alimentation). Pour tout capteur la relation $S = F(m)$ sous sa forme numériquement exploitable est explicitée par étalonnage : pour un ensemble de valeurs de m connues avec précision, on mesure les valeurs correspondantes de s ce qui permet de tracer la courbe d'étalonnage (fig II.3 a) ; cette dernière, à toute valeur mesurée de s , permet d'associer la valeur de m qui la détermine (fig II.3 b).

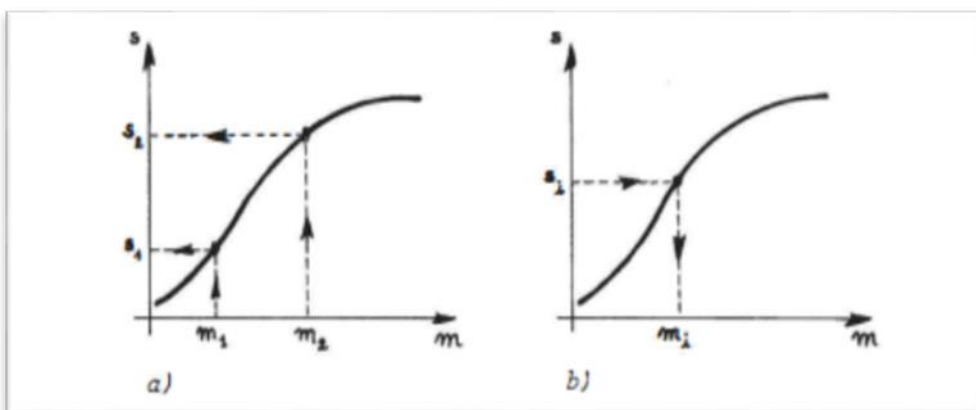


Fig II.3 : Courbe d'étalonnage d'un capteur [11]

a) son établissement, à partir de va leurs connues du mesurande m .

b) son exploitation, à partir des va leurs mesurées de la réponse S du capteur.

Pour des raisons de facilité d'exploitation on s'efforce de réaliser le capteur, ou du moins de l'utiliser, en sorte qu'il établisse une relation linéaire entre les variations Δs de la grandeur de sortie et celles Δm de la grandeur d'entrée :

$$\Delta s = S \cdot \Delta m$$

S est la sensibilité du capteur.

Un des problèmes importants dans la conception et l'utilisation d'un capteur est la constance de sa sensibilité S qui doit dépendre aussi peu que possible :

- De la valeur de m (linéarité) et de sa fréquence de variation (bande passante).
- Du temps (vieillessement).
- De l'action d'autres grandeurs physiques de son environnement qui ne sont pas l'objet de la mesure et que l'on désigne comme grandeurs d'influence.
- En tant qu'élément de circuit électrique, le capteur se présente, vu de sa sortie.
- Soit comme un générateur, s'étant une charge, une tension ou un courant et il s'agit alors d'un capteur actif.
- Soit comme une impédance, s'étant alors une résistance, une inductance ou une capacité : le capteur est alors dit passif.

Cette distinction entre capteurs actifs et passifs basée sur leur schéma électrique équivalent traduit en réalité une différence fondamentale dans la nature même des phénomènes physiques mis en jeu [11].

II.4. Classification des capteurs :

La classification se fait par :

- La mesurande qu'ils traduisent (capteur de température, de pression, ...)

- De leur rôle dans un processus industriel (contrôle de produits finis, de sécurité, ...)
- Du signal qu'ils fournissent (capteur analogique, capteur logique, capteurs digitaux)
- De leur principe de traduction du mesurande (capteur résistif, à effet Hall, ...)
- De leur principe de fonctionnement : Les capteurs fonctionnent selon deux principes de base [12].

Suivant l'origine du signal électrique de sortie. On distingue :

II.4.1. Capteur actif :

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre au mesurande : énergie thermique, mécanique ou de rayonnement.

Les plus importants parmi ces effets sont regroupés tableau II.1 ; dans la suite du paragraphe, on en donne une description sommaire destinée à éclairer leur mode d'application.

Mesurande	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Pyroélectricité	Charge
	Photoémission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photoélectromagnétique	Tension
Force Pression Accélération	Piézoélectricité	Charge
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position (aimant)	Effet Hall	Tension

Tab II.1. Capteurs actifs : principes physiques de base [11]

Effet thermoélectrique :

Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 est le siège d'une force électromotrice $e(T_1, T_2)$.

Effet pyroélectrique :

Certains cristaux dits pyroélectriques, le sulfate de triglycine par exemple, ont une polarisation électrique spontanée qui dépend de leur température ; ils portent en surface des charges électriques proportionnelles à cette polarisation et de signes contraires sur les faces opposées. [11]

Effet piézoélectrique :

L'application d'une force et plus généralement d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézoélectriques, le quartz par exemple, entraîne une déformation qui suscite l'apparition de charges électriques égales et de signes contraires sur les faces opposées. [11]

Effet d'induction électromagnétique :

Lorsqu'un conducteur se déplace dans un champ d'induction fixe, il est le siège d'une f.é.m. proportionnelle au flux coupé par unité de temps, donc à sa vitesse de déplacement. De même, lorsqu'un circuit fermé est soumis à un flux d'induction variable du fait de son déplacement ou de celui de la source de l'induction (aimant par exemple), la f.é.m. dont il est le siège est égale (et de signe contraire) à la vitesse de variation du flux d'induction. [11]

Effet photoélectriques :

On en distingue plusieurs, qui diffèrent par leurs manifestations mais qui ont pour origine commune la libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement électromagnétique, dont la longueur d'onde est inférieure à une valeur seuil, caractéristique du matériau.

Effet photoémissif :

Les électrons libérés sont émis hors de la cible éclairée et forment un courant collecté par application d'un champ électrique.

Effet photovoltaïque :

Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction de Semi-conducteurs P et N illuminée ; leur déplacement dans le champ électrique de la jonction modifie la tension à ses bornes.

Effet photo électromagnétique :

L'application d'un champ magnétique perpendiculaire au rayonnement provoque dans le matériau éclairé l'apparition d'une tension électrique dans la direction normale au champ et au rayonnement.

Effet Hall :

Un matériau, généralement semi-conducteur et sous forme de plaquette, est parcouru par un courant I et soumis à une induction B faisant un angle Θ avec le courant. Il apparaît, dans une direction perpendiculaire à l'induction et au courant une tension V_H qui a pour expression :

$$V_H = K_H * I * B * \sin \Theta$$

II.4.2 Capteur passif :

Il s'agit d'impédances dont l'un des paramètres déterminants est sensible au mesurande. Dans l'expression littérale d'une impédance sont présents des termes liés :

- D'une part à sa géométrie et à ses dimensions.
- D'autre part aux propriétés électriques des matériaux : résistivité ρ , perméabilité magnétique μ , constante diélectrique ϵ .

La variation d'impédance peut donc être due à l'action du mesurande :

- Soit sur les caractéristiques géométriques ou dimensionnelles.

- Soit sur les propriétés électriques des matériaux.
- Soit plus rarement sur les deux simultanément. [11]

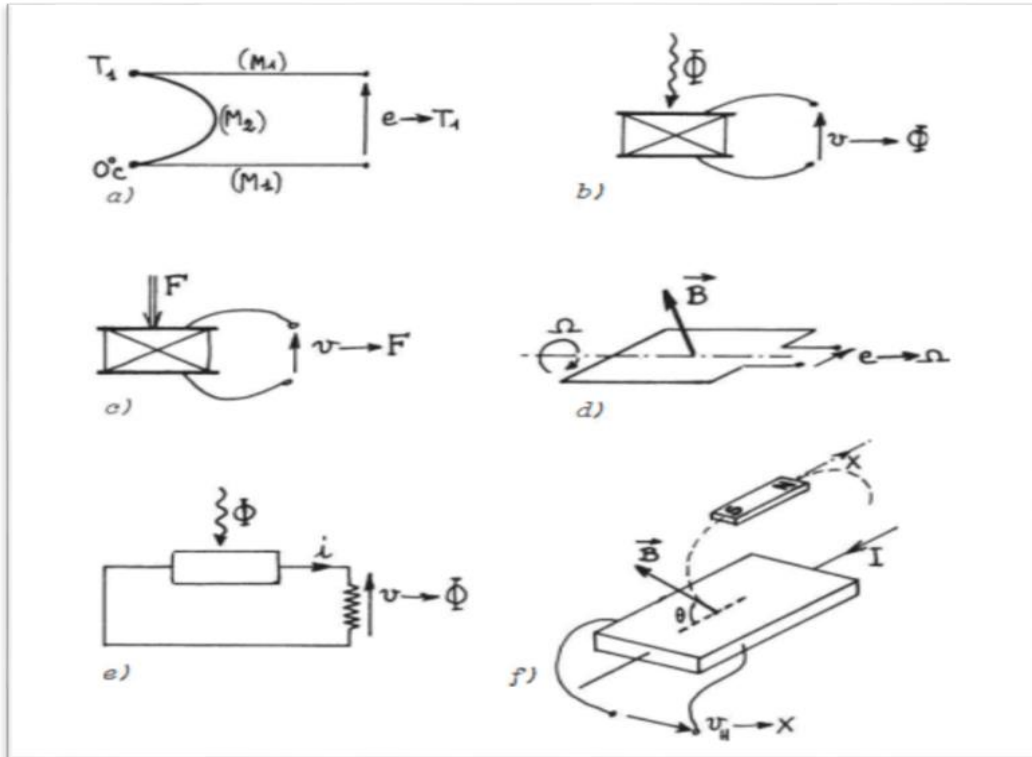


Fig II.4: Exemples d'application d'effets physiques à la réalisation de capteurs actifs [11]

(a) thermoélectricité - (b) pyroélectricité - (c) piézoélectricité - (d) induction électromagnétique - (e) photoélectricité - (f) effet Hall

Mesurande	Caractéristique électrique sensible	Types de matériaux utilises
Température	Résistivité	Métaux : platine, nickel, cuivre.
Très basse température	Constante diélectrique	Semi-conducteurs Verres
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteurs
Déformation	Résistivité	Alliages de nickel, silicium dopé
	Perméabilité magnétique	All iages ferromagnétiques
Position (aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto-résistants : bismuth, antimoniure d'indium
Humidité	Résistivité Constante diélectrique	Chlorure de lithium. Alumine : polymères.
Niveau	Constante diélectrique	Liquides isolants

Tab II.2. Capteurs passifs : principes physiques et matériaux [11]

II.5. Les type de capteurs :

Il existe actuellement un grand nombre de capteurs, avec des fonctionnalités diverses et variées. La plupart des capteurs dépendent de l'application pour lesquels ils ont été conçus (capteurs aquatiques, sous-terrain, etc..). En l'occurrence, la figure (5) illustre l'évolution des capteurs au cours de ces dernières années. [13]

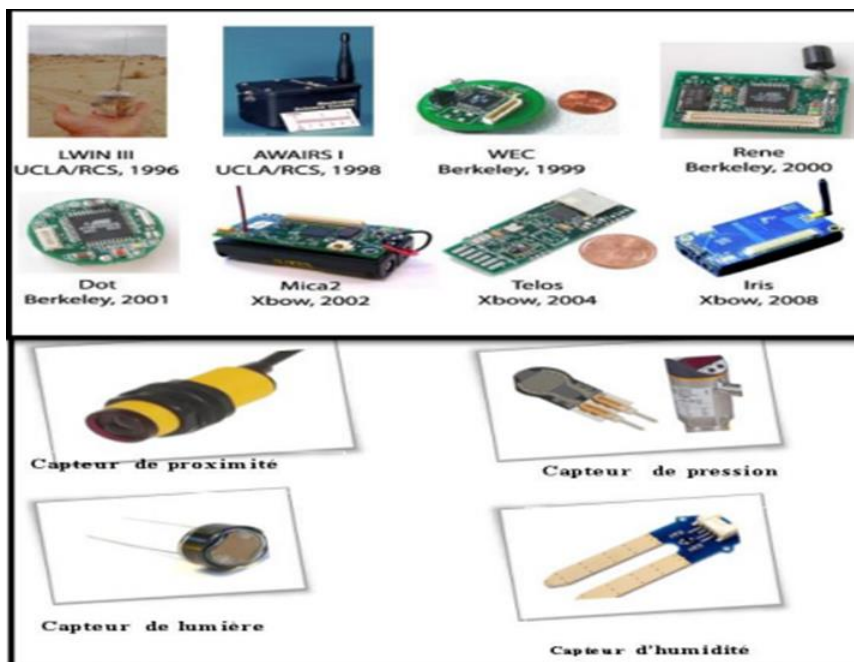


Fig II.5 : Evolution des capteurs [14]

- Capteurs de position et de déplacement
 - Potentiomètre résistif
 - Capteurs inductifs
 - Capteurs capacitifs
 - Capteurs de proximité
- Capteurs de déformation, de force, de pesage, de couple
 - Jauges d'extensiométrie
 - Capteurs piézoélectriques
- Capteurs tachymétriques (de vitesse)
 - Génératrice à courant continu
 - Capteur à reluctance variable
 - Tachymètre optique
- Capteurs de pression
- Capteurs magnétiques
- Capteurs de température
 - Varistances
 - Thermocouples
 - Capteurs au silicium
 - Thermistances CTN
 - Thermistances CTP
- Capteurs optiques
 - Photorésistances (LDR)
 - Phototransistors
 - Photodiodes
 - Diodes électroluminescentes
 - Fibre optique [11]

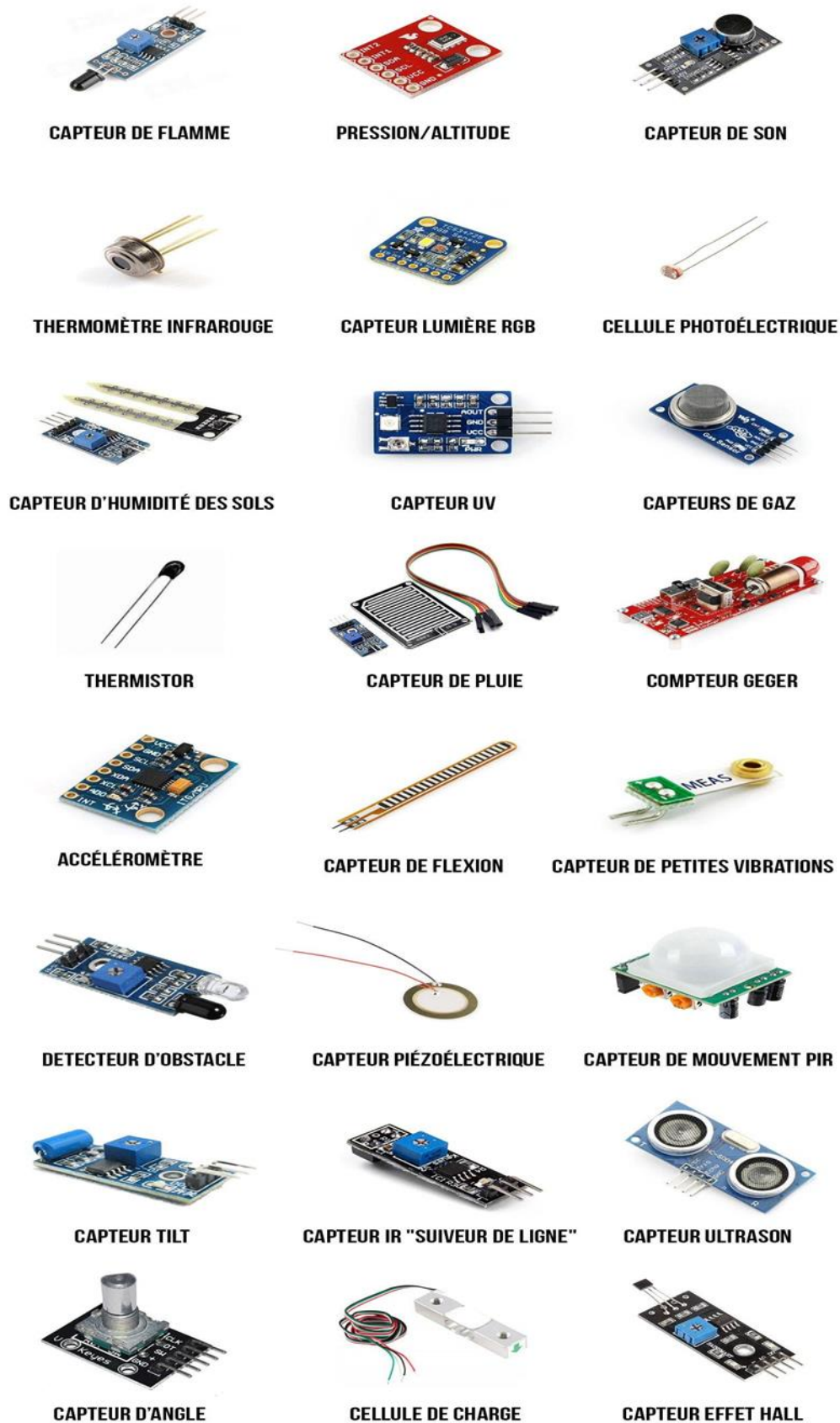


Fig II.6. Types de captures

II.6. Capteur ultrasonique :

II.6.1. Généralité sur le capteur ultrasonique :

Les capteurs à ultrasons utilisent le son pour déterminer la distance entre le capteur et l'objet le plus proche sur sa trajectoire.

Les capteurs à ultrasons sont essentiellement des capteurs sonores, mais ils fonctionnent à une fréquence supérieure à celle de l'audition humaine.

Le capteur envoie une onde sonore à une fréquence spécifique. Il écoute ensuite que cette onde sonore spécifique réfléchit sur un objet et revient. Le capteur enregistre le temps écoulé entre l'envoi de l'onde sonore et son retour. Si vous connaissez la vitesse et le temps de parcours d'un objet, vous pouvez trouver la distance parcourue grâce à l'équation suivante : [15]

$$d = v \times t$$



Fig II.7: Capteur de distance ultrason HC-SR04

II.6.2. Fonctionnement du capteur :

L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier. L'émetteur envoie un train d'ondes qui va se réfléchir sur l'objet à détecter et ensuite revenir à la source.

Le temps mis pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. Plus l'objet sera loin plus il faudra longtemps pour que le signal revienne.

Pour détecter le niveau (la distance d), on utilise l'équation :

$$V=d/t \text{ donc } d=v.t$$

- t étant le temps vu au-dessus entre le début de l'émission et le début de la réception
- v étant la vitesse du son qui est de 330 m.s-1.

II.6.3. Le principe des ultrasons :

Les capteurs à ultrasons établissent une nouvelle référence en matière d'automatisation.

Les capteurs à ultrasons émettent périodiquement de courtes impulsions sonores à haute fréquence. Ces impulsions voyagent dans l'air à la vitesse du son. Lorsqu'ils rencontrent un objet, ils réfléchissent et retournent au capteur comme un écho. Ensuite, sur la base du temps entre la transmission du signal et la réception de l'écho, la distance entre la cible et le capteur sera calculée.

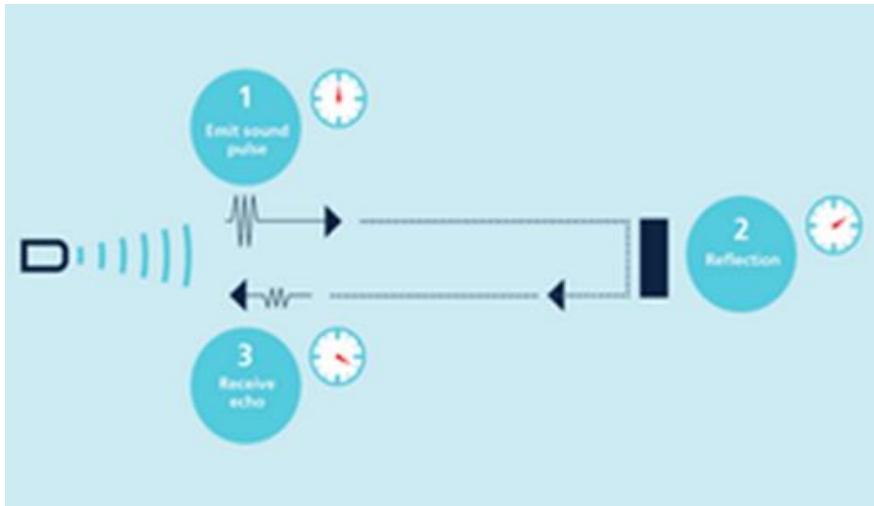


Fig II.8: Le principe des ultrasons

Étant donné que la distance est déterminée par le temps de propagation des ultrasons plutôt que par l'intensité, les capteurs à ultrasons conviennent parfaitement à la suppression de l'arrière-plan.

Les capteurs à ultrasons peuvent voir à travers l'air chargé en poussières et les brouillards d'encre. Même les dépôts minces sur la membrane du capteur ne nuisent pas à son fonctionnement.

II.6.4. Portées des capteurs à ultrasons :

La règle générale des capteurs à ultrasons est la suivante : moins l'objet à mesurer absorbe de son, plus la portée possible est grande. La plage de travail indique à quelle distance un objet quotidien avec des réserves fonctionnelles suffisantes peut être mesuré. Dans des conditions idéales, le capteur peut être utilisé jusqu'à sa portée maximale.

II.6.5. Distances de montage :

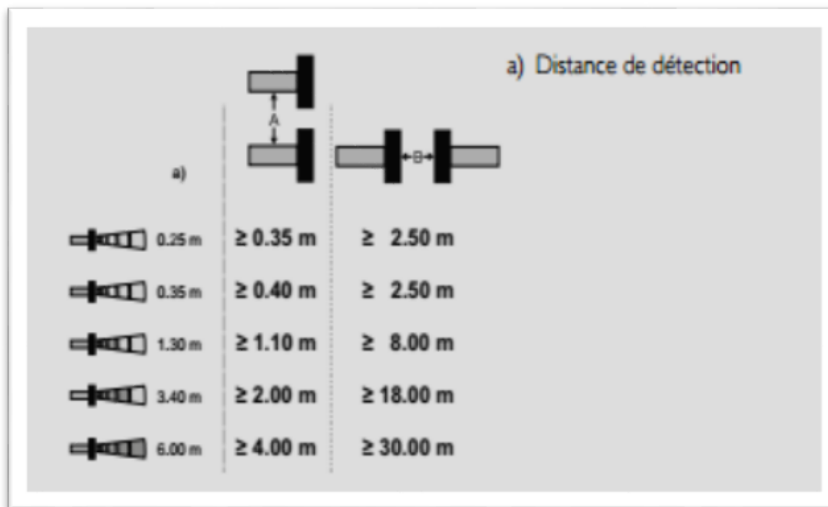


Fig II.9. Distances de montage.

La Figure Fig II.9 indique les distances minimales à respecter entre des capteurs non synchronisés. Les capteurs peuvent s'influencer mutuellement dans le cas de distances inférieures à ces valeurs.

Il ne s'agit, pour les distances de montage indiquées, que de valeurs indicatives. En cas d'inclinaison, le son peut également être « réfléchi » sur le capteur voisin. La distance minimale doit être calculée au cours d'essais. Certains capteurs autorisent la synchronisation entre eux et, par conséquent, des distances de travail nettement moins importantes.

II.7. Conclusion :

A la fin de ce chapitre, on peut dire que toute systèmes robotique est équipée au moins d'un capteur pour communiquer avec son environnement, donc la compréhension des principes de fonctionnement des principaux capteurs utilisés est une phase très importante lors de l'étude de n'importe qu'el système.

On a conclu aussi que Le capteur HC-SR04 est intéressant pour ses résultats étonnants de précision et son coût très bas.

Chapitre III : Le microcontrôleur

III.1. Introduction :

Aujourd'hui, chacun de nous interagit avec une quantité impressionnante de microcontrôleurs au cours d'une journée typique de son quotidien. Ces très petits appareils électroniques (de quelques millimètres à quelques centimètres), se nichent en effet dans de nombreux objets que nous utilisons chaque jour, et régissent discrètement de nombreux aspects de nos vies. Lorsqu'une personne prend les transports publics ou plutôt sa voiture personnelle pour se rendre à son lieu de travail, des dizaines de microcontrôleurs l'ont alors accompagné dans son trajet, afin d'effectuer de nombreuses tâches automatiques, telles que le contrôle du système de freinage de voiture, ou l'actionnement des portes automatiques des quais du métro. La présence des microcontrôleurs ne se limite pas aux moyens de transport seulement : par exemple, au travail, la machine distribuant le café, le système de climatisation, et même les périphériques des ordinateurs (clavier, souris, écrans, ...) en contiennent potentiellement des dizaines, même les appareils à domestique ne sont pas en reste, puisque le petit et gros électroménager, tels que la machine à laver, le réfrigérateur, ou le four à micro-ondes, en abrite une multitude. En réalité, presque toutes les pièces d'une maison sont concernées : les télévisions, radios, radiateurs, chauffe-eaux, et même certains jouets peuvent en contenir. Certains microcontrôleurs peuvent même être trouvés dans les téléphones mobile, ou à l'intérieur de certains appareils médicaux. Donc par leur omniprésence, les microcontrôleurs contribuent ainsi quotidiennement aux diverses tâches de nos vies modernes.

Ce chapitre essaye de donner une vision profonde des microcontrôleurs en générale, et de la famille 8051 spécifiquement, en partant des généralités et de l'histoire jusqu'aux pièces, jeu d'instructions, et architecture interne des microcontrôleurs, ce qui va permettre de comprendre un peu le fonctionnement de ces petits ordinateurs.

III.2. Présentation des microcontrôleurs/microprocesseurs :

III.2.1. Historique :

L'invention de microprocesseur a été fait en 1971 , quand la compagnie Intel a construit son 1er microprocesseur, le Intel 4004, il été le premier processeur à 4 bits, la taille des instructions pour ce processeur était de 8 bits mais les données traitées étaient des données de 4 bits seulement, Il avait aussi des mémoires externes séparées de 4k pour le programme et 1k pour les données, avec 46 instructions et une fréquence d'horloge de 740 kHz, Puis, en 1972, Intel a inventé une version avancée du 4004, c'est le 4040, il avait 14 instructions supplémentaires avec une mémoire de programme 8K et une capacité d'interruption. [16]

En 1974, Texas Instruments a introduit le premier microcontrôleur TMS 1000. Le TMS 1000 avait sur la même puce une RAM, une ROM et des Entrées / Sorties. Ensuite Intel a introduit le 8080 en 1974 comme une version avancée de 8008 qui était apparue également en 1972. [16]

Le célèbre Intel 8085 a été développé en 1976. Il peut fonctionner avec une alimentation +5 V et une fréquence de 3 MHz. Dans la même année, le Zilog Z-80 est apparu comme une amélioration par rapport à Intel 8080. La fréquence de fonctionnement du Z-80 était de 2,5 MHz dans la version standard, et de 10 MHz dans la version CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). [16]

Immédiatement après le 8080 d'Intel, en 1975, Motorola a présenté son 6800, suivi plus tard des 6502 et 6809, etc. Ensuite, Intel 8048 a été développé comme microcontrôleur vers 1976. Il s'agit de la famille MCS-48. Le stockage de données sur puce était possible, mais le code était stocké dans la mémoire externe (mémoire du programme), il avait des instructions sur 1 octet. La famille MCS-48 été remplacé par la famille de microcontrôleurs MCS-51 en 1980. Cette nouvelle famille MCS-51 utilise des instructions à 2 octets plus flexibles, une mémoire de programme sur puce (RAM / ROM / EPROM) ainsi que les 128 octets de mémoire de données sont fournies, et même les

connexions de mémoire externe étaient également possibles. En 1982, Motorola a introduit le microcontrôleur 6805. [16]

La famille de microcontrôleurs PIC a été introduite vers 1985 par Microchip. PIC utilise l'architecture Harvard et a un jeu d'instructions réduit. En 1978, le processeur Intel 8086 de 16 bits a été développé. Ensuite, Motorola a lancé un microprocesseur 68000 de 16 bits, et même Zilog a présenté le Z8000, un microprocesseur a 16 bits aussi. Les développements historiques des produits à microprocesseurs sont répertoriés dans le tableau suivant (Tab III.1) : [16]

Année	Microprocesseur / microcontrôleur	Remarque
1971	- Intel 4004	- Microprocesseur 4 bits
1972	- Intel 4040	- Microprocesseur 4 bits
1974	- Intel 8080 - TMS 1000	- Microprocesseur 8 bits - Microcontrôleurs 8 bits
1975	- Motorola 6800	- Microprocesseur 8 bits
1976	-MCS-48 -Intel 8085	- Microcontrôleurs 8 bits - Microprocesseur 8 bits
1978	- Intel 8086 - Motorola 68000 - Zilog Z-8000	- Microprocesseur 16 bits - Microprocesseur 16 bits - Microprocesseur 16 bits
1980	- Intel 8051	- Microcontrôleurs 8 bits
1982	- Motorola 68010, 6805 - Motorola 80186, 80188, 80286 - Intel 8096 (MCS-96)	- Microcontrôleurs - Microprocesseur 16 bits - Microcontrôleurs 16 bits
1984	- Motorola 68020	- Microprocesseur 32 bits
1985	- Motorola 80386 - microcontrôleurs PIC de Microchip	- Microprocesseur 32 bits - Microcontrôleurs 8 bits
1987	- Zilog Z-280	- Microprocesseur 16 bits
1989	-Motorola 80386sx, 80486	- Microprocesseur 32 bits
1993	- Intel Pentium	- Microprocesseur 32 bits
1997	- Atmel 8-bit AVR family	- Microcontrôleurs 8 bits RISC

Tab III.1: Développements historiques des μ C et μ P [16]

III.2.2. Définition de microcontrôleur :

En réalité, un microcontrôleur est un mini-ordinateur installé dans un circuit intégré. Les progrès de la technologie dans la matière d'intégration, ont permis d'implanter la totalité des composants de la structure de base d'un ordinateur sur une puce de silicium de quelques millimètres carrés.

Comme tout ordinateur, on peut décomposer la structure interne d'un microcontrôleur en trois parties :

- Les mémoires
- Le processeur
- Les périphériques

Les mémoires sont chargées de stocker le programme à exécuter ainsi que les données nécessaires et les résultats obtenus.

Le processeur est le cerveau ou le cœur du système puisqu'il est chargé d'interpréter les instructions du programme en cours d'exécution et de effectuer les opérations qu'elles contiennent. Au sein du processeur, l'unité arithmétique et logique ALU interprète, traduit et exécute les instructions de calcul.

Les périphériques sont responsables sur la tâche de la connexion bidirectionnelle du processeur au monde extérieur. Soit le processeur fournit des informations vers l'extérieur (périphérique de sortie), soit il en reçoit (périphérique d'entrée). [17]

Donc d'une manière bien préciser un microcontrôleur est un circuit hautement intégré qui rassemble sur la même puce un CPU (Central Processing Unit), une mémoire vive RAM (Random Access Memory), une mémoire morte EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory) / PROM (Programmable Read Only Memory) / ROM (Read-Only Memory), des I / O (entrée / sortie), et des timers. [18]

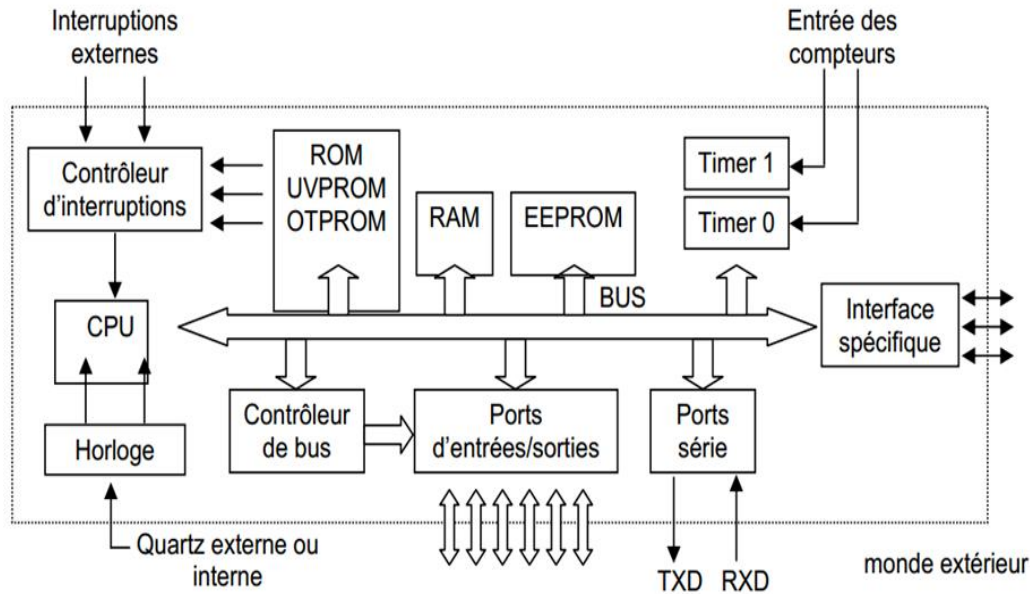


Fig III.1 : schéma général de microcontrôleur

III.2.3. Les composants internes d'un μC :

Une unité centrale : on peut la considérer comme le coeur de système, il est également appelé CPU (Central Processing Unit), dans ce CPU on trouve d'autres éléments telle que l'unité arithmétique et logique (UAL) et les registres.

Les mémoires : ces mémoires Permettent de mémoriser temporairement les données générées par le CPU pendant les différentes phases du traitement numérique (résultats d'opérations, états des capteurs...). Ces mémoires sont accessibles en écriture et en lecture. Il existe deux types :

- (a) **Une mémoire de programme** : c'est une mémoire à lecture seule, généralement appelée la mémoire morte ou ROM, Cette mémoire est une mémoire non-volatile donc elle a la particularité de sauvegarder le programme en permanence même dans le cas d'absence de tension (ce qui est primordiale, sinon le microcontrôleur doit être reprogrammé à chaque remise sous tension !).
- (b) **Une mémoire vive** : elle a le rôle de sauvegarder temporairement des informations. Le sauvegardement de contenu dans cette mémoire sa

fonction que pendant la phase d'alimentation du circuit (volatile). Et le microcontrôleur pourra l'utiliser pour stoker des variables temporaires ou faire des calculs intermédiaires à cause de son temps de lecture et écriture qu'est assez court (quelques ns). On note que cette mémoire appelée typiquement la mémoire RAM.

Un port d'entrées/sorties : les entrées/sorties (numériques, analogiques) provident la possibilité de de communiquer avec l'extérieur au microcontrôleur, cette communication est nécessaire par exemple pour avoir l'état d'un capteur, d'un interrupteur, pour piloter un relais, ou pour allumer des LEDs...etc.

Une horloge : peut-être intégrer comme une base de temps interne, mais aussi les bases de temps externes puissent être employées, ces bases de temps peuvent être assurée par des cristaux de quartz externe, des résonateurs céramiques, ou des oscillateurs programmables. [19]

Les bus :

- ❖ **Des bus de données internes** : ces bus permettent la communication et le transfert des informations, instructions, ou données entre les différents éléments intégrés au microcontrôleur.
- ❖ **Bus d'Adresse et Décodeur** : ces bus permettent le transfert d'adresse émis par le processeur, qui permet d'accéder à tous les périphériques. Le décodeur d'adresse décode une partie du bus d'adresse pour activer la fonction périphérique concernée.

On note que y a des éléments supplémentaires qui peuvent être inclus dans les microcontrôleurs les plus développés ou les plus sophistiqués, parmi ces éléments on trouve par exemple :

Convertisseur analogique-numérique (CAN) : un convertisseur analogique-numérique est un montage électronique qu'a une entrée analogique (tension) et peut produire une sortie numérique (binaire) représentative a sa valeur analogique. Dans un CAN linéaire, la plage de valeurs d'entrée analogiques est divisée également en intervalles spatiaux ; dont chacun est attribué à un mot de code binaire. [20]

Convertisseur numérique-analogique (CNA) : un convertisseur numérique-analogique est un composant électronique qui accepte des mots d'entrées en forme binaire de n bits, et produit des valeurs analogiques (tension/courant) proportionnelle aux valeurs numériques codée sur ses mots binaires. [21]

Le PWM (Pulse Width Modulation) : est une technique utilisé pour générer un signal pseudo-analogique à partir d'un environnement numérique ou analogique pour permettre au ce signal d'être traité par des composants en commutation (se comportant comme des interrupteurs ouverts ou fermés).

Le principe est d'utiliser une commande numérique pour créer une onde carrée, donc le signal va se varier entre 1 et 0. on peut obtenir des tensions entre les deux valeurs 5 Volts et 0 Volts Par le changement de la durée du moment où le signal est en 1 par rapport au période du signale carré.

Le timer : Didier pour les taches suivantes :

- ❖ Génération d'un signal périodique modulé ou non en largeur d'impulsion.
- ❖ Génération d'une impulsion calibrée.
- ❖ Temporisation.
- ❖ Comptage d'événements.

Le chien de garde (Watchdog) : un système anti-plantage du microcontrôleur. Il s'assure qu'il n'y ait pas d'exécution prolongé d'une même suite d'instruction.

Un compteur préchargeable se décrémente régulièrement au rythme de la fréquence d'horloge. Si aucun préchargement n'est effectué avant qu'il n'atteigne la valeur "0" un Reset est généré relançant ainsi le microcontrôleur. Il faut donc penser à précharger régulièrement ce chien de garde par programme lorsqu'il est activé. [22]

III.2.4. Classification d'un microcontrôleur :

Les microcontrôleurs ayant des différentes caractéristiques comme par exemple la largeur du bus, le jeu d'instructions, et la structure de la mémoire. Donc évidemment il existe beaucoup de classifications des microcontrôleurs en fonction de ses caractéristiques, at aussi d'autres classification selon l'entreprise ou la société créateur, le graphique ci-dessous indique un peu les classifications les plus connues des microcontrôleurs :

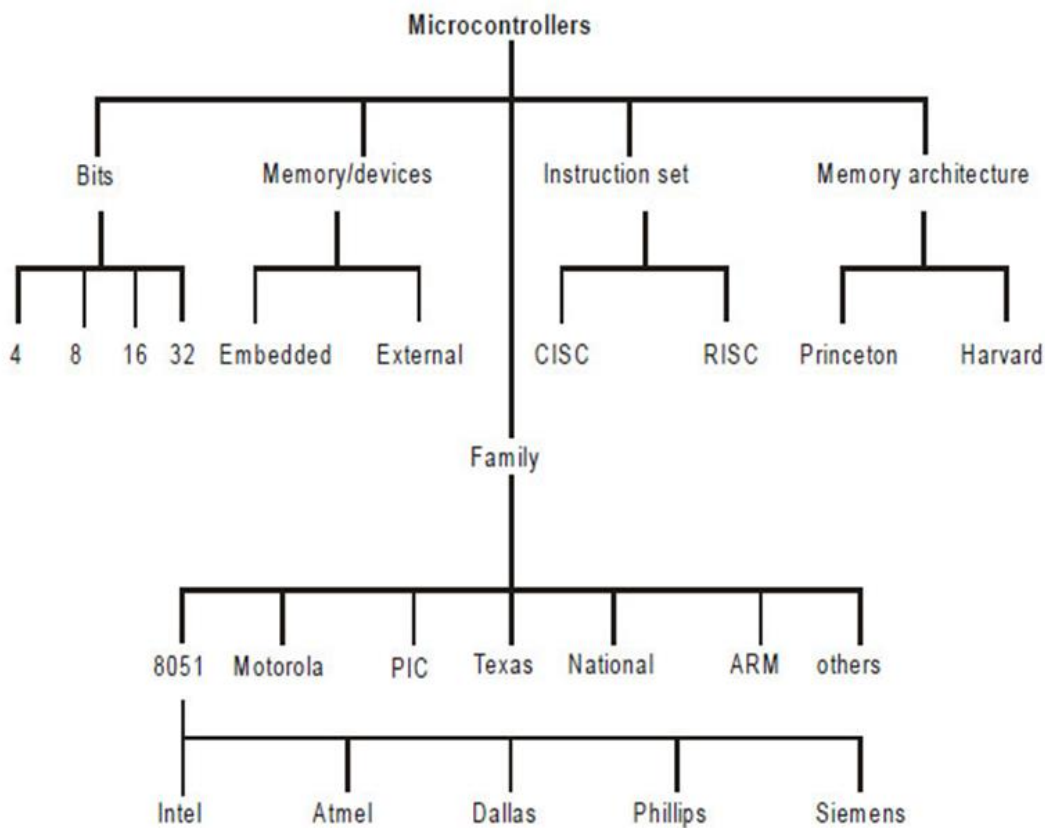


Fig III.2 : les types des microcontrôleurs

III.2.4.1 Classification selon le nombre de bits :

Il existe trois classifications selon le nombre de bits qui sont le microcontrôleur a 8bits, à 16 bits, et a 32 bits.

Un microcontrôleur est dit 8 bits c'est ça ALU effectue ses opérations arithmétiques et logiques sur un octet (8bits) pour chaque instruction. Le bus

interne est d'une largeur de 8 bits. Les exemples de microcontrôleurs 8 bits sont les familles Intel 8031/8051, PIC1x et Motorola MC68HC11.

Un microcontrôleur est dit 16 bits c'est ça ALU effectue ses opérations arithmétiques et logiques sur deux octets (16bits) pour chaque instruction. Le bus interne est d'une largeur de 16 bits. Le microcontrôleur 16 bits offre une précision et des performances supérieures par rapport au 8 bits. Par exemple, les microcontrôleurs 8 bits ne peuvent utiliser que 8 bits, ce qui donne une plage finale de $0 \times 00 - 0xFF$ (0-255) pour chaque cycle. Par contre, les microcontrôleurs 16 bits avec leur largeur de données de 16 bits ont une plage de $0 \times 0000 - 0xFFFF$ (0-65535) pour chaque cycle. Quelques exemples de microcontrôleur 16 bits sont les familles intel 8051XA, PIC2x, Intel 8096 et Motorola MC68HC12.

Un microcontrôleur est dit 32 bits c'est ça ALU effectue ses opérations arithmétiques et logiques sur quatre octets (32bits) pour chaque instruction. Le bus interne est d'une largeur de 32 bits. Il est plus performant en précision et capacité de calcul par rapport aux microcontrôleurs 16 bits, et il aussi hautement intégré dans les dispositifs à commande automatique, y compris les dispositifs médicaux implantables, les systèmes de commande de moteur, les machines de bureau, les appareils et d'autres types de systèmes embarqués. Quelques exemples sont la famille Atmel 251, PIC3x.

III.2.4.2 Classification selon le type de mémoire :

Microcontrôleur intégré : lorsqu'un système embarqué comporte un MCU qui a tous les blocs fonctionnels matérielles ou logicielles dans une seule unité, donc le MCU est appelé microcontrôleur intégré. Très peu ou pas d'autre unité ou système externe est présent pour le traitement pendant le contrôle ou l'utilisation des périphériques externes. Par exemple, un circuit de combiné téléphonique utilise un microcontrôleur intégré. [23]

Microcontrôleur a mémoire externe : Lorsqu'un système embarqué comporte un MCU dont tous les blocs fonctionnels matérielles et logicielles ne sont pas présentes sur la même puce et dont tout ou une partie de la mémoire

est interfacée d'une manière externe à l'aide d'un circuit d'interfaçage appelé « glue circuit », donc ce MCU est appelé un microcontrôleur à mémoire externe. Par exemple, 8031 a une mémoire de programme externe. Le 8051 possède à la fois une mémoire programme interne et externe. [24]

III.2.4.3 Classification selon la famille :

Les microcontrôleurs peuvent également être classés selon leur famille. La famille est généralement une entreprise ou un fabricant dans lequel le contrôleur était fabriqué. Chaque famille a sa propre architecture et son propre jeu d'instructions. Parmi les grandes familles on trouve l'intel 8051 qui est très célèbre mais on note que la famille PIC et ARM sont plus populaires que 8051.

III.2.4.4 Classification selon le jeu d'instructions :

MCU à architecture CISC (instruction Complicated Set Computer)
: c'est un microcontrôleur dont le jeu d'instructions possède les propriétés suivantes :

- Il contient beaucoup de classes d'instructions différentes.
- Il contient beaucoup de type d'instructions différentes complexes et de taille variable.
- Il se sert de beaucoup de registres spécialisés et de peu de registres généraux. [25]

MCU à architecture RISC (Reduced Instruction Set Computer) :
est un concept mis en place par IBM dans les années 70 un microcontrôleur RISC est un microcontrôleur dont le jeu d'instructions possède les propriétés suivantes :

- Le nombre de classes d'instructions différentes est réduit par rapport à un CISC.
- Les instructions sont de taille fixe.
- Il se sert de beaucoup de registres généraux.
- Il fonctionne avec un pipe line. [25]

III.2.4.5 Classification selon l'architecture de μC :

L'architecture Von Neumann : lorsqu'un microcontrôleur a une mémoire commune utilisé pour les données et le programme, on dit qu'il a une architecture Von Neumann. On note que cette architecture est la plus courante. Dans l'architecture Von Neumann Les instructions et les données circulent sur le même bus appelé bus de données.

Architecture de Harvard : lorsqu'un μC utilise une mémoire différente de la mémoire de programme pour stocker le données, on dit que il a une architecture de Harvard, dans cette architecture l'accès à chaque une des mémoires (programme/données) se fait via un chemin distinct, les instructions et les constantes circulent sur un bus différent de celui utilisé pour les variables, ce qui permet de de transférer une instruction et des données simultanément , cette structure aide en fin a amélioré les performances de ce μC .

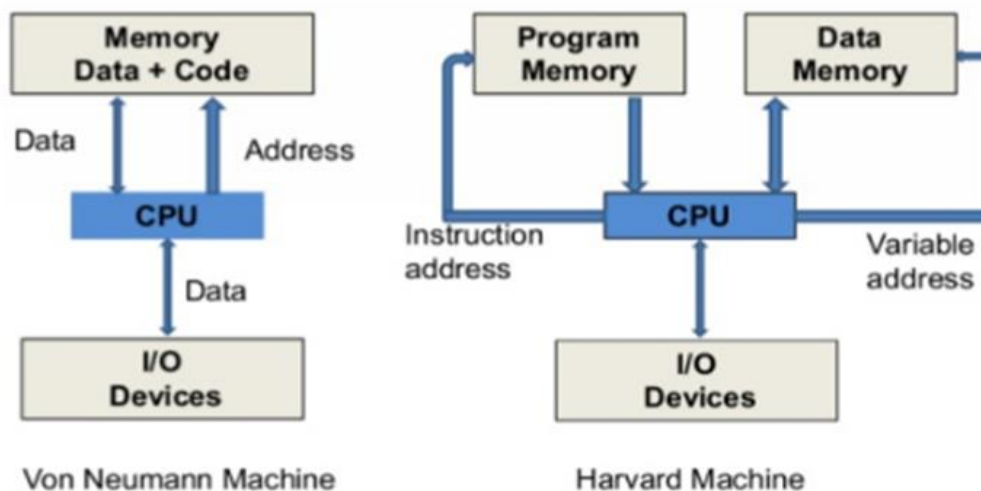


Fig III.3 : l'architecture Harvard et Von Neumann

Vous pouvez y avoir d'autres classifications mais la plupart des types des μC peuvent être vus à travers ces classification majeure.

III.2.5. Langage de programmation d'un μ C :

Les microcontrôleurs étaient à l'origine programmable uniquement en langage assembleur, mais divers langages de programmation de haut niveau, tels que C, Python et JavaScript, sont maintenant aussi couramment utilisés pour programmer les microcontrôleurs et les systèmes embarqués. Les compilateurs pour les langages à usage général présentent généralement certaines restrictions ainsi que des améliorations pour mieux prendre en charge les caractéristiques uniques des microcontrôleurs. Certains microcontrôleurs sont dotés d'environnements qui facilitent le développement de certains types d'applications. Les fournisseurs de microcontrôleurs mettent souvent des outils à disposition gratuitement pour faciliter l'adoption de leur matériel.

Les microcontrôleurs dotés de matériel spécialisé peuvent nécessiter leurs propres dialectes de C non standard, comme le SDCC pour le 8051, qui empêchent l'utilisation d'outils standard (tels que des bibliothèques de code ou des outils d'analyse statique) même pour du code sans rapport avec les caractéristiques du matériel. Les interprètes peuvent également contenir des fonctionnalités non standard comme MicroPython.

III.3. Le microcontrôleur vs le microprocesseur :

Les microprocesseurs et les microcontrôleurs sont des puces électroniques programmables typiques utilisées à des fins différentes. La différence clé entre eux est qu'un microprocesseur est un moteur de calcul programmable constitué d'une unité arithmétique et logique, d'un processeur et de registres, capable d'effectuer des calculs et de prendre des décisions. Tandis qu'un microcontrôleur est un microprocesseur spécialisé considéré comme un ordinateur sur une puce car il intègre des composants tels qu'un microprocesseur, une mémoire et des E/S. [26]

Le microcontrôleur est principalement conçu pour gérer des tâches en temps réel, contrairement au microprocesseur. [26]

Le tableau ci-dessous montre une comparaison un peu plus détaillée entre le microcontrôleur et le microprocesseur :

Microprocesseur	Microcontrôleur
Le microprocesseur est une unité centrale fonctionnelle complète, c'est-à-dire qu'il contient l'UAL, les registres, le pointeur de pile, le compteur de programmes, l'unité de décodage et de contrôle des instructions et les circuits de traitement des interruptions.	Le microcontrôleur est un micro-ordinateur fonctionnel complet, c'est-à-dire qu'il contient les circuits du microprocesseur et qu'il possède en outre une mémoire intégrée (ROM, RAM), des circuits d'entrée/sortie et les périphériques nécessaires à une application.
Les jeux d'instructions des microprocesseurs sont des traitements de données intensifs, ce qui signifie des modes d'adressage puissants et de nombreuses instructions pour déplacer les données entre la mémoire et l'unité centrale afin de traiter de grands volumes de données.	Les microcontrôleurs ont des jeux d'instructions qui sont liés au contrôle des entrées et des sorties, ce qui signifie qu'ils ont de nombreuses instructions de traitement des bits ainsi que des instructions de traitement des octets.
Les produits basés sur des microprocesseurs sont principalement conçus pour interagir avec les humains et sont plus souples à concevoir.	Les produits basés sur des microcontrôleurs sont principalement conçus pour interagir avec des machines ; une fois qu'un système est conçu, ils sont moins flexibles.
Les temps d'accès à la mémoire externe et aux périphériques d'entrée/sortie sont plus longs, ce qui se traduit par un système plus lent.	Les temps d'accès à la mémoire sur puce et aux périphériques d'entrée/sortie sont réduits, ce qui permet d'accélérer le système.
Les systèmes à base de microprocesseurs nécessitent des dispositifs de soutien et sont généralement plus volumineux, coûteux, moins fiables et consomment plus d'énergie.	Les systèmes basés sur des microcontrôleurs nécessitent moins de matériel externe, ce qui réduit la taille des circuits imprimés. Ils sont donc compacts, moins chers, plus fiables et consomment moins d'énergie.
La protection des logiciels n'est pas possible en raison de la nécessité d'une mémoire de code externe.	La protection des logiciels est possible grâce à la mémoire du code intégré sur la puce.

Tab III.2: Comparaison entre microprocesseur et microcontrôleur [26]

III.4. Le μ C 8051 :

III.4.1. Introduction :

Malgré que le 8051 est un circuit assez ancien, il reste jusque a maintenant un des microcontrôleurs les plus populaire.

Fin 1979, INTEL commercialise la série MCS 51 de microcontrôleurs, qui correspond à l'origine à trois types de microcontrôleurs. 8051 (avec ROM), 8751 (avec EPROM) et 8031 (ROMLESS).

Le succès de la série 8051 a incité de nombreux fabricants de circuits intégrés à fabriquer ce microcontrôleur et ses dérivés : PHILIPS, DALLAS, ATMEL et SIEMENS, et autres. Il y a aussi le noyau 8051 (en VHDL) vendu en propriété industrielle. Tous ses produits sont compatibles avec différentes vitesses d'horloge, de nouvelles fonctions (contrôleur I2C, CAN, chien de garde, etc.), de Nouveau formulaire de programmation (programmation ISP pour ATMEL), plus de taille de mémoire, et plus de ports d'E / S. Le 8051 et ses dérivés restent jusqu'à aujourd'hui les microcontrôleurs 8 bits les plus vendus au monde.

Donc on trouve que c'est important de s'intéresser à l'architecture du 8051 parce qu'elle commune pour tous les microcontrôleurs de la famille.

III.4.2. Présentation de la famille 8051 :

Les caractéristiques principales de quelques échantillons de la famille INTEL MCS 8051 sont données dans le tableau ci-dessous :

DEVICE	Mémoire de programme	RAM de données	Vitesse	Ports d'E/S	Timers/compteurs	UART
8031	ROMLESS	128 o	12 MHz	4 x 8 bits	2	1
8051	4K ROM	128 o	12 MHz	4 x 8 bits	2	1
8751	4K EPROM	128 o	12 MHz	4 x 8 bits	2	1

Tab III.3 : échantillons de la famille MCS 8051 [27]

Quelques notes importantes à citer :

- Pour le 8031 il est nécessaire de se servir des PORTS d'entrées/sorties en tant que bus d'adresses et bus de données afin d'accéder à une mémoire programme extérieure au μ C.
- La mémoire programme du 8051 est une mémoire à fusibles, ceci implique un appareil de programmation capable de supporter la programmation de ce type de circuit. Par contre si une erreur a été commise lors de la programmation il n'est plus possible de la corriger.
- La mémoire programme du 8751 est une mémoire reprogrammable ; cela nous permet, en cas d'erreur, d'effacer le programme grâce à un effaceur à rayonnement ultraviolet et de reprogrammer le μ C.
- Un PORT correspond à 8 "pattes" du circuit sur lesquelles il est possible de recevoir ou d'envoyer des informations binaires sur chacune des pattes.
- Pour les circuits 8051 et 8751 qui possèdent déjà une mémoire programme de 4K octets, il sera possible d'augmenter la taille de la mémoire programme par l'adjonction d'un boîtier externe (utilisation des PORTS d'entrées/sorties).
- Pour tous les circuits il est possible d'augmenter la mémoire de données par l'adjonction d'une mémoire externe au microcontrôleur. [28]

III.4.3. Caractéristiques principales du μ C 8051 :

Le μ C 8051 possède les caractéristiques suivantes :

- Un CPU à 8 bits conçu pour la commande des applications diverses.
- 32 entrées/sorties bidirectionnelles qui peuvent être adressées individuellement réparties en 4 ports : P0, P1, P2, P3.

- 128 octets de RAM interne à utilisation générale.
- 21 registres spécialisés.
- Un port série en full duplex.
- 5 sources d'interruptions avec 2 niveaux de priorité.
- 2 Compteurs/Timers sur 16 bits T0 et T1 fonctionnant suivant 4 modes.
- Un oscillateur interne nécessitant un quartz externe : la fréquence d'oscillation maximale admise est de 12 MHz.
- Adressage de 64 Ko de mémoire de données.
- Adressage de 64 Ko de mémoire de programme.
- Un jeu d'instructions assez développé.
- Bus de données 8 bits.
- Adresses de bus 16 bits (espace adressable totale : $2^{16} = 64\text{kB}$ Indépendante de RAM et ROM).
- ROM interne (mémoire de programme) - 4kB.
- Le contrôle de la consommation (en mode d'économie d'énergie) [27]

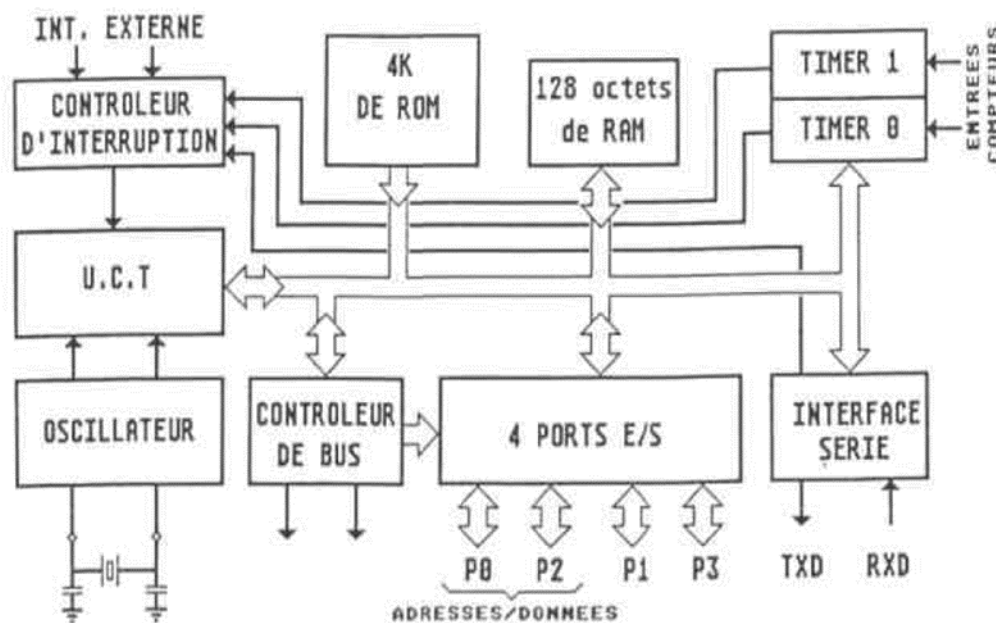


Fig III.4 : Architecture simplifiée du 8051

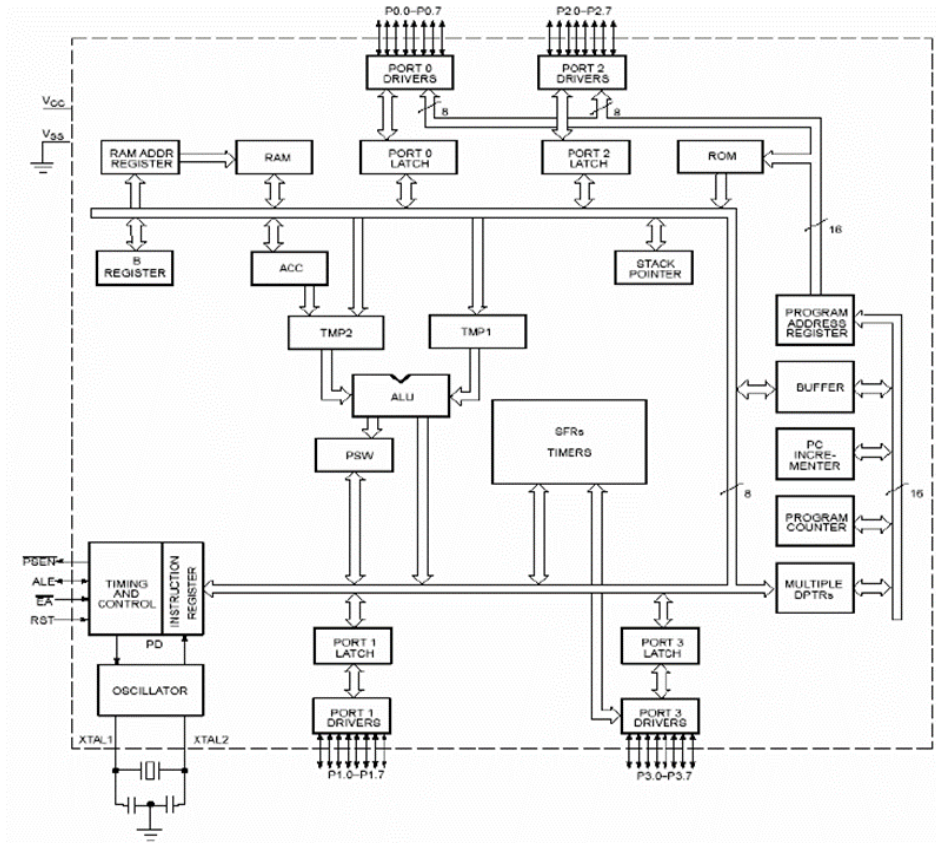


Fig III.5 : Architecture détaillée du 8051

III.4.4. Brochage du 8051 :

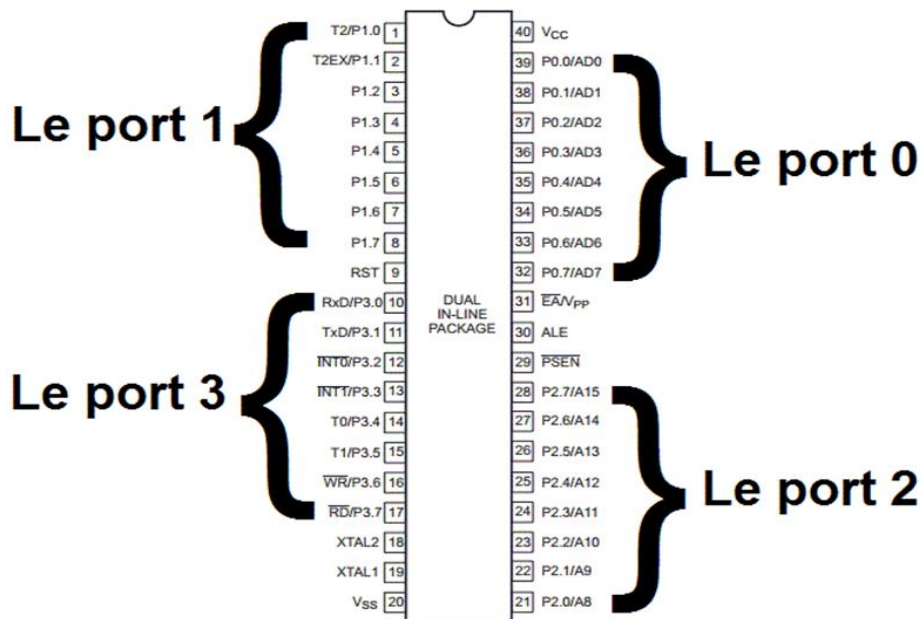


Fig III.6 : brochage du 8051

- ❖ Le port P0 : C'est un port 8 bits bidirectionnel à usage général à sorties drain ouverts. Il a la fonction secondaire de port multiplexé transportant les 8 bits inférieurs des bus de données et adresse permettant d'accéder à une mémoire externe de type RAM de données ou EEPROM programme, dans ce cas les sorties sont dotées de résistances de pullup internes.
- ❖ Le port P1 : C'est un port 8 bits bidirectionnel à usage général avec résistances de pull-up internes avec les fonctions secondaires (8052) :
 - P1.0 sert aussi comme horloge externe pour le Timer 2.
 - P1.1 sert aussi comme entrée de control du Timer 2.
- ❖ Le port P2 : C'est un port 8 bits bidirectionnel à usage général avec des résistances de pull-up internes avec la fonction secondaire de port multiplexé transportant les 8 bits supérieurs des bus de données et d'adresse.
- ❖ Le port P3 : C'est un port 8 bits bidirectionnel à usage général avec résistances de pull-up internes avec les fonctions secondaires :
 - P3.0 = RxD : Entrée de l'interface série.
 - P3.1 = TxD : Sortie de l'interface série.
 - P3.2 = /INT0 : entrée d'interruption.
 - P3.3 = /INT1 : entrée d'interruption.
 - P3.4 = T0 : entrée horloge du timer 0.
 - P3.5 = T1 : entrée horloge du timer 1.
 - P3.6 = /WR : sortie écriture de la mémoire externe.
 - P3.7 = /RD : sortie lecture de la mémoire externe.
- ❖ VSS : borne 0 volts d'alimentation
- ❖ VCC : borne +5 volts d'alimentation
- ❖ XTAL1 et XTAL2 : Placer le quartz entre ces deux broches avec deux condensateurs de 22pF entre ces deux broches et la masse
- ❖ RST : Entrée d'initialisation. Un état haut pendant deux cycles machines sur cette broche entraîne une initialisation du microcontrôleur.
- ❖ ALE : (Adress Latch Enable) prévue pour commander le démultiplexage du port P0.
 - ALE = 1, P0 transporte la partie basse du bus d'adresse : A0 à A7
 - ALE = 0, P0 sert de bus de donnée

- ❖ PSEN : (Programm Store ENable) passe à 0 lorsque le micro va rechercher une instruction en mémoire programme externe.
- ❖ EA : (External Access) si EA=0, les instructions sont recherchées dans la mémoire programme externe. [27-28]

III.4.5. Modes d'adressage :

Comme tous les microcontrôleurs et microprocesseurs, il existe beaucoup de modes d'adressage pour le 8051 on cite parmi eux :

Immédiat: `mov A, #5Ch`

Registre: `mov R1, #47`

Direct: `mov 56h, #96h`

Indirect: `mov @RO, #B2h`

De bits: `mov C,45h`

III.4.6. Jeux d'instruction du 8051 :

Tous les microcontrôleurs de la famille MCS-51 exécutent le même jeu d'instructions. Ce jeu d'instructions est optimisé pour les systèmes de contrôle 8-bits, il autorise de nombreux modes d'adressage pour accéder rapidement aux données stockées dans la RAM interne, et aussi pour simplifier les opérations liées aux petites structures de données.

Dans cette section, Nous donnons certaines informations sur le jeu d'instructions du 8051 en employant la syntaxe du constructeur, Intel :

- Rr : registre de travail R0 à R7 du groupe sélectionné
- direct : adresse directe (RAM ou SFR)
- @Ri : case de RAM pointée par R0 ou R1
- @DPTR : case mémoire pointée par le DPTR
- #data : donnée immédiate 8 bits

- #data16 : donnée immédiate 16 bits
- bit : adresse bit (dans les 16 octets pour variables booléennes et les SFR)
- addr16 : adresse de destination pour les branchements
- rel : adresse relative pour les branchements ; l'adresse est indiquée en complément à 2, de façon à pouvoir effectuer des sauts en avant ou en arrière (les nombres de 128 à 255 sont considérés comme des nombres négatifs)

Instructions de transfert :

Les adresses de source et de destination peuvent être l'Acc, un registre de travail, une case de RAM interne ou externe, un port d'E/S [29] ; on note que les transferts affectant l'accumulateur s'effectuent en 1 μ S, les autres en 2 μ S.

- a) Transferts en RAM interne : La structure des instructions est : MOV destination, source copie l'octet de l'adresse source à l'adresse de destination. (Exemple : MOV A,R7 => copie le contenu de R7 dans l'Acc)
- b) Transferts de et vers la RAM externe : La structure des instructions est : MOVX destination, source (exemple : MOVX A, @DPTR => copie le contenu de la case dont l'adresse se trouve dans le DPTR dans l'Acc) [29]

Instructions arithmétiques : D'une façon générale, elles utilisent l'Acc pour stocker une des deux données de l'opération, ainsi que le résultat de l'opération après exécution de l'instruction. [29]

Exemple : ADD A, <byte> : additionne un octet avec l'accum A, résultat dans A.

Instructions logiques : Les opérations logiques sont effectuées entre bits de même poids, il n'y a pas d'interaction entre bits de poids différent et les indicateurs d'état ne sont pas modifiés. Les opérations ET, OU et XOU sont disponibles, ainsi que l'inversion ; pour les opérations NON-ET, NON-OU,

NON-XOU, ils nécessitent deux étapes, d'abord l'opération directe, puis l'inversion de tous les bits. [29]

Exemple : ANL A, 35h => réalise une fonction ET entre les bits de l'Acc et ceux de la case 35h.

Instructions booléennes : Il s'agit ici d'une innovation par rapport aux microprocesseurs, qui traitent toujours les données par octets. Le 8051 contient un processeur complet agissant sur des données d'1 bit, aussi appelées variables booléennes. C'est le Carry qui joue le rôle d'Acc pour ces opérations.

La RAM interne du 8051 contient 128 cases pouvant être adressées individuellement. Un certain nombre de bits des SFR sont aussi adressables individuellement, en particulier les bits correspondant aux ports de sortie. [29]

Exemple : SETB 38h => positionne à 1 le bit 38h.

Instructions de branchement : Les instructions de branchement permettent de rompre la séquence normale d'exécution d'un programme. On distingue :

- Les sauts : on saute d'un endroit du programme à un autre, sans espoir de retour ;
- Les sous-routines ou sous-programmes : on part exécuter un sous-programme, puis on revient à l'endroit d'où l'on était parti (l'adresse de retour est sauvegardée dans la pile). [29]

Exemple : LJMP addr16 => provoque un saut à l'adresse indiquée.

III.5. Conclusion :

En conclusion, on peut dire que le microcontrôleur intel 8051 peut être un très bon choix pour le rôle d'une unité de commande pour notre système, il contient tous les modules nécessaires pour générer les signaux de contrôles qu'on a besoin dans la commande de la carte de puissance qui alimente notre moteur à courant continu.

Chapitre IV :

Les moteurs

IV.1. Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de donner un aperçu des moteurs électriques, en parlant de l'histoire des moteurs électriques et de leur évolution à travers les temps et les types et les caractéristiques de chaque type en mentionnant les avantages et les inconvénients, et le rôle des relais dans la protection des moteurs contre toute erreur qui pourrait être perdue.

IV.2. Historique :

Les historiens des sciences et techniques sur quelques incertitudes sur les premières réalisations et la paternité des inventions des machines électriques. Un premier moteur électromagnétique est réalisé en 1821 par Michael Faraday. [30]

En 1821, après la découverte du phénomène du lien entre électricité et magnétisme, l'électromagnétisme, par le chimiste danois Orsted, le théorème d'Ampère et la loi de Biot et Savart, le physicien anglais Michael Faraday construit deux appareils pour produire ce qu'il appela une « rotation électromagnétique » : le mouvement circulaire continu d'une force magnétique autour d'un fil, en fait la démonstration du premier moteur électrique. [30]

En 1822, Peter Barlow construit ce qui peut être considéré comme le premier moteur électrique de l'histoire : la « roue de Barlow » qui est un simple disque métallique découpé en étoile et dont les extrémités plongent dans un godet contenant du mercure qui assure le passage du courant. Elle ne produit cependant qu'une force juste capable de la faire tourner, ne lui permettant pas d'application pratique. [30]

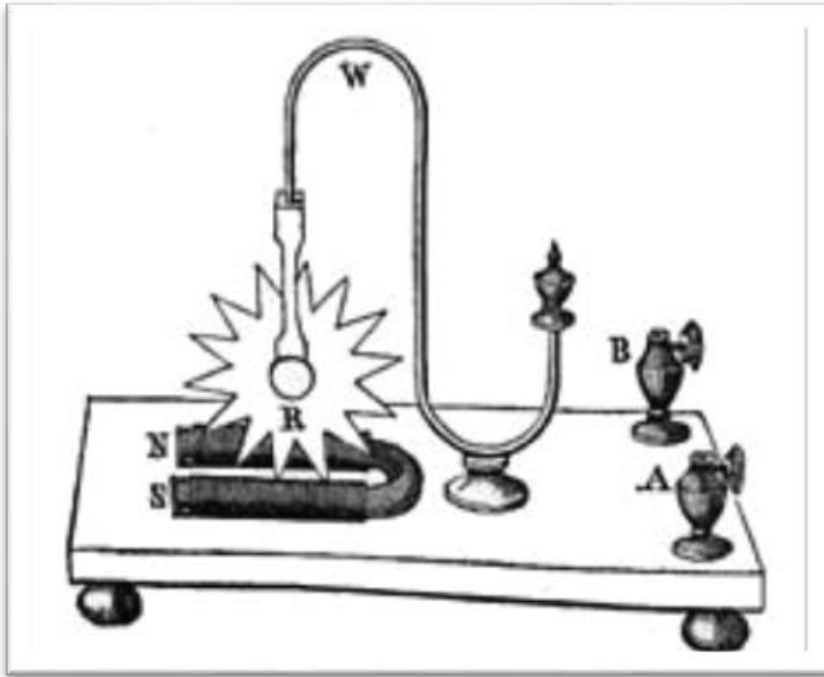


Fig IV.1. Le schéma de la roue de Barlow

Le premier moteur à courant continu fabriqué avec l'intention d'être commercialisé a été inventé par Thomas Davenport en 1834 puis breveté en 1837. Ces moteurs n'ont pas connu de développement industriel à cause du coût des batteries à l'époque.

Cinq ans plus tard, il est public la description d'une machine pouvant être utilisée en moteur ou en générateur. La figure IV.3, représente un historique sur les moteurs électriques.

HISTORIQUE

- 1821 : électromagnétisme (Ørsted)
- 1822 : roue de Barlow
- 1832 : 1^{er} moteur électrique utilisable
- 1869 : apparition de la dynamo
- 1889 : 1^{er} moteur asynchrone à courant triphasé à cage d'écureuil

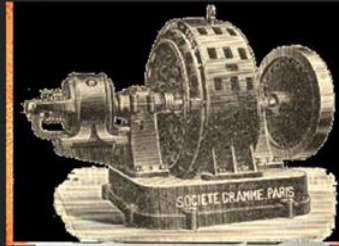


Fig IV.2. Historique sur les moteurs électroniques.

IV.3. Définition :

Un moteur électrique est une machine qui transforme de l'énergie électrique en énergie mécanique.

Les moteurs électriques sont tous réversibles : s'ils sont mis en rotation mécaniquement, ils peuvent générer du courant électrique. Un moteur électrique à courant alternatif peut devenir un alternateur, et un moteur électrique à courant continu peut également être utilisé comme une dynamo (machine dynamoélectrique). C'est pourquoi les spécialistes préfèrent parler de machines électriques. [31, 32, 33]

IV.4. Utilisation :

Les moteurs électriques sont aujourd'hui présents dans toutes les branches de l'industrie et des transports. Ils consomment environ la moitié de l'énergie électrique appliquée dans le monde. Beaucoup de moteurs sont branchés directement sur le réseau, mais de plus en plus, ils sont associés à des convertisseurs électroniques permettant une variation de leur vitesse. [30]

IV.5. Intérêt :

Les moteurs électriques effectuent une conversion d'énergie avec de faibles pertes : le rendement des unités grosses atteint 99%. Le réseau électrique est partout disponible dans les pays développés et l'énergie électrique est ainsi facilement distribuée. Le réglage est commode grâce à l'électronique de puissance. Enfin, les moteurs électriques ne sont pas polluants, ce qui ne doit cependant pas faire oublier qu'il n'est pas toujours de même pour la production d'électricité. [30]

IV.6. Comportement mécanique du moteur :

IV.6.1. Principe fondamental de la dynamique :

Le rotor et la charge entraînée forment un système de moment d'inertie J tournant à la vitesse de rotation ω autour d'un axe et soumis à un couple moteur de moment \mathcal{Y} et à des couples résistants de moment résultant \mathcal{Y}_r .

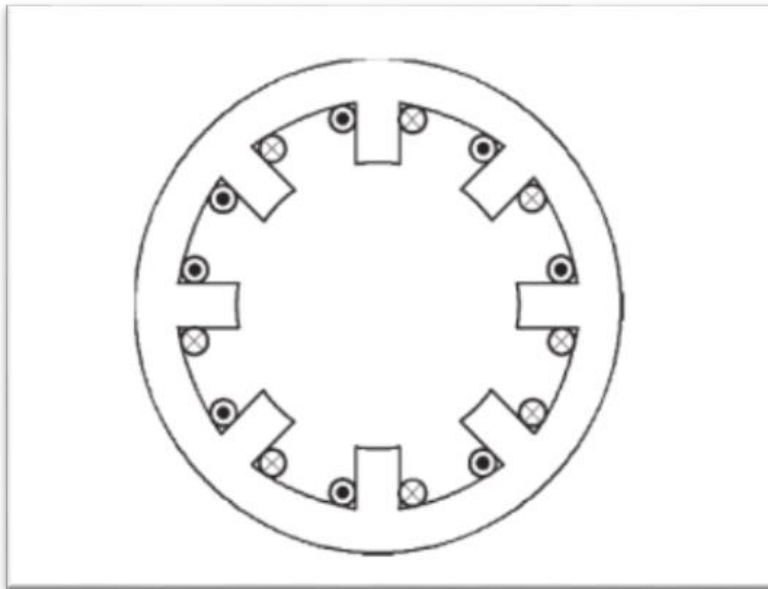


Fig IV.3. Coupe d'un stator à pôles saillants et enroulement concentré.

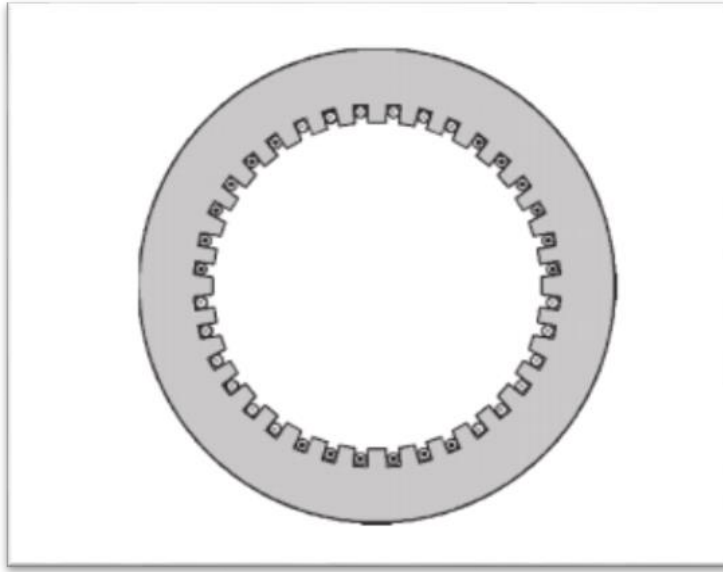


Fig IV.4. Coupe d'un stator à encoches et enroulement distribué.

Le principe fondamental de la dynamique appliquée à ce système s'écrit : $J \frac{d\omega}{dt} = Y - Y_r$ Le couple moteur est dû à la conversion électromécanique réalisée par la machine. Le couple résistant d'une cause interne (frottements) et d'une cause externe (charge entraînée). En régime permanent, la vitesse est constante et la relation précédente traduite alors l'égalité du couple moteur et du couple résistant :

$$Y = Y_r$$

Il est alors souvent commode de retrancher le moment du couple correspondant aux pertes internes afin de faire apparaître le moment Y_u du couple utile du moteur et le moment Y_c , du couple résistant de la charge :

$$Y_c = Y_u$$

IV.7. Classification :

La puissance des moteurs électriques peut aller de quelques fractions de watts à quelques centaines de mégawatts. Les très petites puissances correspondant à des machines où la transmission d'information prime sur la conversion d'énergie. Les petites puissances se rencontrent principalement dans les applications domestiques. Ces deux domaines, qui utilisent des technologies particulières, ne sont pas abordés dans cet ouvrage qui se consacre

aux moteurs industriels dont la puissance est au moins de l'ordre du kilowatt. Nous y avons également inclus les moteurs utilisés dans les transports qui font appel aux mêmes technologies. Les machines électriques industrielles classiques sont :

- Le Moteur Asynchrone.
- Le Moteur Synchrone.
- Le Moteur à Courant Alternatif.
- Le Moteur à Courant Continu.
- Le Moteur Électrique Universel.
- Le Moteurs linéaires.
- Le Moteur à réluctance variable.

IV.7.1. Le moteur à courant alternatif :

IV.7.1.1. Définition :

Le moteur à réticence, d'apparition plus récente, occupe un créneau particulier des applications. [30]

Pour les applications de faible et moyenne puissance (jusqu'à quelques kilowatts), le réseau monophasé standard suffit. Pour des applications de forte puissance, les moteurs à courant alternatif sont généralement alimentés par une source de courants polyphasés. Le système le plus fréquemment utilisé est alors le triphasé (phases décalées de 120°) utilisé par les distributeurs d'électricité.



Fig IV.5. Le moteur à courant alternatif.

Ces moteurs alternatifs se déclinent en trois types :

- Les moteurs universels.
- Les moteurs asynchrones.
- Les moteurs synchrones.

Ces deux dernières machines ne diffèrent que par leur rotor.

IV.7.2. Le moteur asynchrone :

IV.7.2.1. Définition :

Ce type de moteur utilise l'induction électromagnétique du champ magnétique de l'enroulement du stator pour produire du courant dans le rotor, et donc générant ainsi un couple. En raison de sa capacité de charge, il s'agit du type de moteur à courant alternatif le plus répandu et le plus important de l'industrie. Les moteurs à induction monophasés sont principalement utilisés pour les charges plus petites, telles que les appareils électroménagers ; les

moteurs à induction triphasés sont plus utilisés dans les applications industrielles. Tels que les compresseurs, les pompes, les systèmes de convoyage et les équipements de levage.

Un moteur asynchrone est un moteur à courant alternatif pour lequel la vitesse de rotation de l'arbre est différente de la vitesse de rotation du champ tournant. La machine qui nous intéresse dans ce chapitre est plus précisément un moteur à induction. Il existe en effet théoriquement d'autres types de moteurs asynchrones. Un moteur à induction est un moteur asynchrone dont le circuit magnétique est associé à deux ou plus de deux circuits électriques se déplaçant l'un par rapport à l'autre et dans lequel l'énergie est transférée de la partie fixe à la partie mobile, ou inversement, par induction électromagnétique. Cependant, le seul moteur asynchrone qui a une importance pratique est le moteur à induction. En français, le langage courant a appelé l'appellation « moteur asynchrone » tandis qu'en anglais, la dénomination plus exacte de « moteur à induction » a été privilégiée. [30, 34]

Le fonctionnement d'un moteur asynchrone est presque similaire à celui d'un moteur synchrone. Dans ces deux machines, le stator est le même, sauf que le rotor du moteur asynchrone n'est pas composé d'aimants ou d'électroaimants, mais il est composé de deux anneaux (appelés "cages d'écureuil") fixés par des conducteurs. Par conséquent, lorsque le stator induit un champ magnétique tournant, le rotor tentera de suivre le champ magnétique, mais n'atteindra pas la vitesse de ce dernier. Ensuite, un décalage se crée alors, on parle de glissement. Par conséquent, pour les moteurs asynchrones, la vitesse du rotor n'est pas proportionnelle à la fréquence du courant fourni au stator.

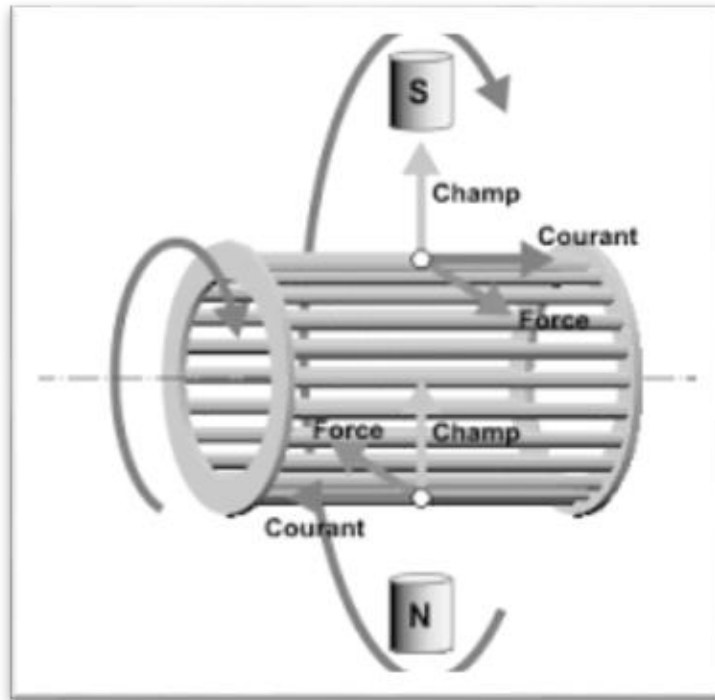


Fig IV.6. Le moteur asynchrone.

IV.7.2.2. Avantages et inconvénients :

Le moteur à cage d'écureuil présente en effet de nombreux avantages :

- Faible coût de construction
- Entretien réduit.
- Robustesse.

Les performances produites pour les moteurs reliés directement au secteur sont souvent suffisantes grâce à quelques artifices de construction. L'inconvénient de ne pas pouvoir agir sur les grandeurs rotoriques peut être pallié si nécessaire par les performances des convertisseurs électroniques produisant l'alimentation du stator. Les moteurs asynchrones à rotor bobiné ont leur intérêt quand par exemple les conditions de démarrage sont particulièrement difficiles. L'action sur les grandeurs rotoriques permet d'améliorer un certain nombre de performances. Néanmoins, le coût plus élevé de la machine et la présence des contacts entre bagues et balais qui entraînent une fiabilité moindre et un entretien plus contraignant, font que la solution du rotor bobiné n'est retenue que dans quelques cas particuliers. Le rendement

des moteurs asynchrones est toutefois moins élevé que celui des moteurs synchrones. [30-35]

IV.7.2.3. Utilisation :

Le moteur asynchrone est le moteur industriel par excellence. Les moteurs asynchrones ont, pour leur grande majorité un rotor à cage. Les progrès faits ces dernières années dans l'alimentation et la commande des machines n'ont fait que réduire la part des moteurs asynchrones à rotor bobiné par rapport à leurs homologues à cage d'écureuil. [34,36]

IV.7.3. Le moteur synchrone :

IV.7.3.1. Définition :

Dans ce type de moteur, la rotation du rotor est synchronisée avec la fréquence du courant d'alimentation et la vitesse reste constante sous charges variables, ce qui le rend très approprié pour les équipements de pilotage à vitesse constante, et il est utilisé dans les systèmes de positionnement de grande précision tels que les robots, l'instrumentation, les machines et le contrôle de processus.

Par conséquent, le stator donc est un cylindre métallique avec des bobines attachées. Ces bobines sont placées autour de l'axe du stator avec un certain décalage ($2\pi/3$ rad) de sorte qu'elles soient équidistantes. Pour le rotor, il s'agit d'un aimant ou d'une bobine et sera alimenté en courant continu. Une fois alimentée, la bobine devient un électroaimant : une bobine de rotor alimentée par un courant continu générera un champ magnétique permanent ; la bobine d'un stator est alimentée en courant triphasé à travers un champ magnétique provoqué par un changement de tension ou en alternance avec ou sans champ magnétique, générant ainsi un champ magnétique tournant, Le champ magnétique rotatif fait tourner l'aimant central. Par conséquent, pour un moteur synchrone, la vitesse du rotor est proportionnelle à la fréquence du courant triphasé alimentant le stator.

La machine synchrone est surtout connue pour ses applications en générateur (l'alternateur) où elle est presque sans simultanée, mais elle sert également en moteur dans un certain nombre de domaines. Depuis longtemps, les moteurs synchrones sont utilisés dans les applications de forte puissance à vitesse fixe, mais les progrès dans le domaine de l'alimentation et de la commande leur permettent aujourd'hui d'être présents en vitesse variable. L'arrivée d'aimants performants à un coût raisonnable a également permis de développer les moteurs synchrones de petite et moyenne puissance, qui, associés à l'électronique, ont des qualités analogues à celles des moteurs à courant continu, sans en avoir les inconvénients. [30,37]

Un moteur synchrone est un moteur à courant alternatif pour lequel la vitesse de rotation de l'arbre est égale à la vitesse de rotation du champ tournant. [30]

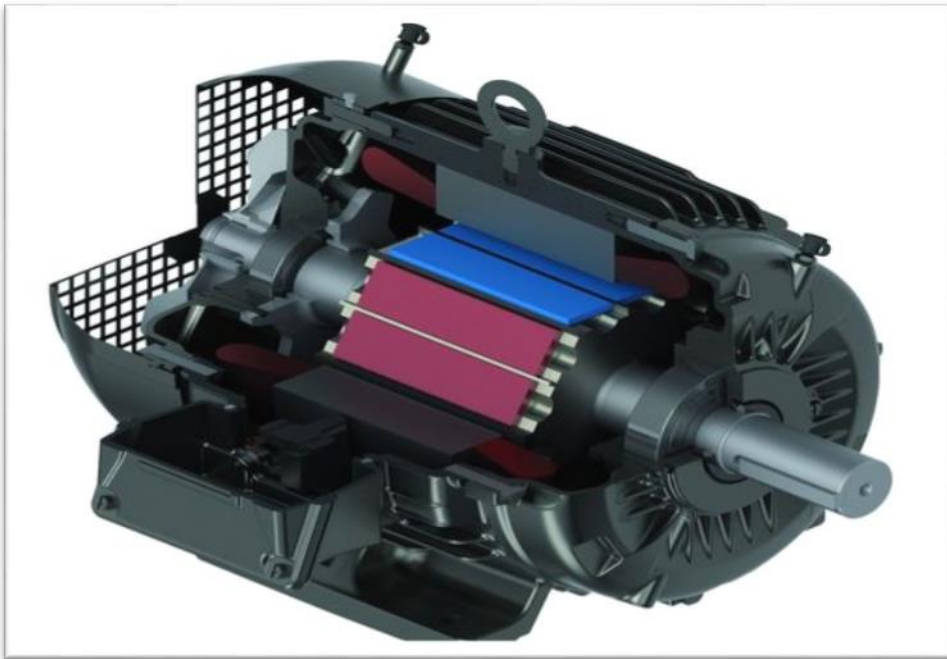


Fig IV.7. Le moteur synchrone.

IV.7.3.2. Avantages et inconvénients :

❖ Moteur synchrone à aimants :

Les moteurs synchrones à aimants présentent des avantages indéniables :

- Fort couple massique.
- Bon rendement (absence de pertes par effet Joule au rotor).
- Bonnes performances dynamiques grâce à la faiblesse des inductances statoriques dues à la largeur importante de l'entrefer apparent (perméabilité des aimants voisine de celle de l'air).
- Champ magnétique important dans l'entrefer.
- Pas de source de tension continue pour l'excitation.

Le principal inconvénient, en dehors du coût assez élevé, est l'ondulation du couple qui peut être néfaste dans certains domaines. [30]

❖ Moteur synchrone à rotor bobiné :

Les moteurs synchrones à inducteur bobiné ont l'avantage d'avoir un facteur de puissance réglable par le courant d'excitation. Quand ils sont branchés directement sur le réseau, leurs principaux inconvénients sont l'impossibilité de démarrer sans artifice et le risque de décrochage si le couple résistant est trop important. Il leur faut par ailleurs une deuxième source d'énergie pour alimenter l'inducteur en continu. [30]

IV.7.3.3. Utilisation :

Les moteurs synchrones sont rencontrés dans tous les domaines de puissance, de moins d'un watt à plus de dix mégawatts, mais avec des technologies différentes. [30]

IV.7.4. Le moteur à courant continu :

IV.7.4.1. Définition :

Les moteurs à courant continu sont le premier type de moteur largement utilisé. Pour les équipements de faible puissance, le coût initial du système (moteur et variateur) est souvent inférieur à celui des systèmes à courant alternatif, mais pour les équipements de plus grande puissance, les coûts de maintenance générale augmentent et doivent être pris en compte. La vitesse des moteurs à courant continu peut être contrôlée en modifiant la tension d'alimentation, et ces moteurs ont une large plage de tension. Cependant, les tensions les plus couramment utilisées sont 12 et 24V.

Une machine à courant continu est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique ; selon la source d'énergie. [38, 39]

- ✓ En fonctionnement moteur, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.
- ✓ En fonctionnement générateur, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique (elle peut se comporter comme un frein). Dans ce cas elle est aussi appelée dynamo.

Cependant, et comme les moteurs à courant continu sont réversibles et peuvent se comporter comme des « moteurs » ou des « générateurs » dans les quatre quadrants du plan couple-vitesse, la différence entre moteur / générateurs réside dans l'utilisation finale de la machine.

Un moteur à collecteur à courant continu est une machine destinée à transformer l'énergie électrique disponible sous forme de tension et de courant continu, ou tout au moins unidirectionnels, en énergie mécanique. Il comporte un induit, un collecteur et des pôles magnétiques excités par une source de courant continu ou constitués d'aimants permanents. [30]

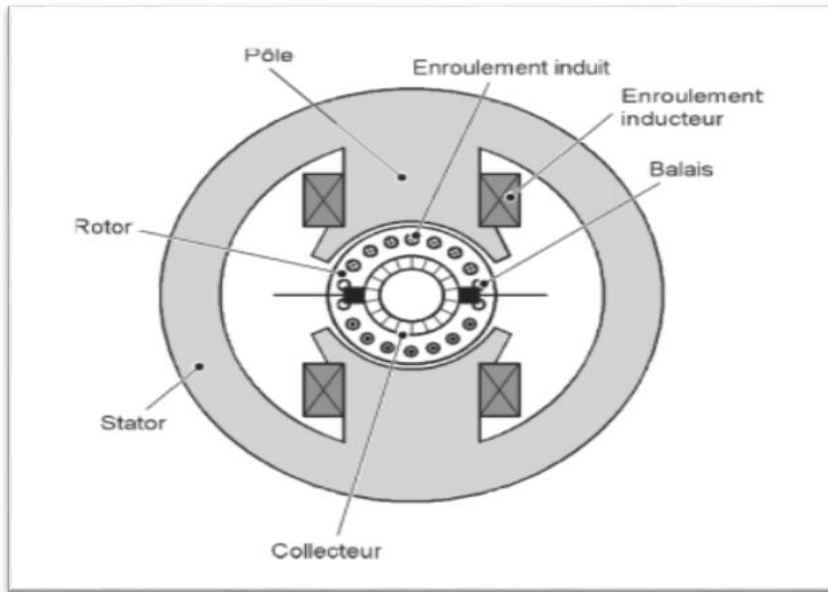


Fig IV.8. Constitution d'un moteur à courant continu.

IV.7.4.2. Les avantages / inconvénients du moteur CC :

✓ Avantages :

L'avantage principal des moteurs à courant continu est leur simple adaptabilité à l'appareil qui permet d'ajuster ou de modifier leur vitesse, leur couple et leur sens de rotation : les variateurs de vitesse, voire leur raccordement direct à la source d'énergie : accumulateurs, batteries, etc. Ils ne nécessitent pas d'équipement électronique pour les entraîner, Et peut être directement connecté à l'alimentation, à la batterie, au variateur de vitesse ou à la carte de positionnement associée au signal de copie.

- Possibilité d'entraîner de très fortes inerties
- Forte constante de temps mécanique
- Une capacité puissante a conduit à une surcharge imprévisible élevée, qui ralentit le moteur: puisque son courant est proportionnel au couple, le moteur à courant continu peut surmonter des pointes de couple et aussi éviter le décrochage.

✓ Inconvénients :

La commutation du moteur de balais nécessite la réalisation d'un ensemble de pièces mécaniques pour établir une liaison par frottement entre les charbons et le collecteur. Il en découle que :

- Plus la vitesse de rotation est élevée, plus la pression des balais doit augmenter pour maintenir le contact avec le collecteur, donc plus le frottement est important.
- Aux vitesses élevées les balais doivent donc être remplacés très régulièrement.
- L'endommagement des contacts imposé par le collecteur générera un arc qui usera rapidement l'interrupteur et provoquera des interférences dans le circuit de puissance. Pour les moteurs maxon utilisant le système CLL (long life capacitor : condensateur longue durée), cela réduira également le rayonnement électromagnétique.

La température au niveau du collecteur est limitée par l'alliage utilisé pour souder les conducteurs du rotor aux pales du collecteur. Lorsque la température de travail dépasse la température de fusion des alliages classiques à base d'étain, des alliages à base d'argent doivent être utilisés.

- Installation facile.
- Commande de vitesse dans une large gamme.
- Démarrage, arrêt, marche arrière et accélération rapide.
- Couple de démarrage élevé.
- Courbe couple-vitesse linéaire.

Les moteurs c.c. sont largement utilisés, et ce avec de petits appareils et outils jusqu'aux palans, ascenseurs et véhicules électriques.

IV.7.4.3. Utilisation :

Pendant longtemps, le moteur à courant continu a été la machine à vitesse variable par excellence. De plus en plus remplacé dans ce rôle par des moteurs à courant alter natif dans les applications industrielles, il est encore

bien présent dans les réalisations réalisées et il le sera encore pendant un certain nombre d'années, compte tenu de la durée de vie parfois assez longue des installations. Dans les applications industrielles, c'est le moteur à excitation séparé qui est de loin le plus courant : on le rencontre dans des domaines tels que le levage, le pompage, etc. L'application principale du moteur à excitation série est la traction ferroviaire. En France, la grande majorité des locomotives a utilisé cette solution pendant longtemps (jusqu'au tgv sud - est). Cependant, les autres pays avaient souvent choisi des voies différentes. Le moteur à courant continu a mieux résisté dans diverses applications de faible puissance. Dans les jouets, les petits moteurs à aimant alimentés par pile ont sans doute encore de l'avenir devant eux. C'est alors le coût qui est le critère de choix. Dans le domaine de la robotique, les petits actionneurs à courant continu à aimant sont encore bien présents malgré la concurrence des moteurs à courant continu sans balais. Enfin, dans les accessoires automobiles, le moteur à courant continu est la solution traditionnelle, mais là aussi, d'autres solutions sont explorées. Ces applications particulières sortent du cadre de notre étude consacrée aux moteurs industriels.

[30]

IV.7.5. Moteur Électrique Universel :

Un moteur universel est une sorte de moteur électrique dont le principe est le même que celui d'un moteur à courant continu à excitation série. Le rotor est connecté en série avec l'enroulement de l'inducteur. Par conséquent, il peut donc être alimenté en courant continu ou en courant alternatif, d'où son nom. Généralement, le rendement de ce type de machine est très faible, mais avec un coût de fabrication très réduit aussi. Ce type de moteur est utilisé dans les petits et moyens appareils électroménagers, les perceuses électriques, les aspirateurs et les outils électriques portables de faible puissance.

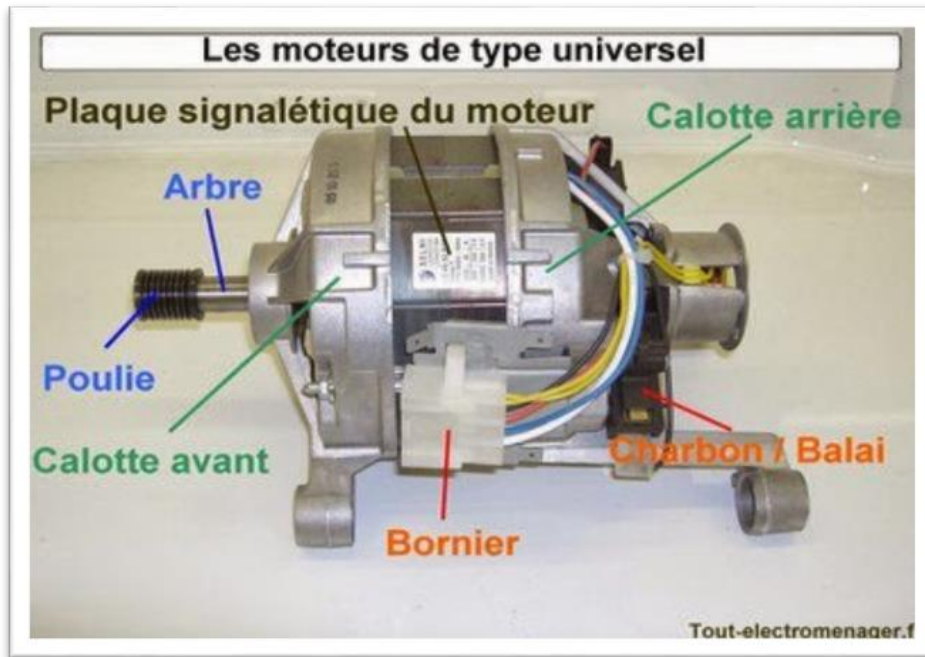


Fig IV.9. Moteur Électrique Universel.

IV.7.6. Moteur à réluctance variable :

Le principe des machines à réluctance variable (MRV) est basé sur celui de l'électroaimant. En fait, il s'agit de la plus ancienne méthode de conversion électromécanique. Toute machine à réluctance variable est constituée de deux parties en mouvement relatif dont l'une est électriquement active (stator) et l'autre passive (rotor). La première comprend un circuit magnétique denté muni de bobinages, la seconde est simplement un circuit ferromagnétique, lui aussi denté, mais sans aucun conducteur ni aimant. [40, 41]

IV.7.7. Moteurs linéaires :

Le moteur linéaire est dit à entraînement linéaire direct, c'est à dire qu'il n'y a aucune pièce pour convertir un mouvement d'une autre nature (rotatif par exemple) en mouvement linéaire. Le mouvement et l'effort sont directement appliqués au niveau de la charge, alors que les autres entraînements linéaires sont effectués sur la base d'un mouvement rotatif

transformé en mouvement linéaire. Pour le second mode, il reste très employé actuellement et nécessite un organe mécanique entre le moteur et sa charge. [42, 43]

Il y a deux types de base de moteurs linéaires : ceux à accélération faible et ceux à accélération rapide. Les moteurs linéaires à faible accélération sont généralement utilisés pour les applications dans lesquelles l'endurance (ou la résistance) est favorisée par rapport à la puissance ou l'énergie. Ces types de moteurs linéaires sont conçus pour le transport (trains à lévitation magnétique) et les systèmes automatisés. [42, 43]

Les moteurs linéaires à accélération rapide sont des moteurs qui peuvent produire des vitesses plus élevées pour des courtes périodes de temps, tels que ceux utilisés dans les équipements militaires (torpilles, lanceur...), des engins spatiaux de propulsion, etc. [42, 43]



Fig IV.10. Moteurs linéaires.

IV.8. Les relais de protection :

IV.8.1. Généralité :

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent un ou plusieurs informations (signaux) à caractère analogique (courant, tension, puissance, fréquence, température, ...etc.) et le transmettent à un ordre binaire (fermeture ou ouverture d'un circuit de commande) lorsque ces informations reçues atteignent les valeurs supérieures ou inférieures à certaines limites qui sont fixées à l'avance, Donc le rôle des relais de protection est de détecter tout phénomène anormal pouvant se produire sur un réseau électrique tel que le court-circuit, variation de tension. ...etc. Un relais de protection détecte l'existence de conditions anormales par la surveillance continue, détermine quels disjoncteurs ouvrir et alimente les circuits de déclenchement. [44, 45]

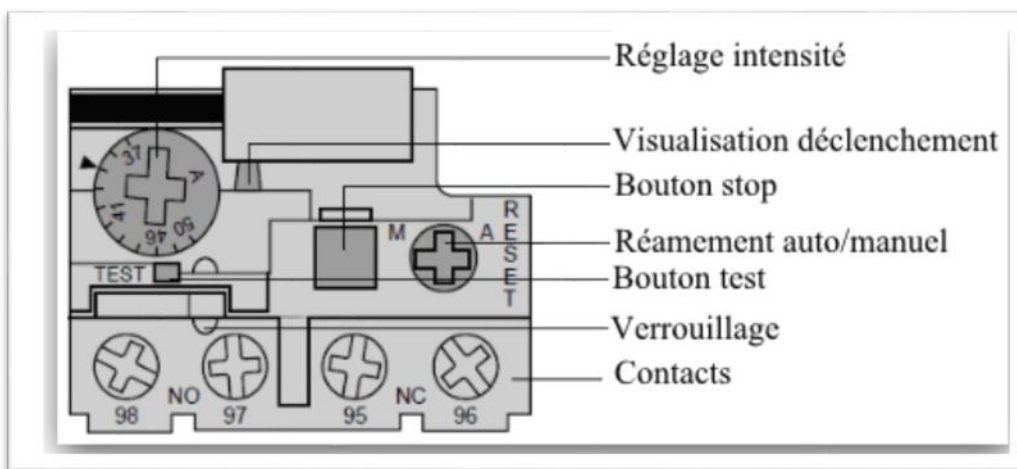


Fig IV.11. Le relai.

IV.9. Conclusion :

Dans le cadre de ce chapitre, on a pu décrire la partie mécanique constitutive des robots généralement. Et aussi de donner une modélisation des DC moteurs qui animent la structure mécanique du notre robot.

Chapitre V :

Réalisation

Pratique

V.1. Introduction :

La robotique est un domaine qui suscite beaucoup d'attention et d'intérêt. Ce vaste sujet s'appuie sur les bases de l'ingénierie électrique, électronique et mécanique. La capacité de se déplacer en douceur, en évitant les obstacles sur son chemin, est un besoin essentiel de tout robot autonome, quel que soit son but spécifique. L'un des moyens les plus économiques de mettre en œuvre l'évitement d'obstacles est d'utiliser les radiations sonores et ses capteurs correspondants. Donc dans ce chapitre, nous avons essayé de développer un robot miniature ayant cette qualité, afin que ce modèle de base puisse être une fondation à divers robots à usage spécifique à l'avenir, en incorporant des capteurs supplémentaires et en ajoutant du code au programme.

V.2. Objectif :

Ce projet vise à concevoir un système de pilotage pour un robot mobile, qui se déplace en ligne droite jusqu'à ce qu'il détecte un obstacle. Lorsqu'il détecte un obstacle sur sa trajectoire, à l'aide de son capteur ultrason, le robot tourne automatiquement et trouve une trajectoire sans obstacle immédiat et continue son mouvement jusqu'à ce que l'obstacle suivant soit rencontré.

V.3. Implémentation :

Ce projet est mis en œuvre sur la base de la carte 8051 développée par INTEL, interfacée avec un capteur ultrasonique et un H-Bridge pour la commande de 2 moteurs DC (on a choisi le model de robot mobile unicycle parce qu'il est facile à construire et efficace).

V.4. Diagramme :

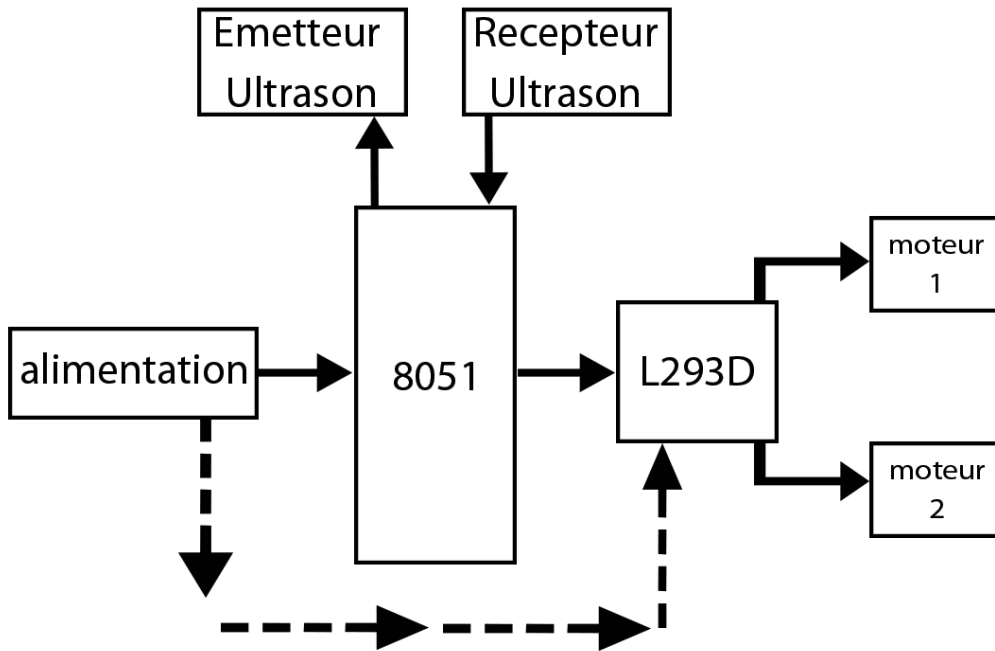


Fig V.1. Diagramme

V.4.1. Description du diagramme :

Capteur : Le capteur à ultrasons est utilisé pour détecter les obstacles. Le capteur de distance à ultrasons fournit des mesures de distance précises et sans contact d'environ 2 cm (0,8 pouces) à 3 mètres (3,3 yards). Le capteur fonctionne en transmettant une salve d'ultrasons (bien au-dessus de la portée de l'oreille humaine) et en fournissant une impulsion de sortie qui correspond au temps nécessaire pour que l'écho de la salve retourne au capteur. En mesurant la largeur de l'impulsion de l'écho, la distance à la cible peut être facilement calculée.

Caractéristiques :

- Tension d'alimentation - 5 V DC
- Courant d'alimentation - type 30 mA ; 35 mA max
- Portée - 2 cm à 3 m (0,8 in à 3,3 yards)
- Input Trigger - impulsion TTL positive, 2 μ s min, 5 μ s typ.

- Echo Pulse - impulsion TTL positive, 115 μ s à 18,5 ms
- Echo Hold-off - 750 μ s de la chute du Trigger pulse
- Fréquence - 40 kHz pour 200 μ s
- Le LED lumineux indique l'activité du capteur
- Délai avant la prochaine mesure - 200 μ s
- Taille - 22 mm H x 46 mm L x 16 mm P (0,84 in x 1,8 in x 0,6 in)

Le 8051 : L8051 est un microcontrôleur à 8 bits de faible consommation de puissance et de haute performance avec 4K octets de mémoire Rom programmable dans le système. En combinant une unité centrale polyvalente de 8 bits avec une mémoire ROM programmable sur une puce monolithique, l'INTEL 8051 est un puissant microcontrôleur qui offre une solution très souple et économique à de nombreuses applications des systèmes embarqués.

Caractéristiques :

- Un CPU à 8 bits conçu pour la commande des applications diverses.
- 32 entrées/sorties bidirectionnelles qui peuvent être adressées individuellement réparties en 4 ports : P0, P1, P2, P3.
- 128 octets de RAM interne à utilisation générale.
- 21 registres spécialisés.
- Un port série en full duplex.
- 5 sources d'interruptions avec 2 niveaux de priorité.
- 2 Compteurs/Timers sur 16 bits T0 et T1 fonctionnant suivant 4 modes.
- Un oscillateur interne nécessitant un quartz externe : la fréquence d'oscillation maximale admise est de 12 MHz.
- Adressage de 64 Ko de mémoire de données.
- Adressage de 64 Ko de mémoire de programme.
- Un jeu d'instructions assez développé.
- Bus de données 8 bits.
- Adresses de bus 16 bits (espace adressable totale : $2^{16} = 64\text{kB}$ Indépendante de RAM et ROM).

- ROM interne (mémoire de programme) - 4kB.
- Le contrôle de la consommation (en mode d'économie d'énergie)

L293D : L293d est un circuit intégré utilisé pour piloter différents types de moteurs. Le diagramme du code PIN est illustré dans la figure ci-dessous. Il contient quatre pilotes non inversibles placés en deux paires. Chaque paire peut être activée ou désactivée individuellement par l'entrée ENABLE. Chaque circuit d'attaque est capable de fournir ou d'absorber 600 mA de courant avec une valeur de crête de 1,2 A. V_s (PIN 8) est pour l'entrée de la tension d'alimentation du moteur, avec une limite minimum de 5V et maximum de 36V. V_{ss} (PIN 16) est une tension d'entrée de niveau logique avec une limite minimale de 5V.

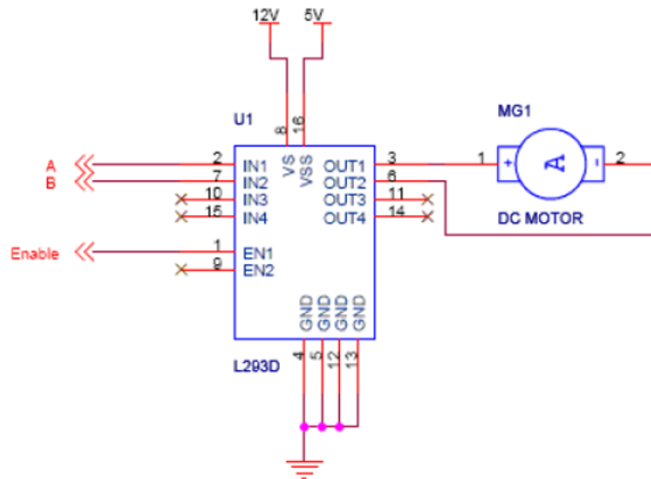
Pour faire fonctionner un moteur, il suffit d'une paire de conducteurs qui peuvent être reliés directement aux pôles du moteur. Les signaux marqués comme entrée peuvent être pilotés par les codes PIN des ports de n'importe quel microcontrôleur.

Le dispositif est un pilote monolithique intégré à haute tension et à courant élevé à quatre canaux, conçu pour accepter des niveaux logiques DTL ou TTL standard et pour piloter des charges inductives (telles que des relais, des solénoïdes, des moteurs à courant continu et des moteurs pas à pas)

Spécifications :

Symbole	Paramètre	Valeur
V_s	Tension d'alimentation	36V
V_{ss}	Tension d'alimentation logique	36V
V_i	Tension d'entrée	7V
V_{en}	Tension d'activation	7V
I_o	Courant de crête o/p	1.2A
P_{tot}	Puissance totale dissipée aux TPINs=90 C	4W
$T_{stg}T_j$	Température de stockage et de jonction	-40 to 150 C

Tab V.1. Specifications de L293D



Truth Table

A	B	Description
0	0	Motor stops or Breaks
0	1	Motor Runs Anti-Clockwise
1	0	Motor Runs Clockwise
1	1	Motor Stops or Breaks

For above truth table, the Enable has to be Set (1). Motor Power is mentioned 12V, but you can connect power according to your motors.

Fig V.2. Schéma fonctionnel et tableau de vérité de L293D

V.5. SCHÉMA DU CIRCUIT :

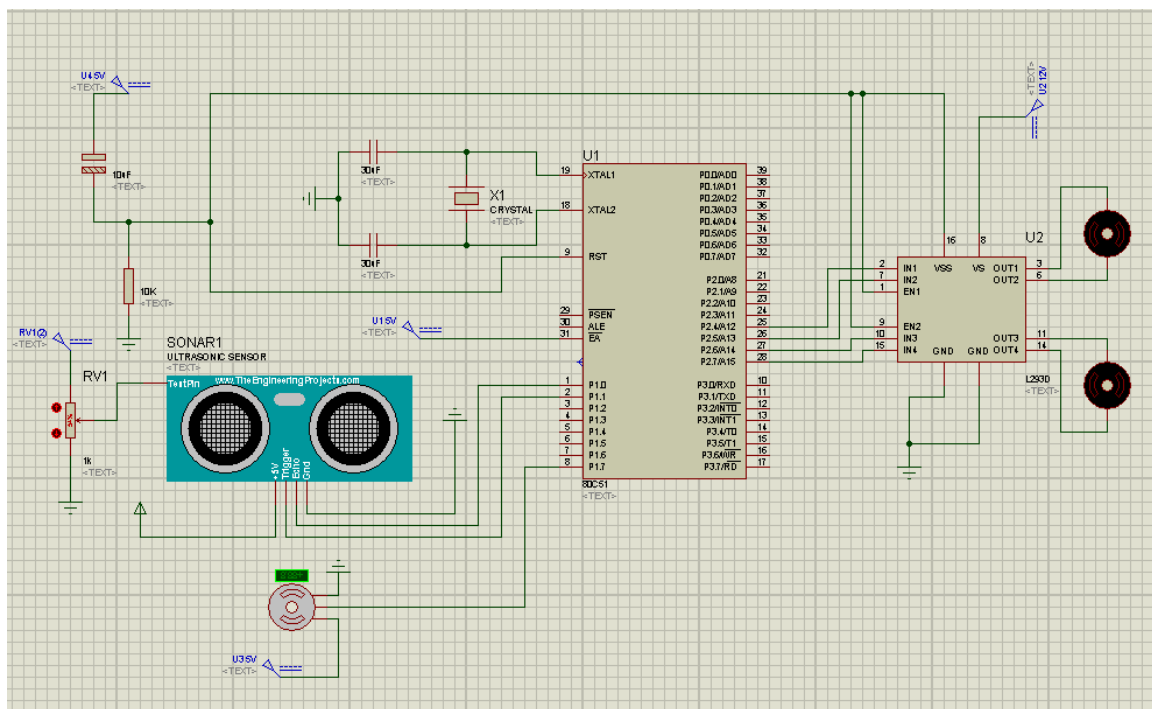
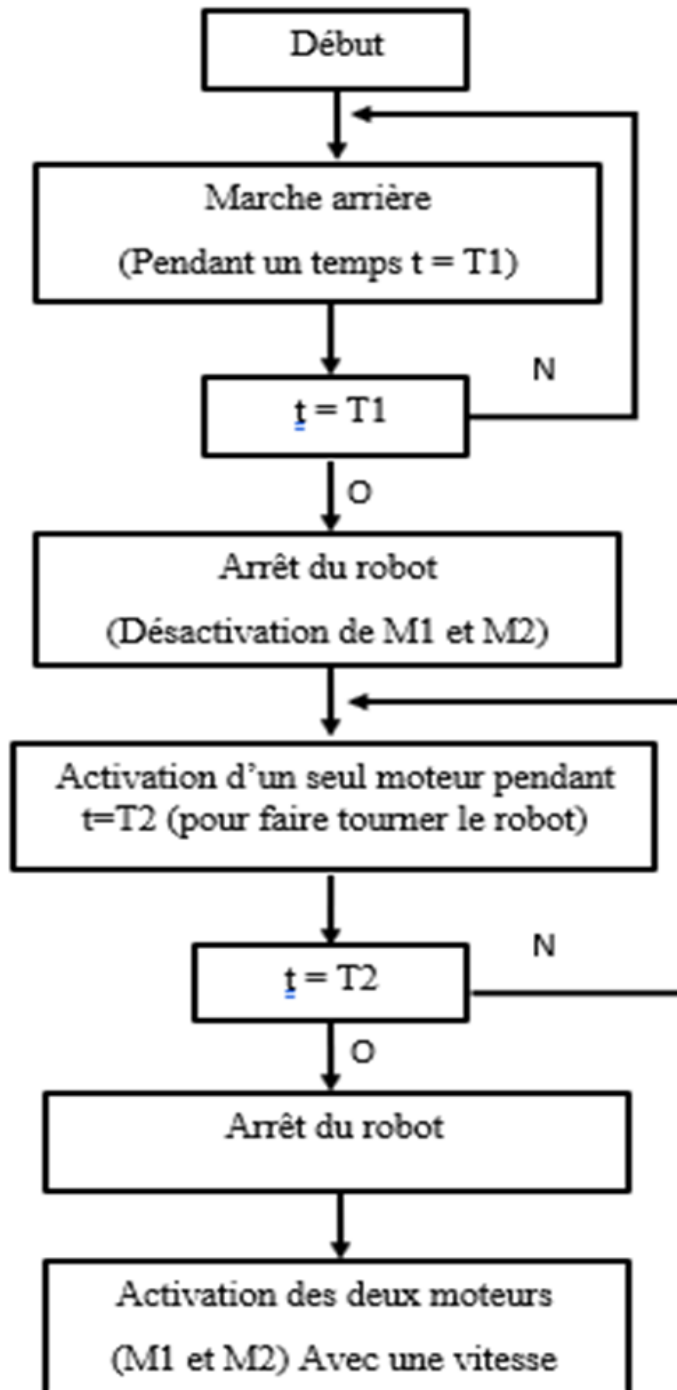


Fig V.3. Le circuit composé de 80C51 et LD293D.

V.6. 2 Organigramme de prise en compte d'un obstacle :



V.7. Améliorations possibles :

Comme ce projet ne met en œuvre qu'un modèle très basique de détection et d'évitement des obstacles, il peut être modifié à plusieurs reprises, en fonction des besoins. Quelques améliorations importantes sont possibles :

- Un codeur de position peut être utilisé pour mesurer la vitesse du robot, et nous pouvons afficher cette vitesse et la direction du mouvement sur un écran LCD.
- En utilisant la modulation de largeur d'impulsion, il est possible d'avoir un contrôle de la vitesse du robot.
- Un mécanisme permettant de calibrer la distance approximative de l'obstacle par rapport au robot, en mesurant l'intensité des rayons sonars réfléchis, peut être mis en œuvre.
- En ajoutant un circuit comparateur au microcontrôleur, nous pouvons faire de ce robot un robot suiveur de ligne.
- Utilisation comme robot de lutte contre l'incendie : - En ajoutant un capteur de température, un réservoir d'eau et en apportant quelques modifications à la programmation, nous pouvons utiliser ce robot comme un robot de lutte contre l'incendie.
- Ajout d'un appareil photo : Si le projet actuel est interfacé avec une caméra (par exemple une webcam), le robot peut être conduit au-delà de la ligne de visée et la portée devient pratiquement illimitée car les réseaux ont une très grande portée.

V.8. Conclusion :

Dans cette partie, nous avons expliqué les différentes étapes qui nous ont permis de réaliser ce système de pilotage du robot, ces composants utilisés et leurs tâches, la programmation, et ainsi que les améliorations possibles. Ce projet peut être utilisé comme modèle de base pour tous les systèmes autonomes qui nécessitent d'éviter les obstacles.

Conclusion

Générale :

Conclusion Générale :

Nous pouvons dire que les objectifs assignés à ce projet ont été atteints d'une manière satisfaisante. Ce modeste travail constitue une synthèse de l'ensemble des expériences réalisées sur ce thème.

L'étude et la réalisation de ce projet. Nous a montré la faisabilité d'une méthode aussi importante que délicate comme : la détection des obstacles par les capteurs ultrasoniques. Cette réalisation nous a permis d'entrer dans un vaste domaine de la conception et l'utilisation d'un certain nombre de circuits intégrés qui permet d'enrichir nos connaissances.

Cette étude peut faire l'objet d'une extension à plusieurs applications, dans l'alarme, la surveillance, ...

Nous espérons que la promotion futures s'attelleront à améliorer les résultats obtenus et que ce mémoire vient d'enrichir la bibliothèque de l'université.

References:

- [1] A history of robots: from science fiction to surgical robotics N. G. Hockstein · C. G. Gourin · R. A. Faust · D. J. Terris
- [2] David Filliat, « Robotique mobile ». Support du cours, Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées ParisTech, 2012.
- [3] ROBOTIQUE, ISTIA, Université Angers Jean-Louis Boimond
- [4] David Filliat, « Cours de Robotique Mobile », Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées de Paris, 2009.
- [5] J. Borenstein, H. R. Everett, and L. Feng, "Where am I, Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning", University of Michigan, 1996.
- [6] F. Cuesta, A. Ollero, "Intelligent Mobile Robot Navigation", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [7] B. Bayle, « Robotique Mobile », Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg, Université Louis Pasteur, 2007.
- [8] Stéphane Lens « locomotion d'un robot mobile » mémoire de fin d'études à l'université de liège, faculté des sciences appliquées, institut Montefiore, MAI 2008
- [9] Les capteurs en instrumentation industrielle - 8e éd. Georges Asch, Bernard Poussery ISBN 2100772589, 9782100772582.
- [10] Mlle. Saloua Helali, Conception et réalisation de matériaux biofonctionnels pour des dispositifs capteurs impedimétriques, Thèse de doctorat de L'école Centrale de Lyon, N°d'ordre : 2005 – 49.
- [11] les capteurs en instrumentation industrielle, Georges Asch et collaborateurs, edition Dunod, 1991.
- [12] Gwenaëlle Toulminet, Généralités sur la chaîne d'acquisition des données et sur les capteurs (Chapitre 1), 2002-2003

- [13] MAAROUF Samia et OUADAH Souhila. "Implémentation et évaluation des schémas de routage sur une plateforme réelle de réseaux de capteurs sans fil" le 25 Juin 2014
- [14] Melle MENNAL Amina et Melle BOUHENBEL Ahlem, Les réseaux de capteurs sans fil "WSN" « Etude et réalisation d'un prototype a base d'Esp8266 nodeMCU » 2017/2018
- [15] HCSR04 Ultrasonic Sensor Elijah J. Morgan Nov. 16 2014
- [16] Microcontrollers: Theory and Applications (Par Ajay V Deshmukh); Auteur: Ajay V Deshmukh, ISBN0-07-058595-4
- [17] V.Tourtchine. Microcontrôleur de la famille PIC. Support de cours & Prise en main du logiciel MPLAB
- [18] Microcontrollers: Features and Applications (Par D. S. Yadav,A. K. Singh); Auteur: D. S. Yadav,A. K. Singh
- [19] Microcontrollers Fundamentals for Engineers and Scientists (Par Steven Frank Barrett,Daniel J. Pack); Auteur: Steven Frank Barrett,Daniel J. Pack, First Edition
- [20] Embedded Systems Interfacing for Engineers Using the Freescale HCS08 ... (Par Douglas Summerville); Auteur: Douglas Summerville, ISBN9781608450053
- [21] Microprocessor & Microcontroller (Par A.P.Godse,D.A.Godse) ; Auteur : A.P.Godse,D.A.Godse,ISBN9788184317695
- [22] Pr A. RAIHANI Université Internationale de Casablanca, Laureate International Universities
- [23] Microcontrollers: Architecture, Programming, Interfacing and System Design (Par Raj Kamal); Auteur: Raj Kamal, ISBN978-81-317-0697-8
- [24] Microcontroller and Embedded System (Par A.K. Singh); Auteur: A.K. Singh

[25] Mr. BENHAMADOUCHE Abdelwahab, support de cours Systèmes Embarqués et Télécommunications, Master 1 S1 STLC, Université de M'Sila

[26] The 8051 Microcontroller Based Embedded Systems, Manish K Patel, Dharmsinh Desai University, Nadiad Gujarat ISBN (13): 978-93-329-0125-4

[27] A. Oumnad Le Microcontrôleur 8051/8052
<http://www.oumnad.123.fr/Microcontrolleurs/Intel8051.pdf>

[28] P. Hoppenot, support de cours informatique industrielle Université D'EVRY VAL D'ESSONNE

[29] Jlassi Khaled, Université Virtuelle de Tunis :
<https://www.uvt.rnu.tn/resources-uvt/cours/microprocesseurs-microcontrolleurs/microcontrolleurs/pdf/chapitre4.pdf>

[30] Moteurs électriques industrielle. Pierre Mayé. Dunod, paris, 2005

[31] BTS Electrotechnique (deuxième année) – Machine à courant continu – Quadrants de fonctionnement, site physique.vije.net

[32] Robert Chauprade, Commande électronique des moteurs à courant continu – A l'usage de l'enseignement supérieur, écoles d'ingénieurs, maîtrise, IUT, Paris.

[33] Robert Chauprade, Francis Milsant, Commande électronique des moteurs à courant alternatif – A l'usage de l'enseignement supérieur, écoles d'ingénieurs, facultés, CNAM, Paris.

[34] Modélisation numérique d'un moteur asynchrone à cage d'écureuil, Mr. HAMADOU Adil et Mr. NESSISSEN Abdelkader, Mémoire du Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention de diplôme Master, Université Djilali BOUNAAMA - Khemis Miliana.

[35] Contrôle d'une génératrice asynchrone par la logique floue. Mr. Kherbouche Nabil et Mr. Tamendjari Dalil, mémoire master, Université Abderrahmane Mira - Bejaia

[36] Commande Backstepping d'un Moteur asynchrone, Chetam Sara et Hariz Bakkar Souad et Lihou Faiza, MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER ACADEMIQUE, Université Echahid Hamma Lakhrad El-Oued.

[37] Réalisation d'un capteur de position en vue d'autopiloter une machine synchrone à aimants permanents, M. MAMOU Lounes et M. AKKOUCHE Lyes, Memoire Master professionnel en Electrotechnique 2012, Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou

[38] Etude et simulation d'un variateur de vites d'une Machine à courant continu, BENNOURA ABDEL MADJID et DJABRI KHALED, Projet de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Master GENIE ELECTRIQUE 2017/2018, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent.

[39] Machines à courant continu, support de cours université Tahar Moulay de Saïda, <https://e-learning.univ-saida.dz/moodle/mod/resource/view.php?id=20072>

[40] FEYROUZ MESSAI, "Contribution à l'Etude d'une Génératrice à Réductance Variable", Université Mentouri De Constantine 2009.

[41] B. Multon, "PRINCIPE ET ELEMENTS DE DIMENSIONNEMENT DES MACHINES A RELUCTANCE VARIABLE A DOUBLE SAILLANCE AUTOPILOTEES", publié dans "Journées de la section électrotechnique du club EEA 1993, BELFORT : France (1993)"

[42] Moteur Linéaire pour Train à Lévitiation Magnétique Mr. A. BOUZIDI Mr. B. MAUCHE, Memoire MASTER EN ELECTROTECHNIQUE 2014/2015, UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA - BEJAIA.

[43] Mr. KHOUANE Boulanouar, Etude et Commande d'un Moteur Synchrone Linéaire à Aimants, Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister En Automatique 2012, Université Aboubekr BELKAID TLEMCEN.

[44] S.G. Aquiles Perez, « Modeling of Relays for power Systems Protection Studies », PHD Thesis, department of Electrical Engineering, University of Saskatchewan, Canada, 2006.

[45] Mr MAZOUZ Abdelkader et Mr MANSEUR Houssam, "ETUDE DES DISPOSITIFS DE PROTECTION MIS EN OEUVRE DANS LA CENTRALE TG D'AMIZOUR DE BEJAIA", Memoire MASTER en électrotechnique 2016, UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA.