

République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université 20 août 1955 Skikda



**Faculté des Sciences**  
Département d'Informatique  
Projet d'obtention d'un certificat de brevet  
Selon le décret Ministérielle 1275

---

**Mobilité améliorée et Indépendance: Développement d'un fauteuil  
roulant robotisé intelligent avec commandes vocales et manuelles pour  
les personnes atteintes de handicaps sévères**

---

**Réalisé par :**

AYACHI Rayane

AHMED CHEKKAT Maissa

*Spécialité*

**Master2 RSD**

*Soutenue devant le jury :*

*Presidente :*

*Encadreur : Dr. Benoudina Lazhar*

*Examineur : Bourmel abdelhakim*

*Expert de BMC :*

*Représentant de partenaire commercial :*

*Juillet 2024*



---

## Remerciements



*Tout d'abord, Nous remercions « Allah » qui nous a aidé à accomplir ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à notre directeur de mémoire Mr. Benoudina*

*Lazhar ; nous le remercions pour sa supervision, son orientation,  
son aide et ses conseils, son exigence Pour cet aspect d'études  
nous a grandement stimulé.*

*Nous remercions l'ensemble de nos anciens professeurs de spécialité qui ont contribué à  
notre éducation durant tout le cursus d'études.*

*Un immense MERCI à vous tous !! Sincères remerciements vont aussi au jury de  
mémoire, nous tenons à remercions toutes les personnes qui nous ont aidé et soutenu  
dans la réalisation de cette étude.*

*Un immense MERCI à nos familles, Qui ont joué un grand rôle ce qui nous a permis de  
faire les études que nous voulions, et qui ont contribué dans le progrès et le succès de ce  
long travail.*

*Nous remercions tous nos amis et collègues de promotion pour leurs appuis à accomplir  
ce travail.*

---

## Dédicaces



*Ce travail, et bien au-delà, je le dois à mes très chers parents  
qui m'ont fourni au quotidien un soutien et une confiance sans faille et de ce fait, je ne saurais  
exprimer ma gratitude seulement par des mots. Que dieu vous protège*

*et vous garde pour nous.*

*Mes chers frères pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma  
haute gratitude.*

*Ma chère soeur pour son encouragement permanent, et son soutien moral*

*Ma soeur ma meilleure amie.*

*Mes chères amies*

*Qui sans leur encouragement ce travail n'aura jamais vu le jour  
A toutes les personnes que j'aime et à tous ceux qui par leurs conseils, leurs attentions,  
leurs encouragements et leurs soutiens m'ont aidé à réaliser ce travail.*

## الملخص

تواجه العديد من الأشخاص ذوي الإعاقة تحديات عديدة عند محاولتهم تشغيل الكراسي المتحركة التقليدية بأنفسهم باستخدام التحكم اليدوي. تُعتبر الكراسي المتحركة الذكية حلاً واعداً للأفراد ذوي الإعاقات الشديدة الذين يواجهون صعوبات في التحكم في الكراسي المتحركة التقليدية أثناء أنشطتهم اليومية يتناول هذا التقرير تطوير كرسي متحرك روبوتي ذكي مصمم لتلبية احتياجات الأفراد ذوي الإعاقة. يتم تشغيل الكرسي المتحرك من خلال تطبيق محمول يتضمن طريقتين متميزتين للتحكم: واجهة صوتية مصممة خصيصاً للأفراد المصابين بضمور العضلات، وواجهة يدوية مناسبة لجميع المستخدمين ذوي الإعاقة. بالإضافة إلى ذلك، يتضمن النظام تصفحاً قائماً على نظام تحديد المواقع مما يوفر خيار التحرك بناءً على الموقع الجغرافي، يقدم التقرير رؤى حول التصور والتصميم للتطبيق بالإضافة إلى تفاصيل حول نموذج الكرسي المتحرك الذكي الذي تم تطويره. للتحقق من هذا النهج الابتكاري. كما يتضمن النتائج الأولية، بما في ذلك قدرات التحرك التلقائي للنموذج الأولي

**الكلمات المفتاحية:** كرسي متحرك روبوتي ذكي ، ذكاء اصطناعي ، تطبيق محمول ، نظام تحديد المواقع، تحكم صوتي ، تحكم يدوي

## Abstract

Numerous individuals with disabilities encounter challenges when attempting to independently operate conventional powered wheelchairs through manual controls. Intelligent wheelchairs present a promising solution for severely handicapped individuals who face difficulties in managing traditional wheelchairs on their own during daily activities. This report outlines the development of an intelligent robotic wheelchair designed to cater to the needs of disabled individuals. The wheelchair is operated through a mobile application featuring two distinct methods of command: a vocal interface tailored for individuals with muscular dystrophy, and a manual interface suitable for all handicapped users. Additionally, the system incorporates GPS-based navigation, providing an option for location-based movement. The report provides insights into the conceptualization and design of the application, as well as details about the intelligent wheelchair prototype developed to validate this innovative approach.

Preliminary results, including the automatic movement capabilities of the prototype, are also presented.

**Keywords:** intelligent robotic wheelchair, artificial intelligence, mobile application, GPS-based navigation, voice control, manual control

## Résumé

De nombreuses personnes handicapées rencontrent des difficultés lorsqu'elles essaient d'utiliser de manière indépendante des fauteuils roulants électriques conventionnels à travers des commandes manuelles. Les fauteuils roulants intelligents représentent une solution prometteuse pour les individus gravement handicapés qui rencontrent des difficultés à gérer seuls les fauteuils roulants traditionnels au cours de leurs activités quotidiennes. Ce rapport décrit le développement d'un fauteuil roulant robotisé intelligent conçu pour répondre aux besoins des personnes handicapées. Le fauteuil roulant est actionné par le biais d'une application mobile proposant deux méthodes distinctes de commande : une interface vocale adaptée aux personnes atteintes de dystrophie musculaire et une interface manuelle adaptée à tous les utilisateurs handicapés. De plus, le système intègre une navigation basée sur le GPS, offrant une option de déplacement basée sur la localisation. Le rapport fournit des insights sur la conceptualisation et la conception de l'application, ainsi que des détails sur le prototype de fauteuil roulant intelligent développé pour valider cette approche innovante. Des résultats préliminaires, incluant les capacités de mouvement automatique du prototype, sont également présentés.

**Mots clés :** fauteuil roulant robotisé intelligent, intelligence artificielle, application mobile, navigation basée sur le GPS, commande vocale, contrôle manuel

---

# Table des matières



<b>Remerciements</b> .....	<b>i</b>
<b>Dédicaces</b> .....	<b>ii</b>
<b>Résumés</b> .....	<b>iii</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>v</b>
<b>Table des figures</b> .....	<b>xi</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Chapitre 1 : Informatique Médicale</b> .....	<b>3</b>
1. Introduction .....	3
2. L'ère de l'informatique médicale.....	3
3. les Systèmes d'Informations Médicaux:.....	4
4. Objectifs des SIM.....	5
5. Dossier Médical Du Patient:.....	5
5.1 Définition:.....	5
5.2 Constitution du dossier médical du patient:.....	6
6. Le Dossier Patient Informatisé.....	6
6.1 Définition.....	6
6.2 Le besoin de l'informatisation.....	6
6.3 Les avantages d'informatiser le DP.....	7
6.4 Les objectifs du DPI.....	7
7. La notion d'handicap.....	8

7.1	Definition.....	8
7.2	Le type de handicap .....	8
7.3	Le handicap moteur/physique:.....	9
7.3.1	Definition:.....	9
7.3.2	Les difficultés pouvant être rencontrées par les personnes en situation de handicap moteur.....	10
8.	IA Médicale : Révolution de la Prévention et de la Personnalisation.....	10
8.1	Applications de l'IA en médecine.....	10
8.2	Approche Personnalisée et Préventive.....	11
<b>9.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Chapitre 2 : L'intelligence artificielle .....</b>	<b>13</b>
1.	Introduction : .....	13
2.	Définition de l'intelligence artificielle :.....	13
3.	historique de l'intelligence artificielle .....	13
4.	Les types de l'intelligence artificielle :.....	14
5.	Les techniques de l'intelligence artificielle .....	14
5.1	Les Systèmes Experts :.....	14
5.2	La Logique :.....	15
5.3	Les Algorithmes Génétiques :.....	15
5.4	Les Systèmes Multi-agents :.....	16
5.5	Les Méta-heuristiques D'optimisation :.....	16
5.6	L'apprentissage automatique :.....	16
5.6.1	L'apprentissage supervisé :.....	16
5.6.2	Apprentissage non supervisé :.....	17
5.6.3	L'apprentissage par renforcement.....	17
5.7	Réseaux de neurones :.....	17
5.8	L'apprentissage profond :.....	18
5.9	Traitement du langage naturel (NLP) :.....	18
6.	La robotique:.....	19
6.1	Définition :.....	19
6.2	Evolution.....	19
6.3	Types de robots :.....	19
6.4	Avantages et inconvénients:.....	21

6.5 Domaines d'utilisation.....	21
7. Avantages et inconvénients de l'intelligence artificielle.....	22
8. Domaines d'applications .....	22
9. Intelligence artificielle en système embarquée:.....	23
10. Conclusion.....	24
<b>3 Chapitre 3 : System Embarqués Et Application Mobile .....</b>	<b>25</b>
1. Introduction .....	25
2. System Embarqués:.....	25
2.1 Définition:.....	26
2.2 Classification des systèmes embarqués .....	26
2.3 Caractéristiques :.....	26
2.4 Architecture d'un système embarqué.....	27
2.5 Avantage des systèmes embarqués.....	28
2.6 Inconvénients du système embarqué.....	28
2.7 Application des systèmes embarqués.....	29
2.8 Les systèmes Embarqués Arduino.....	29
2.8.1 Présentation d'Arduino :.....	29
2.8.2 Pourquoi Arduino ?.....	29
2.8.3 Les types de la carte Arduino :.....	30
2.8.4 Matériel Arduino:.....	32
2.8.5 Arduino Uno :.....	33
2.8.6 Logiciel Arduino:.....	35
2.8.7 Structure générale d'un programme Arduino.....	37
3. Application Mobile : .....	37
3.1 Définition:.....	37
3.2 Avantages et inconvénients d'application mobile.....	38
3.3 Les types des applications mobiles.....	38
3.3.1 Application mobile native .....	38
3.3.2 Application mobile web.....	39
3.3.3 Application mobile hybride :.....	39
3.4 Systèmes d'exploitation mobiles:.....	40
3.5 Systèmes d'exploitation Android :.....	41

3.5.1 Définition :.....	41
3.5.2 Historique :.....	41
3.5.3 Architecture :.....	44
3.5.4 Avantages d'Android :.....	45
4. Conclusion.....	46
<b>4 Chapitre 4 : Conception et Modélisation .....</b>	<b>47</b>
1. Structure du système .....	47
2. Structure du hardware .....	48
2.1 Organigramme1: Org du fauteuil roulant .....	48
2.2 Organigramme2: Org du GPS .....	49
3. Schéma électrique .....	51
4. Discussion des choix effectués .....	51
4.1 Interface utilisateur (application mobile) .....	51
4.2 Unité de contrôle du mouvement (microcontrôleur) .....	52
4.3 Système de navigation (GPS) .....	52
4.4 Capteurs et diagnostic (surveillance) .....	52
4.5 Systèmes de sécurité et retour d'information à l'utilisateur .....	53
5. Conclusion .....	53
<b>5 Chapitre 5 : Implémentation et Réalisation .....</b>	<b>54</b>
1. Introduction .....	54
2. Outils de développement Logiciel .....	54
2.1 L'IDE Arduino .....	54
2.2 Android Studio :.....	55
2.3 Language de programmation .....	55
3. Outils de développement matériel .....	55
3.1 Arduino Uno.....	55
3.2 Motor driver shield L293D .....	56
3.3 Servo moteur SG90 .....	57
3.4 Capteur Ultrasonique.....	58
3.5 Le module Bluetooth HC-06 .....	59
3.6 Les moteurs à courant continu (CC) .....	60
3.7 Le téléphone mobile Sony Xperia E4.....	61

4. Branchement et câblage des composants avec l'Arduino .....	62
4.1 Branchement Arduino et Shield L293D .....	62
4.2 Branchement des moteurs .....	62
4.3 Branchement du Bluetooth .....	63
4.4 Branchement du capteur Ultrasonique .....	63
4.5 Branchement du servomoteur .....	64
4.6 Branchement des batteries .....	64
5. Plateforme de simulation (Proteus) .....	64
6. Scénario de fonctionnement du projet .....	65
6.1 Présentation de L'interface Graphique de l'application mobile .....	65
7. Conclusion .....	66
<b>6 Chapitre 6 : PRÉSENTATION DU COTÉ COMMERCIAL .....</b>	<b>67</b>
1. Axe 01 : Présentation de l'invention .....	67
2. Présentation du projet .....	67
3. Domaine d'activité .....	67
4. Genèse de l'idée et son évolution.....	67
5. L'objet de notre projet .....	68
6. Comment cela fonctionnera-t-il.....	68
7. Qui accomplira ce projet ? .....	68
8. Où cela sera-t-il réalisé.....	68
9. Proposition de valeurs ajoutées .....	68
10. Avantages apportés pour les bénéficiaires .....	69
11. Présentation de l'équipe de travail (les inventeurs) .....	70
12. Les objectifs du projet.....	70
13. Axe 02 : Les aspects innovants.....	71
14. La nature des innovations .....	71
15. Les domaines des innovations .....	71
16. Axe 03 : Description du brevet d'invention.....	72
17. Titre du brevet d'invention.....	72
18. Résumé du brevet d'invention (250 mots) .....	72
19. Domaine technique auquel appartient l'invention.....	72
20. État antérieur de la technique.....	72

21. Objectif de l'invention .....	72
22. Présentation de l'essence de l'invention.....	72
23. Méthode de fonctionnement de l'appareil ou de la substance inventée .....	72
24. Axe 04 : Les revendications Les revendications .....	73
25. Revendications .....	73
26. Revendication extrapolée.....	73
27. Axe 05 : Figures Associées.....	74
Conclusion générale.....	77
<b>Bibliographie.....</b>	<b>78</b>

---

# Table des figures



Figure 1 : Les grands domaines de l'informatique (bio) médicale et les différents niveaux, micro et macroscopiques.....	3
Figure 2 : Un système d'information de santé.....	4
Figure 3 : Niveaux d'interaction d'un SIM.....	5
Figure 4 : Handicap.....	8
Figure 5 : Type de Handicap.....	10
Figure 6 : Les différentes méthodes de ML.....	17
Figure 7 : Le deep Learning.....	18
Figure 8 : Exemple d'un robot mobile à roues.....	20
Figure 9 : Exemple d'un Robot mobile utilisant la chenille.....	20
Figure 10 : Exemple d'un Robot mobile a 6 pattes.....	21
Figure 11 : Avantages et inconvénients de la robotique.....	21
Figure 12 : Architecture d'un système embarqué.....	28
Figure 13 : Arduino Uno.....	30
Figure 14 : Arduino Leonardo.....	31
Figure 15 : Arduino Mega 2560.....	31
Figure 16 : Arduino Nano.....	31
Figure 17 : Arduino Mini R5.....	32
Figure 18 : Différent types des capteurs pour l'Arduino.....	32
Figure 19 : Différent types d'actionneurs pour l'Arduino.....	32
Figure 20 : Différent types des cartes Arduino.....	33
Figure 21 : Les composants d'Arduino Uno.....	33
Figure 22 : Interface de logiciel Arduino.....	36
Figure 23 : Détail de bouton de barre.....	36
Figure 24 : La fonction setup et loop.....	37
Figure 25 : différentes applications mobiles.....	40
Figure 26 : L'évolution des versions d'Android.....	41
Figure 27 : Architecture d'Android «Application».....	44
Figure 28 : Architecture d'Android «Application Framework».....	45
Figure 29 : Architecture d'Android «Android runtime».....	45
Figure 30 : Architecture d'Android «Librairies».....	45
Figure 31 : Architecture d'Android «Kernel linux».....	45
Figure 32 : Structure générale du système.....	47

Figure 33 : Organigramme du fauteuil roulant.....	48
Figure 34 : Organigramme du GPS.....	49
Figure 35 : Schéma électronique du circuit réalisé.....	51
Figure 36 : Fenêtre de L'IDE Arduino.....	54
Figure 37 : Logo d'Android Studio.....	55
Figure 38 : La carte Arduino UNO.....	55
Figure 39: Le composant Motor driver shield L293D.....	56
Figure 40 : L'installation de la bibliothèque AFMotor.h.....	57
Figure 41 : Servomoteur de type SG90.....	58
Figure 42 : Module HC-SR04.....	58
Figure 43 : Illustration des signaux Trigger et Echo.....	59
Figure 44 : Le module Bluetooth HC06.....	60
Figure 45 : Moteur à courant continu.....	61
Figure 46 : Sony Xperia E4.....	62
Figure 47 : Branchement Arduino Uno et Shield.....	62
Figure 48 : Branchement moteurs et Shield.....	63
Figure 49 : Branchement module Bluetooth et Arduino.....	63
Figure 50 : Branchement capteur ultrasonique et servo moteur.....	64
Figure 51 : Branchement des ports de batterie dans le shield.....	64
Figure 52 : Schéma de simulation avec ISIS-Proteus.....	65
Figure 53 : L'interface graphique de l'application mobile.....	66
Figure 54 : Représentation de l'Application mobile.....	74
Figure 55 : Représentation du BMC.....	74

# Introduction générale



Dans nos sociétés contemporaines, le nombre croissant de personnes avec des handicaps moteurs ou cognitifs constitue un défi majeur. Pour de nombreux pays, il est devenu impératif d'offrir des soins médicaux efficaces et de restaurer un niveau d'autonomie satisfaisant pour cette population handicapée. En conséquence, des efforts considérables sont déployés pour développer des technologies visant à maintenir ces individus dans leur environnement quotidien et à faciliter leur retour à des activités privées ou professionnelles.

La perte de mobilité est souvent une conséquence directe du handicap, partiellement compensée par l'utilisation de fauteuils roulants. Pour ceux qui conservent l'usage de leurs membres supérieurs pour contrôler manuellement ou électriquement leur fauteuil, les défis résident souvent dans l'accessibilité des infrastructures publiques et privées. En revanche, les personnes plus gravement touchées nécessitent des outils d'assistance adaptés pour commander leur fauteuil.

En raison de divers facteurs tels que le degré du handicap ou la fatigue induite par l'utilisation du fauteuil, beaucoup se voient contraints de restreindre leurs déplacements. Les fauteuils disponibles sur le marché ne répondent pas toujours aux besoins des personnes les plus lourdement handicapées, malgré l'existence de nombreuses solutions adaptatives. Ainsi, l'objectif est de concevoir un fauteuil roulant doté d'une intelligence embarquée suffisante pour faciliter les déplacements des personnes à mobilité réduite, tout en minimisant leur charge physique et cognitive.

Les avancées technologiques dans les domaines de l'informatique, de la robotique, de l'intelligence artificielle et des capteurs ont considérablement élargi les possibilités d'application pour les personnes à mobilité réduite confrontées à des handicaps sévères ou modérés au quotidien.

Dans ce contexte, notre projet de fin d'études vise à développer un fauteuil roulant robotisé intelligent conçu pour répondre aux besoins des personnes handicapées. Le fauteuil roulant est actionné par le biais d'une application mobile proposant deux méthodes distinctes de commande : une interface vocale adaptée aux personnes atteintes de dystrophie musculaire et une interface manuelle adaptée à tous les utilisateurs handicapés. De plus, le système intègre une navigation basée sur le GPS, offrant une option de déplacement basée sur la localisation.

Pour atteindre notre objectif on a partagé le travail comme suit :

1. Le premier chapitre intitulé : «Informatique médicale», il met l'accent sur les patients en générale et les personnes handicapées précisément ainsi que l'influence de l'innovation informatique et technologique dans ces cas.

2. Le deuxième chapitre dénommé « Intelligence artificielle», nous définissons quelques concepts et techniques sur l'Intelligence artificielle ainsi nous allons présenter des généralités sur la robotique.
3. Le troisième chapitre «System Embarqués et Application Mobile » Nous présentons les détails des nouvelles technologies (Arduino et Android) qu'on peut utiliser afin d'aboutir notre objectif.
4. Le quatrième chapitre « Conception et modélisation » consiste à présenter la structure du système, l'organisation et l'interconnexion des différents composants, Structure du hardware, ainsi qu'une discussion des principaux choix effectués dans ce projet.
5. Le cinquième chapitre « Implémentation et réalisation » Nous présentons les différents langages et outils (logiciels et matériels) que nous avons utilisés pour développer notre système et ainsi que la structure de branchement et de câblage, la simulation et le fonctionnement de notre projet.
6. le dernier chapitre est : une présentation du coté commercial.
7. Le mémoire se termine par une conclusion générale et des perspectives possibles pour nos activités de recherches futures.

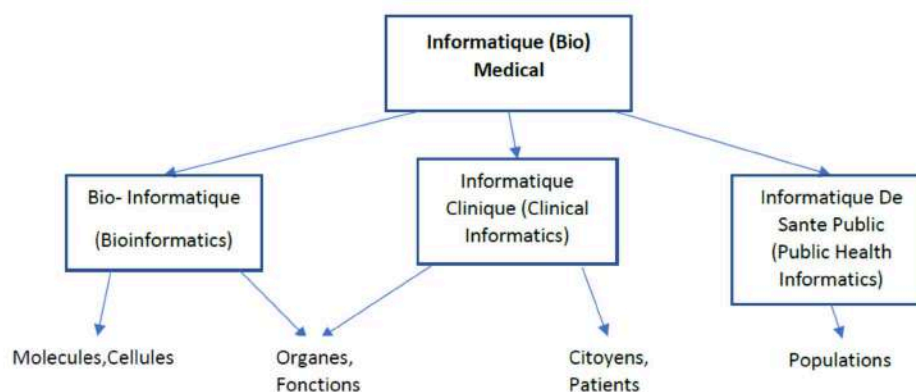
# Chapitre 1: Informatique Médicale

## 1. Introduction:

L'informatique médicale et le domaine de l'accessibilité numérique sont des sphères en constante évolution, convergentes vers un objectif commun : améliorer la qualité de vie et l'autonomie des personnes en situation de handicap. En combinant les avancées technologiques avec les besoins spécifiques des individus, ces disciplines façonnent un avenir où la technologie devient un vecteur d'inclusion et de soins personnalisés. Que ce soit à travers le développement d'applications pour la gestion des dossiers médicaux ou la création de dispositifs facilitant l'accès à l'information pour les personnes avec des limitations physiques ou cognitives, l'informatique médicale et l'accessibilité numérique ouvrent de nouvelles perspectives pour une société plus inclusive et équitable.

## 2. L'ère de l'informatique médicale:

Le terme « informatique médicale » initialement utilisé en Europe, puis s'est diffusé aux États-Unis et partout dans le monde à partir des années 2000 pour désigner cette discipline. La figure 1 décrit les grands domaines de l'informatique (bio) médicale et les différents niveaux, micro et macroscopiques, auxquels ils s'adressent. [1]



**Figure1: Les grands domaines de l'informatique (bio) médicale et les différents niveaux, micro et macroscopiques**

La bio-informatique concerne le niveau moléculaire ou cellulaire de la médecine. Des méthodes très sophistiquées ont été développées pour analyser les séquences de gènes. L'informatique

clinique ou bioclinique traite des données des patients et des connaissances médicales associées à la prise en charge individuelle des patients. L'informatique clinique Cherche à offrir des solutions méthodologiques et techniques pour la représentation des données et des connaissances, leur organisation, leur saisie, leur stockage, leur interrogation, leur interprétation, leur communication ou leur utilisation pratique. La prise en charge aidée par l'informatique peut se faire en présence du malade ou à distance grâce aux outils de la télémédecine. La santé publique vise à développer des actions éducatives, préventives, curatives et sociales pour améliorer la santé globale des populations. Pour être efficaces, ces actions doivent s'appuyer sur des systèmes d'information performants dont la conception relève de l'informatique médicale et reposent sur les méthodes et les outils développés par les informaticiens. Parmi les grands domaines de l'informatique dont les méthodes sont particulièrement utilisées en informatique médicale, on citera : les bases de données, l'intelligence artificielle, les réseaux informatiques, le traitement et l'analyse automatique d'images, et les méthodes utilisées dans les systèmes d'information géographique.

### 3. Les Systèmes d'Informations Médicaux:

Un système d'information médical peut être caractérisé par sa prédisposition à la gestion de services spécifiques qui sont dédiés à la prise en charge des patients. Il définit un ensemble de mécanismes fiables supportant la communication, le traitement, le stockage ainsi que l'archivage des informations médicales, paramédicales, médico-administratives et médico-financières. Un tel système relie un grand nombre d'utilisateurs ayant des responsabilités et des centres d'intérêts différents. [2]

De manière globale, un réseau de soins peut être vu comme un ensemble d'organisations qui interagissent: hôpitaux, instituts de recherche, organismes payeurs, etc. (figure: 1). L'hôpital est une architecture composant plusieurs unités : unités de soins, plateau pharmaceutique, services administratifs, Les pôles d'activité cliniques et logistiques ([Degoulet 1992 - Ch 11] [Degoulet 1989]). L'unité de soins qui constitue le site principal d'accueil des patients, est définie comme étant une entité physique dont la fonction est de produire des soins médicaux (diagnostic, thérapie, évaluation). Il peut s'agir d'un service, d'un regroupement de services dans le cadre d'un département ou au contraire d'une unité fonctionnelle à l'intérieur d'un service. Une unité de soins suppose la présence d'une équipe soignante placée sous une responsabilité bien déterminée et prenant en charge des patients.



Figure2: Un système d'information de santé.

Les flux d'information échangée sont multiples. Ils concernent les soins, la logistique, l'administration et la fonction de gestion. Les informations échangées dépendent de l'acteur et son domaine d'activité ainsi que l'action effectuée. Nous les classons en trois catégories. [3]

- Médicales: concernent toute information médicale.

- Organisationnelles: les activités de l'ensemble des intervenants.
- Communes: rôles et fonctions hiérarchisés entre tous les acteurs.

La Figure 3, tirée des travaux de Zarour [4], nous montre l'échange d'information entre le SIM et d'autres systèmes.

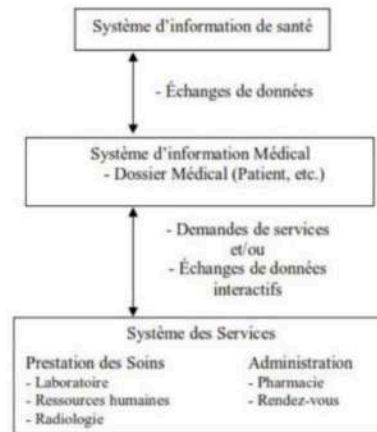


Figure3: Niveaux d'interaction d'un SIM

#### 4. Objectifs des SIM:

l'objectif d'un SIM est de produire des informations appropriées capable de supporter la prise de décision [4]:

- Evaluer la qualité des soins.
- Superviser le personnel de soins et paramédical dans ses tâches quotidiennes.
- Définir le rôle de chaque catégorie de personnel.
- Utiliser la démarche de soins pour la satisfaction des besoins des patients.
- Exécuter les prescriptions médicales en utilisant le plan de soins.
- Rechercher une adéquation optimale entre charge de travail et effectifs.
- Déterminer pour chaque service, les besoins de formation du personnel. [5]

#### 5. Dossier Médical Du Patient:

Le dossier médical du patient est devenu un élément essentiel dans l'évaluation et l'amélioration de la qualité des soins de santé depuis de nombreuses années.

##### 5.1 Définition:

Le dossier médical d'un patient est une obligation réglementaire relative aux soins donnés en hospitalisation. Il contient des informations personnelles, administratives et médicales, qui ont un caractère confidentiel, mais qui peuvent être communiquées directement au patient lorsqu'il en fait la demande, dans des conditions prévues par la loi. Les tiers ne peuvent y avoir accès. En cas de décès du patient, les ayants droit (généralement les héritiers) peuvent faire valoir un droit d'accès restreint. Les dossiers sont archivés à l'hôpital avec des délais de conservation définis pouvant atteindre plusieurs dizaines d'années.

La composition du dossier médical est définie par décret, ainsi que les pièces communicables. Pour chaque hospitalisation, le dossier médical rend compte du motif de l'hospitalisation, de la prise en charge réalisée avec les constatations de l'examen clinique, des examens complémentaires, des traitements prescrits, des gestes effectués, notamment en cas d'intervention chirurgicale.

La communication du dossier médical au patient est habituellement demandée dans le but d'assurer la continuité des soins, avec le concours d'un autre praticien ; parfois à titre d'information. La demande est à adresser à la direction de l'hôpital par lettre recommandée avec accusé de réception, avec un justificatif d'identité et en prévoyant un délai de réponse. La loi prévoit la consultation gratuite sur place (sur rendez-vous) ou la délivrance de copies (éventuellement facturées). Mais la lisibilité et la compréhension des termes médicaux du dossier peuvent conduire à solliciter l'intermédiaire du médecin traitant ou d'une personne de confiance désignée à cet effet. [6]

### **5.2 Constitution du dossier médical du patient:**

Un dossier médical est constitué pour chaque patient hospitalisé dans un établissement de santé public ou privé. Ce dossier contient au moins les éléments suivants [7] :

- La partie administrative du Dossier Médical Patient fournit les données d'identification du patient et les données sociodémographiques régulièrement tenues à jour (suivi de l'identité de l'état civil, de la couverture sociale, du statut matrimonial, des employeurs, etc.).
- Le Dossier Médical Patient comporte les données de santé dont le volume et la complexité croît sous l'influence du développement des spécialités médicales et de leur technicité.

Le Dossier Médical Patient est considéré de nos jours, comme un outil de collaboration et de coordination entre les différents types d'acteurs. Il permet une communication simple et une présentation unifiée de toutes les informations médicales. Les Médecins utilisent le dossier médical plus comme un aide-mémoire de prise en charge que comme un outil de retranscription de l'ensemble des informations et activités réalisées. [4]

## **6. Le Dossier Patient Informatisé:**

Les avancées technologiques, en particulier dans le domaine de l'informatique, ont révolutionné la manière dont les dossiers médicaux sont gérés, conduisant à l'émergence du dossier patient informatisé (DPI).

### **6.1 Définition:**

Le dossier médical informatisé est une des composantes d'un système d'information en réseaux. Il est précisé dans la loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades que le dossier médical concerne l'élaboration des suivis de diagnostic, les traitements, mais aussi plus généralement tous les échanges écrits entre les professionnels de santé. Le dossier médical informatisé est donc constitué d'informations administratives et médicales nominatives qui forment une base de données dans le sens où il s'agit d'un "recueil d'oeuvres, de données, ou d'autres éléments indépendants, disposés de manière systématique ou méthodique et individuellement accessibles par des moyens électroniques ou par tout autre moyen" (loi du 1 juillet 1998).

Selon le Conseil Supérieur des Systèmes d'Information de Santé (CSSIS), organisme chargé d'évaluer les perspectives et modalités de mise en oeuvre du dossier médical et des échanges d'informations nécessaires à la meilleure prise en charge des personnes, il est préférable d'utiliser le terme de dossier santé qui est moins restrictif que celui de dossier médical dans le sens où il englobe les soins de l'ensemble des professionnels de la santé, du médecin à l'infirmière en passant par le dentiste. [8]

### **6.2 Le besoin de l'informatisation:**

L'informatisation du DP n'est pas seulement une évolution naturelle des choses, mais elle répond aussi à un besoin réel de plus en plus évident vu que :

- Le volume du dossier a augmenté : Pour un malade donné, pour la même maladie, dans

une même structure, la masse d'information recueillie a considérablement augmenté. Les raisons en sont multiples : l'augmentation des examens, la difficulté d'effectuer un tri des informations, la prise en charge des maladies chroniques, la pratique généralisée de copies, les contraintes réglementaires et les inquiétudes médico-légales, l'apparition des dossiers paramédicaux... Face à cette inflation, chaque praticien ou chaque service hospitalier a tenté de s'organiser et de structurer le dossier. En pratique, les dossiers sont épais ; les informations difficiles à retrouver et la recherche systématique d'une information précise est quasiment impossible.

- Le nombre de dossiers a augmenté : De plus en plus, les informations de santé concernant une personne sont fragmentées en de multiples sous-dossiers. Le nombre de professionnels concernés n'a cessé d'augmenter : à côté du médecin généraliste, le spécialiste, l'infirmier, le pharmacien organisent leurs propres dossiers.
- L'importance pratique du dossier a augmenté : De plus en plus, en particulier en situation d'urgence et en milieu hospitalier, une bonne prise en charge d'un patient dépend fortement des informations contenues dans un dossier précédent généralement inaccessible. Outre cette fonction de continuité des soins, un dossier " parfait" pourrait permettre également un développement important de la prévention, de l'évaluation de la qualité des soins. [9]

### **6.3 Les avantages d'informatiser le DP:**

Le dossier patient informatisé (DPI) présente de nombreux avantages :

- Il garantit que toutes les données médicales des patients sont traçables, lisibles et stockées. Il évite la dispersion des données et améliore la qualité des documents ainsi que la planification. Il permet de gérer de manière efficace les données de vos patients dans votre établissement de santé.
- Il permet une meilleure coordination des soins entre les professionnels de santé. Grâce à ce dossier médical électronique, il est également possible de partager la prise en charge au sein d'un réseau.
- En fournissant des outils de classification qui permettent de trouver facilement et rapidement des informations selon certains critères, le DPI facilite le travail quotidien des professionnels de santé. Il permet au médecin d'améliorer sa gestion du cabinet médical.
- Il aide les professionnels à prendre des décisions, faire des évaluations et réaliser des études cliniques grâce à des protocoles de prise en charge définis sur la base de référentiels de pratiques. Ces protocoles incluent par exemple des formulaires de saisie correspondant aux données cliniques des patients nécessaires.
- Le dossier patient informatisé permet d'évaluer la qualité des soins et de la prise en charge et contribue ainsi à faire évoluer les pratiques et les organisations. [10]

### **6.4 Les objectifs du DPI:**

Le DPI doit tendre vers les objectifs suivants :

- Stockage du dossier dans un volume réduit, y compris les données multimédias. Complétude (exhaustivité de documents informatisés ; le DPI doit être le plus complet possible) ;
- Lisibilité du dossier ;
- Accès facile et rapide aux informations recherchées ;
- Disponibilité de l'information ;
- Partage des données et communication entre partenaires du système ;
- Regroupement des données dans le but d'effectuer des recherches cliniques ;
- Sécurité de l'information et confidentialité. [9]

## 7. La notion d'handicap:

### 7.1 Définition:

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), est appelé handicapé celui dont « l'intégrité physique ou mentale est progressivement ou définitivement diminuée, soit congénitalement, soit sous l'effet de l'âge, d'une maladie ou d'un accident, en sorte que son autonomie, son aptitude à fréquenter l'école ou occuper un emploi, s'en trouve compromise ». Le handicap désigne donc la limitation des possibilités d'interaction d'un individu avec son environnement, causée par une déficience provoquant une incapacité, permanente ou non, impliquant du stress et des difficultés morales, intellectuelles, sociales et/ou physiques. Le mot « handicap » proviendrait de l'expression anglaise hand in cap, qui signifie « main dans le chapeau » : lors d'un troc, celui qui recevait un objet d'une valeur supérieure à l'autre devait mettre, dans un chapeau, de quoi rétablir l'équité. L'expression est récupérée au xviii<sup>e</sup> siècle dans le milieu des courses hippiques : le handicap permettait de donner autant de chances à tous les concurrents en imposant des difficultés supplémentaires au(x) meilleur(s). Il s'est ensuite défini par opposition à la maladie : le patient était qualifié de « malade » tant que son état de santé était pris en charge, il devenait « handicapé » lorsqu'il était jugé incurable (1827). En France, l'article 2 de la loi du 11 février 2005 portant sur l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, précise que « constitue un handicap, au sens de la présente loi, toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé invalidant »... [11]



Figure4: Handicap

### 7.2 Le type de handicap :

#### ➤ Le handicap mental:

Le handicap mental, ou déficience intellectuelle, est un développement mental insuffisant caractérisé par une limitation des capacités intellectuelles, une capacité limitée et permanente d'apprendre. L'enfant rencontre des difficultés à faire face aux exigences du quotidien et aux contraintes sociales. Ces difficultés sont plus ou moins importantes et peuvent se manifester à différents niveaux : cognitif (réflexion, conceptualisation), communication (langage), motricité, performances sociales, soins personnels, compétences, habiletés sociales, autonomie, santé, sécurité, habiletés scolaires, travail, loisirs... Les troubles du neurodéveloppement (TND) Les troubles du neurodéveloppement regroupent les handicaps intellectuels, les troubles de la communication, le trouble du spectre de l'autisme, le trouble spécifique des apprentissages, les troubles moteurs, le déficit de l'attention/hyperactivité et le comportement (répétitif et stéréotypé). Le Trouble du Spectre autistique (Autisme) est un trouble global et précoce du

développement apparaissant avant 3 ans mais pouvant être diagnostiqué plus tard. Il est marqué par une perturbation de la communication et des interactions sociales.

➤ **Le handicap auditif:**

Le handicap auditif (ou déficience auditive) est un handicap sensoriel. Il s'agit de l'incapacité à entendre normalement les sons entraînant une gêne dans tous les domaines où l'audition joue un rôle, en ce compris la communication orale. Les degrés de surdité et de malentendance sont classés en différentes catégories selon la gravité du handicap.

- Surdité légère.
- Surdité modérée ou moyenne
- Surdité sévère.
- Surdité profonde.
- Surdité totale (cophose).

➤ **Le handicap sensoriel:**

Le handicap sensoriel est une déficience qui peut toucher plusieurs sens tels que : la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût, et peut également concerner le toucher. Cette déficience se définit par une perte totale ou partielle de l'un ou de plusieurs de ces sens.

Dans la grande majorité des cas, le handicap sensoriel se caractérise par des incapacités issues d'une déficience auditive ou visuelle. Il affecte le sens de l'ouïe et le sens de la vue et entraîne dans la quasi-totalité des cas des difficultés de communication et d'intégration sociale.

➤ **Le handicap visuel:**

Déficience de la fonction visuelle (exemples : cécité et malvoyance, amblyopie, achromatopsie). Au niveau mondial, les principales causes de déficience visuelle sont les suivantes : Les défauts de réfraction non corrigés ; la cataracte / la dégénérescence maculaire liée à l'âge / le glaucome / la rétinopathie diabétique / l'opacité cornéenne / le trachome. La déficience visuelle a de graves répercussions sur la qualité de vie. Les jeunes enfants atteints d'une déficience visuelle grave à un stade précoce peuvent éprouver un retard de développement moteur, psychologique, social, cognitif et du langage.

➤ **Les maladies invalidantes:**

Les maladies invalidantes constituent un ensemble de troubles de la santé qui peuvent atteindre les organes internes vitaux (coeur, poumons, reins,..). Ce sont des maladies organiques comme l'insuffisance cardiaque, rénale ou encore immunitaires, les cancers, des troubles musculosquelettiques. Bien souvent, elles sont invisibles mais constituent un vrai handicap.

## **7.3 Le handicap moteur/physique:**

### **7.3.1 Définition:**

Handicap moteur, on entend un ensemble de troubles pouvant entraîner une perte totale ou partielle de la motricité et/ou de la sensibilité. Le handicap moteur a pour conséquence une difficulté d'effectuer certains gestes et tâches manuelles, prendre et manipuler, se déplacer, maintenir ou changer une position ou encore pour bouger certains membres ou certaines parties du corps. Les causes d'un handicap moteur sont variées : maladies acquises ou génétiques, traumatismes dus à un accident, vieillissement, etc.

Le trouble psychique: Le trouble psychique se présente comme une perturbation affectant la pensée (la réflexion), les sentiments (l'humeur) ou le comportement (affectif, social et cognitif) de l'enfant et modifiant sa perception psychique du monde extérieur. Il s'agit d'un trouble des fonctions psychiques (ou mentales), d'une perturbation dans la personnalité et non d'un trouble de l'intelligence. C'est la possibilité pour l'enfant d'utiliser ses capacités intellectuelles qui est ici déficiente.

### 7.3.2 Les difficultés pouvant être rencontrées par les personnes en situation de handicap moteur

- Difficulté de déplacement (locomotion, transferts, etc.)
- Problème lié à la fonction posturale (se tenir debout, assis, etc.)
- Problème lié à l'action sur le monde extérieur (préhension, manipulation d'objet, etc.)
- Difficulté de communication (parole, gestes et mimiques, écriture, etc.)
- Difficulté d'alimentation (mastication, déglutition, etc.)
- Problème lié à la perception du monde extérieur (mouvement des yeux, de la tête...)
- Perte des mouvements réflexes (retrait de la main qui touche un objet brûlant...)
- Perte de la motricité automatique (sphincter, muscles de la paroi intestinale). [12]



Figure5: Type de Handicap

## 8. IA Médicale : Révolution de la Prévention et de la Personnalisation

L'intelligence artificielle (IA) connaît une expansion fulgurante dans divers domaines de notre quotidien, remodelant parfois nos interactions, nos apprentissages ou encore nos méthodes de travail. Parmi les secteurs profondément transformés, la médecine se distingue incontestablement, notamment en lien avec les perspectives inédites qu'elle pourrait offrir. Découvrez sans plus attendre les applications possibles de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé, ses défis et son potentiel pour révolutionner l'avenir des soins médicaux.

### 8.1 Applications de l'IA en médecine:

On sait désormais que l'intelligence artificielle dispose d'un incontestable potentiel, pouvant conduire à améliorer la santé de nombreuses personnes dans le monde. En effet, cette technologie offre plusieurs avantages.

En premier lieu, l'intelligence artificielle s'est avérée être un allié précieux dans l'élaboration du diagnostic médical. En effet, celle-ci peut dorénavant aider les médecins à interpréter plus rapidement les données complexes, accélérer les délais de diagnostic tout en augmentant leur précision.

Par exemple, grâce à son aptitude à analyser des images médicales telles que les radiographies ou les IRM, elle facilite grandement la détection d'anomalies subtiles et parfois insaisissables à l'oeil nu. En segmentant et en reconnaissant avec précision les structures anatomiques normales et pathologiques, l'IA pourrait contribuer à améliorer l'exactitude des diagnostics. Des tumeurs aux fractures en passant par les infections, l'IA peut en effet mettre en lumière les détails cachés et ainsi offrir aux médecins un éclairage précieux pour prendre des décisions éclairées.

Par ailleurs, cette technologie transforme radicalement la dynamique de recherche médicale traditionnelle en traitant rapidement de vastes ensembles de données. Cette capacité à extraire des informations significatives à partir de montagnes de données accélère les étapes de la recherche, ouvrant ainsi la voie à des avancées médicales plus rapides, voire plus efficaces.

Concernant des affections spécifiques telles que le paraplégie et la tétraplégie, également connues sous le nom de paralysie partielle ou totale des membres inférieurs ou supérieurs respectivement, l'IA peut jouer un rôle crucial. Ces conditions peuvent être causées par diverses affections, notamment des lésions de la moelle épinière, des accidents vasculaires cérébraux (AVC) ou des traumatismes physiques.

L'IA peut aider à identifier les signes de ces conditions dans les images médicales, ce qui peut faciliter un diagnostic précoce et une intervention médicale appropriée. En analysant de grandes quantités de données génétiques, médicales et environnementales, l'IA peut également aider les chercheurs à identifier de nouveaux facteurs de risque, des biomarqueurs potentiels et des voies de traitement pour ces conditions.

En résumé, l'IA joue un rôle crucial dans le diagnostic et la recherche médicale, offrant aux médecins et aux chercheurs des outils puissants pour détecter précocement des affections telles que le paraplégie et la tétraplégie, ainsi que pour développer de nouveaux traitements et thérapies.

## **8.2 Approche Personnalisée et Préventive:**

Une autre des caractéristiques remarquables dans cette technologie dans le domaine de la médecine réside dans son habileté à personnaliser les traitements en fonction des caractéristiques uniques de chaque individu. En exploitant les données génétiques et médicales de chaque patient, l'IA est désormais en mesure d'élaborer des stratégies thérapeutiques spécifiques, optimisant ainsi les résultats. Cette approche individualisée transcende les schémas de traitement standard, considérant chaque patient comme un cas à part entière. L'IA tend également à devenir un acteur majeur dans la prévention des maladies. Les dimensions génétiques, environnementales ou encore comportementales sont ainsi prises en considération dans le but de prédire les risques pour la santé. En identifiant les populations à haut risques, cette technologie peut donc permettre une intervention précoce et ciblée, contribuant ainsi à minimiser la propagation des maladies potentiellement graves. Cette approche proactive renforce les mesures de santé publique et marque une avancée significative vers des stratégies de prévention plus personnalisées et efficaces. L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine médical a également ouvert de nouvelles perspectives pour aider les personnes atteintes de paralysie. Les fauteuils roulants motorisés équipés d'IA représentent une avancée significative dans l'autonomie des personnes atteintes de paralysie. Ces fauteuils intelligents sont capables de comprendre et de répondre aux besoins spécifiques de chaque utilisateur, en anticipant même leurs mouvements. Par exemple, certains fauteuils roulants dotés de capteurs et d'algorithmes d'apprentissage automatique peuvent prédire les intentions de l'utilisateur, lui permettant ainsi de se déplacer de manière plus fluide et plus naturelle. De plus, ces fauteuils peuvent être connectés à d'autres dispositifs intelligents dans l'environnement, facilitant ainsi la navigation dans différents espaces et rendant les déplacements plus sûrs et plus efficaces. Cette technologie offre donc aux personnes atteintes de paralysie une plus grande indépendance et une meilleure qualité de vie en leur permettant de se déplacer plus facilement et en toute sécurité dans leur quotidien. Elle

représente un pas important vers l'amélioration de l'inclusion et de l'autonomie des personnes en situation de handicap.

## **9. Conclusion:**

En conclusion, l'intersection entre l'informatique médicale, le handicap et l'intelligence artificielle représente un horizon encore plus prometteur pour l'innovation et l'amélioration de la qualité de vie. En intégrant les capacités d'apprentissage automatique et d'analyse des données de l'intelligence artificielle aux avancées en informatique médicale et aux besoins spécifiques des personnes handicapées, nous ouvrons la porte à des solutions encore plus personnalisées et efficaces.

L'intelligence artificielle peut jouer un rôle crucial dans la prédiction précoce des complications de santé chez les personnes handicapées, dans l'adaptation intelligente des dispositifs et des environnements pour répondre aux besoins individuels, ainsi que dans l'amélioration continue des soins de santé grâce à l'analyse des données médicales à grande échelle.

En investissant dans la recherche et le développement de solutions intégrant l'intelligence artificielle, nous pouvons véritablement transformer les défis en opportunités, et façonner un avenir où la technologie, combinée à l'empathie et à la compréhension des besoins humains, devient un outil puissant pour favoriser l'inclusion, l'autonomie et le bien-être pour tous.

# Chapitre 2 :L'intelligence artificielle

## 1. Introduction :

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de l'informatique qui se concentre sur le développement de systèmes et de machines capables d'effectuer des tâches qui nécessitent généralement une intelligence humaine. Ces systèmes sont conçus pour apprendre, raisonner, percevoir et agir de manière autonome afin de résoudre des problèmes, prendre des décisions et interagir avec leur environnement de manière adaptative. L'IA connaît un essor exponentiel, offrant des applications dans de nombreux domaines, tels que la santé, les transports, la finance, l'éducation et bien d'autres, promettant ainsi de révolutionner de nombreux aspects de notre vie quotidienne.

## 2. Définition de l'intelligence artificielle :

On pourrait dire que l'Intelligence Artificielle (IA) est un ensemble de techniques permettant à des machines d'accomplir des tâches et de résoudre des problèmes normalement réservés aux humains et à certains animaux. Les tâches relevant de l'IA sont parfois très simples pour les humains, comme par exemple reconnaître et localiser les objets dans une image, planifier les mouvements d'un robot pour attraper un objet, ou conduire une voiture. Elles requièrent parfois de la planification complexe, comme par exemple pour jouer aux échecs ou au Go. Les tâches les plus compliquées requièrent beaucoup de connaissances et de sens commun, par exemple pour traduire un texte ou conduire un dialogue. Depuis quelques années, on associe presque toujours l'intelligence aux capacités d'apprentissage. C'est grâce à l'apprentissage qu'un système intelligent capable d'exécuter une tâche peut améliorer ses performances avec l'expérience. C'est grâce à l'apprentissage qu'il pourra apprendre à exécuter de nouvelles tâches et acquérir de nouvelles compétences. Les algorithmes et l'intelligence artificielle occupent une place déjà importante dans notre vie, et cela va s'accroître avec le temps. Le « Deep Learning » est la technologie d'apprentissage automatique la plus prometteuse, Le réseau peut traiter de grandes quantités d'informations et apprendre progressivement des images, du texte ou des données. [13]

## 3. historique de l'intelligence artificielle :

L'histoire de l'intelligence artificielle débute en 1943, avec la publication de l'article « A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity. » par Warren McCulloch et Walter Pitts. Dans ce document, les scientifiques présentent le premier modèle mathématique pour la

création d'un réseau de neurones. En 1950, Snarc, le premier ordinateur à réseau de neurones, sera créé par deux étudiants de Harvard : Marvin Minsky et Dean Edmonds. La même année, Alan Turing publie le Turing Test qui sert encore pour évaluer les IA. De ce test découlent les fondations de l'intelligence artificielle, de sa vision et de ses objectifs : répliquer ou simuler l'intelligence humaine dans les machines.

Se former à l'intelligence artificielle Mais ce n'est qu'en 1956, que le terme d'intelligence artificielle sera prononcé pour la première fois, durant la conférence « Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. » de John McCarthy. Lors de cet événement, les chercheurs présentent les objectifs et la vision de l'IA.

Beaucoup considèrent cette conférence comme la véritable naissance de l'intelligence artificielle telle qu'elle est connue.

Plusieurs années s'écoulent et les travaux sur l'intelligence artificielle continuent. En 1959, Arthur Samuel invente le terme de Machine Learning en travaillant chez IBM. En 1989, le français Yann Lecun met au point le premier réseau de neurones capable de reconnaître des chiffres écrits à la main, cette invention sera à l'origine du développement du deep learning.

Et c'est dix ans plus tard, en 1997, qu'un événement majeur marque l'histoire de l'IA. Le système Deep Blue d'IBM triomphe du champion du monde d'échecs Gary Kasparov. Pour la première fois, la machine a vaincu l'Homme. [14]

#### **4. Les types de l'intelligence artificielle :**

- **Intelligence artificielle forte :**

On parle d'IA forte lorsqu'un modèle fait référence à des connaissances philosophiques et montre des signes d'une conscience propre. Proche d'un scénario de science-fiction, les chercheurs en IA pensent néanmoins que l'IA forte est impossible à créer actuellement. Pour eux, la notion de conscience et de sentiments ne peut voir le jour dans des systèmes mathématiques qui manipulent et répondent par des symboles et des calculs.

- **Intelligence artificielle faible :**

La dernière distinction de l'intelligence artificielle est l'IA faible ou étroite. Cette IA est un système capable de réaliser une seule tâche de manière quasi parfaite, sans besoin de supervision humaine. C'est le modèle le plus utilisé et créé pour accélérer divers processus dans différents secteurs d'activité. [14]

#### **5. Les techniques de l'intelligence artificielle :**

##### **5.1 Les Systèmes Experts :**

Les systèmes experts datent des années 60-70 et tentent d'imiter un expert humain dans un domaine particulier, en s'appuyant sur des connaissances pour répondre à une question donnée. Ils exploitent pour cela des faits connus et une liste de règles préétablies. Ils sont utilisés dans de nombreux domaines (diagnostic, estimation des risques, logistique...).

Un système expert est constitué de différentes parties liées entre elles [15]:

- **une base de règles :**

Elle contient les connaissances de l'expert constituées sous forme de règles telles que « SI x ALORS y », où x est un ensemble de conditions (nommées prémisses) et y une conclusion. Par exemple : SI véhicule ET 2 roues ET pédalier ET pas de moteur ALORS vélo.

- **une base de faits :**

Elle contient les connaissances du système sur un cas particulier. Les entrées sont les informations fournies par l'utilisateur et les faits inférés sont celles déduites de l'application des règles.

Dans l'exemple précédent, si l'utilisateur précise qu'il y a 4 roues, le fait inféré est qu'il ne s'agit pas d'un vélo.

➤ **un moteur d'inférence :**

Il va sélectionner et appliquer les règles avec le plus de logique possible et ensuite créer les faits déduits dans la base de faits. Au final, le moteur doit savoir à quel moment terminer et apporter une réponse. Le moteur utilise le chaînage :

◦ Le chaînage avant va définir, à partir de la base de faits, si une règle peut ou non s'appliquer. Il a comme avantage la découverte de nouveaux faits mais comme inconvénient que ceux-ci peuvent ne pas participer au résultat.

◦ Le chaînage arrière part du résultat pour tenter de l'obtenir à partir des règles. Il a comme avantage de viser à répondre le plus directement possible mais a comme inconvénient de nécessiter certaines règles qui ne pourront pas être prouvées, faute de faits.

◦ Le chaînage mixte alterne chaînages avant et arrière afin de palier aux carences de ceux-ci.

➤ **une interface :**

Elle va interagir avec l'utilisateur, en lui posant des questions explicites, en lui demandant de saisir des valeurs si besoin afin de valider ou non certaines règles et en affichant les solutions du moteur.

## 5.2 La Logique :

La logique formelle est utilisée pour le raisonnement et la représentation des connaissances. Elle se décline en deux principales formes, la logique propositionnelle et la logique prédicative. La logique propositionnelle opère sur des affirmations qui sont vraies ou fausses, et utilise la logique connective avec des opérateurs tels que « et », « ou », « non » et « implique ». La logique prédicative étend la logique propositionnelle et peut aussi opérer sur des objets, prédicats ou relations. Elle peut utiliser des quantificateurs comme dans « *Chaque X est un Y* » ou « *Certains X sont des Y* ».

L'inférence logique (ou déduction) est le processus qui consiste à fournir une nouvelle affirmation (la conclusion) à partir d'autres affirmations connues comme étant vraies (les prémisses). Une règle d'inférence décrit les étapes valides d'une preuve ; la plus générale est la règle de résolution. L'inférence peut être réduite à la recherche d'un chemin amenant des prémisses aux conclusions, où chaque étape est une application d'une règle d'inférence. Mais à part pour de courtes preuves dans des domaines restreints, la recherche exhaustive prend trop de temps.

La logique floue assigne des valeurs de vérité entre 0 et 1, permettant de gérer des affirmations vagues, comme « il fait chaud ». La logique non monotone permet d'annuler certaines conclusions. Divers autres formes de logique sont développées pour décrire de nombreux domaines complexes.[16]

## 5.3 Les Algorithmes Génétiques :

Ces algorithmes, aussi appelés algorithmes évolutionnaires, se basent sur les travaux initiés dans les années 60 par John Henry Holland. Ils simulent les lois de Mendel sur la génétique : la transmission aux descendants de certains facteurs dominants, les mutations, les sauts de génération de certains facteurs...

Ils ont comme particularité de tester plusieurs versions des solutions potentielles. Chacune d'entre elles est notée (avec une fitness) et seulement les meilleures sont conservées (grâce à une fonction d'évaluation préalablement choisie). Deux opérateurs artificiels sont ensuite appliqués pour simuler la sélection naturelle et l'amélioration :

1. le croisement entre les solutions, appelé crossover, crée un nouveau descendant à partir de deux ascendants.
2. les mutations aléatoires : cela consiste à choisir au hasard certaines valeurs afin d'introduire de la nouveauté, pour découvrir de nouvelles solutions potentielles.

Les différentes solutions générées ainsi sont à leur tour évaluées. Ce genre de traitement peut continuer sans fin et il faut donc décider de ce qui détermine son arrêt.

Les algorithmes génétiques sont utilisés dans les milieux créatifs ou complexes (design, biologie, finance...) afin de rechercher de nouvelles solutions. [15]

#### **5.4 Les Systèmes Multi-agents :**

Ce sont des techniques d'intelligence distribuée basées sur l'intelligence sociale de certains insectes, comme les fourmis ou les termites accomplissant un but collectif sans forcément avoir conscience individuellement du résultat global.

Les individus sont nommés agents et évoluent dans un environnement, avec différentes possibilités de perception de celui-ci. Ils agissent selon des règles, qui peuvent aussi bien être basiques qu'avancées, et incluant de l'apprentissage.

L'idée des systèmes multi-agents est que la solution à un problème ne vient pas d'un individu seul mais qu'elle vient de l'émergence des interactions des différents éléments de l'environnement.

Ces techniques permettent ainsi de simuler une foule ou un trafic et aident à mieux comprendre les comportements dans un environnement non figé. [15]

#### **5.5 Les Méta-heuristiques D'optimisation :**

Il s'agit d'algorithmes de recherche de minimums afin de viser à la meilleure optimisation possible, par exemple en trouvant comment charger un véhicule de façon optimale, comment réduire au maximum les coûts, comment remplir au maximum un sac à dos avec des objets de valeur...

Une solution est de faire une recherche exhaustive en testant toutes les possibilités. Cela peut cependant nécessiter du temps de calcul vu que les possibilités augmentent exponentiellement en fonction du nombre de choix possibles.

Les méthodes méta-heuristiques proposent différentes techniques afin de palier à cela, sans forcément obtenir la valeur optimale mais en s'y rapprochant rapidement. Il y a notamment [15]:

- **Les algorithmes gloutons:** après avoir effectué un tri adapté au but visé, il s'agit de prendre, étape par étape, l'une des valeurs possibles de la liste et de continuer tant que le but n'est pas atteint. Cet algorithme renvoie rapidement une solution.
- **La descente de gradient:** à partir d'une solution choisie, Cet algorithme recherche à l'optimiser en prenant comme base l'un des éléments de la solution et en testant de nouvelles possibilités.

#### **5.6 L'apprentissage automatique :**

L'apprentissage automatique (ML) est une discipline de l'IA qui fait référence au développement, à l'analyse et à l'implémentation de méthodes qui permettent à une machine d'évoluer grâce à un processus d'apprentissage, et ainsi de remplir des tâches qu'il est difficile ou impossible de remplir par des moyens algorithmiques plus classiques, l'objectif est d'extraire et exploiter automatiquement l'information présente dans un jeu de données. On distingue généralement trois types d'apprentissage [17] :

##### **5.6.1 L'apprentissage supervisé :**

Un ensemble d'apprentissage et les résultats souhaités correspondants de la fonction pour apprendre sont bonne fonctionnement. Ainsi, lors de l'apprentissage de l'algorithme présente

itérativement des exemples au système et adapte ses paramètres en fonction de la distance entre les sorties produites et les sorties souhaitées.

### 5.6.2 Apprentissage non supervisé :

La structure sous-jacente des données d'expérience, c'est à-dire le résultat souhaité, est inconnu et doit être déterminée par l'entraînement d'Algorithmes. Par exemple, pour une méthode de classification, cela signifie que les informations sur les classes ne sont pas disponibles et doivent être approximées par groupe des exemples d'apprentissage utilisant une certaine mesure de distance, une technique appelée le regroupement (*clustering*).

### 5.6.3 L'apprentissage par renforcement :

Le résultat exact de la fonction à apprendre n'est pas prédéfini, et l'apprentissage consiste en ajustant des paramètres basés seulement sur deux concepts, la récompense et la pénalité. Autrement dit, si le système ne fonctionne pas bien (assez) il est « pénalisé » et les paramètres sont adaptés en conséquence. Sinon, il est « récompensé », c.-à-d. un certain renforcement positif prend lieu.

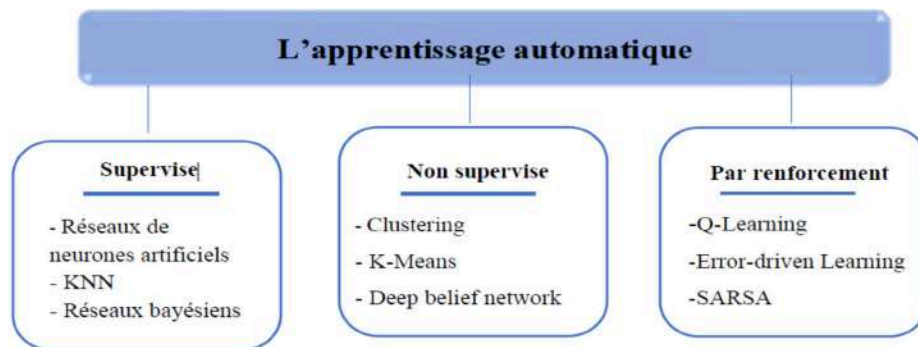


Figure6: Les différentes méthodes de ML

Le machine learning possède différentes techniques, Il y a notamment :

#### ○ Support Vector Machine (SVM) :

est l'un des algorithmes les plus populaires et les plus utilisés pour les cas de classifications, c'est un algorithme d'apprentissage supervisé qui a pour objectif de trouver dans un ensemble de n-dimension la ligne qui divise au mieux les données en classes et qui permet de mettre facilement les données dans la catégorie adéquate, cette frontière linéaire est appelée Hyperplan, Les SVM choisissent les points/vecteurs en maximisant la distance pour créer les hyperplans, ces points et vecteurs sont appelés support vecteur.[18]

#### ○ Arbre de décision :

L'arbre de décision est une technique d'apprentissage supervisé qui peut être utilisé pour les problèmes de classifications ainsi que ceux de (régression), c'est une classification sous forme d'arbre ou chaque nœud représente des paramètres de la base de donnée, et chaque branche représente une règle/ condition appliquée et chaque feuille représente une sortie.

L'architecture d'un arbre de décision se base sur 2 types de nœuds, les nœuds de décision et les nœuds feuilles, les nœuds de décision sont divisés en plusieurs branches tandis que les nœuds feuilles représentent les sorties et ne sont suivi d'aucune branche. [19]

### 5.7 Réseaux de neurones :

Chaque fois que nous apprenons quelque chose, notre cerveau stocke les connaissances. L'ordinateur utilise la mémoire pour stocker des informations. Bien qu'ils stockent tous les deux des informations, leurs mécanismes sont très différents. L'ordinateur stocke des informations à des emplacements spécifiés de la mémoire, tandis que le cerveau modifie l'association des

neurones. Le neurone lui-même n'a pas de capacité de stockage ; il ne fait que transmettre des signaux d'un neurone à l'autre. Le cerveau est un réseau gigantesque de ces neurones et l'association des neurones forme une information spécifique. Un réseau de neurones imite le mécanisme du cerveau. Comme le cerveau est composé de connexions de nombreux neurones, le réseau de neurones est construit avec des connexions de nœuds, qui sont des éléments correspondant aux neurones du cerveau. Le réseau de neurones imite l'association des neurones, qui est le mécanisme le plus important du cerveau, en utilisant la valeur de poids [8], nous utilisons les réseaux de neurones récurrents pour entraîner des modèles de reconnaissance vocales capables de convertir des commandes vocales en texte.

### 5.8L'apprentissage profond :

Le deep Learning ou apprentissage profond est un type d'intelligence artificielle dérivé du Machine Learning (apprentissage automatique) où la machine est capable d'apprendre par elle-même, contrairement à la programmation où elle se contente d'exécuter à la lettre des règles prédéterminées. Le deep Learning s'appuie sur un réseau de neurones artificiels s'inspirant du cerveau humain. Ce réseau est composé de dizaines voire de centaines de « couches » de neurones, chacune recevant et interprétant les informations de la couche précédente. Le système apprendra par exemple à reconnaître les lettres avant de s'attaquer aux mots dans un texte, ou détermine s'il y a un visage sur une photo avant de découvrir de quelle personne il s'agit. [21]

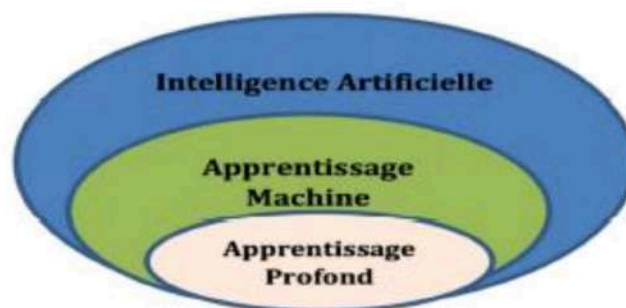


Figure7 : Le deep Learning

### 5.9Traitement du langage naturel (NLP) :

Le traitement du langage naturel est une branche de l'IA qui se concentre sur la possibilité des machines à comprendre, interpréter et générer le lexique humain. C'est ce qui rend possible des programmes comme les chatbots, les assistants vocaux et la traduction automatique. [22]

Le NLP repose sur des algorithmes complexes qui analysent la communication à différents niveaux : syntaxe, sémantique, et pragmatique.

**Analyse syntaxique :** Décortique la structure grammaticale des phrases.

**Compréhension sémantique :** Interprète le sens des mots et des phrases.

**Manipulation pragmatique :** Comprend le contexte et l'intention derrière les phrases.

Le NLP est omniprésent dans notre vie quotidienne, souvent sans même que nous en soyons conscients.

**Assistants vocaux :** Siri, Alexa, et Google Assistant utilisent le NLP pour comprendre et répondre aux requêtes des utilisateurs.

**Traduction automatique :** Des outils comme Google Translate traduisent instantanément le texte d'une langue à une autre.

**Analyse des sentiments :** Les entreprises utilisent le NLP pour analyser les opinions des clients sur les réseaux sociaux.

Nous utilisant NLP pour comprendre l'intention derrière les commandes vocales de l'utilisateur, cela peut inclure l'utilisation de modèles de classification pour classifier les intentions.

## **6. La robotique:**

### **6.1 Définition :**

Systèmes dotés d'un certain degré d'intelligence et des moyens de perception et de commande associée permettant de réagir seuls à un changement de circonstance (dont situations imprévues) dans l'environnement de travail.

Un robot est un dispositif mécatronique (alliant mécanique, électronique et informatique) accomplissant automatiquement soit des tâches qui sont généralement dangereuses, pénibles, répétitives ou impossibles pour les humains, soit des tâches plus simples mais en les réalisant mieux que ce que ferait un être humain. Les robots sont intensivement utilisés dans l'industrie, où ils effectuent sans relâche des tâches répétitives et avec rigueur. ... Les robots industriels sont souvent munis de systèmes de vision qui leur procurent une souplesse d'exécution et des moyens de vérifier la qualité des produits fabriqués. [23]

### **6.2 Evolution :** On peut distinguer 3 évolutions de robots [24]:

- **Les Automates :** sont généralement programmés à l'avance et permettent d'effectuer des actions répétitives.
- **Les Robots équipés de capteurs :** de température, photoélectronique, ou à ultrasons. Ces capteurs vont permettre de prendre en compte des paramètres aléatoires de l'environnement qui n'aurait pu être envisagés lors de leur programmation initiale. Ces robots sont donc bien plus autonomes que les automates.
- **Les robots dotés d'une IA :** ceux disposant d'une intelligence dite "artificielle" et reposant sur des modèles mathématiques complexes tels que les réseaux de neurones. En plus de capteurs physiques comme leurs prédécesseurs, ces robots peuvent prendre des décisions beaucoup plus complexes et s'appuient également sur un apprentissage de leurs erreurs comme l'être humain.

### **6.3 Types de robots :**

#### • **Les robots manipulateurs :**

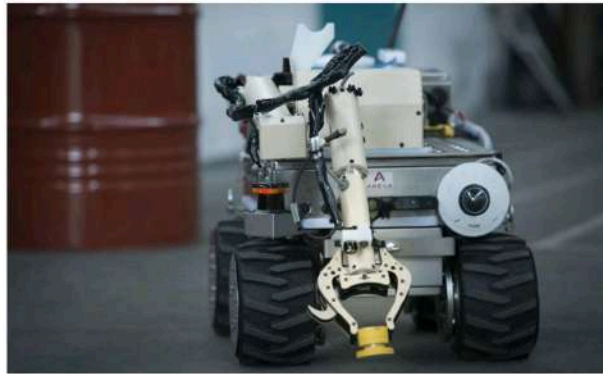
Un robot manipulateur se présente sous forme d'un bras doté d'un certain nombre de segments articulés. Il est conçu pour manipuler ou déplacer des matériaux, outils et pièces sans contact humain direct. Ils sont utilisés dans des applications industrielles pour effectuer efficacement des tâches telles que l'assemblage, soudage, traitement de surface, et le forage. [24]

#### • **Les robots mobiles :**

Un robot mobile est celui qui peut se déplacer dans son environnement de façon autonome. Pour ce faire, le robot doit pouvoir naviguer avec une précision qui varie en fonction de la taille du robot et du type de la tâche à réaliser [24], selon le système de locomotion on peut distinguer :

✓ Robots à roues :

En raison de la simplicité du mécanisme de mouvement utilisé, ce type de robot est actuellement le plus réactif. La majorité des robots roses mobiles sont utilisés dans les espaces paysagers, les environnements industriels ou les environnements intérieurs. La mobilité par roues est la structure mécanique la plus utilisée. Ce type de robot assure un déplacement avec une accélération et une vitesse rapide mais nécessite un sol relativement plat. [25]



**Figure8 : Exemple d'un robot mobile à roues.**

✓ Robots à chenilles :

Lorsque le terrain est accidenté, les roues perdent leur efficacité de locomotion. Ceci limite la capacité de mouvement du robot mobile équipé de ce type de système de locomotion. Dans ces conditions, les chenilles sont plus intéressantes car elles permettent d'augmenter l'adhérence au sol et de franchir des obstacles plus importants. [25]



**Figure9 : Exemple d'un Robot mobile utilisant la chenille.**

✓ Robot à pattes:

Dans la situation où le terrain est encore plus incertain, avec de grandes différences de hauteur comme par exemple un escalier ou un terrain très accidenté, les types précédents n'est plus efficaces, et on fait recours aux robots mobiles à pattes. Ils ont des points d'appui discrets sur le terrain et sont donc la solution à ce problème de mouvement. Par contre, la conception et le contrôle d'un engin à pattes sont très complexes. En plus, la

vitesse d'évolution est généralement très réduite. La commande est très difficile, dépend de la multiplicité des actionneurs utilisés. [25]

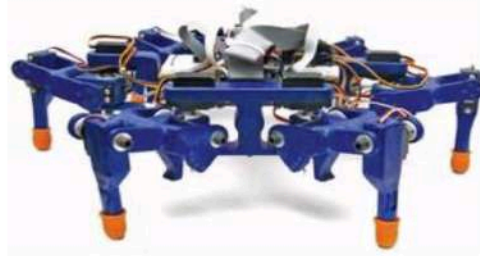


Figure10 : Exemple d'un Robot mobile a 6 pattes

✓ Les autres moyens de locomotion:

Cette catégorie englobe les robots mobiles qui utilisent un moyen de locomotion différent des trois précédents. Par exemple, les robots mobiles qui se déplacent par reptation, les robots sous-marins, les robots d'exploration spatiale et les robots volants.. Les applications et la commande de ces robots sont très spécialisées, l'architecture est en général spécifique à l'application visée. Pour utiliser et gérer ces machines d'une manière efficace, elles doivent être équipées par un ensemble de capteurs et d'actionneurs de réaction pour un mouvement souhaité.[26]

#### 6.4 Avantages et inconvénients:

Avantages	Inconvénients
- Productivité, sécurité, efficacité, et qualité, accrues des produits.	- Coût élevé, et nécessité de programmation.
- Pas de fatigue/vacance/assurance médicale.	- Peur de la perte d'emploi pour les humains
- Précision linéaire de 10 à 20 microns.	- Consommation d'énergie
- Perfectionnement continu.	- Manque de réactivité/prise de décision.
	- Capacités encore limitées.

Figure11 : Avantages et inconvénients de la robotique [24]

#### 6.5 Domaines d'utilisation :

##### ▪ Les robots militaires :

Sont des robots principalement utilisés pour la surveillance aussi bien dans les airs que dans la mer. Les drones sont une sous-classe.

##### ▪ Les robots explorateurs :

Ils permettent de par leurs tailles ou leurs capacités particulières d'explorer de nouveaux environnements. Cela permet parfois de limiter les pertes humaines, par exemple les naufrages de bateaux, l'exploration de territoires ennemis, ou encore des reliefs terrestres inconnus ou même des autres planètes.

##### ▪ Les robots industriels :

Sont utilisés dans un environnement de fabrication industrielle. Ils sont utilisés dans la fabrication des automobiles, des composants et des pièces électroniques, des médicaments et de nombreux produits.

- **Robots domestiques ou de service :**

Utilisés à la maison. Ce type de robots comprend de nombreux appareils très différents, tel que les aspirateurs robotiques, robots nettoyeurs de piscines, balayeuses, nettoyeurs gouttières et autres robots qui peuvent faire différentes tâches.

- **Robots en médecine et chirurgie :**

Sont utilisés dans le cadre d'une application thérapeutique, par exemple lors d'une chirurgie ou au cours d'un programme de réhabilitation neuromotrice. Du fait des contraintes importantes en matière de sécurité, leur niveau d'autonomie est faible. [24]

## **7. Avantages et inconvénients de l'intelligence artificielle :**

### **Les avantages :**

- Amélioration de la productivité et de l'efficacité.
- Révolution dans le secteur de la santé et de la médecine.
- Favoriser l'apprentissage et la formation.
- Impact sur le big data et la justice.
- Transformer l'expérience client dans l'e-commerce.
- Innovations dans l'automobile et les transports.
- Les utilisation quotidienne et réduction des erreurs.

### **Les inconvénients :**

- Les risques liés à la vie privée et la sécurité .
- Remodelage de la Créativité Artistique par l'Intelligence Artificielle .
- Les erreurs et les problèmes d'amélioration avec l'expérience .
- Considérations économiques: Coûts et impacts sur l'emploi . [27]

## **8. Domaines d'applications :**

L'intelligence artificielle, définie comme intelligence présentée par les machines, a de nombreuses applications dans la société d'aujourd'hui. Plus précisément, c'est l'IA faible, la forme d'IA avec laquelle les programmes sont développés pour effectuer des tâches spécifiques, qui est utilisée pour un large éventail d'activités, y compris le diagnostic médical, le commerce électronique, le contrôle des robots et la télédétection. L'IA a été utilisée pour développer et faire progresser de nombreux domaines et industries, y compris la finance, la santé, l'éducation, le transport, et plus encore. [28]

- **Surveillance et sécurité :**

La technologie de reconnaissance faciale basée sur l'apprentissage automatique est utilisée pour reconnaître les extrémistes dans les endroits bondés des visiteurs des centres de congrès, des aéroports et de divers autres événements importants. Maintenant, dans la situation pandémique

de COVID-19, cette technologie s'avère très utile dans la communication et la sécurité sans contact. Ainsi, actuellement utilisé dans de nombreuses entreprises. En outre, la vision par ordinateur est utilisée dans la reconnaissance faciale à des fins de sécurité. Un algorithme reconnaît les visages de la personne puis autorise une accessibilité supplémentaire. De plus, utilisé pour la vérification automatique du système de présence dans les instituts professionnels. Cela offre une facilité par rapport aux méthodes conventionnelles telles que les clés, les cartes d'identité qui peuvent être facilement volées.

- **Reconnaissance de caractères manuscrits :**

Facilite le travail des organisations où les documents manuscrits sont volumineux. Par exemple, les universités, les centres d'examens, la police, etc. C'est un processus de numérisation et de numérisation de documents en quelques minutes.

- **La reconnaissance vocale :**

Un processus de traduction de mots prononcés en texte. Il offre des avantages aux systèmes de santé, militaires, dans les voitures ou pour créer des interfaces vocales et des assistants vocaux dans la vie quotidienne, car il contribue à améliorer l'accessibilité. La reconnaissance vocale est également appelée reconnaissance vocale et reconnaissance vocale automatique. Les divers algorithmes utilisés sont les réseaux de neurones artificiels, la quantification vectorielle, l'enveloppement dynamique du temps.

- **La santé :**

Grâce à la recherche, un logiciel spécial peut détecter avec précision toute variation chez les humains dans le service de santé. Il peut détecter divers paramètres en même temps et les traiter pour les dossiers médicaux dans des applications en temps réel. En outre, l'analyse statistique de la documentation médicale s'avère être une excellente référence.

- **La finance :**

Les prédictions basées sur des données historiques peuvent être effectuées à l'aide de l'apprentissage automatique. Diverses applications telles que les prévisions de prix des actions, la recherche scientifique, les campagnes de marketing et bien d'autres cas. Généralement, des réseaux de neurones artificiels et des algorithmes de forêt aléatoire sont utilisés pour les prédictions.

## **9. Intelligence artificielle en système embarquée:**

L'intelligence artificielle embarquée, également appelée IA embarquée, désigne l'intégration de capacités d'IA directement dans des appareils, systèmes et objets connectés. Cette évolution technologique permet à ces entités de prendre des décisions et d'effectuer des tâches complexes de manière autonome, sans dépendre d'une connexion Internet constante ou d'une interaction humaine.

L'IA embarquée repose sur plusieurs composants clés, notamment [29]:

- **Les Capteurs :**

Les capteurs sont les "yeux" et les "oreilles" des systèmes d'IA embarqués. Ils collectent des données à partir de l'environnement, telles que des images, du son, des températures, et bien d'autres, fournissant ainsi des informations essentielles pour la prise de décision.

- Les Microprocesseurs :

Les microprocesseurs sont le cerveau de l'IA embarquée. Ils traitent les données collectées par les capteurs et exécutent des algorithmes d'IA pour prendre des décisions en temps réel.

- Le Logiciel Embarqué :

Le logiciel embarqué comprend les algorithmes d'IA, les bibliothèques de machine learning, et les codes qui permettent à l'IA embarquée de fonctionner. Il est spécialement conçu pour être exécuté sur des systèmes embarqués avec des ressources limitées.

- Les Interfaces Utilisateurs :

Pour les systèmes IA qui nécessitent une interaction avec les utilisateurs, des interfaces utilisateur adaptées sont conçues pour permettre une communication efficace.

## **10. Conclusion :**

l'intelligence artificielle représente une révolution technologique majeure qui transforme notre façon de vivre, de travailler et d'interagir avec le monde qui nous entoure. Son potentiel est immense, offrant des opportunités d'innovation, d'efficacité et de progrès dans de nombreux domaines. Cependant, son déploiement soulève également des questions éthiques, sociales et politiques complexes, nécessitant une réflexion continue et une régulation appropriée pour garantir son utilisation bénéfique tout en minimisant les risques potentiels. En fin de compte, l'avenir de l'intelligence artificielle dépendra de notre capacité à équilibrer ses avantages avec ses défis, tout en garantissant qu'elle serve le bien-être de l'humanité dans son ensemble.

---

# Chapitre 3 : System Embarqués Et Application Mobile

## 1. Introduction :

Les systèmes embarqués et les applications mobiles sont deux domaines technologiques en constante évolution qui ont profondément transformé notre façon d'interagir avec le monde qui nous entoure.

Les systèmes embarqués sont des systèmes informatiques spécialisés, intégrés à des dispositifs et équipements divers, et conçus pour exécuter des tâches spécifiques. Ils sont présents dans une multitude d'applications, allant des appareils électroménagers aux véhicules intelligents en passant par les dispositifs médicaux et les objets connectés. Les systèmes embarqués se distinguent par leur petite taille, leur faible consommation d'énergie et leur capacité à fonctionner de manière autonome, sans intervention humaine directe.

D'autre part, les applications mobiles sont des logiciels conçus pour être exécutés sur des appareils mobiles tels que les smartphones et les tablettes. Elles offrent une variété de fonctionnalités et de services, allant des réseaux sociaux aux jeux en passant par la productivité et les services bancaires. Les applications mobiles tirent parti des capacités des appareils mobiles, telles que les capteurs, les caméras et les connexions réseau, pour offrir des expériences utilisateur riches et interactives.

Ensemble, les systèmes embarqués et les applications mobiles repoussent les limites de ce qui est possible en termes d'interactions technologiques. Ils jouent un rôle central dans notre vie quotidienne, en nous offrant des solutions innovantes et en facilitant nos interactions avec le monde numérique qui nous entoure. Au fur et à mesure que ces domaines continuent de se développer et de se perfectionner, nous pouvons nous attendre à voir émerger de nouvelles applications et de nouvelles technologies qui révolutionneront encore davantage notre façon de vivre et de travailler.

## 2. System Embarqués:

Les systèmes embarqués sont devenus omniprésents dans notre vie quotidienne, bénéficiant d'une expansion remarquable et s'intégrant dans divers domaines. Dans ce chapitre, nous aborderons quelques notions fondamentales sur les systèmes embarqués ainsi que les technologies de télécommunication. Cette approche s'explique aisément par le fait que les systèmes embarqués actuels sont largement connectés, et que les communications et réseaux représentent l'un des principaux aspects de ce domaine en constante évolution.

## 2.1 Définition:

Un système embarqué est un système électronique et informatique autonome, souvent temps réel est constitué de puce électronique sur laquelle fonctionne un logiciel dédié à l'exécution de fonction spécifique ; le tout étant destiné à être intégré dans des sous-ensembles, équipements, appareils et produits divers. [30]

Le logiciel a une fonctionnalité fixe à exécuter qui est spécifique à une application. L'utilisateur n'a pas la possibilité de modifier les programmes. Bien souvent, il n'a pas conscience d'utiliser un système à base des microprocesseurs.

Quelle que soit la nature et la complexité du système, on décompose un système embarqué en :

- Le système contrôlé.
- Le système de contrôle.

**Le système contrôlé** = environnement (procédé) équipé d'une instrumentation qui réalise l'interface avec le système de contrôle.

**Le système de contrôle** = éléments matériels (microprocesseurs...) et logiciels dont la mission est d'agir sur le procédé via les actionneurs en fonction de l'état de ce procédé indiqué par les capteurs de manière maintenir ou conduire le procédé dans un état donné. [31]

## 2.2 Classification des systèmes embarqués :

Nous pouvons classer les systèmes embarqués dans trois types comme suit [32] :

- **Systèmes embarqués à petite échelle (SSES) :**

Ces systèmes sont conçus avec un microcontrôleur simple de 8 ou 16 bits, ils ont peu de complexité de matériel et de logiciel et impliquent la conception de niveau conseil. Ils peuvent même être à piles.

- **Systèmes embarqués à échelle moyenne (MSES) :**

Ces systèmes sont habituellement conçus avec des microcontrôleurs de 16 ou 32 de bit ou des DSPs simples ou RISCs. Ceux-ci ont des complexités de matériel et de logiciel avérées.

- **Systèmes embarqués sophistiqués (SES) :**

Les systèmes embarqués sophistiqués ont d'énormes complexités de matériel et de logiciel et peuvent avoir besoin de processeurs extensibles ou de processeurs configurables et des réseaux logiques programmables (PLA).

## 2.3 Caractéristiques :

Les systèmes embarqués traitent certaines caractéristiques spécifiques et ces caractéristiques sont uniques dans chaque système embarqué. Certaines des caractéristiques importantes d'un système embarqué sont. [33]

- a. Spécification de domaine d'application :** Un système embarqué exécute certaines fonctions prévues mais ne pouvant être employées dans aucun autre but. Des spécifications sont généralement attribuées et contribuent à la réduction du prix global du système embarqué.
- b. Temps-réel :** Un système temps réel est un système qui répond à des contraintes temporelles n'est pas forcément un système qui va vite. Il doit pour cela garantir un

déterminisme logique et temporel. Il doit également être fiable. On distingue trois types de temps réel :

- **Le temps réel dur :**

C'est un système pour lequel un retard dans la délivrance du résultat rend le système inutile. C'est par exemple le cas du contrôle d'un missile.

- **Le temps réel mou :**

C'est un système pour lequel un retard dans la délivrance du résultat n'est pas catastrophique. C'est par exemple le cas du système d'ouverture d'une barrière automatique.

- **Le temps réel ferme :**

C'est un système pour lequel on peut tolérer quelques retards (peu souvent) dans la délivrance du résultat. C'est par exemple le cas d'un système multimédia type téléphone mobile.

- c. Réactivité :**

Un système embarqué doit par définition surveiller et contrôler un environnement. Si ce dernier présente lui-même un comportement changeant ou de type événementiel.

- d. Criticité, Fiabilité :**

Du fait de leur portabilité et de la mobilité des produits dans lesquels ils sont incorporés, les systèmes embarqués évoluent généralement dans de conditions environnementales non déterministes et souvent non maîtrisées. Ils sont exposés à des variations et autres contraintes environnementales susceptibles d'induire des défaillances. En même temps que s'accroît leur sophistication, les systèmes embarqués sont utilisés dans des applications de plus en plus critiques dans lesquels leur dysfonctionnement peut générer des nuisances. Ce type de systèmes doit garantir une très haute fiabilité et doit pouvoir réagir en cas de panne de l'un de ses composants.

- e. L'autonomie :**

Les systèmes embarqués doivent en général être autonomes, c'est-à-dire remplir leur mission pendant de longues périodes sans intervention humaine. Cette autonomie est nécessaire lorsque l'intervention humaine est impossible, mais aussi lorsque la réaction humaine est trop lente ou insuffisamment fiable.

- f. La consommation énergétique :**

La gestion de puissance est un autre facteur important qui doit être pris en considération lors de la conception des systèmes embarqués. Les processeurs utilisés dans les systèmes embarqués sont 2 à 3 décades moins puissantes qu'un processeur d'un ordinateur PC. La consommation énergétique est très faible, due à l'utilisation de batteries et/ou, de panneaux solaires voir de pile à combustible pour certain prototype.

## **2.4 Architecture d'un système embarqué :**

L'architecture d'un système embarqué se définit par le schéma ci-dessous (FIGURE1) :

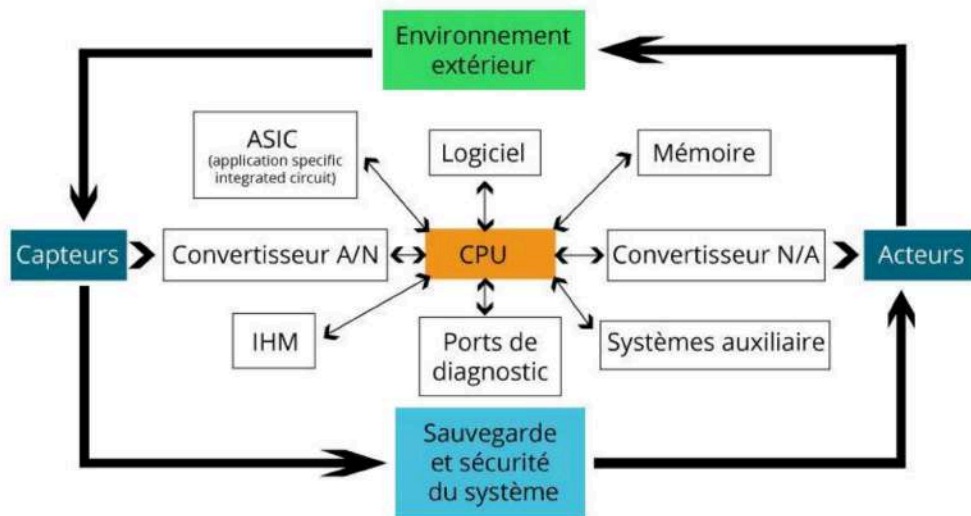


Figure12 : Architecture d'un système embarqué

### 2.5 Avantage des systèmes embarqués :

- Simple pour offrir une création supérieure.
- Moins de coûts par bit de résultante.
- Il n'a pas beaucoup d'interconnexions.
- Il a une meilleure vitesse stable et plus élevée.
- Il a une plus grande fiabilité
- A utiliser pour une seule course.
- Polyvalent car de petite taille.
- Il a une faible utilisation de la force et une meilleure précision dans les résultats.
- Pour mettre à niveau les actifs, par exemple, la mémoire et la puce.
- Il aide à développer la qualité des articles.
- Il peut supporter un large assortiment de climat.
- Moins enclin à répéter les erreurs.
- Pour fournir une réaction constante.
- Il n'a pas d'interface utilisateur et de répétition moindre.
- Pas beaucoup de stockage d'informations.
- Pour exécuter un programme pré-arrangé pour l'application client.
- Comme un cadre installé joue généralement un travail de base qui ne change pas, les nécessités du cadre de travail sont moins difficiles.

### 2.6 Inconvénients du système embarqué :

Il existe quelques restrictions du framework installé, comme suit :

- Après avoir créé le framework installé, vous ne pouvez apporter aucune modification, amélioration ou niveau supérieur.
- Difficile à suivre.
- Difficile de faire une sauvegarde des documents implantés.
- Vous devez réinitialiser tous les paramètres, en raison de tout problème dans le cadre.

- Enquêter est plus difficile.
- Plus difficile de déplacer des informations d'un framework à un autre.
- Les contraintes d'équipement, du fait d'un engagement explicite.
- Moins de robustesse de l'alimentation en force.
- Actifs restreints pour la mémoire.
- Exiger des efforts d'amélioration plus importants pour planifier un cadre installé.
- Besoin de longtemps une opportunité idéale pour faire de la publicité. [34]

### **2.7 Application des systèmes embarqués :**

L'électronique embarquée est introduite dans divers domaines, à savoir :

- **Le domaine grand public** : Smart phone, console de jeux, appareil photos, lecteur audio
- **Les moyens de transport** : Ordinateur de bord, GPS, système de navigation, automobiles, avions, trains, bateau
- **Les équipements médicaux** : Imagerie (rayon X, ultra-sons, IRM) endoscopie, caméra, monitoring, perfusion, lasers, chirurgie, stimulateur cardiaque
- Les équipements de télécommunication : Station mobile, routeur, gateway, satellite
- **Les équipements industriels** : Productions automatisées, systèmes de commande d'énergie, équipements de stockage
- **Les équipements de bureautiques** : Répondeurs, copieurs, imprimante.
- **Les équipements de bâtiment** : Ascenseurs, système de surveillance, contrôle d'accès, systèmes d'éclairage... [35]

## **2.8 Les systèmes Embarqués Arduino:**

### **2.8.1 Présentation d'Arduino :**

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation.

Sans tout ne connaître ni tout comprendre de l'électronique, cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne. Pont tendu entre le monde réel et le monde numérique, Arduino permet d'étendre les capacités de relations humain/machine ou environnement/machine. Arduino est un projet dont les sources sont ouvertes : c'est à dire que les plans, les schémas, etc. sont accessibles et libres de droits. De plus, la très importante communauté d'utilisateurs et de concepteurs permet à chacun de trouver les réponses à ses questions et apporte un boulot énorme de documentation du projet. [36]

### **2.8.2 Pourquoi Arduino ?**

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant à personnes intéressées plusieurs avantages cités comme suit:

#### **□ Le prix (réduits) :**

Les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes. La moins chère des versions du module Arduino peut être assemblée à la main, (les cartes Arduino pré-assemblées coûtent moins de 2500 Dinars).

□ **Multi plateforme :**

Le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.

□ **Un environnement de programmation clair et simple :**

L'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.

□ **Logiciel Open Source et extensible :**

Le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).

□ **Matériel Open source et extensible :**

Les cartes Arduino sont basées sur les Microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA 328, les schémas des modules sont publiés sous une licence créative Commons, et les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent fabriquer la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment elle fonctionne pour économiser le coût. [37]

### 2.8.3 Les types de la carte Arduino :

Il n'existe pas de modèle unique de carte Arduino ; on trouve plusieurs variations, chacune étant conçue pour convenir à différents usages. Choisir la bonne carte n'est pas toujours aisé, car le nombre des cartes s'accroît sans cesse.

Toutefois, une carte peut être considérée comme la pierre angulaire de toute aventure dans le monde Arduino, il existe des différentes cartes d'Arduino on site [38] :

- ❖ **Arduino Uno :** La carte Arduino Uno est basée sur un ATMEGA328 cadencé à 16 MHz. C'est la plus récente et la plus économique carte à microcontrôleur d'Arduino. Des connecteurs situés sur les bords extérieurs du circuit imprimé permettent d'enficher une série de modules complémentaires, la carte Uno est le choix de prédilection d'un débutant, peu chère et facile à utiliser c'est celle que l'on conseille le plus souvent à ceux qui souhaitent se lancer dans l'aventure Arduino.



Figure13 : Arduino Uno

- ❖ **Arduino Leonardo :** Leonardo est l'une des toutes dernières cartes de la gamme Arduino officielle. Elle adopte la même empreinte que Uno, mais le microcontrôleur utilisé est différent, ce qui lui permet de reconnaître un clavier ou une souris d'ordinateur.



**Figure14 : Arduino Leonardo**

- ❖ **Arduino Méga 2560** : Comme son nom le suggère, Méga 2560 est une carte plus grande que l'Uno. Elle est destinée à ceux qui en veulent : plus d'entrées, plus de sorties, et plus de puissance de calcul. Le Méga dispose de 54 broches numériques et de 16 broches analogiques, alors que l'Uno n'aligne que 13 broches numériques et 6 broches analogiques.



**Figure15 : Arduino Mega 2560**

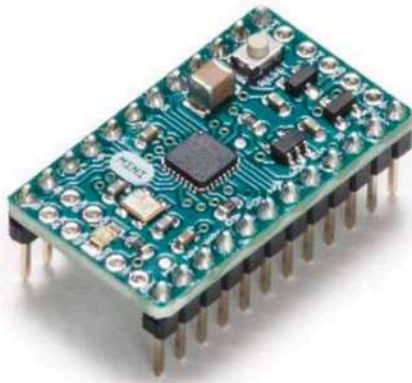
- ❖ **Arduino Nano** : L'Arduino Nano est un condensé d'Arduino Uno qui ne mesure que 1,85 cm sur 4,3 cm. Ces dimensions sont parfaites pour réduire celles d'un projet. La Nano a toute la puissance de l'Arduino Uno, puisqu'il utilise le même microcontrôleur ATmega328, mais ne fait qu'une fraction de sa taille. Il tient à merveille sur une platine d'essai, ce qui le rend idéal pour le prototypage.



**Figure16 : Arduino Nano**

- ❖ **Arduino Mini R5** : Contrairement à ce que son nom suggère, l'Arduino Mini est plus petit que la Nano. Cette carte utilise aussi le microcontrôleur ATmega328, mais elle est

plus concentrée, les connecteurs externes et le connecteur Mini-USB du Nano disparaissant. Elle est parfaitement indiquée si l'espace est pour vous un enjeu, mais il faut la manipuler avec soin lorsqu'on la connecte, car une connexion incorrecte peut facilement la détruire.



**Figure17 : Arduino Mini R5**

Parmi ces types, nous avons choisi une carte Arduino UNO. L'intérêt principal de cette carte est de faciliter la mise en œuvre d'une telle commande.

#### 2.8.4 Matériel Arduino:

La carte Arduino repose sur un circuit intégré (un microcontrôleur) associée à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes :

**Côtés entrés**, des capteurs qui collectent des informations sur leur environnement comme la variation de température via une sonde thermique, le mouvement via un détecteur de présence ou un accéléromètre, le contact via un bouton-poussoir, etc...



**Figure18 : Différent types des capteurs pour l'Arduino**

**Côtés sortis**, des actionneurs qui agissent sur le mode physique telle une petite lampe, un moteur, haut-parleur...



**Figure19 : Différent types d'actionneurs pour l'Arduino**

Comme le logiciel Arduino, le circuit électronique de cette plaquette est libre et ses plans sont disponibles sur l'internet. On peut donc les étudier et créer des dérivés. Plusieurs constructeurs proposent ainsi différents modèles de circuits électroniques programmables et utilisables avec le logiciel Arduino.

"Seule le nom « Arduino » n'est pas utilisable librement. De telle sort à toujours pouvoir identifier le projet de ses dérivés."

Il existe plusieurs variétés de cartes Arduino. Ces cartes peuvent être autonome et fonctionner sans ordinateur ou servir d'interface avec celui-ci [39].



Figure20 : Différent types des cartes Arduino

### 2.8.5 Arduino Uno :

Il existe plusieurs variétés de cartes Arduino. La figure ci-dessous montre par exemple, la dernière version de la carte Arduino : la « Uno », sortie en 2010. Cette carte électronique peut être autonome et fonctionner sans ordinateur ou servir d'interface avec celui-ci [39].

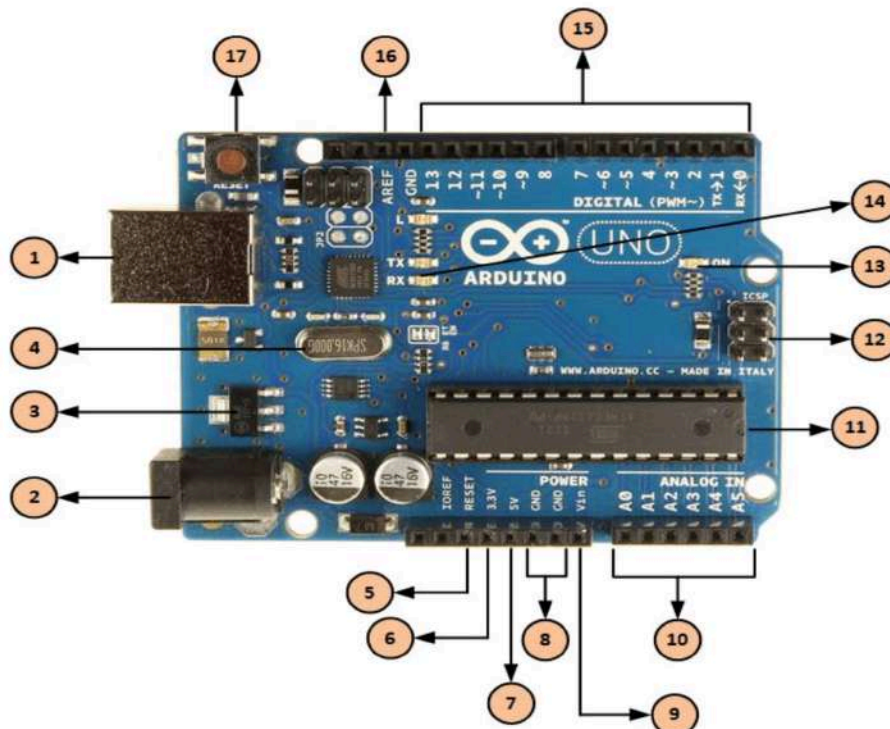


Figure21 : Les composants d'Arduino Uno

#### 1-Alimentation / Programmation par USB

La carte Arduino peut être alimentée avec un câble USB relié à votre ordinateur. Tout ce dont vous avez besoin, c'est de connecter votre carte Arduino à votre ordinateur avec le câble USB type A/B.

#### 2-Alimentation via connecteur Jack DC Diamètre interne 2.1mm, externe 5.5mm.

La carte Arduino peut être directement alimentée par ce connecteur Jack DC. Ce connecteur (2) est relié au régulateur de tension intégré à la carte. L'alimentation via ce connecteur (2) doit être comprise entre 5 et 12 V.

#### 3-Régulateur de tension

La fonction du régulateur de tension (3) est de contrôler la tension d'alimentation de l'Arduino pour la stabiliser à la bonne tension du microcontrôleur et de chaque élément de la carte. La tension de stabilisation est de 5 Volts sur les cartes UNO.

#### 4-Oscillateur à quartz

Un oscillateur à quartz est un élément électronique qui a la particularité de posséder un quartz à l'intérieur qui vibre sous l'effet piézoélectrique. Les propriétés électromécaniques du quartz sont telles qu'on arrive à faire vibrer le quartz à une fréquence très précise. Cet élément aide l'Arduino UNO à calculer les données de temps. Sur le dessus du composant, on peut lire 16.000H9H. Cela signifie que la fréquence est de 16, 000,000 Hertz, soit 16 MHz.

#### **5,17-Arduino Reset**

Vous pouvez redémarrer un Arduino avec un "Reset". Cela aura pour effet de redémarrer votre programme depuis le début. Vous pouvez redémarrer l'Arduino UNO de deux manières : soit en utilisant le bouton "Reset" (17), soit en connectant un bouton externe sur la broche de la carte Arduino mentionnée "RESET" (5).

#### **6,7,8,9- Broches (3.3, 5, GND, Vin)**

- 3.3V (6) – Broche d'alimentation de tension 3.3 Volts
- 5V (7) – Broche d'alimentation de tension 5 Volts
- La plupart des composants destinés à fonctionner avec Arduino fonctionnent bien en 3.3 Volts ou 5 Volts.
- GND (8) (Ground / Masse) – Il y a plusieurs broches de ce type présentes sur la carte Arduino, elles sont toutes communes et peuvent être utilisées comme masse (potentiel 0 Volts) pour vos circuits.
- Vin (9) – Cette broche permet d'alimenter l'Arduino depuis une source de tension extérieure. Elle est reliée au circuit d'alimentation principale de la carte Arduino.

#### **10- Broches analogiques**

L'Arduino UNO possède 5 broches d'entrées analogiques numérotée de A0 jusqu'à A5. Ces broches permettent de lire un signal analogique d'un capteur comme un capteur d'humidité ou de température. La carte Arduino utilise un convertisseur analogique/numérique (convertisseur CAN) pour permettre la lecture du signal par le microcontrôleur. Un signal sera converti sur 10 bits. La valeur pourra être lue sur une échelle 1024 points.

#### **11- Microcontrôleur principal**

Chaque carte Arduino possède son propre microcontrôleur (11). Vous pouvez le considérer comme le cerveau de la carte Arduino. Le microcontrôleur sur l'Arduino est légèrement différent d'une carte à l'autre. Les microcontrôleurs sont généralement de la société ATMEL. Vous devez savoir quel est le microcontrôleur de votre carte avant de charger un nouveau programme depuis l'IDE Arduino. Cette information est disponible directement sur le composant. Pour plus de détails sur la construction et les fonctions du microcontrôleur, vous pouvez vous référer à la fiche technique (*data sheet*).

#### **12- Connecteur ICSP**

Avant tout, le connecteur ICSP (*In-Circuit Serial Programming*) est une connectique AVR comprenant les broches MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC et GND. Il s'agit d'un connecteur de programmation. Ce connecteur permet entre autres de programmer directement le microcontrôleur sur les couches les plus basses (bootloader, code ASM...). C'est aussi un port appelé port SPI (Serial Peripheral Interface), qui permet de dialoguer avec d'autres composants SPI (écrans, capteurs, etc...). On ne va pas se préoccuper de ce connecteur au début des tutoriels.

#### **13- Indicateur LED d'alimentation**

Ce voyant doit s'allumer lorsque vous branchez votre Arduino sur une source d'alimentation pour indiquer que votre carte est correctement alimentée. Si cette lumière ne s'allume pas, il y a un problème avec votre alimentation, et je ne parle pas de nourriture ici.

#### **14- LEDs TX et RX**

Sur votre carte, vous trouverez deux indicateurs : **TX (émission)** et **RX (réception)**. Ils apparaissent à deux endroits sur la carte Arduino UNO. Tout d'abord, sur les broches numériques 0 et 1, pour indiquer les broches responsables de la communication série. Deuxièmement, les LEDs TX et RX (13). Le voyant TX clignote à une vitesse variable lors de l'envoi des données série. La vitesse de clignotement dépend de la vitesse de transmission utilisée par la carte. RX clignote pendant le processus de réception. La vitesse de transmission s'exprime en bauds, soit l'équivalent du bits/seconde si le signal est binaire.

#### **15- Entrées/Sorties numériques**

La carte Arduino UNO possède **14 broches d'Entrées / Sorties numériques** (15), dont 6 peuvent fournir une sortie PWM (Pulse Width Modulation). Ces broches peuvent être configurées pour fonctionner comme des broches numériques d'entrée pour lire des valeurs logiques (0 ou 1) ou numériques. Elles peuvent également être utilisées comme des broches de sortie pour piloter différents modules comme des LEDs, des relais, etc. Les broches étiquetées “~” peuvent être utilisées pour générer des PWM.

#### **16-Broche AREF**

AREF est l'acronyme anglais de “référence analogique”. Cette broche est parfois utilisée pour définir une tension de référence externe (entre 0 et 5 Volts) comme limite supérieure pour les broches d'entrée analogiques.

### **2.8.6 Logiciel Arduino:**

Le logiciel Arduino est gratuit (open source) et se télécharger sur le site officiel d'Arduino, à l'adresse <http://Arduino.cc/en/Main/Software>.

Plusieurs fichiers différents-vous sont proposés en téléchargement, vous devez faire votre choix en fonction du système d'exploitation de votre ordinateur : Windows, MacOS X, Linux. La dernière version officielle est généralement celle qu'il faut sélectionner, bien que pour les cartes les plus récents il faille parfois préférer les versions « beta » du logiciel, c'est-à-dire des versions non éprouvées et perfectibles, mais tout de même fonctionnelles.

IDE (Integrated Development Environment) est un programme spécial exécutable sur votre ordinateur qui vous permet d'écrire des esquisses pour la carte Arduino dans un langage simple sur le modèle du langage de traitement. La magie se produit lorsque vous appuyez sur le bouton qui télécharge l'esquisse à la carte : le code que vous avez écrit est traduit dans la langue de C (qui est généralement assez difficile pour un débutant d'utiliser), et est passé au compilateur avr-gcc, une pièce importante du logiciel open source qui fait la traduction finale dans la langue comprise par le microcontrôleur. Cette dernière étape est très importante, parce que c'est là où Arduino rend votre vie simple en cachant autant que possible de la complexité de la programmation des microcontrôleurs [40].

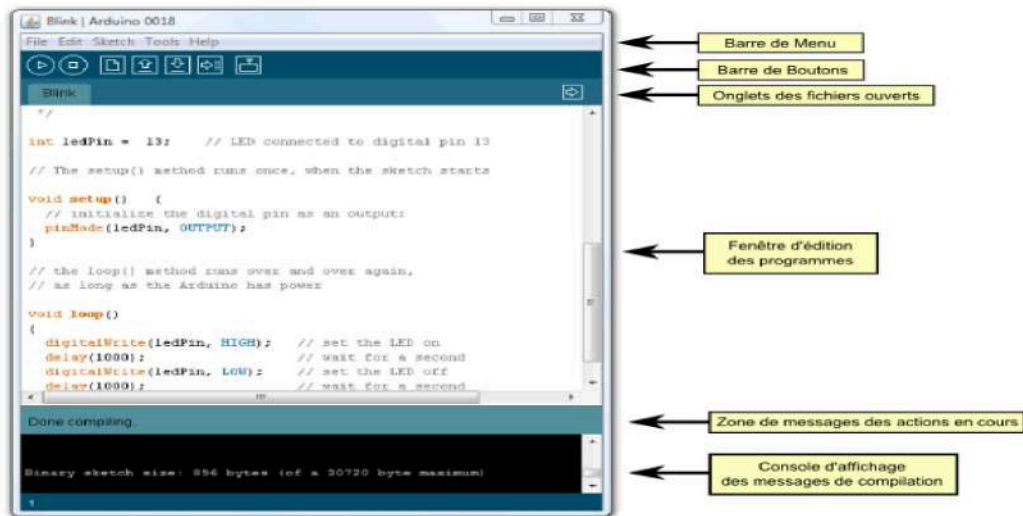


Figure22 : Interface de logiciel Arduino.

Cette fenêtre vide sera remplie de mots et de chiffres et d'autres textes. Cette fenêtre est comme tout autre logiciel que vous avez utilisé. Elle contient des menus, des boutons, des alertes spéciales, et toutes sortes de contrôles : Ouvrir, Enregistrer, et le bouton du moniteur de série à l'extrême droite.

- **Nouveau** : crée une nouvelle esquisse.
- **Ouvert** : présente un menu de tous les croquis dans votre dossier de croquis. Cliquez sur l'un va ouvrir dans la fenêtre actuelle.
- **Enregistrer** : enregistre votre croquis.
- **Vérifiez** : ce bouton vous permet de vous assurer que votre logiciel est exempt d'erreurs de syntaxe.
- **Envoyez** : ce bouton peut à la fois vérifier et télécharger un croquis à l'Arduino si aucune erreur d'orthographe ou de mise en forme n'est trouvée.
- **Serial Monitor** : ce bouton vous permet d'ouvrir le moniteur de série et d'afficher les informations en provenance du port série sur l'Arduino. Le moniteur de série est comme un outil pour "parler avec l'Arduino et vous l'utilisez pour voir les choses d'intérêt [41].

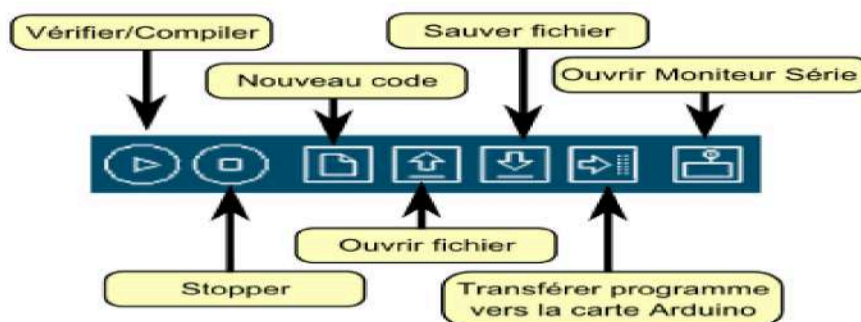


Figure23 : Détail de bouton de barre.

### 2.8.7 Structure générale d'un programme Arduino :

Un programme Arduino est une suite d'instructions élémentaires sous forme textuelle (Ligne par ligne). La carte lit puis effectue les instructions les unes après les autres dans l'ordre défini par les lignes de codes [42].

#### - Commentaires :

Les commentaires sont des portions du code source entre `/*et*/` ignorées par le compilateur ou l'interpréteur, car ils ne sont pas censés influencer l'exécution du programme.

#### - Définition des variables :

Une variable est un emplacement mémoire utilisé pour stocker une donnée. Une variable a un nom, un type et une valeur.

#### - Les fonctions obligatoires `setup()` et `loop()` :

Il y a deux fonctions spéciales, obligatoires, qui sont partie intégrante de tout programme en langage Arduino :

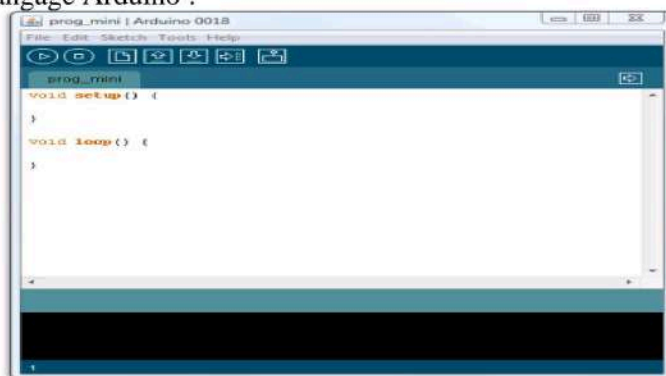


Figure24 : La fonction `setup` et `loop`.

**La fonction `setup()` :** doit être appelée en premier, lorsque le programme commence.

Cette fonction n'est exécutée qu'une seule fois au démarrage du programme. C'est le lieu privilégié pour réaliser les tâches d'initialisation des broches numériques ou des bibliothèques.

**La fonction `loop()` :** suit immédiatement la fonction `setup` et comprend le code à exécuter en boucle, lisant les capteurs en entrée et déclenchant les actionneurs en sortie, etc. Cette fonction est le noyau de tout programme Arduino et réalise l'essentiel du travail.

## 3. Application Mobile :

Les applications mobiles sont désormais omniprésentes dans notre vie quotidienne, offrant une panoplie de fonctionnalités allant de la communication à la gestion des tâches, en passant par les loisirs et les services sur mesure. Leur intégration croissante avec les systèmes embarqués et les technologies de télécommunication ouvre de nouvelles perspectives quant à l'interaction et au contrôle à distance. Comprendre les rudiments des applications mobiles et des communications mobiles est crucial pour développer des solutions novatrices répondant aux besoins évolutifs des utilisateurs modernes.

### 3.1 Définition:

Une application mobile c'est en premier lieu un logiciel. Un programme téléchargeable sur Smartphone ou tablette qui comporte un fichier qui est installé puis exécuté par le système d'exploitation de votre mobile. Ce fichier est codé dans un langage de développement spécifique à votre appareil :

- Java ou Kotlin pour Android (smartphones et tablettes Samsung par exemple)
- Objective C ou Swift pour IOS (appareils Apple).

En fonction de chaque cas, les technologies et les langages de développement utilisés vont être différents et chaque sorte d'application mobile à ses spécificités à savoir qu'il est possible de développer une application qui est capable de fonctionner sur les deux systèmes d'exploitation (IOS et Android) : on appelle cela une application hybride. [43]

### **3.2 Avantages et inconvénients d'application mobile :**

#### **Avantages :**

- Une parfaite ergonomie est assurée pour les applications mobiles en comparaison aux sites mobiles cela encourage les utilisateurs à demeurer fidèles aux applis. En effet, le développement d'application mobile tient compte la taille du smartphone, le temps de chargement et autres paramètres.
- Les applications mobiles favorisent l'intégration des options de téléphone et ainsi, l'expérience utilisateur devient plus développée.
- Pas besoin d'avoir accès à l'internet pour que l'application fonctionne.
- Facile à trouver sur les stores par rapport aux sites mobiles, les applications mobiles ont connu ainsi un usage plus répandu auprès des jeunes surtout qu'elles notifient sur les événements en cours.

#### **Inconvénients :**

- La soumission aux normes et règles éditées par les sociétés des plateformes mobiles à savoir Apple, Google, Windows et autres.
- Un investissement lourd pour le développement d'une application mobile adaptée à chaque système d'exploitation mobile contrairement au cout qu'exige le développement d'un site mobile.
- Lors de toute mise à jour d'application mobile, le mobinaute se trouve dans l'obligation de la faire à travers le store alors que le site mobile se met à jour d'une manière automatique. [44]

### **3.3 Les types des applications mobiles :**

#### **3.3.1 Application mobile native :**

Celles-ci correspondent à des logiciels créés uniquement pour une plateforme mobile spécifique. Le développement de ces logiciels se fait au travers du SDK ou software développent kit de la plateforme mobile en question. Le nom de ces applications vient du fait qu'elles sont développées exclusivement avec le langage « natifs », par exemple le langage JAVA ou le langage Objective-C. Les natives App sont téléchargées à partir d'une plateforme de téléchargement qui est souvent un Store applicatif. C'est par exemple le cas pour l'Apple store ou encore Google Play. [45]

#### **Avantages :**

- Ces applications sont capables d'utiliser l'ensemble des fonctionnalités du mobile et peuvent être utilisées sans avoir accès à Internet.
- Elles s'adaptent notamment à de nouveaux « business model » par exemple les applications de type « freemium », ou l'installation est gratuite, avec en plus, la possibilité d'avoir accès à des options supplémentaires, mais qui elles sont payantes.

#### **Inconvénients :**

- Les développeurs capables de créer une application en natif sont rares. Donc ils reviennent chers.

- Les codes étant radicalement différents d'un OS à un autre, il faut multiplier par deux les coûts de développement pour être présent sur Appel et sur Android.
- Les développeurs sont contraints de s'adapter au code imposé par Apple et Google qui évolue en permanence.

### 3.3.2 Application mobile web :

Elles correspondent à des sites Web qui sont conçus spécialement pour un affichage optimisé pour mobile. Pour accéder à ces sites Web, on utilise le navigateur Internet qui est sur le mobile. Ces applications mobiles sont développées principalement à partir de technologies Web comme le HTML5 ou encore CSS3. Grâce au support HTML5, il est dès lors, possible d'accéder à environ 80 % des fonctions présentes sur le mobile, Par exemple, cela permet d'accéder à différentes fonctions, comme la géolocalisation, à l'accéléromètre, gérer la fonction multitouche ou encore permettre la synchronisation offline lorsque le mobile perd et retrouve ensuite sa connexion.

Ces applications Web peuvent être de deux sortes : les génériques, qui sont compatibles avec toutes les plateformes mobiles et donc utilisables sur n'importe laquelle, ou alors celles conçues spécifiquement pour un genre de support en particulier.

#### Avantages :

- Aucun téléchargement ni aucune mise à jour ne sont nécessaires, ce qui évite de « polluer » la mémoire de l'appareil.
- L'application web mobilise peu de ressources financières comme son développement et son déploiement sont rapides et faciles. Elle représente donc une solution peu onéreuse pour atteindre les internautes mobiles.
- Elle est également plus ouverte aux évolutions et ne présente aucun problème de compatibilité avec les systèmes d'exploitation du mobile.

#### Inconvénients :

- Etant créée pour les navigateurs web mobile (Safari, Google Chrome etc.), elle requiert pendant une connexion à internet pour fonctionner.
- L'utilisation des fonctionnalités du téléphone reste limitée avec le web App, offrant ainsi une expérience utilisateur plus sommaire, moins intuitive et moins interactive.
- De même, il n'y a pas de possibilités de notifications push, d'alertes ou de pastilles sur l'appareil et la rapidité d'exécution est plus faible comme elle dépend du débit internet. Elle n'est pas non plus optimisée pour tous les formats d'écran. [46]

### 3.3.3 Application mobile hybride :

Ces dernières sont considérées comme un mix, entre les Web Apps et les Nativ Apps. En effet, elles sont compatibles avec toutes les plateformes mobiles. Mais ces applications sont principalement développées à l'aide d'HTML5, aujourd'hui, qui est très performant mais qui utilisent aussi d'autres langages Web comme le CSS et le JavaScript.

Ainsi, une application dite hybride, contrairement à une application native, n'est pas dépendante d'une plateforme mobile en particulier. De la même manière, et contrairement aux applications Web, les applications hybrides peuvent accéder à toutes les fonctions présentes sur le mobile. Cela est rendu possible par des liens qui sont faits entre le langage natif et la technologie Web présente dans l'application hybride.

#### Avantages :

- Facile à coder et peu coûteuse.
- Profite des avantages des applications natives et web applications

**Inconvénients :**

- Peu performance en dehors des terminaux récents
- Plus lentes parce qu'elles ne tiennent pas compte de la spécificité de chaque plateforme.

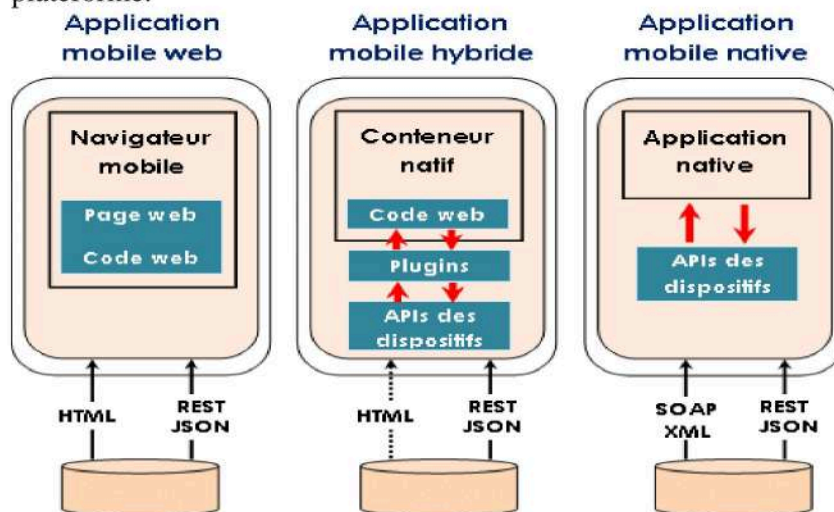


Figure25 : différentes applications mobiles.

### 3.4 Systèmes d'exploitation mobiles:

Un système d'exploitation, abrégé OS pour Operating System en Anglais, est en réalité une multitude de programmes combinés ensemble qui permettent de faire l'interface entre le matériel informatique et les applications développées par les développeurs.

Chaque système d'exploitation dispose de fonctionnalités spécifiques et propres à ce dernier. Concrètement, le système d'exploitation sert de base au développement et au fonctionnement des applications. Il sert d'interface entre le matériel informatique et les applications. Chaque système d'exploitation dispose de ses propres langages de développement (C++, Objective C, Swift pour IOS, Java et C++ pour Android) et de ces propres documentations pour créer des applications compatibles. Ceci explique en partie pourquoi une application est parfois uniquement disponible sur IOS ou Android (le développement est totalement différent pour rendre une application compatible avec plusieurs systèmes d'exploitation).

Il existe actuellement uniquement deux types de systèmes d'exploitation, les Unix (Android, IOS) et Windows. [46]

A date, seuls 6 acteurs se partagent 99% du marché des systèmes d'exploitation dans le monde. Les voici :

- Android: Le système d'exploitation de Google qui équipe la majorité des Smartphones et tablettes d'aujourd'hui.
- IOS: Le système d'exploitation d'Apple qui équipe exclusivement les iPhone et iPad.
- Symbian OS (Nokia): Symbian est le système d'exploitation historique des premiers téléphones Nokia et Motorola. Cet OS est désormais de moins en moins répandu.

### 3.5 Systèmes d'exploitation Android :

#### 3.5.1 Définition :

Android est un système d'exploitation mobile développé par Google. Il est basé sur une version modifiée du noyau Linux et d'autres logiciels open source. Il est principalement conçu pour les appareils mobiles à écran tactile tels que les smartphones et les tablettes. En outre, Google a développé Android TV pour les téléviseurs, Android Auto pour les voitures et Wear OS pour les montres bracelets, chacun avec une interface utilisateur spécialisée. Des variantes d'Android sont également utilisées sur les consoles de jeux, les appareils photo numériques, les ordinateurs personnels et d'autres appareils électroniques.

Initialement développé par Android Inc., racheté par Google en 2005, Android a été dévoilé en 2007 et le premier appareil commercial Android a été lancé en septembre 2008. [47]

#### 3.5.2 Historique :



Figure26 : L'évolution des versions d'Android.

L'histoire de la version du système d'exploitation Android a commencé le 5 novembre 2007 avec la sortie publique de la version bêta d'Android. Le 23 septembre 2008, la toute première version commerciale d'Android 1.0 a été publiée. Google et l'Open Handset Alliance (OHA) développent constamment Android, et il a subi plusieurs modifications depuis sa première sortie.

En octobre 2008, le T-Mobile G1 (alias HTC Dream) a été le premier téléphone mobile Android à être largement diffusé avec Android 1.0. [48]

#### ❖ Android 1.0 à 1.1: Pas de nom de code

En septembre 2008, Android a officiellement publié la version Android 1.0. C'est la toute première version du système d'exploitation Android. Il inclut un navigateur web capable d'afficher des pages web HTML et XHTML, un appareil photo, et une connexion à un serveur de messagerie en ligne (POP3, IMAP4 et SMTP).

Google Calendar, Google Sync, Google Maps, Google Search, Google Talk, messagerie instantanée, lecteur multimédia, notifications affichées dans la barre d'état, arrière-plan, lecteur vidéo YouTube, réveil, calculatrice, composeur, images (Galerie), support Wi-Fi et Bluetooth sont tous inclus dans cette version.

#### ❖ Android 1.5: Cupcake

Le 27 avril 2009, Android 1.5 a été publié avec le nom de code Cupcake. Il exécute le noyau Linux 2.6.27. Il inclut un clavier

virtuel tiers, l'enregistrement vidéo MPEG-4, la lecture, un outil de copie et de collage, des traductions d'écran animées, une option de rotation automatique, la possibilité de publier un film sur YouTube, des photos sur Picasa, et la capacité de voir l'historique d'utilisation du téléphone.

#### ❖ Android 1.6: Donut

Android 1.6, surnommé Donut, a été publié le 15 septembre 2009. Il comporte diverses nouvelles fonctionnalités telles que la recherche vocale et textuelle, l'historique des signets, des contacts, du web, dire une chaîne de texte, un accès plus rapide à l'appareil photo, la possibilité de choisir plusieurs photographies pour la suppression, le support du moteur de synthèse vocale et des résolutions d'écran WVGA.

❖ **Android 2.0 à 2.1: Eclair**

Android 2.0, nom de code Eclair, est sorti le 26 octobre 2009. Il a été construit avec le noyau Linux 2.6.29. Il inclut plusieurs nouvelles fonctionnalités telles que la synchronisation étendue des comptes, le support de la messagerie électronique

Microsoft Exchange, le Bluetooth 2.1, la possibilité d'appuyer sur la photo d'un contact et de choisir d'appeler, SMS, la possibilité de rechercher tous les SMS enregistrés, MMS messages, la possibilité de supprimer automatiquement le message le plus ancien lorsque la limite définie est atteinte, API mineures et correctifs mineurs de bugs.

❖ **Android 2.2 à 2.2.3: Froyo**

Android 2.2 (Froyo) a été publié le 20 mai 2010, sur le noyau Linux 2.6.32. Il comporte plusieurs fonctionnalités telles que l'optimisation de la vitesse, de la mémoire, et des performances. Compilation JIT, moteur JavaScript dans l'application de navigateur, intégration du moteur V8 de Chrome, support du service de messagerie Android Cloud to Device, mises à jour de sécurité, support d'Adobe Flash, et améliorations de la vitesse sont toutes incluses.

❖ **Android 2.3 à 2.3.7: Gingerbread**

Android 2.3 (Gingerbread) a été publié le 6 décembre 2010, sur le noyau Linux 2.6.35. Il prend désormais en charge les tailles d'écran extra-large, a une conception d'interface utilisateur révisée avec une meilleure simplicité et efficacité, une capacité améliorée de copier/coller, choisit un mot en le maintenant enfoncé, prend en charge la communication en champ proche (NFC), la virtualisation des écouteurs, et un nouveau gestionnaire de téléchargement.

Il a amélioré la correction des bugs Nexus S, l'audio ou la vidéo chat avec Google Talk, la performance réseau pour Nexus S 4G, l'application Gmail, l'efficacité de la batterie, a résolu un bug de recherche vocale et a ajouté la compatibilité avec Google Wallet pour Nexus S 4G.

❖ **Android 3.0 à 3.2.6: Honeycomb**

Android 3.0 (Honeycomb) a été publié le 22 février 2011, pour la première tablette Android basée sur le noyau Linux 2.6.36.

Il comprend des fonctionnalités telles qu'une interface utilisateur holographique pour les tablettes, ajout d'une barre système, multitâche simplifié en tapotant sur Application récente dans la barre système, redessiné du clavier pour une saisie plus rapide, accélération matérielle, accès rapide à l'exposition de la caméra, support pour les processeurs multi-coeurs, raffinements de l'interface utilisateur, connectivité pour les accessoires USB, support pour les joysticks et manettes de jeu, un verrouillage Wi-Fi haute performance, support matériel amélioré, Google Books, et un correctif pour les problèmes de connectivité de données avec Bluetooth.

❖ **Android 4.0 à 4.0.4: Sandwich à la crème glacée**

Android 4.0.1 (Ice Cream Sandwich) a été publié le 19 octobre 2011, et était basé sur le noyau Linux 3.0.1. C'était la dernière version du lecteur Flash du système Adobe qui était officiellement pris en charge.

Il introduit une multitude de nouvelles fonctionnalités, notamment des améliorations de l'interface Holo, une nouvelle famille de polices Roboto, la séparation des widgets dans un nouvel onglet, capture d'écran intégrée, correction améliorée des erreurs sur le clavier, amélioration de la fonction de copie et de collage, un éditeur de photos intégré, des corrections de bugs mineurs, des améliorations graphiques, vérification orthographique, et des performances de caméra améliorées.

❖ **Android 4.1 à 4.3.1: Jelly Bean**

Google a lancé Android 4.1 (Jelly Bean) lors de la conférence Google I/O le 27 juin 2012. Il est basé sur le noyau Linux 3.0.31.

Il comprend les mises à jour suivantes : une interface utilisateur plus fluide, une accessibilité améliorée, des notifications extensibles, une correction de bogue pour le Nexus 7, des gestes à un doigt pour étendre/réduire les notifications, des améliorations de l'écran de verrouillage, des comptes utilisateur multiples (tablettes uniquement), une nouvelle application d'horloge, la prise

en charge de Bluetooth à faible consommation d'énergie, le volume pour les appels entrants, la prise en charge de la résolution 4K, la prise en charge native des emojis, et des corrections de bugs pour le Nexus 7 LTE.

❖ **Android 4.4 à 4.4.4: KitKat**

Google a publié Android 4.4 le 3 septembre 2013 (KitKat). Son nom de code était initialement "Key Lime Pie". Le 31 octobre

2013, la version 4.4 a été publiée sur le Google Nexus 5. La quantité minimale de RAM requise pour Android est de 340 Mo.

Les appareils disposant de moins de 512 Mo de RAM doivent être signalés comme des appareils à faible mémoire. Cette version introduit de nouvelles fonctionnalités telles qu'une horloge n'affichant plus les heures en gras, la prise en charge de l'impression sans fil, des WebViews basés sur le moteur Chromium, le regroupement de capteurs, une fonction d'enregistrement d'écran intégrée, une meilleure compatibilité des applications, et une application de caméra chargée par Google+ Photos plutôt que la Galerie.

❖ **Android 5.0 à 5.1.1: Lollipop**

Le 25 juin 2014, Android L a été renommé Lollipop. Le 12 novembre 2014, il a été officiellement dévoilé. Lollipop inclut une interface utilisateur redessinée, le support des processeurs 64 bits, des aperçus d'impression, un design matériel, le projet Volta pour améliorer la durée de vie de la batterie de l'appareil, des comptes utilisateurs multiples, l'entrée et la sortie audio via des périphériques USB, la connexion à plusieurs réseaux Wi-Fi, le support de plusieurs cartes SIM, les appels vocaux haute définition, la protection de l'appareil, et le support natif de l'appel Wi-Fi.

❖ **Android 6.0 - 6.0.1: Marshmallow**

Le 28 mai 2015, Android 6.0 Marshmallow a été publié sous le nom de code Android M pour les téléphones Nexus 5 et 6 ainsi que la tablette Nexus 9.

Android Marshmallow est sorti le 5 octobre 2015, pour tous les smartphones Android. Il inclut de nouvelles fonctionnalités telles que App Standby, le mode Doze pour économiser la batterie, le support natif du lecteur d'empreintes digitales, des demandes d'autorisations d'exécution, la connectivité USB-C, et le support des emojis Unicode 7.0 & 8.0.

❖ **Android 7.0 à 7.1.2: Nougat**

La sortie majeure du système d'exploitation Android était Nougat. Le nom de code initial était Android N. Le 9 mars 2016, il a été publié en version de prévisualisation pour les développeurs et les images d'usine pour les appareils Nexus.

La version finale de prévisualisation a été publiée le 22 août 2016, avec les fonctionnalités suivantes : chiffrement basé sur les fichiers, zoom d'écran, support multi-fenêtres, nouveau mode Économiseur de données, compilation JIT rendant l'installation des applications 75 % plus rapide, support de l'image dans l'image, API du gestionnaire de support, support des icônes d'application circulaires, envoi de GIF directement depuis le clavier par défaut, alertes d'utilisation de la batterie.

❖ **Android 8.0 à 8.1: Oreo**

Android 8.0 Oreo était la huitième version majeure du système d'exploitation Android. Le 21 mars 2017, il a été initialement rendu disponible en prévisualisation pour les développeurs. Le 24 juillet 2017, la prévisualisation finale a été rendue publique.

Le 21 août 2017, sa version stable a été publiée, incluant plusieurs fonctionnalités telles que le support de l'image dans l'image, le support des emojis Unicode 10.0 (5.0), des paramètres restructurés, des icônes adaptatives, des canaux de notification, des points de notification, un temps de démarrage deux fois plus rapide, Google Play Protect, un support intégré de l'impression, une API de réseau neuronal, une API de mémoire partagée, Android Oreo Go Edition, un Framework de remplissage automatique, des thèmes clairs et sombres automatiques, et plus encore.

#### ❖ Android 9.0: Pie

Android 9.0 Pie était la neuvième version majeure du système d'exploitation Android. Google l'a annoncé pour la première fois et a publié une version de prévisualisation le 7 mars 2018. Le 6 août 2018, il a été officiellement publié. L'horloge a été déplacée à gauche de la barre de notification, un bouton de capture d'écran a été ajouté, et le pourcentage de batterie est toujours affiché.

#### ❖ Android 10

Android 10 est la dixième version du système d'exploitation Android. Android 10 est développé sous le nom de code Android Q.

Google l'a annoncé pour la première fois le 13 mars 2019, et sa première version bêta a été publiée le même jour, suivie de sa deuxième version bêta le 3 avril 2019.

Le 3 septembre 2019, la version stable d'Android 10 a été lancée. Elle inclut de nouveaux droits d'accès à la localisation en arrière-plan, un panneau de paramètres flottant, le support d'un codec vidéo AV1, le support de l'authentification par empreinte digitale, et la sécurité Wi-Fi WPA3.

#### ❖ Android 11

Est la onzième grande version du système d'exploitation Android, lancée le 8 septembre 2020. Depuis Android 10, le système de nommage alphabétique basé sur les desserts a été abandonné. Par conséquent, ce système d'exploitation a été étiqueté Android 11. Il inclut des fonctionnalités telles que les Conversations, l'accessibilité permettant de naviguer par commandes vocales, les contrôles de périphériques pour gérer tous les appareils en un seul endroit, et une meilleure sécurité pour l'utilisation d'un Smartphone dans la génération actuelle.

### 3.5.3 Architecture :

L'architecture Android comprend divers composants pour répondre aux exigences de tout appareil Android. Le logiciel Android se compose d'un noyau Linux open-source avec une suite de bibliothèques C/C++ accessibles via les services du Framework d'application. Il existe cinq principaux types d'architecture OS dans Android. [48]:

#### ○ Application :

Le haut de l'architecture Android est constitué par les applications. Les applications préinstallées telles que l'écran d'accueil, les contacts, l'appareil photo, la galerie, ainsi que les applications tierces téléchargées depuis le Play Store comme les applications de chat, les jeux, etc., sont toutes placées uniquement sur cette couche. Elles utilisent les classes et services fournis par le Framework d'application pour s'exécuter dans l'environnement d'exécution Android.

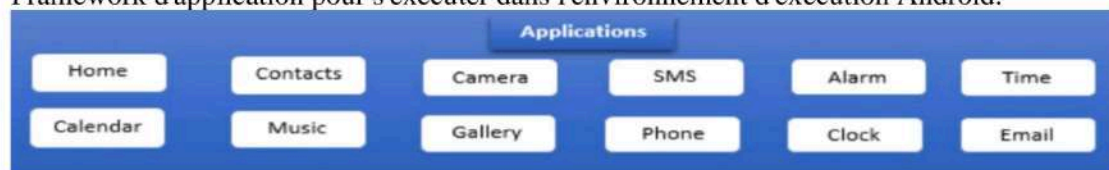


Figure27 : Architecture d'Android «Application».

#### ○ Framework d'application :

En général, il fournit des services pour créer une classe particulière et rendre cette classe utile pour la construction d'applications. Il comprend plusieurs types de services tels que le gestionnaire d'activités, le gestionnaire de notifications, le système de vue, le gestionnaire de paquets, entre autres, utiles pour développer nos programmes selon les besoins.



Figure28 : Architecture d'Android «Application Framework»

○ **Environnement d'exécution des applications :**

L'un des aspects les plus importants d'Android est l'environnement d'exécution. Il inclut les bibliothèques de base et les éléments de la machine virtuelle Dalvik (DVM). La machine virtuelle Dalvik (DVM), similaire à la machine virtuelle Java (JVM), est une machine virtuelle à base de registres spécifiquement conçue et optimisée pour Android afin de permettre à un appareil de faire fonctionner rapidement de nombreuses instances.

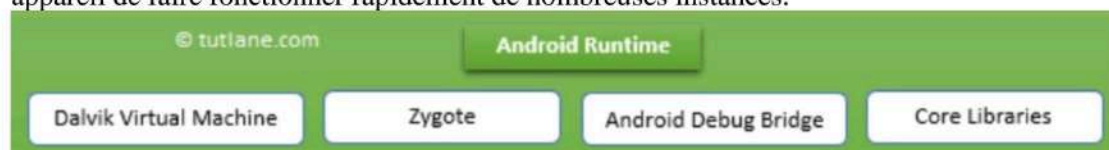


Figure29 : Architecture d'Android «Android runtime»

○ **Bibliothèques :**

de plateforme Pour faciliter le développement Android, les bibliothèques de plateforme comprennent plusieurs bibliothèques de base en C/C++ et des bibliothèques basées sur Java telles que Media, Graphics, Surface Manager, OpenGL, SSL, WebKit, etc.



Figure30 : Architecture d'Android «Librairies»

○ **Noyau Linux :**

Le noyau Linux sert de couche d'abstraction entre le matériel de l'appareil et les autres composants de l'architecture Android. Il est responsable de la gestion de la mémoire, de l'alimentation et du matériel, entre autres. Il dispose de fonctionnalités telles que la sécurité, la gestion de la mémoire, le modèle de pilote, etc.



Figure31 : Architecture d'Android «Kernel linux»

**3.5.4 Avantages d'Android :**

- La plate-forme mobile Android est une plate-forme ouverte.
- L'installation d'Android est possible sur tous les téléphones portables.

- L'installation de tout l'environnement pour développer des applications Android est possible sur chaque système d'exploitation.
- Android nécessite une empreinte faible de 250 kilo-octets.
- Le modèle d'application / cycle de vie est orienté vers l'avenir avec la séparation du code source de vue et logique.
- L'émulateur de la plate-forme Android a un design moderne et est facile à utiliser.
- L'installation de l'application sur l'émulateur / le périphérique est possible via Android Debug Bridge (adb) ou via Eclipse (avec le plugin ADT).
- Google offre une très bonne documentation la plupart des techniques de base et importantes utilisées dans Android développement d'applications sur elle.
- Android prend en charge toutes les normes techniques pour les médias, la communication et transfert de données.
- Android propose une vraie base de données qui est SQLite.
- Android a un navigateur Web intégré qui permet une utilisation similaire à celle d'un PC.
- Android connecté sous Linux à la version 2.6 du système d'exploitation ouvert 90.
- Android utilise le langage de programmation standardisé et ouvert Java. [49]

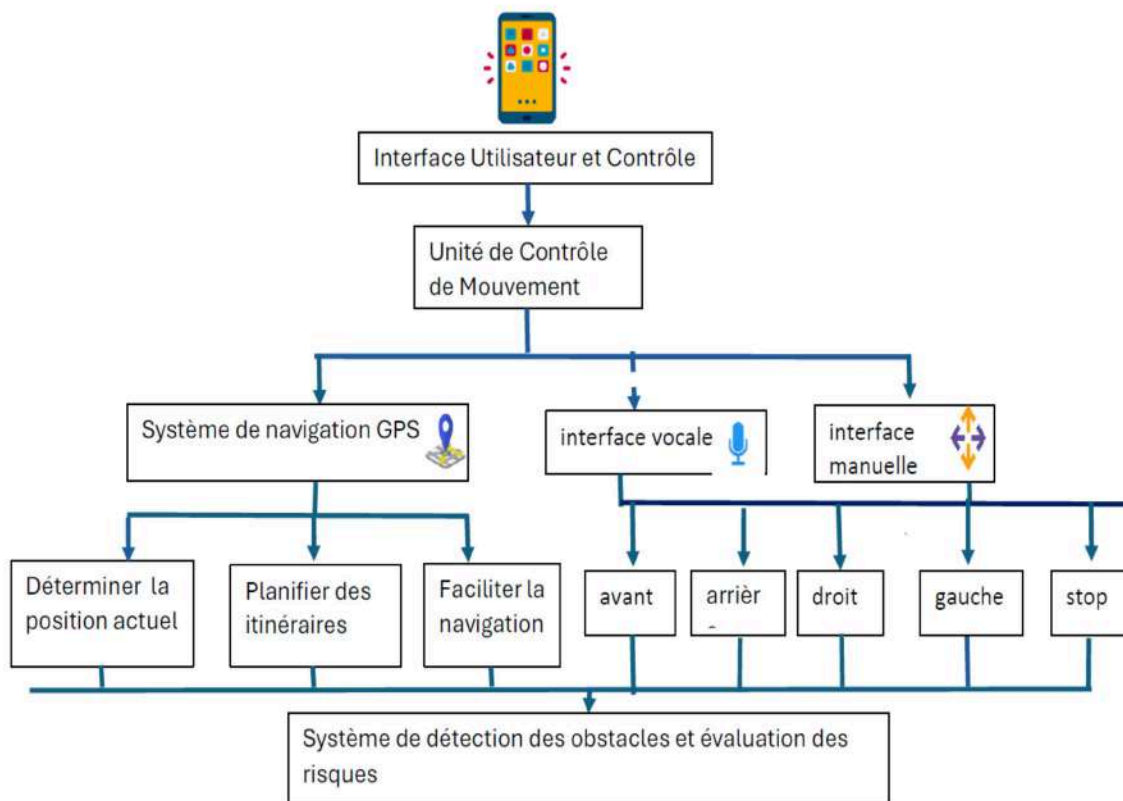
#### **4. Conclusion:**

Dans ce chapitre, nous avons exploré deux composantes essentielles de la technologie moderne : les systèmes embarqués et les applications mobiles (Arduino et Android). Les systèmes embarqués sont des systèmes informatiques spécialisés intégrés dans divers appareils, tandis que les applications mobiles sont des logiciels conçus pour fonctionner sur les smartphones et les tablettes. Ensemble, ces deux domaines façonnent notre quotidien en offrant des fonctionnalités avancées, une connectivité accrue et une expérience utilisateur améliorée.

# Chapitre 4 : Conception et Modélisation

## 1. Structure du système :

La structure du système est un élément essentiel de tout projet technique ou informatique, déterminant l'organisation et l'interconnexion des différents composants. Cette section explore en détail les différentes parties qui composent le système, mettant en lumière leurs rôles spécifiques et leur contribution à l'ensemble. La compréhension approfondie de cette structure est cruciale pour assurer un fonctionnement harmonieux et efficace du système dans son ensemble.



**Figure32 : Structure générale du système**

Dans cette figure de structure générale, nous pouvons remarquer l'organisation systématique des composants clés qui interagissent pour former un système fonctionnel intégré.

## 2. Structure du hardware :

Cette figure illustre le fonctionnement d'un fauteuil roulant intelligent, intégrant à la fois des commandes vocales et manuelles à travers une application mobile

### 2.1 Organigramme1: Org du fauteuil roulant

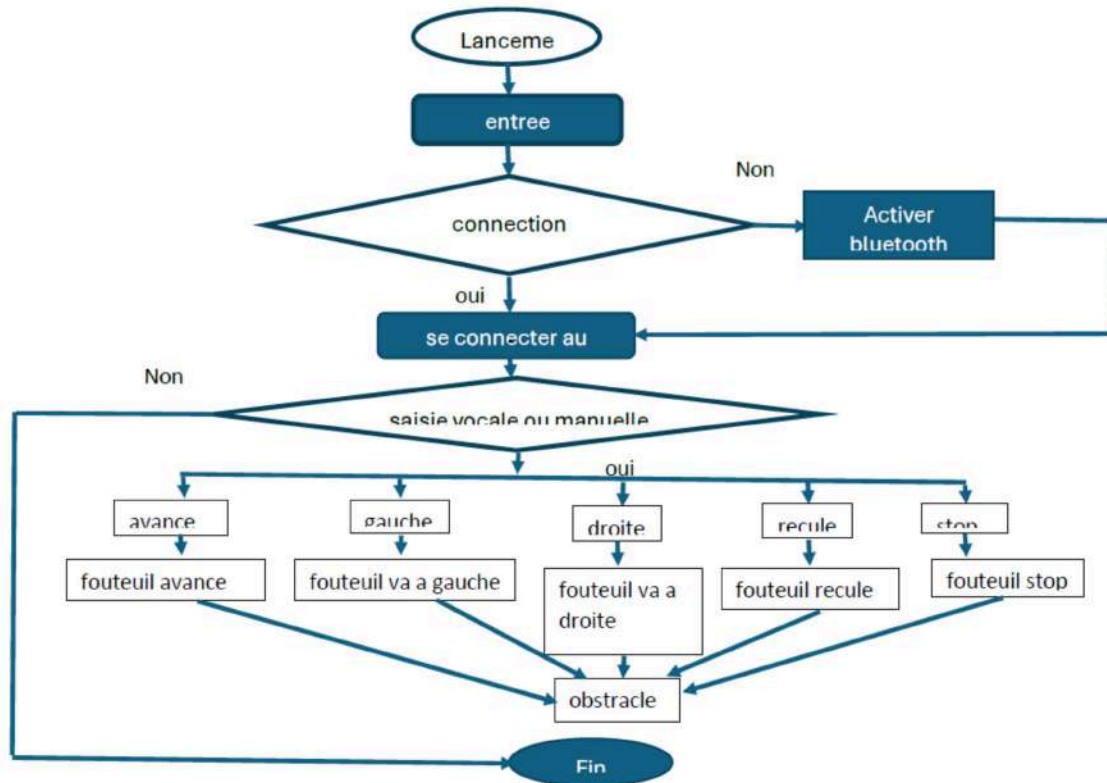


Figure33 : Organigramme du fauteuil roulant

#### o Explication Détaillée :

**-Début :** Le système démarre le processus de navigation.

Cette étape initiale implique l'activation de tous les composants nécessaires pour le fonctionnement du fauteuil roulant tels qu'Interface Utilisateur (Application Mobile)

**-Commande Vocale :** Utilise la reconnaissance vocale pour interpréter les commandes de l'utilisateur.

-L'utilisateur peut donner des instructions verbales via l'application mobile, qui sont ensuite converties en texte et envoyées au système pour traitement.

**-Exemple :** L'utilisateur dit "Avancer", et l'application interprète cette commande pour diriger le fauteuil roulant vers l'avant.

**-Commande Manuelle :** Utilise des boutons ou une interface tactile pour les commandes manuelles.

-L'utilisateur peut également utiliser une interface tactile sur l'application mobile pour donner des commandes spécifiques, telles que "tourner à gauche" ou "arrêter".

-**Exemple** : L'utilisateur appuie sur un bouton pour faire reculer le fauteuil roulant.

Traitement des Commandes

-**Commande Vocale** : Les commandes vocales sont envoyées au microcontrôleur pour traitement.

-Après l'interprétation des commandes vocales, ces commandes sont transmises au microcontrôleur, qui est responsable de leur exécution.

-Le microcontrôleur décode la commande et active les moteurs ou autres composants nécessaires pour effectuer l'action souhaitée.

-**Commande Manuelle** : Les commandes manuelles sont également traitées par le microcontrôleur.

-Les commandes manuelles sont directement envoyées au microcontrôleur, bypassant l'étape de reconnaissance vocale.

-Le microcontrôleur reçoit et exécute ces commandes de manière similaire aux commandes vocales, en activant les composants appropriés du fauteuil roulant.

## 2.2 Organigramme2: Org du GPS

Cette figure montre comment le système utilise le GPS pour naviguer et atteindre une destination souhaitée tout en évitant les obstacles en temps réel.

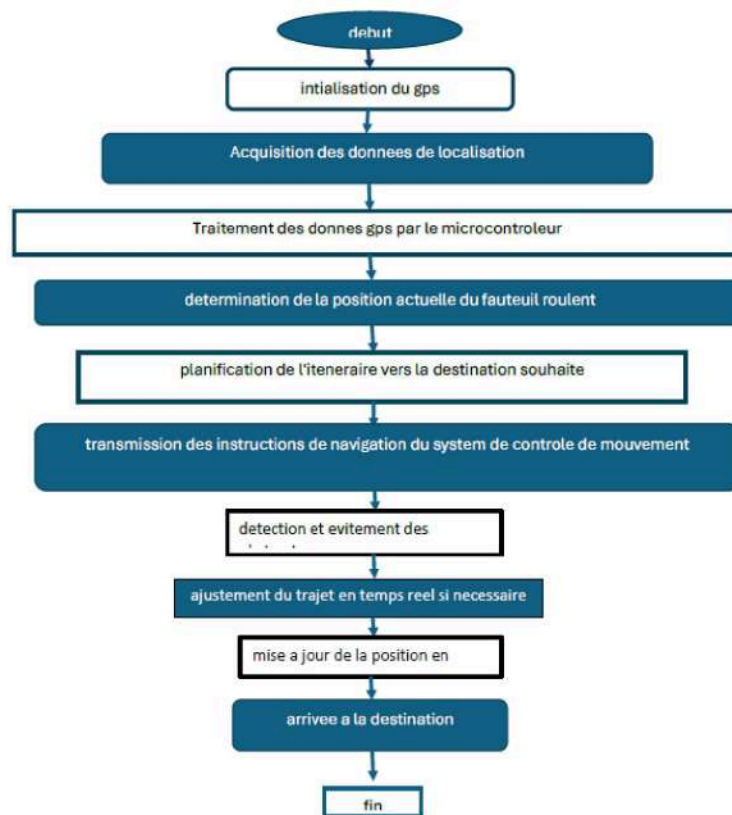


Figure34 : Organigramme du GPS

○ **Explication Détaillée :**

**1. Début :**

- Le système démarre le processus de navigation, initialisant tous les composants nécessaires.

**2. Initialisation du GPS :**

- Le système active le module GPS pour commencer à recevoir les signaux de localisation.

**3.Acquisition des données de localisation :**

- Le module GPS collecte les données de position géographique en temps réel.

**4.Traitement des données GPS par le microcontrôleur :**

- Le microcontrôleur reçoit et analyse les données GPS pour déterminer la position actuelle.

**5.Détermination de la position actuelle du fauteuil roulant :**

- Le système identifie la position actuelle du fauteuil roulant sur une carte.

**6.Planification de l'itinéraire vers la destination souhaitée :**

- Utilisant la position actuelle et la destination souhaitée, le système planifie l'itinéraire optimal.

**7.Transmission des instructions de navigation au système de contrôle de mouvement :**

- Les instructions de navigation basées sur l'itinéraire planifié sont envoyées au microcontrôleur pour contrôler les mouvements du fauteuil roulant.

**8.Détection et évitement des obstacles (à l'aide des capteurs) :**

- Les capteurs détectent les obstacles en temps réel et envoient des données au microcontrôleur pour ajuster le mouvement.

**9.Ajustement du trajet en temps réel si nécessaire :**

- Le système ajuste l'itinéraire en temps réel pour éviter les obstacles et assurer un trajet fluide.

**10.Mise à jour de la position en continu :**

- Le GPS met à jour continuellement la position pour assurer une navigation précise.

**11.Arrivée à la destination :**

- Le fauteuil roulant atteint la destination souhaitée, complétant ainsi le processus de navigation.

**12.Fin :**

•Le processus de navigation est terminé, et le système peut se mettre en veille ou attendre de nouvelles commandes.

### 3. Discussion des choix effectués :

Lors de la conception et du développement d'un fauteuil roulant intelligent, de nombreuses décisions cruciales doivent être prises pour garantir que le système soit efficace, sûr et réponde aux besoins des utilisateurs. Voici une discussion des principaux choix effectués dans ce projet :

#### 3.1 Interface utilisateur (application mobile):

**Choix :** Utilisation d'une application mobile comme interface utilisateur.

**Raison :** La plupart des utilisateurs possèdent des smartphones, rendant l'application mobile accessible et pratique. L'application permet une interaction intuitive et facilite l'intégration des commandes vocales et manuelles.

**Avantages :** Accessibilité facile, mobilité, possibilité de mises à jour à distance.

**Inconvénients :** Dépendance à la qualité de la connexion Internet et à la batterie du téléphone.

Métrique de performance	Résultat
Satisfaction des utilisateurs	90%
Facilité d'utilisation	85%
Performance de l'application	92%

#### 3.2 Unité de contrôle du mouvement (microcontrôleur) :

**Choix :** Utilisation d'un microcontrôleur comme unité de contrôle du mouvement.

**Raison :** Les microcontrôleurs sont puissants, économes en énergie et capables de traiter les signaux provenant de multiples sources (application mobile, GPS, capteurs).

**Avantages :** Fiabilité, faible consommation d'énergie, intégration facile avec les autres composants.

**Inconvénients :** Complexité de la programmation, besoin d'une expertise en développement embarqué.

Métrique de performance	Résultat
Temps de réponse	0,2 second
Précision du mouvement	95%
Consommation d'énergie	Faible

#### 3.3 Système de navigation (GPS) :

**Choix :** Intégration d'un système GPS pour la navigation.

**Raison :** Le GPS fournit une localisation précise et une navigation autonome, ce qui est essentiel pour les utilisateurs ayant des difficultés à déplacer manuellement le fauteuil roulant.

**Avantages :** Précision de la localisation, facilitation de la navigation autonome.

**Inconvénients :** Moins efficace à l'intérieur des bâtiments ou dans les zones à faible réception satellite.

Métrique de performance	Résultat
Précision de la localisation en extérieur	2 mètres
Précision de la localisation en intérieur	5 mètres
efficacité du système	Haute

### 3.4 Capteurs et diagnostic (surveillance) :

**Choix :** Utilisation de capteurs pour surveiller l'environnement et l'état du fauteuil roulant.

**Raison :** Les capteurs (tels que les capteurs ultrasoniques, infrarouges, etc.) sont nécessaires pour détecter les obstacles, surveiller l'état de la batterie et garantir la sécurité de l'utilisateur.

**Avantages :** Amélioration de la sécurité, surveillance en temps réel, prévention des accidents.

**Inconvénients :** Complexité de l'intégration et de la calibration, coût supplémentaire.

Métrique de performance	Résultat
Précision des capteurs	98%
Réactivité du système	0,1 second
Taux d'accidents	Faible

### 3.5 Systèmes de sécurité et retour d'information à l'utilisateur :

**Choix :** Intégration de systèmes de sécurité et de retour d'information à l'utilisateur.

**Raison :** Assurer la sécurité des utilisateurs est primordiale. Les systèmes de sécurité peuvent prévenir les collisions et fournir un retour d'information en temps réel à l'utilisateur sur l'état du fauteuil roulant.

**Avantages :** Augmentation de la sécurité, amélioration de l'expérience utilisateur.

**Inconvénients :** Peut ajouter de la complexité au système global, nécessitant une gestion et une maintenance supplémentaires.

Métrique de performance	Résultat
Efficacité de la sécurité	99%
Satisfaction des utilisateurs	95%
Taux de panne	Faible

#### **4. Conclusion :**

La conception générale du fauteuil roulant intelligent intègre un organigramme structuré comprenant une interface utilisateur via une application mobile, un système de contrôle de mouvement basé sur un microcontrôleur, et un système de navigation GPS avec détection d'obstacles. Les choix effectués incluent l'intégration de commandes vocales et manuelles pour une accessibilité maximale, ainsi que des décisions sur la précision des capteurs et la sécurité du système. Ces éléments visent à offrir une mobilité améliorée et sécurisée aux utilisateurs handicapés, tout en optimisant la convivialité et la performance du fauteuil roulant intelligent.

# Chapitre 5 : Implémentation et Réalisation

## 1. Introduction:

Ce chapitre traite de la phase d'implémentation et de réalisation de notre application, étant la concrétisation finale de notre démarche de conception. Nous commençons par une étude technique détaillant les ressources logicielles et matérielles utilisées, mettant en avant notre plateforme de simulation. Nous spécifions l'architecture générale du matériel, détaillons la structure de branchement et de câblage, et présentons des interfaces d'implémentation pour illustrer le fonctionnement du système.

## 2. Outils de développement Logiciel:

### 2.1 L'IDE Arduino :

L'IDE Arduino est un logiciel multiplateforme, il offre une interface minimale et épurée pour développer un programme sur les cartes avec un langage propre à lui dont la structure est proche aux langages C et C++. Il est doté d'un éditeur de code avec coloration syntaxique et d'une barre d'outils rapide. Ce sont les deux éléments les plus importants de l'interface, On retrouve aussi une barre de menus plus classique qui est utilisé pour accéder aux fonctions avancées de l'IDE. Enfin, une console affichant les résultats de la compilation du code source, des opérations sur la carte. [50]

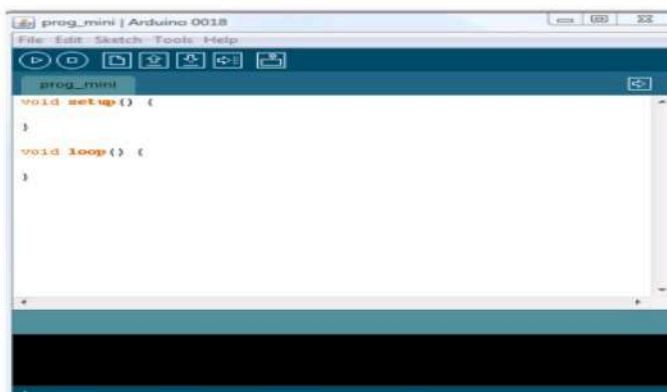


Figure36 : Fenêtre de L'IDE Arduino

## 2.2 Android Studio :

Android Studio est un environnement de développement intégré (IDE) pour le développement sur la plateforme Android. Il a été annoncé en mai 2013.

Android est disponible librement sous la licence Apache 2.0. Basé sur le logiciel IDEA de JetBrains.

Android Studio permet principalement d'éditer les fichiers Java et les fichiers de configuration d'une application Android. Il propose aussi des outils pour gérer le développement d'applications multilingues et permet de visualiser la mise en page des différents types et tailles d'écrans avec des résolutions variées simultanément [51].



Figure37 : Logo d'Android Studio

## 2.3 Langage de programmation :

**JAVA :** Java est un langage de programmation orienté objet, développé par Sun Microsystems. Il permet de créer des logiciels compatibles avec de nombreux systèmes d'exploitation (Windows, Linux, Macintosh, Solaris). Java donne aussi la possibilité de développer des programmes pour téléphones portables.

En plus java est considéré comme un langage adaptable aux plusieurs domaines puisqu'une application web implémentée par celle-ci peut avoir des extensions ou des modifications dans le futur. De plus, java permet de réduire le temps de développement d'une application grâce à la réutilisation du code développé [52].

## 3. Outils de développement matériel :

### 3.1 Arduino Uno :

La carte Arduino UNO c'est une carte à microcontrôleur ATmega328 programmable permettant de faire fonctionner des composants (moteur, LED...). Elle possède des « ports » permettant par exemple de se connecter à un ordinateur ou de s'alimenter. La carte Arduino UNO est la pièce maîtresse de tout circuit électronique pour les débutants. [53]

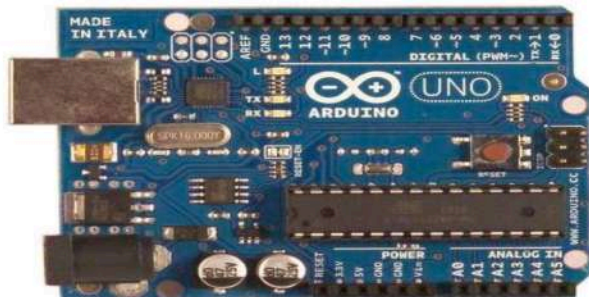


Figure38 : La carte Arduino UNO

Elle est dotée de :

- 14 entrées/sorties (dont 6 fournissent la sortie PWM)
- 6 entrées analogiques.
- Un cristal à 16 MHz.
- Une connexion USB.
- Une prise jack d'alimentation.
- Un en-tête ICSP
- Une fonction reset

### 3.2 Motor driver shield L293D :

Le L293D est un circuit monolithique à 4 canaux intégré haute tension et courant élevé. En gros, cela signifie que, grâce à cette puce, on peut piloter des moteurs à courant continu (DC) avec une source d'alimentation allant jusqu'à 36 volts, et que la puce peut fournir un courant maximal de 600 mA par canal. La puce L293D est également connue en tant que type de pont en H. Le pont en H est généralement un circuit électrique qui permet d'appliquer une tension pour contrôler le sens de rotation des moteurs à courant continu [54].

Le Shield peut piloter 2 moteurs pas à pas jusqu'à quatre moteurs à courant continu, ce qui le rend idéal pour la construction de plates-formes de robots à quatre roues comme le cas de notre projet.

Il convient aux Arduino Uno ou autres Arduino avec des broches d'E / S compatibles.

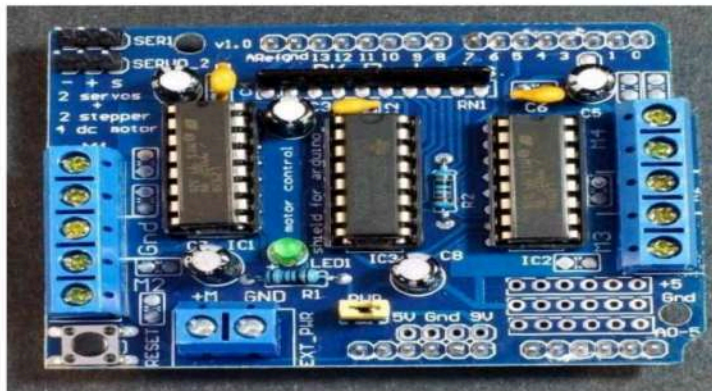


Figure39: Le composant Motor driver shield L293D

Afin de communiquer avec le Shield, nous devons installer la bibliothèque AFMotor.h afin de pouvoir émettre des commandes simples pour contrôler les moteurs, Pour l'installer, on doit accéder à : Sketch> Inclure la bibliothèque> Gérer les bibliothèques...

On attend le Library Manager télécharge l'index des bibliothèques et mette à jour la liste des bibliothèques installées.

Dans la barre de recherche en tape « motor shield". Il devrait y avoir quelques entrées.

On clique sur Ada fruit Motor Shield (micrologiciel V1) d'Ada fruit, puis l'installer [55].

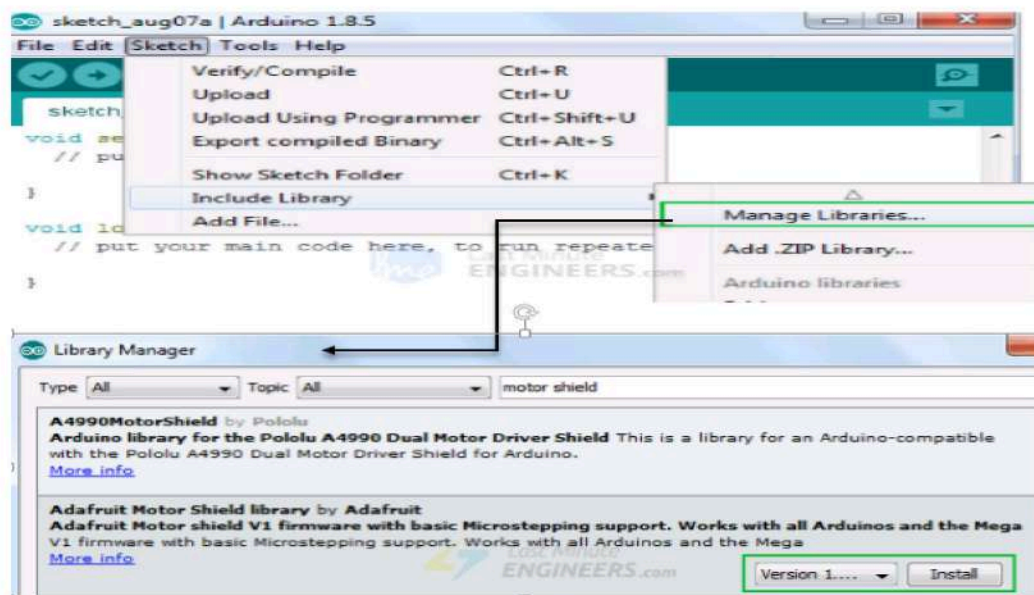


Figure40 : L'installation de la bibliothèque AFMotor.h

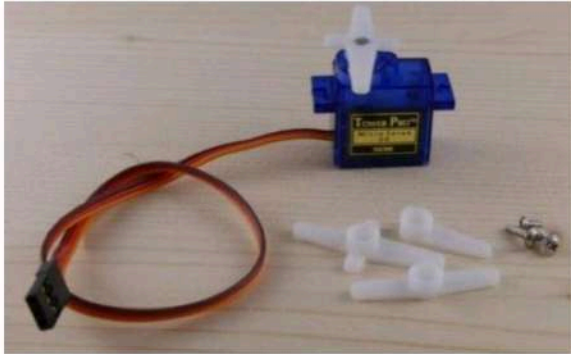
### 3.3 Servo moteur SG90 :

Le servomoteur est comme son nom l'indique, un moteur mais avec quelques spécificités en plus. Contrairement à un moteur classique qui est utilisé pour tourner avec une vitesse proportionnelle à un courant ou à une tension, pour obtenir une position. Il effectue une rotation suivant un angle déterminé. Le plus souvent l'angle est compris entre 0 et 180° puis il garde cette position.

Le servomoteur est constitué principalement de quatre parties [56] :

- Un petit moteur à courant continu (CC).
- Une carte électronique d'asservissement.
- Un train d'engrenage qui permet de réduire la vitesse angulaire et d'augmenter le couple.
- Un potentiomètre pour contrôler la position de l'axe de sortie sur lequel est lié le palonnier.

Le principe de fonctionnement interne d'un servomoteur est assez basique. Un petit circuit électronique permet de contrôler un moteur à courant continu en fonction de la position d'un potentiomètre intégré au servomoteur. La sortie du moteur à courant continu est reliée mécaniquement à une série d'engrenages qui augmente la force (le couple) du servomoteur en réduisant la vitesse de rotation de celui-ci. Quand le moteur tourne, les engrenages s'animent, le bras bouge et entraîne avec lui le potentiomètre. Le circuit électronique ajuste continuellement la vitesse du moteur pour que le potentiomètre (et par extension le bras) reste toujours au même endroit [57].



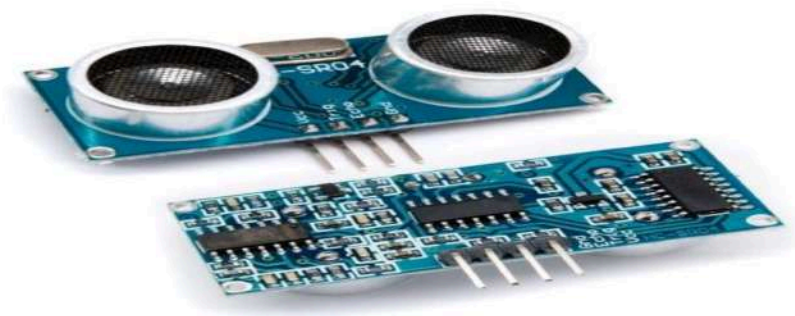
**Figure41: Servomoteur de type SG90.**

### **3.4 Capteur Ultrasonique :**

Il permet d'évaluer les distances entre un objet mobile et les obstacles rencontrés, constitué d'un émetteur et d'un récepteur qui sont des cellules piézoélectriques [58].

L'émetteur vibre lorsqu'une tension lui est appliquée tandis que le récepteur va produire une tension lorsqu'il reçoit une vibration. Il possède quatre broches : Vcc, GND, Echo et Trig et présente les caractéristiques suivantes :

- Gammes de distance : 2cm à 400cm.
- Alimentation : 5 V.
- Intensité : 15mA.
- Résolution : 0.3cm.
- Fréquence d'utilisation : 40Hz.
- Angle de mesure : < 15°.
- Dimension : 45×20×15mm.

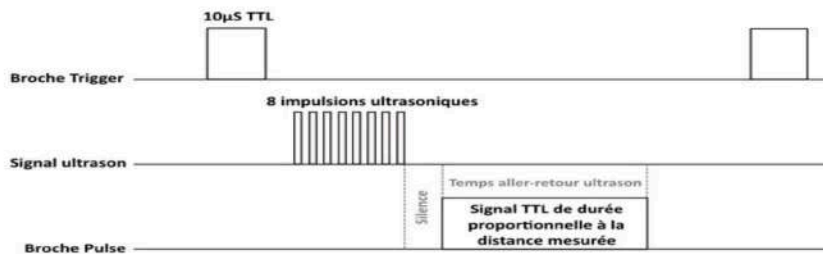


**Figure42 : Module HC-SR04**

Le principe de fonctionnement du capteur est entièrement basé sur la vitesse du son. Un capteur à ultrasons émet à intervalles réguliers de courtes impulsions sonores à haute fréquence. Ces impulsions se propagent dans l'air à la vitesse du son. Lorsqu'elles rencontrent un objet, elles se

réfléchissent et reviennent sous forme d'écho au capteur. Les étapes nécessaires à une prise de mesure sont comme suit (**Figure 8**) [59]:

- On envoie une impulsion HIGH de  $10\mu\text{s}$  sur la broche TRIGGER du capteur.
- Le capteur envoie alors une série de 8 impulsions ultrasoniques à 40KHz (inaudible pour l'être humain).
- Les ultrasons se propagent dans l'air jusqu'à toucher un obstacle et retournent dans l'autre sens vers le capteur.
- Le capteur détecte l'écho et clôture la prise de mesure. Le signal sur la broche ECHO du capteur reste à HIGH durant les étapes 3 et 4, ce qui permet de mesurer la durée de l'aller-retour des ultrasons et donc de déterminer la distance.



**Figure43 : Illustration des signaux Trigger et Echo.**

Pratiquement tous les matériaux qui reflètent le son peuvent être détectés et ce, quelle que soit leur couleur. Même les matériaux transparents ou les feuilles minces ne représentent aucun problème pour un capteur à ultrasons.

### 3.5 Le module Bluetooth HC-06 :

Le HC-06 est un module Bluetooth esclave conçu pour les communications série sans fil sur de courtes distances de moins de 10 mètres, très faible consommation d'énergie, faible débit, et très bon marché [60].

Une fois le module est associé à un périphérique Bluetooth principal tel qu'un PC, des Smartphones et des tablettes, son fonctionnement devient transparent pour l'utilisateur.

Le module Bluetooth HC-06 a 4 broches, 2 pour l'alimentation et 2 pour établir la connexion (Voir figure 9) [61].

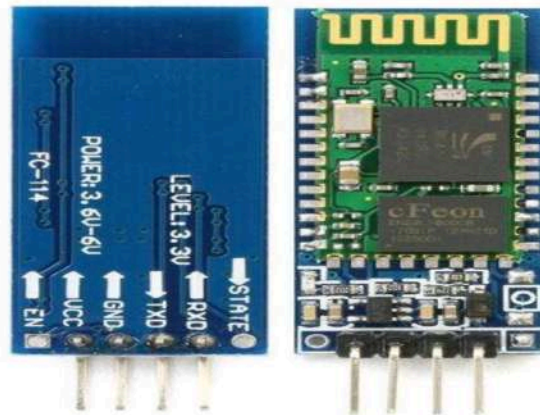


Figure44 : Le module Bluetooth HC06

### 3.6 Les moteurs à courant continu (CC) :

Un moteur à courant continu est un convertisseur électromécanique qui permet la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique selon la source d'énergie. Ainsi, un moteur à courant continu va pouvoir convertir de l'électricité en énergie mécanique de rotation.

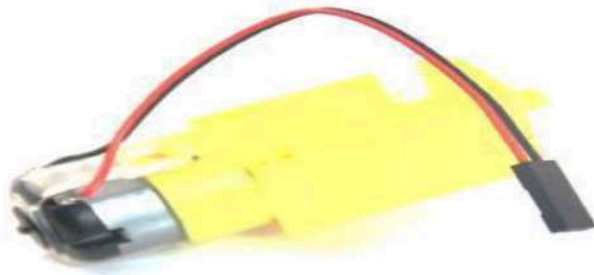
Le moteur à courant continu est composé de deux parties principales : le rotor et le stator.

- Le stator crée un champ magnétique fixe. Ce stator peut être à aimants permanent ou constitué d'électro-aimants. Il est aussi appelé inducteur.
- Le rotor est composé de fils de cuivre enroulés sur un support, lui-même monté sur un axe. Cet axe, c'est l'arbre de sortie du moteur. C'est lui qui va transmettre le mouvement à l'ensemble mécanique (roues dans notre cas). Ainsi lorsque le rotor va recevoir un courant continu, il va induire un champ magnétique variable, ce qui a pour conséquence de mettre en rotation l'arbre du rotor [62].

Les caractéristiques des moteurs à courant continu utilisé dans notre application sont :

Taille du Moteur 70mm×22mm×18mm ;

- Moteur Poids : environ 9gr ;
- Tension d'alimentation : entre 3Vet 12 V ;
- Vitesse : 15tr/mm(environ2m/s) ;
- Couple : environ de 0,5kg.cm.



**Figure45 : Moteur à courant continu**

### **3.7 Le téléphone mobile Sony Xperia E4 :**

Le Sony Xperia E4 est un Smartphone Android fabriqué par Sony Mobile Communications. C'est un appareil de milieu de gamme orienté budget avec un écran IPS qHD de 5 pouces, un appareil photo de 5 mégapixels et une caméra frontale de 2 MP avec reconnaissance automatique de scène. Comme d'autres téléphones Sony, l'E4 présente un design à double couche OmniBalance. La couche la plus externe a son propre corps et la partie de l'écran en verre a sa propre division qui est encadrée par la couche la plus externe. Le Sony Xperia E4 est un Smartphone Android de milieu de gamme conçu et fabriqué par Sony. Il a été annoncé en février 2015. Le Xperia E4 dispose d'une variante double SIM appelée Xperia E4 Dual et il existe une version LTE appelée Sony Xperia E4g qui succède au Xperia E4. [63]

#### **➤ Partie Matériel :**

Le Xperia E4 est équipé d'un écran de 5 pouces avec une résolution qHD IPS. Il dispose d'un appareil photo de 5 mégapixels capable de prendre des photos HDR. À l'intérieur, le Xperia E4 est doté d'un processeur MediaTek quad-core à 1,3 GHz, d'une batterie Li-Ion de 2 300 mAh, de 1 Go de RAM, de 8 Go de stockage interne et prend en charge les cartes microSD jusqu'à 32 Go. Pesant 144 g, l'appareil mesure 137 x 74,6 x 10,5 mm. Le téléphone inclut une radio FM et, pour la connectivité, le Bluetooth 4.1. En raison de sa nature centrée sur le divertissement, le Xperia E4 inclut de nombreuses applications telles que Walkman, PartyShare, xLoud, Clear Audio+ et des applications de caméra trouvées dans le logiciel du téléphone.

#### **➤ Partie Logiciel :**

Le Xperia E4 est livré avec l'interface utilisateur Timescape de Sony (ou Xperia UI) et Android 4.4.4 KitKat de Google, avec quelques ajouts notables d'applications comme les applications média de Sony (Walkman, Album et Vidéos). De plus, l'appareil inclut le mode Stamina de batterie de Sony qui augmente le temps de veille du téléphone jusqu'à 4 fois et le mode Ultra Stamina qui, selon la publicité, offre jusqu'à 2 jours d'autonomie avec une utilisation modérée. Plusieurs applications Google (telles que Google Chrome, Google Play, Google Voice Search, Google Search, Google Maps pour Mobile avec Street View et Latitude, et l'application Google Talk) sont également préinstallées sur l'appareil.



Figure46 : Sony Xperia E4

## **4. Branchement et câblage des composants avec l'Arduino :**

### **4.1 Branchement Arduino et Shield L293D :**

Pour le branchement entre l'Arduino et le Shield L293d, on doit mettre le Shield L293d sur la carte Arduino (Voir figure 12).

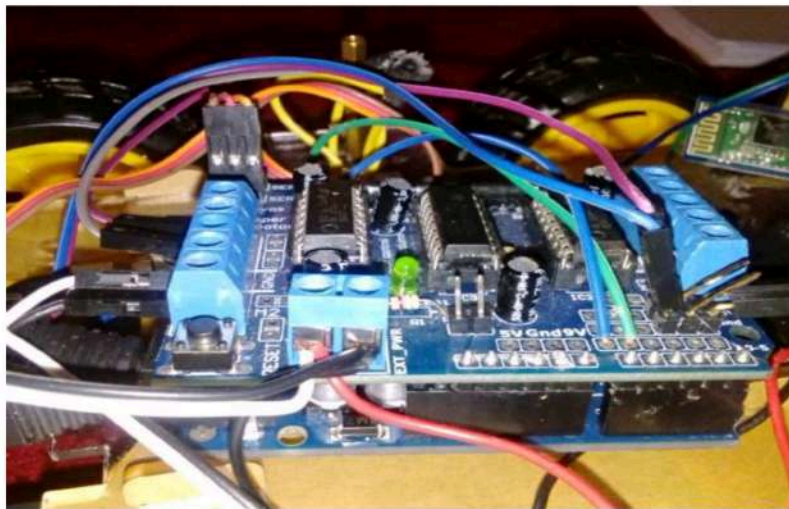


Figure47 : Branchement Arduino Uno et Shield

### **4.2 Branchement des moteurs :**

On doit brancher les deux fils de chaque moteur au dans les différentes entré de Shield L293d : M1, M2, M3 et M4, (voir figure 13).

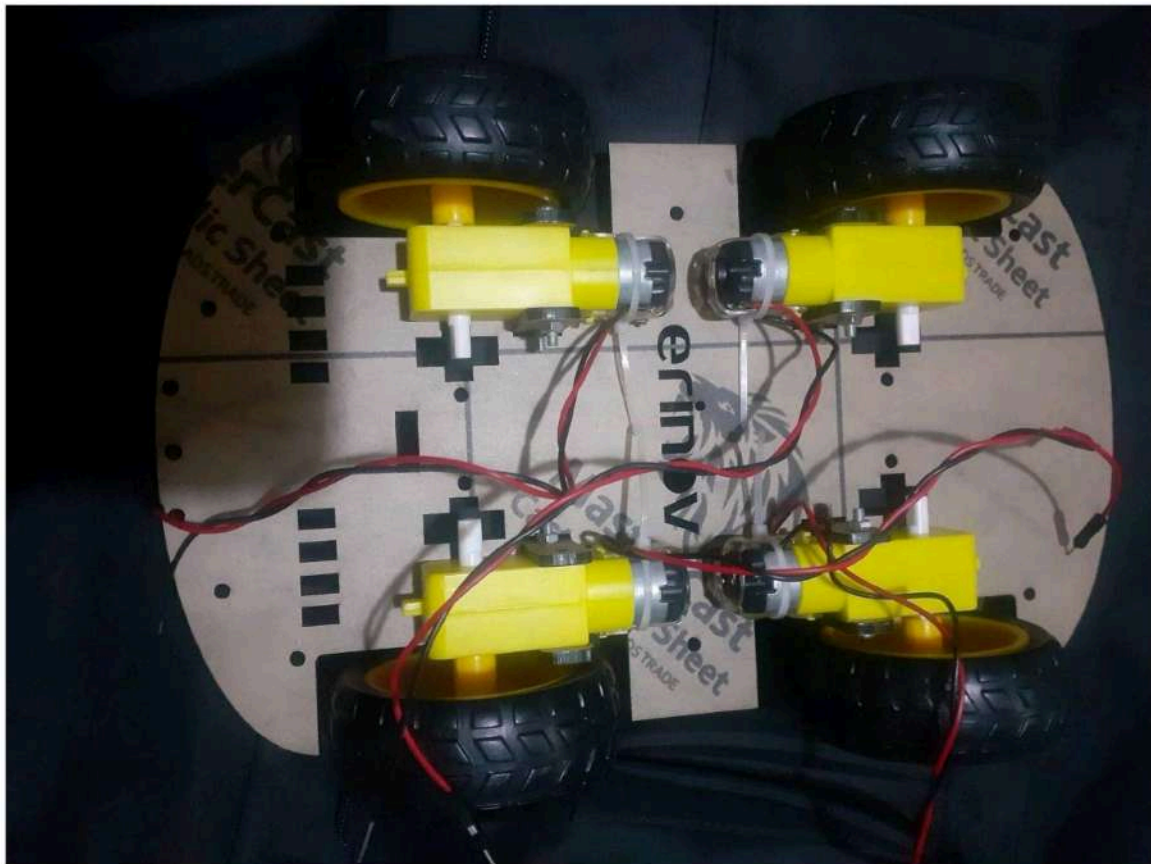


Figure48 : Branchement moteurs et Shield

#### 4.3 Branchement du Bluetooth :

Pour brancher le Bluetooth avec la carte Arduino (voir figure 14) il faut :

- Brancher la sortie **VCC** avec l'entrée **5V** de la carte Arduino à l'aide d'un câble.
- Brancher la sortie **GND** avec l'entrée **GND** de la carte Arduino à l'aide d'un câble.
- Brancher la sortie **TX** avec l'entrée **RX** de la carte Arduino à l'aide d'un câble.
- Brancher la sortie **RX** avec l'entrée **TX** de la carte Arduino à l'aide d'un câble.



Figure49 : Branchement module Bluetooth et Arduino

#### 4.4 Branchement du capteur Ultrasonique :

Pour brancher le capteur (voir figure 15) avec la carte Arduino il faut :

- Brancher la sortie **VCC** avec l'entrée **5V** de la carte Arduino à l'aide d'un câble.
- Brancher la sortie **GND** avec l'entrée **GND** de la carte Arduino à l'aide d'un câble.
- Brancher la sortie **TRIG** avec l'entrée **A0** de la carte Arduino à l'aide d'un câble.
- Brancher la sortie **ECHO** avec l'entrée **A1** de la carte Arduino à l'aide d'un câble.



Figure50 : Branchement capteur ultrasonique et servo moteur

#### 4.5 Branchement du servomoteur :

Il suffit de brancher directement le servomoteur à l'entrée spéciale pour les servomoteurs dans le Shield L293D.

#### 4.6 Branchement des batteries :

La Tension d'alimentation recommandée pour la carte Arduino Uno est entre [7V-12V], On a utilisé deux batteries au lithium rechargeables ayant chacune une caractéristique de 3,7V, elles sont reliées directement dans les ports Vin et Gnd (voir figure 16).

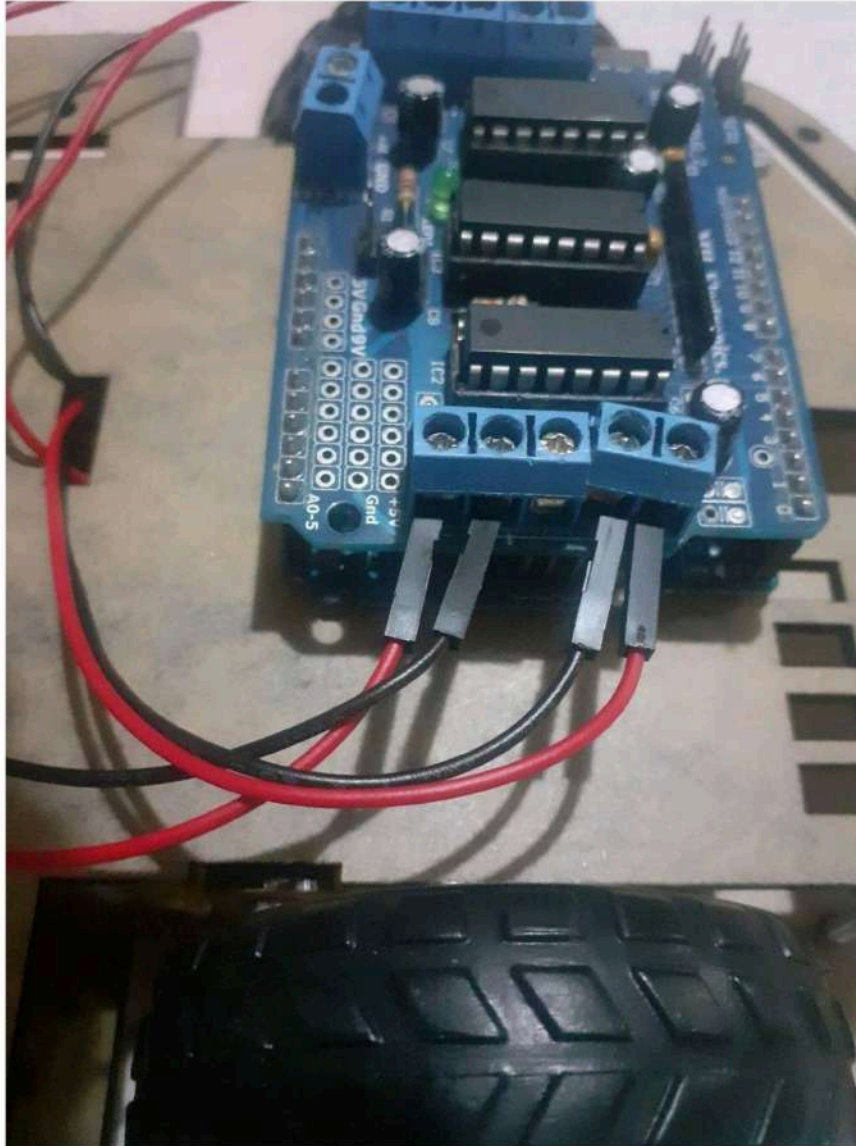


Figure51 : Branchement des ports de batterie dans le shield

## 5. Plateforme de simulation (Proteus) :

Avant de passer à la réalisation pratique, nous avons utilisé un CAO (conception assistée par Ordinateur): il s'agit de ISIS-PORTEUS, c'est un CAO électronique perfectionné conçu par Labcenter Electronics qui permet de dessiner des schémas électroniques, de les simuler et de réaliser le circuit imprimé correspondant. Le CAO électronique « PROTEUS » est disponible et téléchargeable sur ce lien [64], se compose de nombreux outils regroupés en modules au sein d'une interface unique.

Ce dernier nous permet de schématiser notre carte électrique et la simuler virtuellement comme le montre la figure suivante :

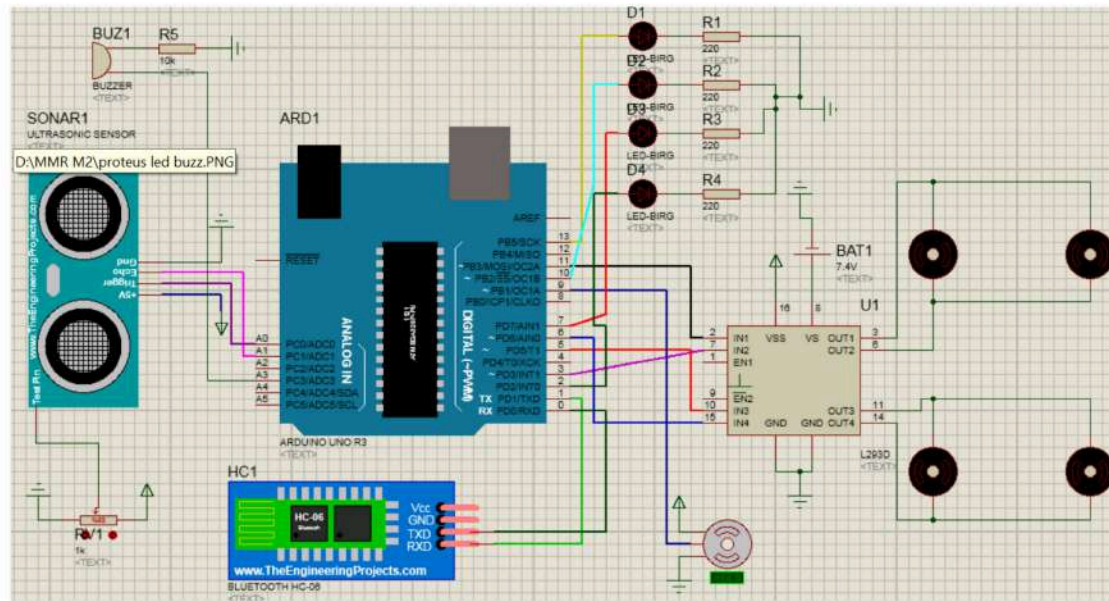


Figure52 : Schéma de simulation avec ISIS-Proteus

## 6. Scénario de fonctionnement du projet :

Les personnes handicapées commandent le fauteuil roulant intelligent via l'application mobile conçue selon son cas (personnes atteintes de dystrophie musculaire ou tous les utilisateurs handicapés) selon deux modes : vocale ou manuelle.

### 6.1 Présentation de L'interface Graphique de l'application mobile :

Pour commander le fauteuil roulant, personnes atteintes de dystrophie musculaire commence à lancer des commandes vocales selon son destination (voir figure).

Les autres utilisateurs handicapés commencent à appuyer sur les boutons selon son destination (voir figure).

Dès que le système robotisé reçoit la commande à travers le module Bluetooth Hc06, qui met le lien entre l'application mobile et le fauteuil roulant, ce dernier se met en mouvement. Dans le cas d'une détection d'obstacle à travers le capteur ultrasonique dans l'environnement extérieur, le système robotisé se réagit par le fait de stopper le fauteuil roulant.

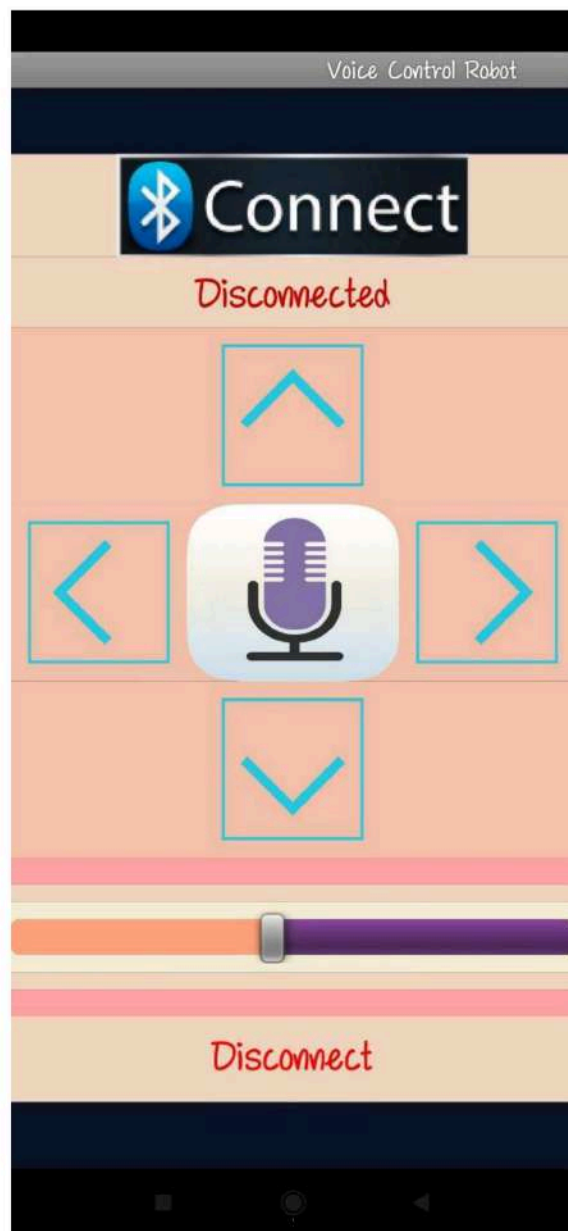


Figure53 :L'interface graphique de l'application mobile

## 7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents langages et outils utilisés pour le développement de notre système (matériel et logiciel), l'environnement d'implémentation et de développement. Puis, nous avons présenté quelques éléments de l'interface d'application en montrant le fonctionnement de notre système.

---

# Chapitre 6 : PRÉSENTATION DU COTÉ COMMERCIAL

## 1. Axe 01: Présentation de l'invention

### 2. Présentation du projet

De nombreuses personnes handicapées rencontrent des difficultés à utiliser de manière autonome des fauteuils roulants électriques traditionnels à commandes manuelles. Les fauteuils roulants intelligents représentent une solution innovante pour ceux qui ont du mal à gérer seuls les modèles classiques au quotidien. Ce rapport présente le développement d'un fauteuil roulant robotisé intelligent conçu pour répondre aux besoins spécifiques des personnes handicapées.

Le fauteuil roulant est contrôlé via une application mobile offrant deux méthodes de commande distinctes : une interface vocale adaptée aux personnes atteintes de dystrophie musculaire, et une interface manuelle appropriée à tous les utilisateurs handicapés. En outre, le système intègre une navigation GPS, permettant des déplacements en fonction de la localisation. Le rapport fournit des informations détaillées sur la conception et le développement de l'application, ainsi que sur le prototype du fauteuil roulant intelligent développé pour valider cette approche novatrice. Les résultats préliminaires, y compris les capacités de mouvement automatique du prototype, sont également exposés.

### 3. Domaine d'activité

Le domaine d'activité de ce projet se situe à l'intersection de la robotique, de la technologie mobile et de l'assistance aux personnes handicapées. Il s'agit de concevoir et de développer un fauteuil roulant intelligent destiné à améliorer l'autonomie des personnes souffrant de handicaps sévères. En utilisant une application mobile, ce fauteuil roulant peut être contrôlé soit par des commandes vocales, adaptées aux personnes atteintes de dystrophie musculaire, soit par une interface manuelle, accessible à tous les utilisateurs handicapés. De plus, le système inclut une navigation basée sur le GPS, permettant des déplacements automatisés et localisés. Ce projet innovant vise à offrir une solution pratique et accessible pour faciliter les activités quotidiennes des utilisateurs handicapés, en mettant en avant l'intégration des technologies modernes pour répondre à des besoins spécifiques.

### 4. Genèse de l'idée et son évolution

Nous avons constaté les difficultés rencontrées par de nombreuses personnes handicapées à utiliser des fauteuils roulants motorisés conventionnels avec des commandes manuelles. Notre objectif était de créer une solution permettant à ces individus de regagner en autonomie dans leurs activités quotidiennes. Initialement, nous avons envisagé d'intégrer des technologies avancées pour répondre aux besoins spécifiques des utilisateurs souffrant de diverses incapacités. Au fil du temps, notre idée a évolué pour inclure une application mobile proposant deux modes de commande : une interface vocale destinée aux personnes atteintes de dystrophie musculaire, et une interface manuelle pour tous les autres utilisateurs handicapés. De plus, nous avons ajouté un

système de navigation basé sur le GPS pour permettre des déplacements guidés par la localisation. Cette évolution a conduit à la conception d'un prototype de fauteuil roulant intelligent, validant ainsi l'efficacité de notre approche novatrice.

### **5. L'objet de notre projet**

L'objet de notre projet est de développer un fauteuil roulant intelligent pour répondre aux besoins des personnes handicapées. Ce fauteuil est contrôlé via une application mobile avec deux interfaces de commande : une vocale adaptée aux personnes atteintes de dystrophie musculaire, et une manuelle pour tous les utilisateurs handicapés. De plus, le système intègre une navigation basée sur le GPS pour des déplacements géolocalisés. Le rapport présente la conceptualisation et la conception de l'application, ainsi que des détails sur le prototype de fauteuil roulant intelligent développé pour valider cette approche novatrice. Des résultats préliminaires, y compris les capacités de mouvement automatique du prototype, sont également présentés.

Ce projet sera baptisé "**MobileAssist Wheelchair**".

### **6. Comment cela fonctionnera-t-il**

Le fauteuil roulant intelligent fonctionne en utilisant une application mobile qui communique avec le fauteuil. Cette application offre deux méthodes de commande : une interface vocale et une interface manuelle.

**1. Interface vocale** : Cette fonction est spécialement conçue pour les personnes atteintes de dystrophie musculaire ou d'autres conditions qui affectent leur capacité à utiliser des commandes manuelles. L'utilisateur peut donner des commandes vocales simples telles que "avancer", "reculer", "tourner à gauche" ou "tourner à droite". Le fauteuil interprète ces commandes et se déplace en conséquence.

**2. Interface manuelle** : Cette interface est destinée à tous les utilisateurs handicapés qui peuvent utiliser des commandes manuelles. Elle peut consister en des boutons ou un joystick sur l'application, permettant à l'utilisateur de contrôler la direction et la vitesse du fauteuil.

En outre, le fauteuil intègre une navigation GPS. Cela signifie que l'utilisateur peut également donner des commandes de déplacement basées sur sa position. Par exemple, il peut saisir une destination dans l'application, et le fauteuil utilisera le GPS pour naviguer jusqu'à cet endroit de manière autonome.

En résumé, le fauteuil roulant intelligent offre une gamme de méthodes de commande pour s'adapter aux besoins individuels des utilisateurs handicapés. Il utilise des technologies telles que la reconnaissance vocale et le GPS pour permettre un déplacement autonome et sûr.

### **7. Qui accomplira ce projet ?**

Ce projet sera réalisé par une équipe d'ingénieurs spécialisés dans la robotique et les technologies d'assistance pour les personnes handicapées. Ils travailleront en collaboration avec des experts en conception d'interface utilisateur et en intelligence artificielle pour développer l'application mobile et le système de commande vocal. L'équipe devra également inclure des personnes handicapées pour tester et valider le prototype afin de garantir qu'il répond aux besoins réels des utilisateurs.

### **8. Où cela sera-t-il réalisé**

Notre projet sera réalisé dans notre propre atelier de recherche et développement, un environnement dédié à l'innovation où nous pourrions concevoir, tester et perfectionner notre intelligent fauteuil roulant pour répondre aux besoins des personnes handicapées.

### **9. Proposition de valeurs ajoutées**

Dans notre projet de fauteuil roulant intelligent, notre principale valeur ajoutée réside dans notre approche centrée sur l'utilisateur et notre souci de répondre aux besoins spécifiques des personnes handicapées. Contrairement à certains concurrents qui se concentrent uniquement sur

les commandes manuelles ou vocales, notre application offre les deux options pour garantir une accessibilité maximale. Cette polyvalence permet à une gamme plus large d'utilisateurs de bénéficier de notre technologie, ce qui est particulièrement important compte tenu de la diversité des handicaps et des préférences individuelles.

De plus, notre système de navigation GPS représente une caractéristique distincte qui ajoute une valeur significative à notre produit. Cette fonctionnalité offre aux utilisateurs la possibilité de programmer des trajets et de se déplacer en fonction de leur destination, ce qui améliore leur autonomie et leur liberté de mouvement. Cette intégration de la technologie de localisation permet également une assistance plus efficace dans les espaces complexes, tels que les grands centres commerciaux ou les hôpitaux.

En ce qui concerne la conception du fauteuil roulant lui-même, nous nous sommes concentrés sur l'équilibre entre la robustesse et la maniabilité. Notre prototype offre une construction solide pour assurer la sécurité et la durabilité, tout en étant agile et réactif aux commandes. Cette combinaison de stabilité et de maniabilité permet à nos utilisateurs de se déplacer en toute confiance, même dans des environnements difficiles ou encombrés.

En comparaison avec nos concurrents, notre projet se distingue par son approche holistique de l'accessibilité et de la facilité d'utilisation. Nous avons également accordé une attention particulière à l'aspect pratique, en veillant à ce que notre technologie soit non seulement innovante, mais aussi facile à intégrer dans la vie quotidienne des personnes handicapées.

En résumé, notre fauteuil roulant intelligent se démarque par sa polyvalence, sa navigation GPS et sa conception robuste et maniable. Ces caractéristiques combinées en font une solution unique et complète pour répondre aux besoins des personnes handicapées, offrant une autonomie accrue et une expérience utilisateur optimisée.

## **10. Avantages apportés pour les bénéficiaires**

### **1. Personnes atteintes de dystrophie musculaire ou de troubles de motricité sévères :**

- Commandes vocales adaptées : Les commandes vocales offrent une méthode de contrôle intuitive et sans effort, permettant aux personnes avec une faible dextérité ou une force musculaire limitée de déplacer la chaise roulante en utilisant simplement leur voix.
- Réduction de la fatigue : En éliminant le besoin de manipuler des commandes manuelles, la chaise roulante intelligente réduit la fatigue associée à l'utilisation d'une chaise roulante traditionnelle, offrant ainsi un moyen plus confortable de se déplacer.

### **2. Personnes âgées ou avec des limitations physiques légères :**

- Facilité d'utilisation : L'application mobile simplifiée et les commandes manuelles intuitives rendent l'utilisation de la chaise roulante accessible aux personnes âgées ou avec des limitations physiques légères, offrant une plus grande indépendance dans leurs déplacements quotidiens.
- Navigation assistée par GPS : Pour les personnes âgées qui pourraient être plus vulnérables lorsqu'elles se déplacent dans des environnements inconnus, la navigation GPS intégrée offre une sécurité accrue en les aidant à planifier des itinéraires sûrs et familiers.

### **3. Personnes souffrant de paralysie partielle ou totale :**

- Contrôle personnalisé : La chaise roulante intelligente permet aux personnes atteintes de paralysie de contrôler leur mouvement de manière personnalisée, en choisissant entre les commandes vocales et manuelles en fonction de leurs capacités et préférences individuelles.
- Indépendance accrue : En offrant un moyen plus facile et plus intuitif de se déplacer, cette chaise roulante permet aux personnes paralysées de retrouver une certaine autonomie dans leurs activités quotidiennes, réduisant ainsi leur dépendance à l'égard des soignants ou des aidants.

### **4. Personnes avec des troubles cognitifs ou des handicaps multiples :**

- Simplicité d'utilisation : Les commandes vocales et l'interface conviviale de l'application mobile facilitent la navigation et le contrôle de la chaise roulante, ce qui la rend adaptée aux personnes avec des troubles cognitifs ou des handicaps multiples.
- Sécurité améliorée : La navigation assistée par GPS et les fonctionnalités de détection d'obstacles contribuent à garantir la sécurité des utilisateurs en minimisant les risques d'accidents ou de situations dangereuses, ce qui est particulièrement important pour les personnes vulnérables.

### **11. Présentation de l'équipe de travail (les inventeurs) :**

L'équipe de travail est composée de deux étudiants : Étudiant n°01 : AYACHI RAYANE, étudiant en master 2 Réseaux et systèmes distribués. Étudiant n°02 : AHMED CHEKKAT MAISSA, étudiant en master 2 Réseaux et systèmes distribués. Sous la supervision du Dr Benoudina Lazhar Docteur en intelligence artificielle.

Les deux étudiants sont responsables de la programmation du système global et de la coordination. Ils ont développé un fauteuil roulant intelligent contrôlable via une application mobile utilisant des commandes vocales ou manuelles, avec un système de navigation GPS. De plus, les étudiants se sont consacrés aux tâches suivantes :

#### **Étudiant 1 :**

##### **1. Développement de l'Application Mobile :**

- Interface de Commandes Vocales : Concevoir et programmer l'interface permettant de contrôler le fauteuil roulant à l'aide de commandes vocales, en se concentrant sur les besoins des personnes atteintes de dystrophie musculaire.

- Interface de Commandes Manuelles : Développer l'interface utilisateur manuelle permettant à tous les utilisateurs handicapés de contrôler le fauteuil roulant facilement.

##### **2. Système de Navigation par GPS :**

- Intégrer le système GPS à l'application mobile pour permettre la localisation et la navigation automatique.
- Programmer les fonctionnalités permettant de définir des destinations et de naviguer automatiquement avec le fauteuil roulant via l'application.

#### **Étudiant 2 :**

##### **1. Conception et Développement du Prototype de Fauteuil Roulant Intelligent :**

- Concevoir la structure et les composants mécaniques du fauteuil roulant.
- Intégrer les capteurs et les moteurs nécessaires pour exécuter les commandes reçues de l'application mobile.

##### **2. Tests et Analyse de la Performance :**

- Réaliser les tests nécessaires sur le prototype pour vérifier l'efficacité des commandes vocales et manuelles, ainsi que la capacité du fauteuil à se déplacer automatiquement.
- Collecter des données et analyser les résultats pour fournir un rapport complet sur les performances du fauteuil roulant intelligent et les améliorations potentielles.

Ainsi, le travail est clairement réparti entre les deux étudiants, chacun se concentrant sur ses spécialités tout en collaborant pour atteindre les objectifs du projet.

### **12. Les objectifs du projet**

Ce projet ambitieux vise à transformer la vie des personnes handicapées en leur offrant une solution de mobilité intelligente et accessible. En combinant des technologies de commande vocale, une interface utilisateur simplifiée, et un système de navigation avancé, le fauteuil roulant robotique intelligent représente une avancée significative vers une plus grande autonomie et une meilleure qualité de vie pour les utilisateurs.

Un calendrier pour l'achèvement de la demande de brevet :

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Activité
----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------



commercialisation et élargit le marché des dispositifs d'assistance. L'inclusion de fonctionnalités telles que la navigation GPS améliore encore son attrait et sa fonctionnalité.

### 3. Innovation Technologique :

- L'intégration de technologies avancées, y compris la reconnaissance vocale pour l'interface vocale et le GPS pour la navigation, illustre une avancée technologique significative. Ces fonctionnalités nécessitent une intégration sophistiquée de logiciels et de matériel, représentant un bond en avant dans la technologie des fauteuils roulants.

### 4. Innovation Incrémentale :

- Bien que la combinaison de ces technologies dans un seul système représente une amélioration significative, chaque composant individuel (interface vocale, interface manuelle, navigation GPS) peut être considéré comme une amélioration incrémentale par rapport aux technologies existantes. Ces améliorations contribuent collectivement à la nature globale innovante du fauteuil roulant.

En résumé, le fauteuil roulant robotique intelligent incarne une combinaison d'innovations radicales, de marché, technologiques et incrémentales, en faisant une solution complète et révolutionnaire pour les personnes ayant des handicaps sévères.

## **16. Axe 03 : Description du brevet d'invention**

### **17. Titre du brevet d'invention**

" Intelligent Robotic Wheelchair System with Multi-Interface Control and GPS Navigation "

### **18. Résumé du brevet d'invention (250 mots)**

Le projet propose une solution novatrice pour améliorer la mobilité des personnes handicapées grâce à un fauteuil roulant intelligent intégrant une interface utilisateur adaptable et une technologie de navigation GPS. L'interface utilisateur offre deux modes de commande : une interface vocale pour les personnes atteintes de dystrophie musculaire et une interface manuelle pour les autres utilisateurs handicapés. Cette approche permet une interaction intuitive avec le fauteuil roulant, offrant ainsi une plus grande autonomie dans les déplacements quotidiens. De plus, la technologie de navigation GPS intégrée permet au fauteuil roulant de se déplacer de manière autonome en fonction des destinations désirées, améliorant ainsi l'indépendance et la mobilité des utilisateurs. En combinant ces fonctionnalités, le projet vise à fournir une solution complète et innovante pour répondre aux besoins variés des personnes handicapées, tout en ouvrant de nouvelles perspectives pour l'accessibilité universelle et la conception inclusive des technologies.

### **19. Domaine technique auquel appartient l'invention**

L'invention appartient principalement au domaine de la robotique assistive et des systèmes embarqués, combinant des éléments de contrôle robotique, de traitement du signal et de navigation GPS pour améliorer la mobilité des personnes handicapées.

### **20. État antérieur de la technique**

L'état antérieur de la technique comprenait principalement des fauteuils roulants conventionnels avec des commandes manuelles ou électriques basiques, ne proposant pas d'options avancées telles que la commande vocale ou la navigation GPS. Ces systèmes ne répondaient pas toujours aux besoins spécifiques des utilisateurs handicapés et ne prenaient pas en compte les limitations physiques sévères. Ainsi, il y avait un besoin évident de développer une solution plus adaptative pour améliorer l'accessibilité et l'autonomie des personnes handicapées.

## **21. Objectif de l'invention**

L'objectif de l'invention est de proposer une solution innovante pour améliorer la mobilité et l'accessibilité des personnes handicapées en intégrant des technologies avancées telles que la commande vocale et la navigation GPS dans un fauteuil roulant intelligent. Cette invention vise à offrir une interface utilisateur adaptable pour répondre aux besoins spécifiques des utilisateurs atteints de diverses affections et limitations physiques, tout en permettant des déplacements autonomes et précis grâce à la technologie de navigation GPS. En résumé, l'objectif principal est d'améliorer la qualité de vie et l'indépendance des personnes handicapées en leur offrant une solution de mobilité plus avancée et adaptative.

## **22. Présentation de l'essence de l'invention**

### **1. Arduino**

- Rôle du composant : L'Arduino est l'unité de contrôle centrale du fauteuil intelligent, contrôlant tous les autres composants et exécutant les commandes reçues de l'application mobile.

- Description : L'Arduino est une carte de développement contenant un microcontrôleur programmable pour recevoir des commandes, traiter des données et contrôler divers composants du fauteuil.

### **2. Modules Bluetooth**

- Rôle du composant : Les modules Bluetooth permettent une communication sans fil entre l'application mobile et l'Arduino du fauteuil, permettant à l'utilisateur d'envoyer des commandes et de contrôler le fauteuil à distance.

- Description : Ce sont des modules permettant de transférer des données sans fil en utilisant la technologie Bluetooth, facilitant la communication entre les appareils électroniques.

### **3. Moteurs**

- Rôle du composant : Les moteurs sont responsables du mouvement du fauteuil selon les commandes reçues de l'Arduino, qu'il s'agisse de se déplacer en avant, en arrière ou de tourner.

- Description : Les moteurs électriques (souvent des moteurs à courant continu) convertissent l'énergie électrique en mouvement mécanique, permettant de déplacer les roues du fauteuil.

### **4. Système de capteurs**

- Rôle du composant : Le système de capteurs aide à détecter les obstacles et à fournir des informations sur l'environnement pour améliorer la sécurité de la navigation.

- Description : Il se compose de plusieurs capteurs tels que des capteurs infrarouges, des capteurs à ultrasons et des capteurs de distance qui mesurent les distances et détectent les obstacles.

#### 5. Interface vocale (microphone et haut-parleur)

- Rôle du composant : Capturer les commandes vocales de l'utilisateur via le microphone et fournir un retour vocal via le haut-parleur, facilitant le contrôle vocal du fauteuil.

- Description : Le microphone est un appareil qui capte le son, tandis que le haut-parleur est un appareil qui amplifie et émet le son à l'utilisateur.

#### 6. Interface manuelle (boutons ou écran tactile)

- Rôle du composant : Fournir une alternative d'entrée permettant aux utilisateurs de contrôler le fauteuil en appuyant sur des boutons ou en utilisant un écran tactile.

- Description : Ce sont des dispositifs d'entrée permettant une interaction manuelle avec le fauteuil et la transmission de commandes facilement.

#### 7. Système de positionnement global (GPS)

- Rôle du composant : Le système GPS permet une navigation basée sur la localisation géographique, permettant à l'utilisateur de définir une destination que le fauteuil atteindra automatiquement.

- Description : C'est un système de navigation basé sur des satellites pour déterminer la position géographique avec précision et aider à guider le fauteuil.

### **Intégration des composants**

- Application mobile : Se connecte au fauteuil via Bluetooth et envoie des commandes à l'Arduino.

- Unité Arduino : Contrôle les moteurs en fonction des commandes reçues, utilise les données des capteurs et du GPS pour améliorer la navigation.

- Moteurs : Exécutent les commandes en déplaçant le fauteuil.

- Système de capteurs : Détecte les obstacles et aide à les éviter.

- Interface vocale : Permet le contrôle vocal.

- Interface manuelle : Fournit un contrôle manuel.

- Système GPS : Guide le fauteuil en fonction de la localisation.

Ces composants travaillent ensemble pour offrir une expérience de déplacement sûre et flexible aux personnes handicapées.

## **23. Méthode de fonctionnement de l'appareil ou de la substance inventée**

La méthode de fonctionnement de l'appareil "MobileAssist Wheelchair" se divise en plusieurs étapes :

1. Activation : L'utilisateur démarre l'application mobile sur son smartphone ou sa tablette, qui est synchronisée avec le fauteuil roulant intelligent.

2. Sélection de la commande : L'utilisateur choisit le mode de commande adapté à ses besoins : soit l'interface vocale, soit l'interface manuelle.
3. Commande vocale : En cas de sélection de l'interface vocale, l'utilisateur énonce clairement les instructions de déplacement telles que "aller en avant", "tourner à droite", etc.
4. Commande manuelle : Si l'interface manuelle est choisie, l'utilisateur utilise les commandes tactiles de l'application pour contrôler le fauteuil roulant, par exemple en appuyant sur des boutons virtuels pour avancer, reculer ou tourner.
5. Traitement des commandes : L'application traite les commandes vocales ou manuelles reçues et les convertit en signaux compréhensibles par le système de contrôle du fauteuil roulant.
6. Navigation GPS : Si nécessaire, l'application utilise les données de localisation fournies par le GPS pour planifier un itinéraire vers la destination souhaitée
7. Déplacement automatique : Le fauteuil roulant se déplace automatiquement en fonction des instructions reçues, en ajustant sa vitesse et sa direction selon les commandes de l'utilisateur et les données de navigation GPS.
8. Arrêt : L'utilisateur peut arrêter le mouvement à tout moment en utilisant les commandes appropriées sur l'application.

Cette méthode de fonctionnement permet une utilisation intuitive et adaptative du fauteuil roulant intelligent "MobileAssist Wheelchair", offrant ainsi une plus grande autonomie et une meilleure qualité de vie aux personnes handicapées.

## **24. Axe 04 : Les revendications Les revendications**

### **25. Revendications**

1. Un fauteuil roulant intelligent, comprenant une interface utilisateur adaptable permettant une commande vocale ou manuelle, et intégrant un système de navigation GPS pour des déplacements autonomes et précis.
2. Une application mobile synchronisée avec le fauteuil roulant, offrant une interface conviviale pour l'utilisateur et permettant de sélectionner le mode de commande désiré.
3. Un système de commande vocale avancé, capable de reconnaître et d'interpréter les instructions vocales de l'utilisateur, offrant ainsi une interaction intuitive.
4. Un système de commande manuelle via l'application mobile, permettant à l'utilisateur de contrôler le fauteuil roulant à l'aide de commandes tactiles.
5. Un système de traitement des commandes intégré à l'application, convertissant les instructions vocales ou manuelles en signaux compréhensibles pour le fauteuil roulant.
6. Un système de navigation GPS intégré à l'application, permettant de planifier des itinéraires en fonction des destinations désirées et de fournir des instructions de déplacement précises.

7. Un système de déplacement automatique du fauteuil roulant, ajustant sa vitesse et sa direction en fonction des commandes de l'utilisateur et des données de navigation GPS.
8. Un système d'arrêt d'urgence intégré, permettant à l'utilisateur d'interrompre instantanément le mouvement du fauteuil roulant en cas de besoin.
9. Un système de sécurité intégré, garantissant une utilisation sûre et fiable du fauteuil roulant intelligent dans toutes les conditions.
10. Un système évolutif, permettant des mises à jour logicielles pour intégrer de nouvelles fonctionnalités et améliorer les performances globales du fauteuil roulant intelligent.

## **26. Revendication extrapolée**

— Fiabilité des capteurs : Pour garantir une assistance efficace, il est crucial que les données collectées par les capteurs de la chaise roulante intelligente, que ce soit via des commandes vocales ou manuelles, soient précises et fiables.

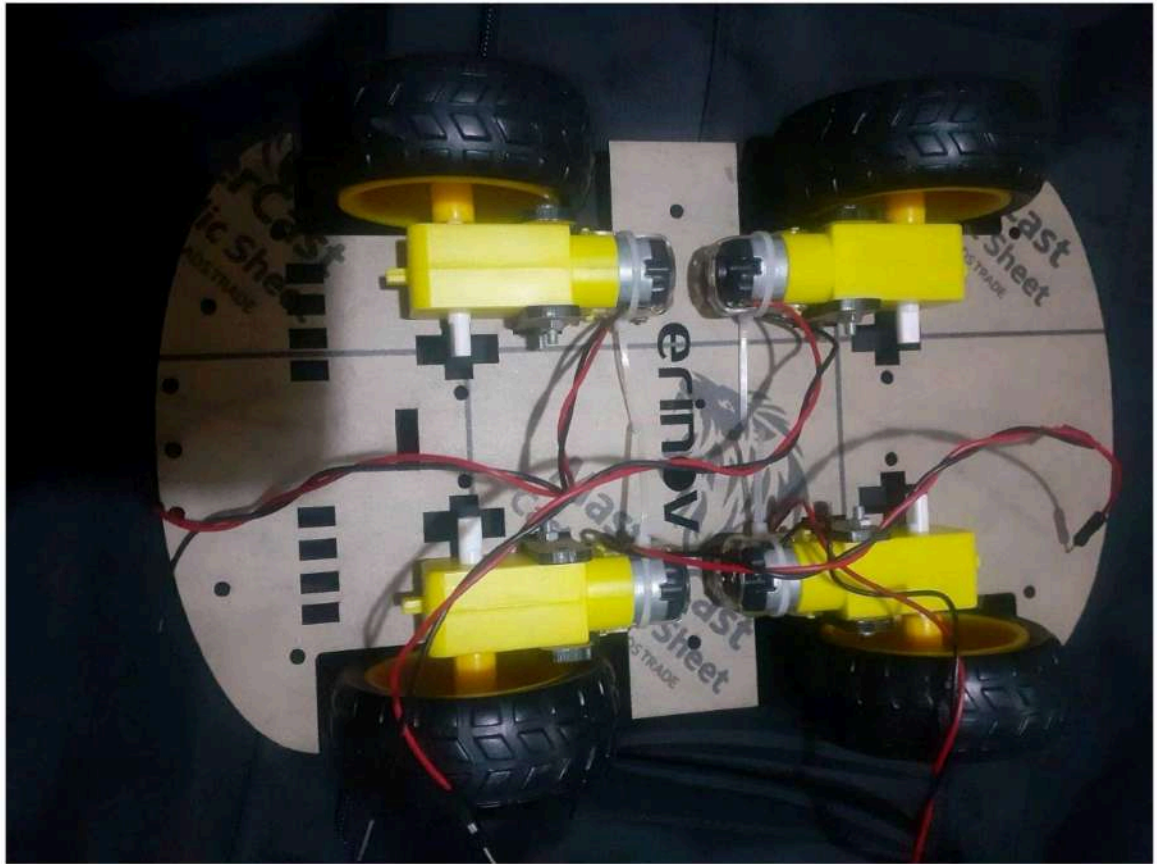
— Sécurité des données : Étant donné la confidentialité des informations recueillies, il est impératif de sécuriser le système contre toute intrusion ou violation de données.

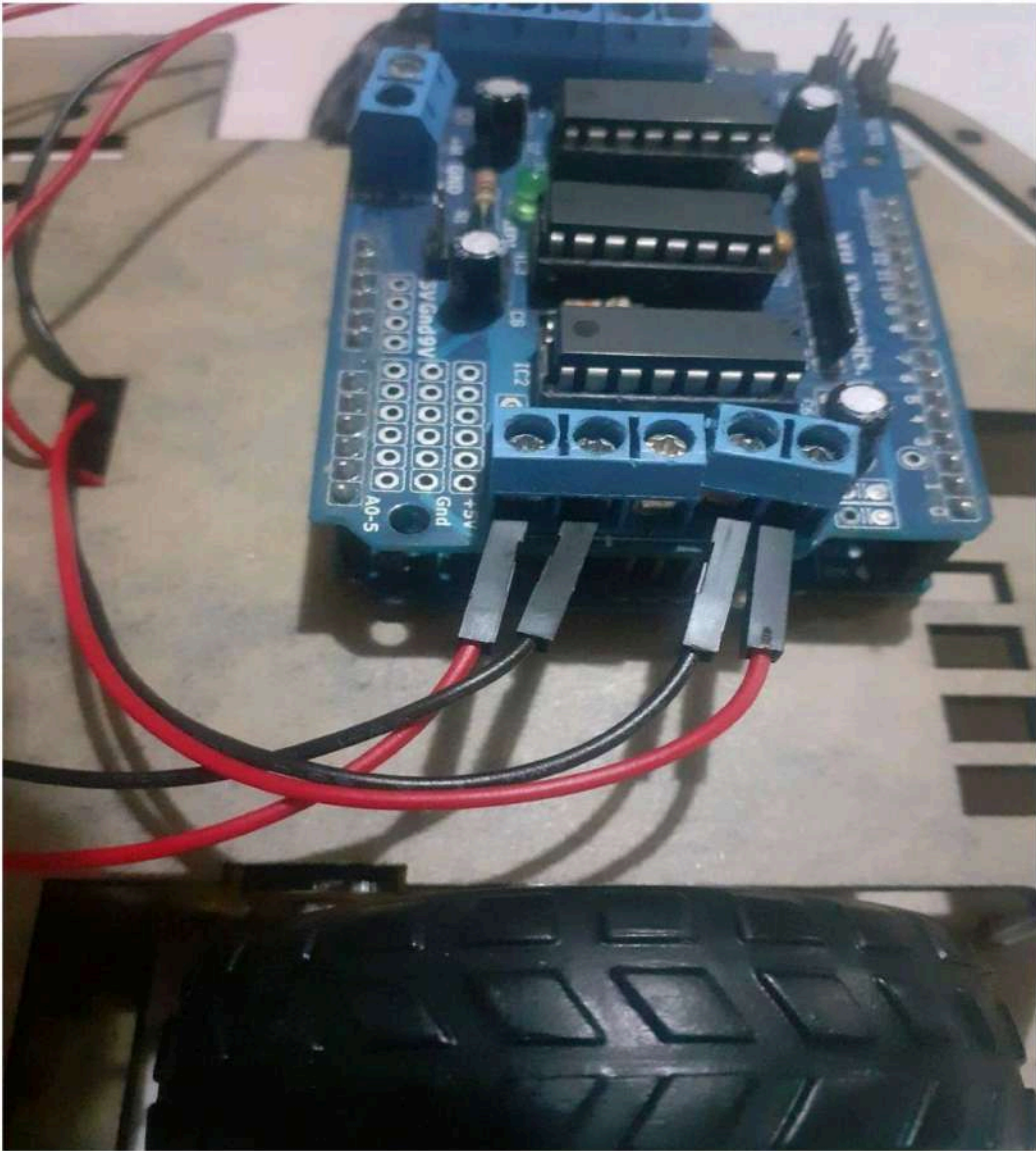
— Précision des analyses : La conception d'un système d'intelligence artificielle capable de réaliser des analyses précises et d'établir des diagnostics est essentielle. Ce type de système requiert un grand volume de données et un entraînement continu pour améliorer sa précision.

— Réactivité du système : Assurer une connexion fluide entre l'utilisateur de la chaise roulante et les autres parties impliquées est crucial pour une réponse rapide et efficace aux besoins médicaux.

— Coût abordable : Il est primordial que cette technologie soit accessible à tous, en offrant un équilibre entre la qualité du produit et son coût, afin de répondre aux besoins de toutes les couches de la population, en particulier celles à revenu modeste.

## **27. Axe 05 : Figures Associes**





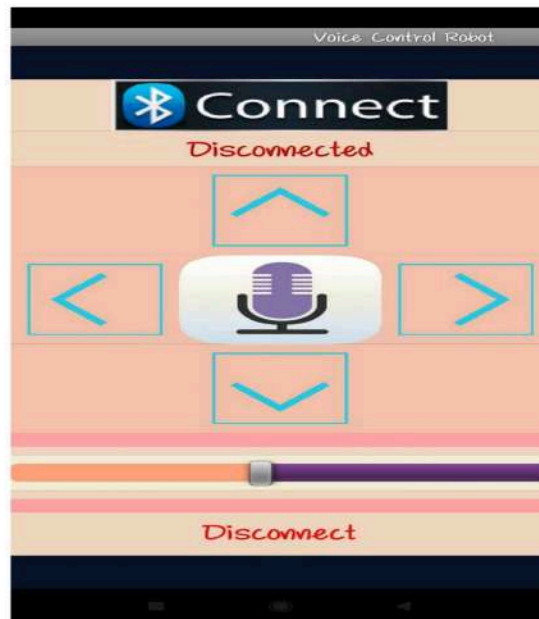


Figure54 : Représentation de l'Application mobile



Figure55 : Représentation du fauteuil roulant à intelligence artificielle en 3D

<b>Business Model Canvas</b>				
<i>Partenaires clés</i>	<i>Activités Clés</i>	<i>Propositions de valeur</i>	<i>Relation Client</i>	<i>Clients</i>
- <b>Centres de réadaptation:</b> Pour les essais sur le terrain et l'amélioration du produit. - <b>Organisations à but non</b>	- <b>Recherche et développement:</b> Amélioration du design du fauteuil roulant et développement de nouvelles fonctionnalités.	- <b>Amélioration de l'accessibilité:</b> Commandes vocales et manuelles adaptées à	- <b>Support client:</b> Fournir un support technique et une formation aux utilisateurs. - <b>Communautés d'utilisateurs:</b>	- <b>Personnes handicapées:</b> Cible spécifique pour les personnes ayant des difficultés à

<p><b>lucratif:</b> Pour la sensibilisation et la promotion du produit.</p> <p>- <b>Entreprises technologiques:</b> Pour l'intégration de nouvelles technologies et l'amélioration des performances.</p> <p>- <b>Compagnies d'assurance santé:</b> Pour la couverture des coûts du produit pour les clients.</p> <p>- <b>Entreprises de distribution:</b> Pour assurer un accès efficace aux clients finaux.</p> <p>- <b>Organisations communautaires</b> : Collaboration avec des organisations locales pour soutenir les personnes âgées et les personnes handicapées.</p>	<p>- <b>Marketing et promotion:</b> Campagnes publicitaires pour accroître la notoriété du produit.</p> <p>- <b>Support technique:</b> Fournir un support technique continu aux clients.</p> <p>- <b>Assurance qualité:</b> Tests réguliers pour garantir la qualité et la sécurité.</p> <p>- <b>Gestion de la chaîne d'approvisionnement:</b> Assurer la disponibilité des matériaux et des composants nécessaires à la production.</p>	<p>divers handicaps et aux personnes âgées.</p> <p>- <b>Navigation précise et sécurisée:</b> Système de navigation GPS permettant des déplacements précis et sûrs.</p> <p>- <b>Facilité d'utilisation:</b> Application conviviale avec des interfaces adaptées pour répondre aux besoins des utilisateurs variés, y compris les personnes âgées.</p> <p>- <b>Intégration avec d'autres dispositifs:</b></p>	<p>Création de communautés de soutien en ligne pour accroître l'interaction et l'échange d'expériences.</p> <p>-</p> <p><b>Personnalisation</b> : Fournir des services personnalisés pour répondre aux besoins spécifiques de chaque utilisateur, y compris les adaptations pour les personnes âgées.</p> <p>- <b>Programmes de fidélisation:</b> Programmes de récompenses pour maintenir la fidélité des clients et renforcer leur engagement.</p>	<p>utiliser les fauteuils roulants traditionnels, y compris les personnes atteintes de dystrophie musculaire.</p> <p>- <b>Personnes âgées:</b> Individus âgés confrontés à des problèmes de mobilité ou ayant besoin d'assistance supplémentaire .</p> <p>- <b>Centres de réadaptation:</b> Institutions de santé et centres spécialisés pouvant utiliser ces fauteuils pour leurs patients.</p> <p>- <b>Hôpitaux et cliniques:</b> Fourniture de solutions de mobilité avancées pour les patients hospitalisés ou en rééducation.</p> <p>-</p> <p><b>Organisations à but non lucratif:</b> Groupes de soutien et associations travaillant à améliorer la qualité de vie des personnes handicapées et des personnes</p>
	<p><b>Ressources clés</b></p>	<p>Capacité d'intégration avec d'autres dispositifs médicaux pour améliorer les soins de santé.</p> <p>- <b>Mises à jour continues:</b> Mises à jour régulières pour améliorer les performances et ajouter de nouvelles fonctionnalités .</p> <p>-</p> <p><b>Amélioration</b></p>	<p><b>Canaux</b></p>	
		<p>- <b>Technologie:</b> Électronique, logiciels, système GPS.</p> <p>- <b>Équipe technique:</b> Ingénieurs et développeurs spécialisés dans le développement de produits.</p> <p>- <b>Partenariats:</b> Collaboration avec des institutions médicales et des centres de réadaptation.</p> <p>- <b>Données:</b> Utilisation et analyse des</p>		

	données d'utilisation pour améliorer et développer le produit.	<b>de la qualité de vie:</b> Fourniture d'un moyen de transport sûr et efficace pour renforcer l'indépendance et améliorer la qualité de vie globale.	d'événements spécialisés. - <b>Marketing digital:</b> Utilisation des médias sociaux et des annonces numériques pour atteindre un large public, y compris les personnes âgées et leurs familles.	âgées.
<b>Coûts</b>		<b>Revenus</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Coûts de développement:</b> Recherche et développement pour les appareils et les logiciels.</li> <li>- <b>Marketing et promotion:</b> Coûts des campagnes publicitaires et des promotions.</li> <li>- <b>Support technique et maintenance:</b> Coûts pour fournir un support technique et des services de maintenance aux clients.</li> <li>- <b>Coûts de production:</b> Coûts de fabrication des fauteuils roulants et de développement de l'application.</li> <li>- <b>Coûts opérationnels:</b> Frais de personnel et infrastructure.</li> <li>- <b>Coûts des partenariats:</b> Coûts de collaboration avec des partenaires et des fournisseurs.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Vente d'appareils:</b> Vente directe de fauteuils roulants intelligents aux clients.</li> <li>- <b>Abonnements:</b> Frais d'abonnement mensuels ou annuels pour les services de l'application et les mises à jour.</li> <li>- <b>Services après-vente:</b> Fourniture de services de maintenance et de support technique.</li> <li>- <b>Partenariats commerciaux:</b> Contrats avec les hôpitaux et les centres de réadaptation pour l'achat en gros.</li> <li>- <b>Publicités dans l'application:</b> Publicités ciblées dans l'application pour les entreprises pertinentes.</li> </ul>		

Figure55 : Représentation du BMC

---

## Conclusion générale



Notre projet avait pour objectif de démontrer l'application bénéfique de la technologie logicielle et matérielle dans le domaine des fauteuils roulants robotisés intelligents destinés aux personnes atteintes de dystrophie musculaire, en particulier celles souffrant de handicaps physiques sévères, ainsi que d'autres conditions handicapantes liées à l'âge ou à des accidents. Cette étude nous a permis de mettre en avant nos capacités d'analyse et de réflexion, nécessitant une combinaison de compétences et une collaboration étroite pour atteindre nos objectifs. Travailler dans un tel environnement a enrichi notre compréhension des systèmes et renforcé notre lien avec le monde industriel.

Ce mémoire est structuré de la manière suivante :

Nous avons commencé par une "Informatique médicale" centrée sur les défis rencontrés par les patients en général, avec un focus particulier sur les handicaps, afin d'orienter nos objectifs vers des solutions adaptées pour les individus gravement handicapés. Ensuite, dans le deuxième chapitre sur "l'intelligence artificielle", nous avons exploré quelques concepts et techniques,

Le domaine de robotique précisément, en examinant divers types de robots existants.

Le troisième chapitre, " System Embarqués et Application Mobile ", s'est concentré sur les nouvelles technologies (Arduino et Android) et les composants matériels électroniques et informatiques nécessaires à la réalisation de notre projet.

Dans le chapitre quatre, "conception et modélisation", nous avons présenté la structure du système et hardware, l'organisation des composants, le cinquième chapitre a traité de l'implémentation et de la réalisation du projet. Enfin, le dernier chapitre est une présentation du coté commercial.

Ce projet pourrait transformer de manière significative la vie quotidienne des personnes handicapées en leur offrant une plus grande autonomie et en facilitant leur intégration dans divers environnements grâce à une technologie innovante et adaptable.

Nos perspectives futures incluront notamment :

- Améliorer l'application mobile destinée aux personnes gravement handicapés, en permettant des commandes simplifiées basés sur le GPS pour des destinations spécifiques, Améliorant ainsi la sécurité et l'efficacité des déplacements.
- Un système d'arrêt d'urgence intégré, permettant à l'utilisateur d'interrompre instantanément le mouvement du fauteuil roulant en cas de besoin.

---

## Bibliographie



- [1] Venot A., B. A., Quantin C. (2013). " Informatique médicale, e-Santé : Fondements et applications ". © Springer-Verlag France.
- [2] « Apprentissage de l'exercice médical - Le Dossier Médical », Faculté de Médecine de Rennes, 25 octobre 2004.
- [3] Zarour, K. (2008). « Vers un système d'information coopératif pour la prise en charge des soins à domicile : une architecture basée agent ». Thèse de Magistère, Université Mentouri de Constantine.
- [4] Zarour, K. (2012). "L'interopérabilité des systèmes d'information médicaux : une approche basée agent". Thèse de Doctorat, Université Mentouri de Constantine.
- [5] <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/4277/1/PFE2019%20Kouadria%20Lina%20%28Tchi%20drive2%29>
- [6] [https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/dossier\\_m%C3%A9dical/185259](https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/dossier_m%C3%A9dical/185259)
- [7] Venot A., B. A., Quantin C. (2013). " Informatique médicale, e-Santé : Fondements et applications ". © Springer-Verlag France.
- [8] <https://www.caducee.net/DossierSpecialises/systeme-information-sante/dmi.asp>
- [9] <https://dspace.ummt0.dz/server/api/core/bitstreams/de7b09f2-df12-4fb8-8a3b-a8365bd76cc2/content>
- [10] <https://www.berger-levrault.com/fr/parole-d-expert/logiciels-pour-la-gestion-du-dossier-patient-que-choisir-pour-votre-etablissement-de-sante/>
- [11] <https://fr.wikipedia.org/Wiki/Handicap>
- [12] [https://www.handifeels.com/post/les\\_diff%C3%A9rentes-typologies-de-handicap](https://www.handifeels.com/post/les_diff%C3%A9rentes-typologies-de-handicap)
- [13] Les Enjeux de la Recherche en Intelligence Artificielle Yann LeCun .

- [14] <https://datascientest.com/intelligenceartificielledefinition#:~:text=L%27histoire%20de%20l%27intelligence%20artificielle%20d%27un%20r%C3%A9seau%20de%20neurones>.
- [15] [https://quillevere.net/textes/textes-divers/principales-techniques-intelligence-artificielle\\_50613.htm#](https://quillevere.net/textes/textes-divers/principales-techniques-intelligence-artificielle_50613.htm#)
- [16] [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligence\\_artificielle&oldid=212528164](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligence_artificielle&oldid=212528164)
- [17] S.Duffner « Face Image Analysis With Convolutional Neural Networks », 2007
- [18] « Support Vector Machine (SVM) Algorithm - Javatpoint ». (), adresse : <https://www.javatpoint.com/machine-learning-support-vector-machine-algorithm>
- [19] « Decision Tree Algorithm in Machine Learning - Javatpoint ». (), adresse : <https://www.javatpoint.com/machine-learning-decision-tree-classification-algorithm>
- [20] P. Kim, MATLAB Deep Learning, DOI 10.1007/978-1-4842-2845-6\_1
- [21] <http://villeminegerard.free.fr/Wwwgvmm/Logique/IAneurone.htm#percep>
- [22] <https://kodkodkod.studio/fr/agence-web/intelligence-artificielle/comment-integrer-ia-trois-types-apprentissages-ia/techniques-intelligence-artificielle>
- [23] Chaher, BALI. RÉALISATION D'UN ROBOT MOBILE AVEC ÉVITEMENT D'OBSTACLE ET TRAJECTOIRE PROGRAMMÉE. 2012 <<https://www.memoireonline.com>>.
- [24] [http://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2022/04/Memoire-LOUKIL\\_All.pdf](http://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2022/04/Memoire-LOUKIL_All.pdf)
- [25] Chaher, BALI. RÉALISATION D'UN ROBOT MOBILE AVEC ÉVITEMENT D'OBSTACLE ET TRAJECTOIRE PROGRAMMÉE. 2012 <<https://www.memoireonline.com>>.
- [26] A. BENMACHICHE, S. BOUSBIA, « Approche de navigation coopérative et autonome des robots mobiles », Université badji Mokhtar - Annaba, 2016.
- [27] <https://www.lacreme.ai/post/les-avantages-et-inconvenients-de-lintelligence-artificielle>
- [28] N. Sharma, R. Sharma and N. Jindal Global Transitions Proceedings 2 (2021)
- [29] <https://www.parlezvoustech.com/intelligence-artificielle-en-systeme-embarquee/Qu'est-ce-que-l'Intelligence-Artificielle-Embarquee?>
- [30] C.ALONSO, B. Estibals, livre " Conception et Commande de Systèmes Electriques Embarqués " Université -Toulouse ,France 2002.
- [31] "Cours systèmes embarqués : Introduction", document internet disponible à : [www.technologuepro.com/cours-systemes-embarques/cours-systemes-Embarques-introduction.html](http://www.technologuepro.com/cours-systemes-embarques/cours-systemes-Embarques-introduction.html).

- [32] A. KOUACHE, "Etude et développement d'un système flou reconfigurable ; Application : Système embarqué de ventilation d'un tunnel", Thèse de Master, Université Ferhat Abbas - Setif1, 2015.
- [33] <https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/2511/1/Memoire%20Finale.pdf>
- [34] <https://stacklima.com/avantages-et-inconvenients-du-systeme-embarque/>
- [35] <http://dspace.univ-tiaret.dz/bitstream/123456789/2794/1/TH.M.GE.FR.2019.41.pdf>
- [36] Livre Arduino / flossmanuals
- [37] X.HINAULT. [www.mon-club-elec.fr](http://www.mon-club-elec.fr).
- [38] <https://www.univ-bejaia.dz/jspui/bitstream/123456789/16688/1/PFE.pdf>
- [39] <https://bentek.fr/2-arduino-uno>
- [40] Le Livret Arduino de Jean-Noël Montagné de Artsens réalisé au Craslab [www.craslab.org/interaction/files/LivretArduinoCRAS.pdf](http://www.craslab.org/interaction/files/LivretArduinoCRAS.pdf)
- [41] <https://fr.flossmanuals.net/>
- [42] [http://www.monclubelec.fr/pmwiki\\_reference\\_arduino/pmwiki.php?n=Main.MaterielUn](http://www.monclubelec.fr/pmwiki_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.MaterielUn)  
[o](#)
- [43] <https://www.taktilcommunication.com/blog/applications-mobile/site-mobile-vs-application-mobile-avantages-et-inconvenients.html>
- [44] <https://www.taktilcommunication.com/blog/applications-mobile/definition-typologie-ap>
- [45] <https://fr.slideshare.net/Beijaflor/applications-mobiles-partageweb-0-5-plications-mobiles.html>
- [46] B. Beinard, « Les parts de marché des systèmes d'exploitation mobiles iOS, Android et Windows en 2018 », LEPTIDIGITAL, déc. 29, 2017.  
<https://www.leptidigital.fr/technologie/parts-de-marche-systemes-exploitation-mobiles-iosandroid-windows-12957/>(consulté le sept. 19, 2020).
- [47] <https://mindster.in/blog/evolution-android>
- [48] <https://www.naukri.com/code360/library/android-os-history-and-versions>
- [49] N. Gandhewar1, Sheikh, « Google Android: An Emerging Software Platform For Mobile Devices », Department of Computer Science Nagpur University, Chandrapur, India, 2010
- [50]: MASSIMO BANZI et MICHAEL SHILOHDEMARRER, Démarrer avec Arduino- 3e édition.
- [51] <https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Android-Studio>

- [52] «A propos de JAVA» [En ligne]. Available : <https://www.java.com/fr/about/>
- [53] <https://www.aranacorp.com/fr/utilisation-dun-module-l298n-avec-arduino>
- [54] [https://forum.hobbycomponents.com/view\\_topic.php.t=1531](https://forum.hobbycomponents.com/view_topic.php.t=1531)
- [55] <https://lastminuteengineers.com/l293d-motor-driver-shield-arduino-tutorial/>
- [56] B. RICHI et M. R. BOUYEKHF, *Etude et réalisation d'un bras robot à 2DDL*, KHEMIS MILIANA, Technologie, 2017.
- [57] <https://eskimon.fr/tuto-arduino-602-un-moteur-qui-a-de-la-t%C3%AAt-leservomoteur>.
- [58] Nafa Nadir, « Conception et réalisation d'un système de sécurité commandé à distance », Mémoire de master, Université de Boumerdes, 2016.
- [59] <https://www.carnetdumaker.net/articles/mesurer-une-distance-avec-un-capteur-ultrason-hc-sr04-et-une-carte-arduino-genuino>.
- [60] <https://www.theengineeringprojects.com/2019/02/introduction-to-hc-06.html>
- [61] [https://www.sgbotic.com/index.php?dispatch=products.view&product\\_id=2471](https://www.sgbotic.com/index.php?dispatch=products.view&product_id=2471)
- [62] Baddou Mohamed, « Robot superviseur », Projet fin d'étude, Université Mohamed V de Rabat, 2016.
- [63] [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Sony\\_Xperia\\_E4](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Sony_Xperia_E4)
- [64] <http://www.labcenter.com/>