



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة العربي التبسي - تبسة
Université Larbi Tebessi - Tébessa
معهد المناجم
Institut des Mines
قسم الإلكتروميكانيك
Département Electromécanique



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Option : Maintenance Industrielle

Réalisation et Etude de la maintenance de la partie puissance d'un Robot mobile minier

Par :

Boutarfif Darine

Devant le jury :

AOULMI zoubir	MCA	Président	Université Larbi TebessiTébessa
SOUDANI med Salah	MAA	Encadreur	Université Larbi TebessiTébessa
LOUAFI Messaoud	Pr	Examineur	Université Larbi TebessiTébessa
FARES Noureddine	MAA	Examineur	Université Larbi TebessiTébessa

Promotion 2021-2022

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux deux être qui n'ont cessé de se Sacrifice pour que je réussisse. A l'âme de ma chère mère et celle de mon père pour les sacrifices dont ils ont fait preuve et mon égard. A mes chers frères et sœurs en particulier mon frère **el Hamel**. A tous les membres de ma famille qui m'ont aidé durant toutes mes études. A mes camarades de promo master de maintenance industrielle et de la faculté en générale. A tous mes amies, Donia, Dhoha et Takwa A tous les étudiants du l'université.

Remerciement

*Nous remercions tout d'abord ALLAH qui nous a donné l'aide, le courage, le pouvoir et la patience pour finaliser ce travail. Nous remercions, notre encadreur Mr **soudani M. Salah**, pour son encadrement de grande qualité scientifique, ces précieux conseils, et son encouragement, Nous adressons de même nos remerciements à **Mr Nasreddine Djalal**, Pour son intérêt pour ce travail à travers notre stage au laboratoire **IRPE**.*

Nous n'oublions pas dans nos remerciements à tout le personnel de laboratoire de Tébessa d'avoir fourni toutes les conditions pour mener à bien le projet. Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à nos familles : nos parents et tous nos proches et amis qui nous ont accompagnés, aidés, soutenus et encouragés tout au long de la réalisation de cet anniversaire. Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidés depuis de près ou de loin.

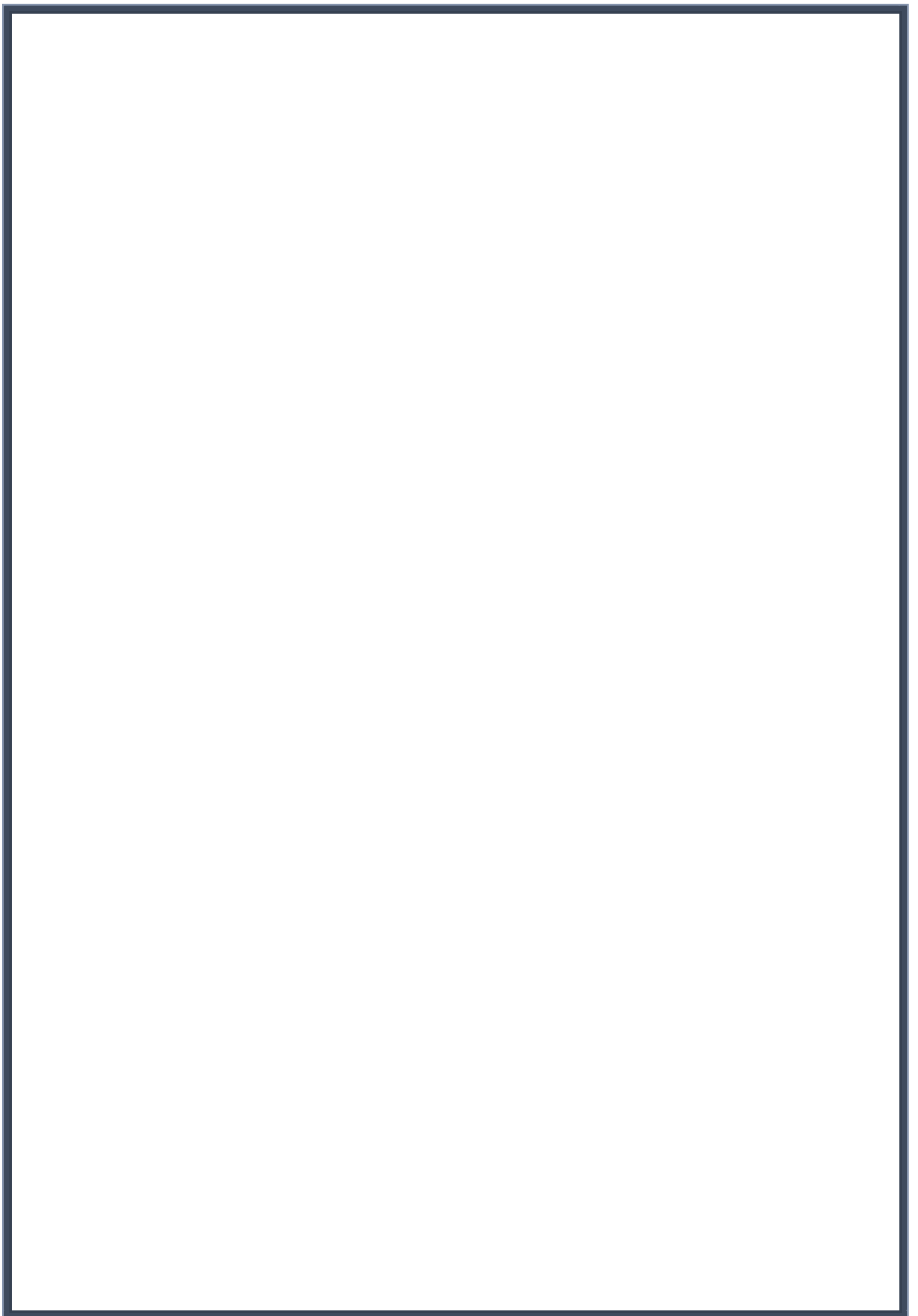


TABLE DES MATIERES

Introduction générale.....	2
Chapitre I : Etat de l'Art de la Robotique.....	4
I. La Robotique.....	5
I.1. Introduction.....	5
I.2. Aperçu historique.....	5
I.3. Définition de la Robotique.....	6
I.4. Etymologie du terme Robot	7
I.5. Un Robot	8
I.6. Les Composants classiques d'un Robot.....	8
I.7. Application de la Robotique.....	9
I.7.1. La Robotique d'intervention.....	10
I.7.2. La Robotique de service professionnel.....	10
I.7.3. La Robotique personnelle	10
I.8. Les types de robots.....	10
I.8.1. Les robots humanoïdes.....	10
I.8.2. Les robots industriels (manipulateurs).....	11
I.8.3. Les Robots explorateurs (mobiles)	12
I.9. Les Robots mobile	12
I.9.1. Présentation du robot mobile	13
I.9.2. Définition d'un robot mobile.....	13
I.9.3. Les différents types des robots mobiles.....	13
I.9.3.1. Robots humanoïdes.....	13
I.9.3.2. Robots quadrupèdes.....	14
I.9.3.3. Les robots volants.....	14
I.9.3.4. Les robots à roues.....	15
I.9.4. Classification des robots mobiles.....	15
I.9.4.1. Classification selon le degré d'autonomie.....	15
I.9.4.1.1. Robot télécommandé.....	16
I.9.4.1.2. Robot semi-autonome.....	16
I.9.4.1.3. Robot autonome.....	16
I.9.4.2. Classification selon le domaine d'application.....	16
I.9.4.2.1. Les robots industriels et de service.....	16

TABLE DES MATIERES

I.9.4.2.2.Les robots militaires.....	17
I.9.4.2.3.Les robots de laboratoire.....	18
I.9.4.3.Classification selon le type de locomotion.....	18
I.9.4.3.1.Les robots mobiles à roues.....	18
I.9.4.3.2. Les robots mobiles à chenilles.....	21
I.9.4.3.3.Les robots mobiles marcheurs.....	21
I.9.4.3.4. Les robots mobiles rampants.....	21
I.9.5.les avantages et des inconvénients des robots.....	22
I.10.Les robots volants (drones).....	23
I.10.1.Définition d'un drone.....	23
I.10.2.Classification des drones	23
I.10.2.1.Les drones à voilure fixe.....	23
I.10.2.2.Les drones à voilure tournante.....	24
I.10.2.3.Les drones à ailes battantes.....	25
I.10.3.Les domaines d'utilisation	24
I.10.3.1.Utilisation militaire des drones	25
I.10.3.2.Utilisation civile des drones	25
Conclusion.....	25
Chapitre II : La Robotique dans l'exploitation minière.....	26
II.1.Introduction.....	27
II.2.Historique	27
II.2.1.Période de la colonisation française.....	27
II.2.2.Phase après l'indépendance	28
II.3.Présentation d'une mine.....	30
II.4.Notions et perception de la mine.....	30
II.5.Les Types de mines.....	31
II.5.1.Mine à ciel ouvert	31
II.5.2.Mine souterraine	32
II.6.Cycle de vie d'un projet minier.....	33
II.6.1.Phases d'un projet minier.....	33
II.7.Les dangers auxquels sont exposés les travailleurs des mines	34

TABLE DES MATIERES

II.7.1.Les éboulements.....	34
II.7.2.Expositions face à des agents nocifs et /ou explosifs.....	34
II.7.3.Le feu et les incendies	35
II.8.Application de la robotique dans le secteur minier.....	35
II.9.Formulation des objectifs de robot dans la mine.....	36
Conclusion	37
Chapitre III : Etude la partie de puissance de robot mobile.....	38
III. Introduction.....	39
III.1.Chaine de puissance et énergie.....	40
III.2.Les formes d'énergie	41
III.3.les types de sources d'alimentation.....	42
III.4.Quelle source d'energie choisir.....	42
III.5.Le choix du type de moteur pour le robot mobile	43
III.6.Les moteurs	44
III.6.1.Les moteurs à courant continu.....	45
III.6.1.1.Le princepe de fonctionnement d'une machine à courant continu.....	48
III.6.2.Les différents types de moteur à courant continu.....	48
III.6.3. Moteur pas à pas.....	49
III.6.4.Servomoteurs.....	50
III.6.5.Motoréducteur.....	51
III.6.6.Moteurs Brushless.....	52
III.6.7.Etude Electrique du moteur.....	52
III.6.7.1.Modèle équivalent de l'induit et inducteur.....	52
III.6.8. Bilan de la puissance.....	53
III.7.Chaine d'information.....	54
III.7.1. Une carte électronique	55
III.7.2.La carte Arduino Uno R3	55
III.7.2.1. Caractéristiques de la carte ARDUINO Uno R3	56
III.7.2.2.Alimentation de carte arduino	57
III.7.2.3.Le microcontrôleur ATmega 328.....	57
III.7.3.Sheild moteur	58
III.7.3.1.Caractéristiques de Shield moteur.....	58
III.7.3.2.Principe du pont en H.....	59
III.7.4.Le circuit L293D	60
III.7.4.1.Caractéristiques techniques du composant L293D.....	61
III.7.4.2.Fonctionnement du L293D.....	61
III.7.5. Les capteurs.....	62
III.7.5.1. Module HC-SR04.....	63
III.7.5.1.1.Fonctionnement du module HC-SR04.....	63
III.7.5.1.2.Caractéristiques techniques du module HC-SR04.....	63
III.7.5.2 Accéléromètre.....	64
III.7.5.3.Gyroscop.....	64
III.7.5.4.Capteur de Flammes	65
Conclusion.....	65

Chapitre IV : Conception et réalisation expérimentale de robot mobile...66

IV.1.Introduction.....	67
IV.2.Partie informatique.....	68
IV.2.1.Choix des logiciels de conception mécanique.....	69
IV.2.1.1.Solid Works.....	69
I.V.2.1.2.L'impression 3D.....	72
IV.2.1.2.1.Principe de fonctionnement	72
IV.2.2. Choix des langages de programmations.....	73
IV.2.2.1.Arduino L'IDE.....	73
IV.2.2.2.Interface Tinkercad.....	75
IV.3.La conception mécanique	77
IV.3.1.Résultats de la conception sous SolidWorks.....	78
IV.4.Partie électronique.....	81
IV.4.1.Partie hardware.....	81
IV.4.1.1.Composants électrique et électronique utilisés pour réaliser le robot mobile.....	81
IV.4.2.Réalisation software.....	84
IV.4.2.1.La simulation du circuit sous plateforme Tinkercad	84
IV.4.2.2.La programmation par L'IDE simulation du circuit sous plateforme Tinkercad	85
IV.4.2.3.Les étapes de la réalisation de notre robot mobile	86
Conclusion.....	89
Chapitre V : Etude de la maintenance du robot mobile.....	90
V.1.Introduction	91
V.2.Définition de la maintenance	91
V.3.Les objectifs de la maintenance	92
V.4.Le rôle de la maintenance	92
V.5.Type de maintenance	92
V.5.1. Maintenance préventive	93
V.5.1.1.Buts de la maintenance préventive	93
V.5.2.La maintenance préventive systématique	94
V.5.5.Les opérations de maintenance préventive	94
V.6. Maintenance corrective	95
V.7.La maintenance améliorative	96
V.8.Les niveaux de la maintenance.....	97
V.9.'intérêt d'une maintenance préventive.....	97
V.10. Problématique	98
V.10.1.Mise en place	99
V.10.2.Maintenabilité	100
V.10.3.Fiabilité	101
V.10.4.Disponibilité	101
V.11.Les éléments du système de robot mobile	101
V.12.Les différentes pannes rencontrées lors des essais de montage de notre robot mobile...102	
V.13.Maintenance préventive de notre robot mobile	103
Conclusion générale.....	106

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

Figure.I.1 : Historique de la Robotique	5
Figure.I.2 : Présentation de la Robotique.....	7
Figure.I.3 : les composants de Robot	9
Figure.I.4 : schéma d'application de la Robotique	9
Figure.I.5 : les Robots humanoïdes.....	11
Figure.I.6 : Robot industriel.....	11
Figure.I.7 : Robot curiosity de la NAZA.....	12
Figure.I.8 : Robots mobiles	12
Figure.I.9 : Robot humanoïde.....	13
Figure.I.10 : Robot quadrupède.....	14
Figure.I.11 : Robot volant	14
Figure.I.12 : Robot a roues.....	15
Figure.I.13 : les robots industriels et de service	17
Figure.I.14 : Robot militaire	17
Figure.I.15 : Robot de laboratoire	18
Figure.I.16 : schéma d'un robot de type unicycle	19
Figure.I.17 : schéma d'un robot de type tricycle	19
Figure.I.18 : schéma d'un robot de type voiture	20
Figure.I.19 : schéma d'un robot de type omnidirectionnel	20
Figure.I.20 : Robot mobiles à chenilles.....	21
Figure.I.21 : Robot mobiles marcheur	21
Figure.I.22 : Robot mobile rampant	22
Figure.I.23 : Drone a voilure fixe	23
Figure.I.24 : Drone a voilure tournante	24
Figure.I.25 : Drone a ailes battantes	24
Figure.II.1 : La mine pendant la colonisation française.....	28
Figure.II.2 : la mine après l'indépendance	29
Figure.II.3 : les travaux dans mine et carrière.....	30
Figure.II.4 : Mine à ciel ouvert	31

LISTE DES FIGURES

Figure.II.5 : Exploitation souterraine	32
Figure.II.6 : cycle de vie d'un projet minier	33
Figure.II.7 : l'éboulement dans souterrain.....	34
Figure.II.8 : les mineurs sont exposés à des émissions de gaz	35
Figure.III.1 : Les chaines fonctionnelles de système.....	37
Figure.III.2 : chaine d'énergie.....	39
Figure.III.3 : Principe de fonction de convecteur.....	41
Figure.III.4 : Principe de fonction du distributeur	41
Figure.III.5 : Principe de fonction de transmetteur	42
Figure.III.6 : les formes d'énergie.....	42
Figure.III.7 : pile chimique	43
Figure.III.8 : pile solaire.....	43
Figure.III.9 : schéma présente les types de moteur.....	44
Figure.III.10 : Principe de fonctionnement d'un moteur	45
Figure.III.11 : moteur à courant continu.....	45
Figure.III.12 : parties principale du moteur à courant continu.....	46
Figure.III.13 : stator d'une machine à courant continu.....	46
Figure.III.14 : Rotor d'une machine à courant continu	47
Figure.III.15 : collecteur d'une machine à courant continu.....	47
Figure.III.16 : Balais du moteur à courant continu.....	47
Figure.III.17 : Principe de fonctionnement	48
Figure.III.18 : Moteur pas à pas.....	51
Figure.III.19 : servomoteur	51
Figure.III.20 : le fonctionnement d'un réducteur.....	51
Figure.III.21 : Moteur a engrenage	52
Figure.III.22 : Moteur brushlesse.....	52
Figure.III.23 : arbre de puissance	53
Figure.III.24 : bilan de puissance de moteur	53
Figure.III.25 : carte électronique.....	54
Figure.III.26 : Arduino Uno R3.....	56

LISTE DES FIGURES

Figure.III.27 : schéma explicité de la carte Arduino Uno	56
Figure.III.28 : Alimentation de carte Arduino	57
Figure.III.29 : microcontrôleur Atmega 328.....	57
Figure.III.30 : shield électronique.....	58
Figure.III.31 : pont en H	59
Figure.III.32 : pont H avec des diodes et transistor	60
Figure.III.33 : broches du l293d.....	61
Figure.III.34 : chaine de détection de l'envirennemnet.....	61
Figure.III.35 : schéma de principe de fonctionnement de l'ultrason.....	63
Figure.III.36 : Accéléromètre.....	64
Figure.III.37 : Gyroscope.....	64
Figure.III.38 : capteur de flamme	65
Figure.IV.1 : schéma bloc de robot.....	67
Figure.IV.2 : Traduction d'un programme informatique en langage machine.....	68
Figure.IV.3 : schéma des logiciels informatiques.....	68
Figure.IV.4 :l'interface principale de solide Works.....	69
Figure.IV.5 : la zone graphique.....	70
Figure.IV.6 : le gestionnaire de commande.....	70
Figure.IV.7 : le volet de définition.....	70
Figure.IV.8 : le volet de taches.....	71
Figure.IV.9 : l'imprimante 3D.....	72
Figure.IV.10 : Présentation du fichier STL.....	72
Figure.IV.11 : présentation du fichier gcode	73
Figure.IV.12 : fenêtre principale du logiciel arduino	74
Figure.IV.13 : les icones de l'IDE.....	74
Figure.IV.14 : Présentation logiciel tinkercad.....	75
Figure.IV.15 : fenêtre principale du tinkercad.....	76
Figure.IV.16 : simulation dans tinkercad.....	76
Figure.IV.17 : croquis du robot mobile.....	78
Figure.IV.18 : partie supérieure.....	78

LISTE DES FIGURES

Figure.IV.19 : partie inférieur	78
Figure.IV.20 : support d'atterrissage.....	79
Figure.IV.21 : support de la roue	79
Figure.IV.22 : Roue extérieur.....	79
Figure.IV.23 : Roue intérieur.....	79
Figure.IV.24 : Assemblage de roue.....	80
Figure.IV.25 : support de moteur.....	80
Figure.IV.26 : Roue après l'impression	80
Figure.IV.27 : châssis après l'impression.....	80

Liste de tableaux

Tableau 01 : Les différentes pertes.....	52
Tableau 02 : Les niveaux de maintenances.....	92
Tableau 03 : Les différentes pannes rencontrées de notre robot.....	96
Tableau 04 : Maintenance préventive des pannes.....	97
Tableau 05 : Fiche de maintenance.....	98,99

Résumé

L'exploration et l'exploitation de l'environnement minier par un groupe de robots fait partie des applications de l'intelligence artificielle. La conception et la réalisation d'un robot mobile sont donc le sujet de ce mémoire. Le but est la réalisation d'un robot capable de se déplacer tout en évitant les obstacles de l'environnement où il se trouve de manière autonome, ou de contrôler ce robot à distance et de fournir un ensemble d'informations nécessaires aux spécialistes...

Ce travail concerne le montage et la réalisation d'un robot mobile autonome et à quatre roues à l'aide d'une carte électronique "Arduino" et ses différents shields, adaptés pour pouvoir la relier au robot. Après avoir développé le programme en logiciel Arduino.

Abstract

The exploration and exploitation of the mining environment by a group of robots are part of the applications of artificial intelligence. The design and realization of a mobile robot are therefore the subject of this brief. The goal is the realization of a robot able to move while avoiding the obstacles of the environment where it is autonomously, or to control this robot remotely and provide a set of necessary information to the specialists...

This work concerns the assembly and realization of an autonomous mobile robot with four wheels using an electronic board "Arduino" and its various shields, adapted to be able to connect it to the robot. After developing the program in Arduino software.

ملخص

يعد استكشاف واستغلال بيئة التعدين من قبل مجموعة من الروبوتات جزءاً من تطبيقات الذكاء الاصطناعي. لذلك فإن تصميم وتحقيق الروبوت المتنقل هما موضوع هذا الموجز. الهدف هو تحقيق روبوت قادر على التحرك مع تجنب عقبات البيئة حيث يكون مستقلاً،

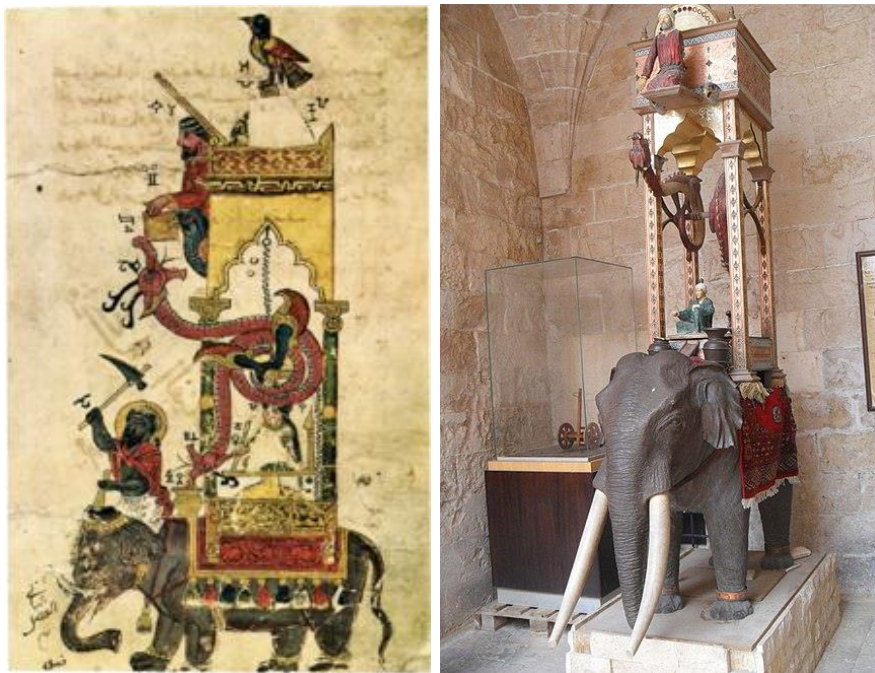
أو التحكم في هذا الروبوت عن بُعد وتوفير مجموعة من المعلومات اللازمة للمتخصصين.

يتعلق هذا العمل بتجميع وتحقيق روبوت متنقل مستقل بأربع عدلات باستخدام لوحة الكترونية و دروعها المختلفة ثم تكييفها لتكون قادرة على توصيلها بالروبوت بعد تطوير البرنامج في برمجيات Arduino.



Introduction Générale

Nos recherches dans la robotique nous a mené jusqu'à la période entre XVIe et le XIXe siècles, où nous avons un ingénieur nommé : Badī' az-Zaman Abu l-Izz ibn Ismā'īl ibn ar-Razaz al-Jazari (1136-1206, Arabe : بديع الزمان أبو العز ابن إسماعيل ابن الرزاز الجزري) un musulman polymathe : un savant, inventeur, ingénieur en mécanique, artisan, artiste et mathématicien de Jazira en Mésopotamie. Il était surtout connu pour avoir écrit *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices* (en arabe : كتاب في معرفة الحيل الهندسية, romanisé : *Kitab fi ma'rifat al-hiyal al-handasiya*, allumé. "Livre sur la connaissance des astuces d'ingénierie") en 1206, où il a décrit 50 dispositifs mécaniques, ainsi que des instructions sur la façon de les construire. Il est crédité de l'invention de l' horloge d'éléphant [Beckwith 1997, p. 290.], voir figure ci-dessous. Connu par beaucoup comme le " père de la robotique " et de l'ingénierie moderne. [un b al-Jazari, *le livre de la connaissance des dispositifs mécaniques ingénieux: Kitáb fī ma'rifat al-hiyal al-handasiyya* , trad. & anno. Donald R. Hill . (1973), Springer Science+Business Media].



L'horloge de l'éléphant dans un manuscrit (1206 après JC)

[A gauche du *Livre de la connaissance des dispositifs mécaniques ingénieux d' Al-Jazari*, à droite une reproduction à Kasimiye Medrese , Mardin , Turquie].

Selon l'Encyclopédie Britannica , l'inventeur italien de la Renaissance Leonardo da Vinci peut avoir été influencé par les automates classiques d'al-Jazari.

Cet ingénieur méconnu par les musulmans est un pilier dans la robotique, la mécanique, l'automatisme et l'industrie moderne par ses inventions.

Ces dernières années, on a constaté l'intérêt croissant porté au sein de la communauté scientifique, au développement des systèmes intelligents autonomes et téléopérés dans le cadre de la robotique mobile. Alors, l'homme s'est mis à rêver de créer des machines intelligentes capables d'accomplir des tâches à sa place et de s'immiscer dans des sites accidentés, de manipuler des sites sensibles, ainsi que l'exploration spatiale... etc.

Grace à un succès qui ne se dément pas, La robotique est une technologie moderne et aujourd'hui la plupart sont automatisées à l'aide des robots. Merci à la haute technologie que la dépendance sur des êtres humains a été réduite dans une large mesure.

Les robots mobiles sont largement utilisés dans les environnements industriels, souvent pour des tâches répétitives en suivant un chemin bien défini parfois matérialisé par des lignes au sol ou en utilisant des repères industriels. Cependant, il existe actuellement une forte tendance à élargir le champ d'application de la robotique dans les environnements miniers.

Nous serons par la volonté de dieu les premiers à initier la robotique mobile dans l'environnement minier en Algérie. Notre projet est donc de réaliser un prototype de robot mobile qui pourrait être exploité dans un environnement minier.

Pour se faire notre mémoire est organisé comme suit :

- **Chapitre I** dans ce chapitre nous nous intéresserons au premier lieu à la présentation de la robotique en générale, puis à la robotique mobile de manière plus approfondie.
- **Chapitre II** dans ce chapitre, nous étudierons l'environnement minier et ses dangers et déterminerons le rôle des robots dans celui-ci.
- **Chapitre III** ce chapitre est consacré à la présentation de la partie énergie et puissance du robot mobile.
- **Chapitre IV** dans ce chapitre nous mettrons en œuvre la réalisation pratique de notre robot, afin que celui-ci réponde au problème de déplacement autonome.
- **Chapitre V** est réservé exclusivement à la partie maintenance qu'on va orienter vers la robotique mobile.

Enfin on terminera par une conclusion générale.

I. La Robotique

I.1. Introduction

La robotique est aujourd'hui primordiale, Aujourd'hui, on assiste depuis plusieurs années à des progrès scientifiques et technologiques dans divers domaines d'application de la robotique : mécanique, électronique, automatisme et informatique. Les robots sont principalement utilisés dans le domaine manufacturier pour effectuer des tâches complexes, ardues et/ou répétitives ou pour travailler dans des environnements inaccessibles à l'homme (exploration planétaire, nucléaire, etc.)[1].

I.2. Aperçu historique

Le concept est apparu vers la fin des années soixante, de deux sources totalement différentes : tout d'abord des recherches menées au Stanford Research Institute sur les possibilités d'équiper des machines de capacités de déduction et de réaction logique à des événements extérieurs. On a ainsi construit Shakey, machine à roues reliée à un ordinateur et équipée d'une caméra lui permettant d'acquérir des images de son environnement. Shakey a pour mission de prendre un objet et de le porter ailleurs, quel que soit sa position, chaque mission dure près de cinquante minutes [2].



Figure I.1 Historique de la robotique.

La robotique est passée par plusieurs générations comme suit :

- ✓ 1954 : Premier robot programmable ;
- ✓ 1961 : Utilisation d'un robot industriel, commercialisé par la société UNIMATION (USA), sur une chaîne de montage de General Motors ;

- ✓ 1961 : Premier robot avec contrôle en effort ;
- ✓ 1963 : Utilisation de la vision pour commander un robot ;
- ✓ 1978 : Le robot ARGOS. Développé à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (France).
Le robot
- ✓ ARGOS simule la navigation d'un robot mobile équipé d'un Système de vision au fur et à mesure de ses déplacements ;
- ✓ 1979 : le robot HILARE. Les chercheurs de L.A.A.S. DE TOULOUSE (France) étudièrent la planification des trajectoires d'un robot mobile ponctuel, dans un environnement totalement connu ;
- ✓ 1981 : Le robot VESA. Ce robot, construit à l'I.N.S.A (France) de Rennes, est équipée d'un arceau de sécurité pour réaliser la détection d'obstacles dans un environnement totalement inconnu ;
- ✓ 1984 : Le robot FLAKEY. Ce robot, conçu et construit au Stanford Research Institute et le reflet des améliorations apportées par 14 années de développement. Le robot FLAKEY est équipé de deux roues motrices avec encodeurs, mais sa vitesse maximale est de 66 cm /s au lieu de quelques centimètres par seconde. Ce robot est capable de naviguer dans des environnements réels ;
- ✓ 1993 : Les robots ERRATIC et PIONNER. Le robot ERRATIC a été conçu par Kurt Konolige, au Stanford Research Institute, comme un robot mobile de faible cout pour ses cours de robotique ;
- ✓ Les robots mobiles actuels : A présent la plupart des travaux de recherche portent sur les problèmes de perception. La planification de trajectoires, l'analyse et la modélisation de l'environnement de robot, appliqué sur des robots mobiles commerciaux, également la recherche actuelle sur la conception mécanique des robots mobiles pour des applications hautement spécialisées, comme l'exploration sous-marine, les robots volants et les micros robots [2].

I.3. Définition de la Robotique

La robotique est la science qui étudie l'ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation des machines automatiques ou des robots. C'est un domaine multidisciplinaire ; on y trouve des aspects concernant la mécanique, l'informatique, ainsi que l'électronique [1]



Figure I.2 Présntation de La Robotique.

Par ailleurs, la robotique fait appel à plusieurs spécialités à savoir :

- **La mécanique** : conception, réalisation, modélisation des robots.
- **L'électronique** : mise en place des composants pour participant à la conception des robots en vue de commande et traitement des informations ainsi que les commander à distance en utilisant les concepts des télécommunications.
- **L'informatique** : création de programmes destinés à la gestion du transfert d'informations entre les différents composants du robot.
- **L'automatique** : commande, calibrage des capteurs, des effecteurs, identification des paramètres.
- **Le traitement du signal** : analyse des informations enregistrées par les capteurs du robot par l'application de méthodes et algorithmes implémentés sur processeurs.
- **Les mathématiques** : modèles mathématiques pour la prise de décisions ou/et l'apprentissage, calcul de trajectoires, localisation, planification.
- **Les sciences de cognitives** : interactions homme-machine, machine-machine, prise de décisions. [1]

I.4. Etymologie du terme robot

Le terme « robot » découle de la langue slave et signifie textuellement « esclave » ou bien « Robota » qui signifie travail forcé. La définition précise d'un robot et en contrepoint de la robotique, est un assemblage complexe de pièces mécaniques et électroniques, le tout piloté via une intelligence artificielle IA [1].

I.5. Un robot

Un robot est un dispositif mécanique (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.

Un robot est défini aussi comme un appareil effectuant grâce à un système de commande automatique à base de micro-processeur une action précise pour laquelle il a été conçu dans le domaine industriel, scientifique ou domestique [2].

I.6. Les Composants classiques d'un robot

Un robot, en tant que système, se compose d'éléments, qui sont intégrés ensemble pour former un bloc. La plupart des robots contiennent les éléments suivants:

- **Le système de contrôle (la carte mère)**

Le cerveau ou la carte contrôleur est comme un petit ordinateur. Il est en fait un microcontrôleur qui peut être connecté à des capteurs et à des actionneurs (muscles, voix, etc...) [3].

- **Les capteurs**

Un capteur est simplement un composant électronique qui envoie une quantité plus ou moins grande d'électricité issue d'un phénomène physique, tel que la lumière, le son ou la distance, etc... Pour connecter un capteur à la carte électronique, on doit tout d'abord vérifier la nature de l'information délivrée par le capteur : numérique ou analogique [3].

- **Les Actionneurs**

Un actionneur est un composant électronique qui peut agir sur le milieu environnant. Par exemple, un moteur qui déplace une roue, une diode électroluminescente qui indique que l'appareil est sous tension, un haut-parleur qui émet un son d'avertissement, etc... [3].

Ce diagramme montre la fonction des composants en bref :

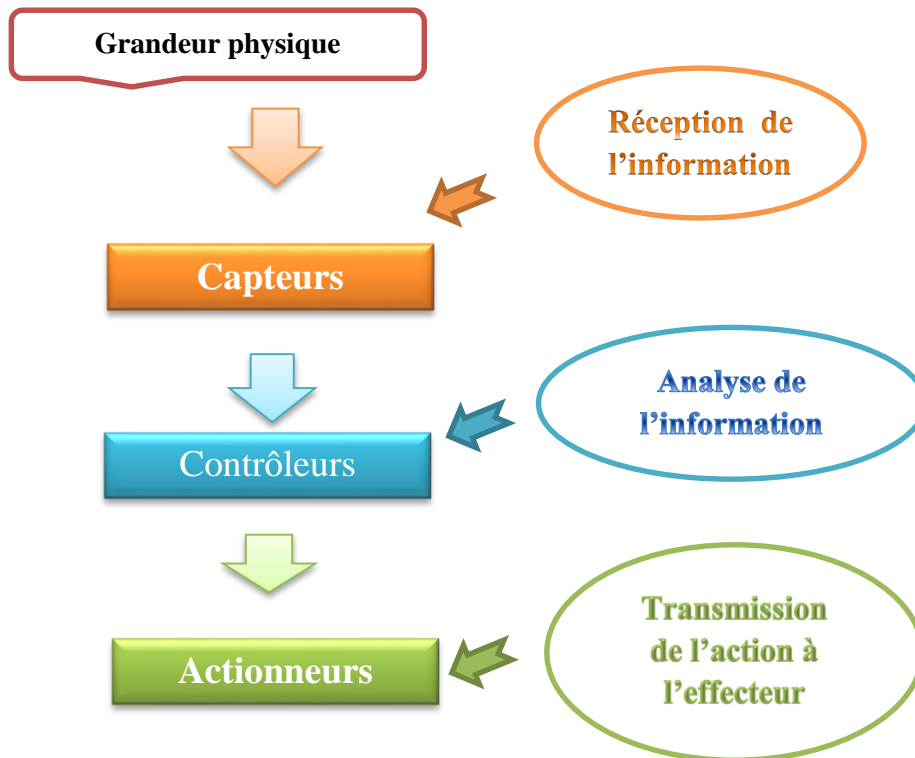


Figure I.3 Les composants de robot.

I.7. Application de la robotique

Les applications de la robotique peuvent être classées selon trois grandes catégories à savoir : la robotique d'intervention, la robotique de service professionnel, et la robotique personnelle [3].

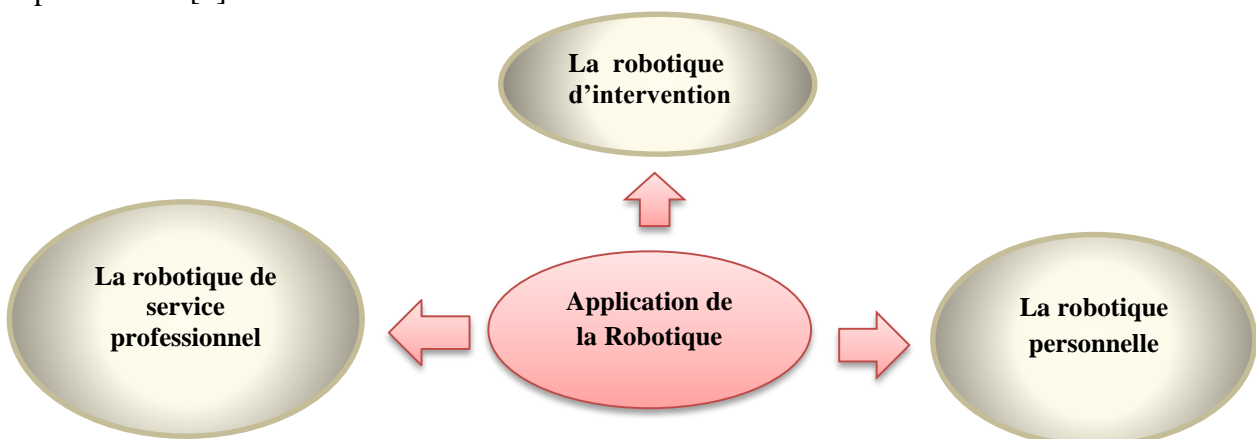


Figure I.4 Schéma d'application de la robotique.

I.7.1. La Robotique d'intervention

La robotique d'intervention est caractérisée en général par des robots tél opérés par un opérateur à travers des commandes directes (joysticks, bras maitre, des organes de commandes physique ou virtuels). L'opérateur est donc systématiquement présent dans la boucle de commande du robot, afin de l'aider à réaliser sa fonction. Cette forme de robotique est généralement utilisée pour remplir des tâches dans des environnements difficiles d'accès ou hostiles (industries nucléaire, intervention sur des catastrophes naturelles, ainsi que l'exploration marine ou spatiale...) [2].

I.7.2. La Robotique de service professionnel

Cette catégorie est souvent utilisée dans l'industrie professionnelle afin d'accomplir des tâches répétitives et/ou dangereuses, cette robotique requière un niveau de précision et de qualité inaccessibles à un opérateur humain d'où ça grande utilité [2].

I.7.3. La Robotique personnelle

Elle constitue un champ potentiellement aussi foisonnant que la robotique de service professionnel. Son utilisation est capable de répondre à un grand Nombre de besoins telle la réalisation de tâches domestiques, ainsi que l'assistance aux personnes en perte d'autonomie, etc [2].

I.8. Les types de robots

La classification des robots est faite de nos jours dans un objectif de donner une idée de la présence actuelle de la robotique et de la portée de ce domaine dans les années à venir, ainsi nous pouvons convenir qu'il existe trois grandes catégories de robot [3].

I.8.1. Les robots humanoïdes

C'est sans doute la catégorie de robot la plus connue, ceci est dû en grande partie à la promotion faite par la science-fiction, elle regroupe ainsi tous les robots anthropomorphes, ceux dont la forme rappelle la morphologie humaine. La ressemblance avec des êtres humains est tellement

forte parfois qu'au Japon un robot humanoïde a présenté le journal télévisé du 18 juin 2014. Ce type de robot est communément appelé Androïde [16].



Figure I.5 Les robots humanoïdes.

I.8.2. Les robots industriels (manipulateurs)

La majorité de ces robots sont à base fixe. Quand ce n'est pas le cas, ils sont généralement montés sur rail. On trouve dans cette catégorie les robots de manipulation, type « Pick And Place », les robots soudeurs ou encore les robots peintres utilisés dans l'industrie automobile. Ils représentent actuellement la majorité des robots [3].

Les robots manipulateurs viennent sous plusieurs formes. Les formes se répartissent en trois grandes catégories :

- Robots cylindriques.
- Robots rectilignes.
- Robots articulés.



Figure I.6 Robot industriel.

I.8.3. Les Robots explorateurs (mobiles)

De façon générale, cette catégorie englobe aussi bien les robots humanoïdes ayant la faculté de se mouvoir dans leur environnement, que les robots mobiles à roues, ainsi que tous les autres robots capable de déplacement. Les robots mobiles à roues UGV, en anglais (Unmanned Ground Vehicles), regroupe les robots à base actionnée par des roues ou par des chenilles [3].



Figure I.7 Robot Curiosity de la NASA.

I.9. Les Robots mobile

D'une manière générale, l'appellation robots mobiles regroupe l'ensemble des robots à base mobile, par opposition aux robots manipulateurs, et on désigne souvent par ce terme les robots mobiles à roues. Les autres robots mobiles sont en effet le plus souvent décrits selon leur type de locomotion, qu'ils soient marcheurs, sous-marins ou encore aériens [4].

On peut estimer que les robots mobiles à roues constituent le gros des robots mobiles, c'est pour cela qu'on s'intéressera volontairement à une présentation approfondie des robots mobiles à roues et aux problèmes associés à leur déplacement autonome [4].



Figure I.8 Robots mobiles.

I.9.1. Présentation du robot mobile

Un robot mobile est un système mécanique, électronique et informatique agissant physiquement sur son environnement en vue d'atteindre un objectif qui lui a été assigné. Cette machine est polyvalente et capable de s'adapter à certaines variations de ses conditions de fonctionnement. Elle est dotée de fonction de perception, de décision et d'action, lui permettant ainsi d'effectuer des tâches diverses et variées, et ce de plusieurs manières, même en cas de situations inattendues [4].

I.9.2. Définition d'un robot mobile

Un robot mobile est un véhicule doté de moyens de locomotion qui lui permettent de se déplacer. Suivant son degré d'autonomie il peut être doté de moyens de perception et de raisonnement [3].

I.9.3. Les différents types des robots mobiles

I.9.3.1 .Robots humanoïdes

Ce sont des robots et ont la forme d'un humain marchant sur deux jambes. Parmi les robots se trouve un robot humanoïde appelé ATLAS, qui a été fourni par la société américaine Boston Dynamics. Ce robot a été fabriqué par la Defense Advanced Research Projects Agency de la DARPA, dans le but de sauver des vies dans les zones sinistrées, mais aussi d'effectuer des tâches pour le compte de l'armée. Il possède de nombreuses caractéristiques, dont la capacité de marcher avec les deux jambes, même sur un sol accidenté [2].



Figure I.9 Robot humanoïde.

I.9.3.2. Robots quadrupèdes

Ce sont des robots qui marchent sur quatre pattes en précisant quatre pattes, et la société américaine Boston Dynamics, spécialisée dans la robotique à usage militaire, s'est inspirée des caractéristiques de ces animaux pour créer un robot. Ce robot est un robot quadrupède conçu selon la conformation du chien en 2005 ; D'où vient son nom, "Big Dog". Sa tâche principale est d'escorter les soldats sur un terrain trop irrégulier pour les véhicules et accessible uniquement à pied en transportant tout leur matériel sur place tel que : armes, médicaments, camp, etc [3].



Figure I.10 Robot quadrupède.

I.9.3.3. Les robots volants

Les robots volants peuvent effectuer toutes les tâches risquées et répétitives, par exemple dans l'industrie, ils ont été utilisés comme drones Grâce à ces robots, la caméra peut pénétrer dans des endroits éloignés, difficiles d'accès, monter et redescendre, et surtout tourner dans toutes les directions possibles, permettant même d'assembler des captures d'écran et des conceptions 3D [2].



Figure I.11 Robot volant.

I.9.3.4. Les robots à roues

Le mouvement des robots à roues est le plus couramment utilisé. , dépend de la forme et des dimensions des roues, pour un mouvement dans toutes les directions avec une grande accélération et vitesse. Elle peut surmonter les obstacles. Toutes les configurations ont été appliquées [3].



Figure I.12 Robot a roues.

I.9.4. Classification des robots mobiles

La classification des robots se fait selon plusieurs critères, trois principalement [3] :

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

Il est important de noter que l'expression « robots mobiles » bien que désignant l'ensemble des robots à base mobile (par opposition aux robots manipulateurs), est généralement employé afin de désigner les robots mobiles terrestres [3].

I.9.4.1. Classification selon le degré d'autonomie

Un robot autonome est un système doté de capacités décisionnelles et de moyens d'acquisition et de traitements de données lui permettant d'accomplir sous contrôle humain réduit -voir même absent- un certain nombre de tâches, dans un environnement connu ou inconnu. Selon ce critère on peut classer les robots mobiles de la manière suivante [2] :

I.9.4.1.1. Robot télécommandé

Ce sont des robots commandé par un opérateur (machines ou être humain), qui leurs dicte chaque tâche élémentaire à accomplir (avancer, reculer, tourner, etc.) [2].

I.9.4.1.2. Robot semi-autonome

Ces types de robots effectuent un certain nombre d'opérations par eux même d'une façon complètement autonome mais il peut être interrompu à tous moment pour recevoir de nouvelles commandes dictées par un opérateur [3].

I.9.4.1.3. Robot autonome

On considère qu'un robot est complètement autonome s'il est capable d'adapter son comportement à l'environnement dans lequel il évolue.

L'autonomie est la capacité propre d'un système sans équipage, à capter, percevoir, analyser, communiquer, planifier, et prendre des décisions et agir afin d'atteindre les buts qui lui ont été assignés lors de sa conception [3].

I.9.4.2. Classification selon le domaine d'application

L'un des plus grands avantages des robots mobiles est le fait que leur domaine d'application est illimité, c'est pour cela que nous présentons ici quelques domaines d'application [2].

I.9.4.2.1. Les robots industriels et de service

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

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

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

Quant aux robots de service, ils sont destinés à aider des handicapés moteurs dans leur vie quotidienne, à guider les aveugles ainsi qu'à piloter des voitures automatiques [2].



Figure I.13 Les robots industriels et de service.

I.9.4.2.2. Les robots militaires

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

Les applications militaires de la robotique mobile sont nombreuses. Ce champ d'application présente l'intérêt de fournir des spécifications accrues telles que la vitesse des véhicules, leurs capacités de franchissement d'obstacles (la robustesse de ce type de robots est essentielle), ainsi que leur rapidité de réaction en font des robots de très hautes performances [2].



Figure I.14 Robot militaire.

I.9.4.2.3. Les robots de laboratoire

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

La robotique de laboratoire est l'utilisation de robots dans les laboratoires de biologie ou de chimie. Par exemple, les sociétés pharmaceutiques utilisent des robots pour la synthèse de nouvelles entités chimiques ou pharmaceutiques afin de tester la valeur des matières chimiques [2].



Figure I.15 Robot de laboratoire.

I.9.4.3. Classification selon le type de locomotion

I.9.4.3.1. Les robots mobiles à roues

Il existe plusieurs classes de robots à roues déterminées, principalement, par la position et le nombre de roues utilisées [3].

- **Robots unicycle**

Ce type de robot peut être actionné par une roue ou par deux roues indépendantes, et les capteurs de position (gyroscope) et de déplacement (accéléromètre) contribuent à assurer la stabilité et l'équilibre. Le centre de rotation est situé sur l'essieu qui relie les deux roues motrices. Le schéma suivant montre un robot de type monocycle [3].

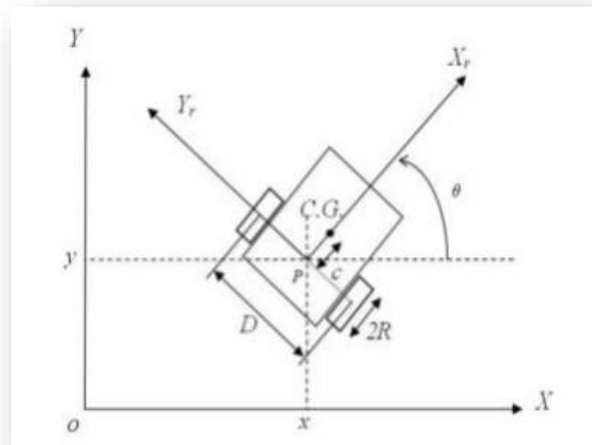


Figure I.16 Schéma d'un robot de type unicycle.

Un robot unicycle est décrit comme un robot qui se déplace dans un plan bidimensionnel qui a une certaine vitesse de déplacement vers l'avant, mais n'a pas de mouvement latéral instantané, car les robots unicycles sont un système non universel. Ils ne peuvent donc pas avoir de mouvement dans une direction perpendiculaire aux roues de mouvement [3].

○ **Robots tricycle**

C'est un robot à trois roues avec une roue libre centrale et Deux roues fixes placées sur le même axe que la roue précédente pour un pilotage sur l'axe longitudinal du robot. Ensuite le mouvement du robot est déterminé par la vitesse constante des roues et sa direction est assurée par la roue libre. Comme le montre la figure suivante

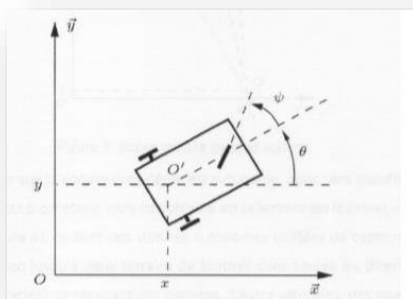


Figure I.17 Schéma d'un robot de type tricycle.

C'est là aussi un robot non-holonyme. En effet, il lui est impossible de se déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues fixes [3].

○ Robots voiture

Une voiture robot se compose de deux roues fixes placées sur le même essieu et de deux roues directrices au milieu également placées sur le même essieu. , C'est considéré androïde comme La voiture est plus stable car elle a un point d'appui supplémentaire. Toutes les autres caractéristiques du robot voiture sont les mêmes que celles du robot tricycle [3].

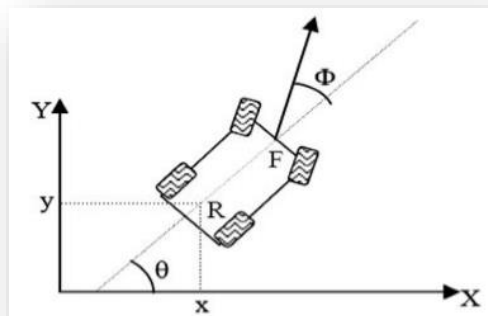


Figure I.18 Schéma d'un robot de type voiture.

○ Robots mobiles omnidirectionnels

Le mouvement du robot mobile omnidirectionnel est indépendant de la vitesse sur les axes x et y et de la vitesse de rotation autour de z . Il peut se déplacer librement dans toutes les directions. Il se compose généralement de trois roues orientables excentriques qui sont positionnées pour former un triangle équilatéral.

Le robot omnidirectionnel a la propriété de pouvoir se déplacer complètement dans toutes les directions. Mais cela ne se fait qu'au prix d'une complexité mécanique bien plus importante par rapport aux autres types de robots mobiles [3].

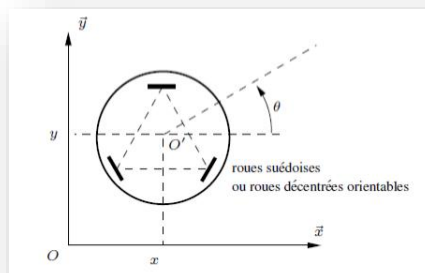


Figure I.19 Schéma d'un robot de type omnidirectionnel.

I.9.4.3.2. Les robots mobiles à chenilles

Les robots mobiles à chenilles ont une bonne adhérence au sol et la capacité de franchir les obstacles. L'utilisation de ces robots est orientée vers l'utilisation de la loi de qualité au niveau de l'adhésion [3].



Figure I.20 Robot mobile a chenille

I.9.4.3.3. Les robots mobiles marcheurs

Les robots mobiles marcheurs donnés à la figure I.21 sont destinés à réaliser des tâches variées dont l'accès à un site est difficile et dangereux pour l'être humain. Leur structure est dotée de plusieurs degrés de liberté ce qui permet un rapprochement avec les robots manipulateurs. On distingue les robots marcheurs (figure à deux jambes (humanoïdes), à quatre pattes (type cheval), et à six pattes (type araignée) [38].



Figure I.21 Robots mobiles marcheurs

I.9.4.3.4. Les robots mobiles rampants

La solution pour le déplacement des robots dans un environnement de type « tunnel » est le rampant en créant des structures filamenteuses. Le système se compose d'un ensemble de

modules, chacun avec plusieurs portabilités. Ici aussi, les techniques utilisées utilisent des méthodes de locomotion d'animaux et d'insectes comme le montre la Fig. 22.I. Les applications de ce type de robots sont très spécialisées et l'architecture des robots est généralement spécifique à l'application visée [3].



Figure I.22 Robot mobile rampant.

I.9.5.4. Les avantages et des inconvénients des robots

Un système robotique consiste non seulement des robots mais aussi d'autres dispositifs et systèmes qui sont utilisés avec le robot pour effectuer la tâche nécessaire. Les avantages des robots sont :

- Robotique et automatisation peut dans de nombreuses situations d'accroître la productivité, la sécurité, l'efficacité, la qualité et la cohérence des produits ;
- Les robots peuvent travailler dans un environnement dangereux, sans le besoin de soutien de la vie, ou les préoccupations concernant la sécurité ;
- Robots travaillent continuellement, sans ressentir une fatigue ou l'ennui, et ne nécessitent pas une assurance médicale ou de vacances ;

L'inconvénient des robots est qu'ils manquent de capacité de réagir en cas d'urgence

- Réponse inadéquate ou mal ;
- Le manque de pouvoirs prendre une décision ;
- Consommation de l'énergie [4].

I.10. Les robots volants (drones)

I.10.1. Définition d'un drone

Un véhicule aérien sans pilote ou UA.V (Unmanned Aerial Vehicle) est un drone humain embarqué pouvant être piloté à distance, de manière autonome ou semi-autonome. Il est susceptible d'emporter différentes charges utiles, le rendant capable d'effectuer des tâches spécifiques, pour une durée de vol qui peut varier en fonction de ses capacités. Les drones étaient d'abord connus pour être utilisés dans des applications militaires, telles que la surveillance et la reconnaissance et comme plate-forme d'identification de cible ou comme arme. Par la suite, de nombreuses applications civiles sont devenues concurrentes, notamment dans la surveillance des phénomènes naturels (avalanches, volcans, etc.), la pulvérisation de pesticides sur les surfaces agricoles, la surveillance de l'environnement (mesures de pollution par exemple) et des réseaux routiers [4].

I.10.2. Classification des drones

Les drones peuvent être classés en plusieurs catégories selon l'altitude, l'endurance qui est le temps qu'un avion peut passer en vol, la taille ou encore son aile. Dans ce contexte, les drones peuvent être divisés en trois familles [4].

I.10.2.1. Les drones à voilure fixe

Les drones de cette famille sont constitués d'une paire d'ailes assurant la sustentation la propulsion est assurée par une ou plusieurs hélices [6].



Figure I.23 drone à voilure fixe.

I.10.2.2. Les drones à voilure tournante

Le drone a un décollage et un atterrissage vertical, peut voler, à basse vitesse et à basse altitude, il n'a donc pas besoin de piste, ils utilisent un ou plusieurs rotors, ils peuvent effectuer des tâches qui ne peuvent pas être effectuées par des véhicules à voilure fixe [6].



Figure I.24 drone à voilure tournante.

I.10.2.3. Les drones à ailes battantes

Les drones de cette famille sont propulsés par des ailes battantes, propulsés par la puissance du vol avec des trajectoires d'insectes et planant à basse vitesse, comme des tours de mission ailées dans des espaces restreints [6].



Figure I.25 drone à ailes battantes.

I.10.3. Les domaines d'utilisation

Les drones sont aujourd'hui utilisés dans de nombreux domaines d'activité car leur utilisation ne cesse de se développer. Il existe deux principaux types d'utilisations, l'utilisation militaire et l'utilisation civile [7].

I.10.3.1. Utilisation militaire des drones

Les drones sont utilisés dans l'armée depuis la seconde guerre mondiale et ça afin de faire l'observation, le renseignement, la reconnaissance du terrain pour les troupes terrestres et aériennes et comme une arme de combat. Le pilotage d'un drone peut s'effectuer à partir de sites distants de plusieurs milliers de kilomètres de l'avion [7].

I.10.3.2. Utilisation civile des drones

Transporter des drones vers le secteur civil Il est possible d'imaginer un grand nombre d'applications civiles, ce qui ouvre un fort potentiel et une croissance dans des secteurs variés et innovants tels que :

- Étude de l'atmosphère, des sols (géologie) et des océans.
- Incendie de forêts, avalanches.
- Surveillance des cultures et épandage agricole.
- Recherche et sauvetage (mer, montagnes, désert...) [7].

Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à résumer tous les concepts de base nécessaires pour comprendre la robotique, puis nous nous sommes particulièrement intéressés au robot mobile. En présentant un panorama des techniques appliquées dans la planification et la navigation du robot mobile autonome. Toujours dans ce chapitre, nous avons présenté les différents composants matériels qui le composent.

On a étudié les différentes classes des robots mobiles qui sont catégorisés selon différents critères, que ce soit leur degré d'autonomie, ou le domaine d'application, ou bien encore selon le type de locomotion utilisé.

Ils ont également nous nous sommes intéressés au robot aérien et étudié ses types et ses classifications.

Dans la partie qui va suivre nous allons aborder la robotique dans exploitation minier, cela en mettant en évidence les objectives de robots dans la mine et également identité l'environnement minier.

II.1. Introduction

Les robots sont devenus progressivement moins chers, plus intelligents, plus flexibles et plus faciles à former. Cela permet aux robots d'infiltrer plus facilement de nouvelles industries et de générer de nouveaux cas d'utilisation à grande échelle, y compris l'exploitation minière. Avec les avancées technologiques croissantes, les robots sont redéfinis comme des agents d'intelligence artificielle (IA) physiquement incarnés. Les tableaux de bord robotiques vous apportent toutes les données et informations sur la robotique dans le secteur minier.

Pour suivre au mieux l'émergence et l'utilisation de la robotique dans le secteur minier, suit les dépôts et les octrois de brevets ainsi que les entreprises qui détiennent la plupart des brevets dans le domaine de la robotique.

Bien que la robotique offre de nombreux avantages dans le secteur minier, il s'agit d'une technologie relativement nouvelle et l'innovation est permanente dans ce domaine. Au cours de la dernière décennie, l'industrie minière a réalisé de vastes avancées technologiques pour stimuler la productivité [8].

II.2. Historique

L'activité minière en Algérie est connue depuis l'antiquité selon des études archéologiques. Par ailleurs, de nombreux vestiges d'une activité minière durant l'époque romaine ont été identifiés tels que l'exploitation de cuivre à l'Ouenza, le plomb argentifère à Sidi Kamber, le marbres à Filfila, le sel des Chotts, etc. Deux principales périodes peuvent être distinguées : la période avant l'indépendance et celle après l'indépendance.

II.2.1. Période de la colonisation française

Dès les premières années de colonisation, la France a fait beaucoup de travaux d'exploration et d'exploitation de plusieurs mines avec la création de plusieurs sociétés minières dont le service d'état-major confie à des militaires les travaux d'élaboration de la carte géologique.

Du pays ; les premières études géologiques et la reconnaissance des richesses naturelles du sous-sol furent d'abord effectuées par des officiers d'état-major comme le capitaine Rozet. En 1830, Rozet signala des filons de fer et de cuivre de Mouzaïa. Au début de 1874, l'industrie

minière employa déjà en Algérie plus de 3,345 ouvriers. Au début du 20^{ème} siècle, la production se situe entre 500 et 600 000 t pour les différents minerais exploités et elle dépasse les 1300 000 t en 1913.



Figure II.1 La mine pendant la colonisation française.

En 1954, les mines au sens strict étaient plus de quarante (40) : la houille (1 gisement), minerais de fer (13 gisements), plomb-zinc-cuivre (6), antimoine (2), pyrite (1), baryte (2), kaolin (1), kieselguhr (3) bentonite-terre décolorantes (3), marbres (1), sel (5), phosphates (2).

La France n'a pas créé une vraie industrie minière en Algérie mais elle a favorisé l'exploitation de ses ressources minérales pour alimenter ses usines en France.

II.2.2.Phase après l'indépendance

Après l'indépendance, les sociétés étrangères ont abandonné et fermé beaucoup de mines, d'où la nécessité de relancer l'ouverture de ces mines dans le contexte de l'activité minière. La nationalisation des mines, intervenue le 6 mai 1966, a mis sous l'autorité d'une entité étatique ; le Bureau algérien de recherches et d'exploitations minières (BAREM). En 1967, le BAREM cédait sa place à la Société Nationale de Recherches et d'Exploitations Minières (SONAREM). C'est à partir de cette date que l'activité minière nationale s'est organisée pour la recherche et l'exploitation des substances minérales. La nationalisation des richesses du 6 mai 1966 et les décisions historiques du 24 février 1971, relatives aux ressources nationales des hydrocarbures, ont constitué des étapes majeures dans l'édification du pays, dans ses dimensions économiques et sociales.



Figure II.2 La mine après l'indépendance.

- ✓ **La période 1968-1980** est caractérisée par :
 - Potentiel d'exploration minière appréciable ;
 - Mise en valeur rapide de plusieurs gisements.
- ✓ **Entre 1974-1977**, la SNMC (Société nationale de matériaux de construction) met en œuvre un important programme de carrières de calcaires pour production de granulats, y compris de sables concassés pour la construction.
- ✓ La mise en œuvre de la restructuration de SONAREM à partir de 1983 a donné lieu à la naissance de six grandes entreprises minières : FERPHOS, EREM, ENOF, ENAMARBRE, ENASEL et l'ENG. Pour de multiples raisons, cela a conduit à l'arrêt de développement de plusieurs opérations se rapportant notamment aux phosphates, aux minerais de fer, aux marbres... et à la perte du savoir-faire capitalisé dans l'engineering minier.
- ✓ **En 1985**, la mise en place d'une Banque Nationale de Données Géologiques qui prend la dénomination de «Office National de la Géologie, (ONIG)».
- ✓ **En 1992**, l'Office National de la Géologie fusionne avec l'Entreprise de Recherches Minières (EREM) pour former l'«Office National de Recherches Géologiques et Minières (ORGM)».
- ✓ **Période 2005 à ce jour**
- ✓ En 2005, en application de la Loi Minière du 03 juillet 2001, deux nouvelles agences sont installées, dont l'«Agence Nationale de la Géologie et du Contrôle Minier » (ANGCM) avec missions principales, la mise en place d'un «Service Géologique National » reprenant les missions du Service Géologique de l'Algérie retirées de l'ORGM.

- ✓ La création du groupe industriel minier MANAL en 2010 regroupant toutes les entreprises publiques du secteur des mines.
- ✓ **En 2014**, Création de l'Agence du Service Géologique de l'Algérie (ASGA), dont la principale mission est la gestion de l'infrastructure géologique de l'Algérie [9].

II.3. Présentation d'une mine

Les méthodes d'extraction des matériaux utiles à partir de la croûte terrestre se classe en deux principales méthodes l'exploitation à ciel ouvert et les méthodes souterraines [10].

II.4. Notions et perception de la mine

○ Mine ou carrière

Les notions de "mines" ou de "carrières" sont qu'elles soient à "ciel ouvert" ou souterraines. L'emploi de l'un ou l'autre de ces termes dépend ainsi de la substance extraite. Une mine consiste en l'exploitation d'un gisement à minéraux, considérés de grande valeur. Ce terme est utilisé généralement pour : les combustibles (charbon, hydrocarbures, gaz...), les métaux (fer, cuivre, plomb...) et quelques autres matières minérales (sel, soufre, fluor...). Pour les produits qui ne figurent pas dans la liste, on parle de carrières, il s'agit notamment des matériaux de construction (sables, argiles, calcaires...) [11].



Figure II.3 Les travaux dans mine et carrière.

○ Le site minier

Terrain ayant été où pouvant être un lieu d'activité de prospection, d'exploitation minière ou d'exploitation. [11].

- **L'activité minière**

C'est un ensemble d'opérations d'exploration, de recherche, de développement, de traitement, y compris la valorisation, de transport, de stockage, de réhabilitation et de fermeture des sites d'exploitation et de valorisation des substances minérales [12].

- **L'exploitation minière**

L'exploitation minière consiste à extraire des minerais, c'est-à-dire des roches de la croûte terrestre qui contiennent des minéraux ou des minéraux utiles dans une proportion suffisamment intéressante pour justifier leur exploitation [12].

II.5.Les Types de mines

L'exploitation d'un gisement peut se faire de deux façons distinctes. Il existe des mines à ciel ouvert et des mines souterraines. Le choix du type de mines dépend de différents facteurs tels que la profondeur du gisement, l'empreinte au sol et les coûts d'extraction [13].

II.5.1.Mine à ciel ouvert

Dans une mine à ciel ouvert, on creuse une fosse en spirale et on forme des bancs de deux à quinze mètres qui seront dynamités pour extraire le minerai, lequel sera chargé par des pelles et transporté jusqu'au concentrateur par d'immenses camions pouvant contenir des centaines de tonnes de minerai

Les mines à ciel ouvert sont souvent comparées à des mondes de géants, car on y trouve de la machinerie surdimensionnée et parce que la superficie d'une fosse peut être très surprenante [13].



Figure II.4 Mine à ciel ouvert.

II.5.2.Mine souterraine

Visuellement, une mine souterraine peut ressembler à une fourmilière. En réalité, il s'agit d'un immense réseau de tunnels verticaux et horizontaux permettant d'atteindre le gisement minier. Une fois extrait, le minerai sera remonté à la surface par le puits et dirigé vers le concentrateur [13].

À l'intérieur d'une mine souterraine, on trouve :

- **Une rampe d'accès**

Un large tunnel en spirale qui communique avec tous les niveaux de la mine. Elle permet aux véhicules d'accéder rapidement aux galeries des différents niveaux [13].

- **Des galeries**

De longs tunnels qui conduisent au gisement à extraire [13].

- **Puits d'accès**

Un passage vertical utilisé pour descendre de l'équipement et de la machinerie sous terre, transporter le personnel et remonter le minerai à la surface. Il s'agit ni plus ni moins de la colonne vertébrale de la mine [13].

- **Puits d'aération** : Celui-ci sert de puits d'aéragé pour garantir la ventilation, la filtration ainsi que le contrôle de la température et de la qualité de l'air dans les galeries [13].



Figure II.5 Exploitation souterraine.

II.6.Cycle de vie d'un projet minier

L'industrie minière est un secteur majeur de l'économie, En général, les projets miniers nécessitent des investissements importants, durent longtemps et peuvent être très lucratifs. Les revenus qu'ils génèrent sont importants, tant pour les compagnies privées que pour les gouvernements. Cependant, ce ne sont pas tous les projets miniers qui se réalisent et, quand ils le font, ce n'est qu'après de nombreuses années de planification, d'exploration et de mise en valeur [14].

II.6.1.Phases d'un projet minier

Le cycle de vie type d'un projet minier (à ciel ouvert ou souterrain) compte quatre phases :

1. L'exploration et l'étude de faisabilité ;
2. La planification et la construction ;
3. L'exploitation ;
4. La fermeture.

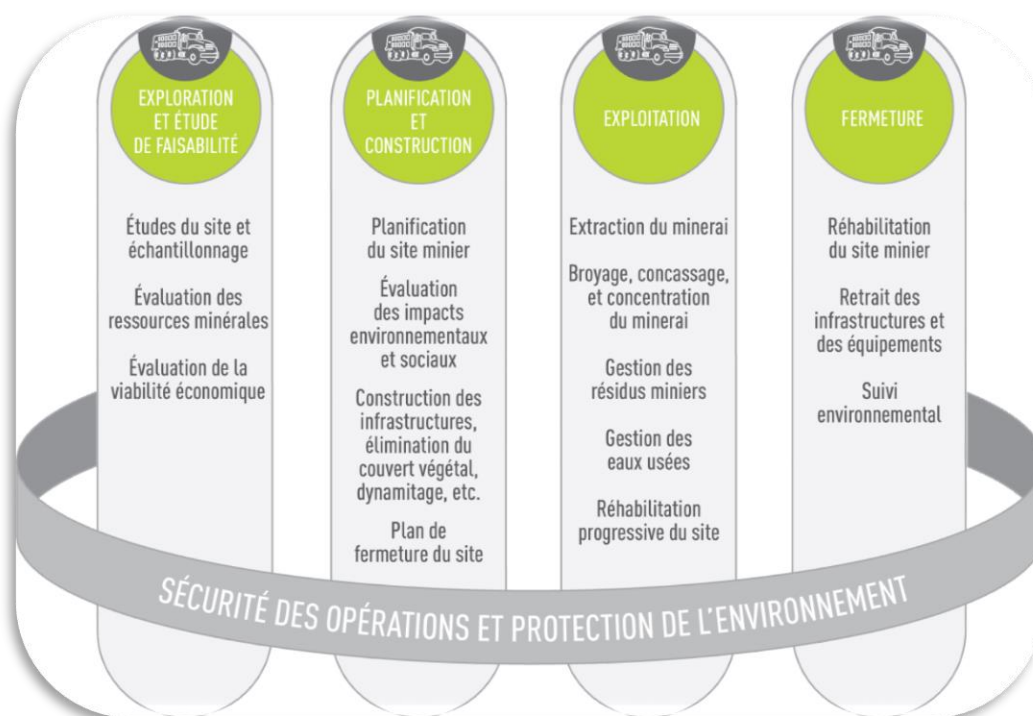


Figure II.6 Cycle de vie d'un projet minier.

II.7. Les dangers auxquels sont exposés les travailleurs des mines

Le plus grand obstacle à la sécurité des mines, la raison pour laquelle tant de mineurs sont tués au travail, c'est le profit. Il est entièrement possible d'organiser les tailles de manière sûre, mais cela coûte davantage.

Ainsi, la sécurité de l'exploitation minière aux niveaux local et national est en jeu, c'est l'une des conditions qui causent ces catastrophes et ces dangers [15].

II.7.1. Les éboulements

Il s'agit d'un des accidents les plus fréquents de l'exploitation des mines au XIXe siècle. Il menace l'intégrité physique des mineurs en causant fractures, entorses et parfois écrasement total. Les formes que peuvent prendre l'éboulement sont nombreuses : bloc qui tombe du toit, cuvelage qui cède, front de taille qui s'écroule, galerie qui s'écrase... Quelques témoignages² de survivants expriment la complexité et la difficulté à se sortir indemne d'une telle situation [15].



Figure II.7 L'éboulement dans souterrain.

II.7.2. Expositions face à des agents nocifs et /ou explosifs

❖ Les gaz

Dans un milieu confiné et mal aéré, les mineurs sont exposés à des émissions de gaz. Parmi ces gaz, nous pouvons citer :

- Le grisou ;
- Le méthane (CH₄), le CO₂ et l'azote ;

- Le sulfure d'hydrogène (H₂S) ;
- Le monoxyde de carbone ;



Figure II.8 Les mineurs sont exposés à des émissions de gaz.

❖ Les poussières

Dans les mines, la poussière apporte deux types de dangers très différents.

Au cours de l'exploitation minière, les mineurs s'exposent à l'inhalation de poussières.

Il s'agit en fait de poussière de roche et surtout de grès charbonneux. Conduit à la différence maladies pulmonaires. A un stade avancé, cette maladie devient invalidante et souvent mortelle [15].

II.7.3 Le feu et les incendies

Réunissant combustible, oxygène et chaleur, les mines sont un terrain propice aux incendies .

Une explosion peut détruire les systèmes de ventilation, provoquer un affaissement de la mine, bloquer les issues de secours et piéger les mineurs dans une situation où l'oxygène est remplacé par des gaz asphyxiants. Pour information, quelques accidents ayant pour cause un incendie [15].

II.8. Application de la robotique dans le secteur minier

Les robots sont de plus en plus utilisés dans l'exploitation minière pour faciliter les opérations, améliorer la prise de décision, extraire la valeur des données et accroître la sécurité. Une bonne stratégie de mise en œuvre les robots peut empêcher ce qui suit :

- Perte de revenus ;
- Risques de sécurité.

Les robots offrent de nombreux avantages et opérations dans le secteur minier, dont les suivants :

❖ **L'automatisation**

Dans le cadre de la « Révolution Industrielle », L'automatisation de l'exploitation minière arrive rapidement et a changé le paysage industriel : véhicules télécommandés longue distance ou autonomes, opérations d'extraction automatisée, l'utilisation des drones et l'intelligence artificiel appliqué sur les machines de cartographie par exemple ... la robotique est supercalculateurs pour tout contrôler [16].

❖ **Détection de gisements minéraux profonds à des fins d'extraction grâce à l'apprentissage**

L'apprentissage automatique peut aider à connaître les meilleurs types de roches et les emplacements des gisements de minéraux rentables en produisant des modèles de prédiction pour leur extraction et leur exploitation en peu de temps [16].

❖ **Sécurité et santé au travail**

Offrir un lieu de travail pratique, sans accident et plus sûr aux mineurs. Les robots peuvent y contribuer en identifiant les endroits dangereux à l'aide de données et d'analyses de haute qualité [16].

II.9. Formulation des objectifs de robot dans la mine

L'objectif de ce projet de recherche est de réaliser un robot mobile (voir sur la figure....), qui est un dispositif mobile qui permet l'exploration et l'accès aux zones accidentées dans les mines. Il peut contenir également une caméra et un ensemble des capteurs comme (capteur de gaz et capteur de température ainsi qu'un capteur d'humidité). Ce robot mobile permet d'obtenir des informations nécessaires pour les ingénieurs avant et après l'extraction minière participant ainsi à l'étude d'exploration, en plus de protéger la main-d'œuvre de l'exposition à la mort et aux dangers car elle entre en premier pour sécuriser le lieu.

Lors de la conception de certains des sous-aspects, il faut tenir compte du fait que les robots dans les mines rencontrent des difficultés car ces environnements incluent des conditions incontrôlées telles que la chaleur, le froid et la nature du terrain qui est accidenté et trop difficile.

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons étudié le secteur minier et mis en évidence tous les risques dans cet environnement, puis nous nous sommes focalisés d'une manière approfondie sur les objectifs de notre robot dans la mine et également les utilisations de robot dans l'environnement minier.

Avant de présenter les détails de notre réalisation, nous allons dans le chapitre suivant expliquer la partie de puissance de ce robot.

III. Introduction

Tout système automatisé répond à un besoin à cet effet, il est appelé à agir, soit pour modifier un état, ou réchauffer une pièce, ou même engendrer un mouvement, cette capacité du système se définit grâce à sa capacité à produire un travail ainsi un système est –traversé par un flux d'énergie et la plupart du temps transforme cette énergie qu'il reçoit en l'énergie nécessaire pour remplir sa mission [18].

L'autonomie concerne la capacité de la machine à se déplacer sur le sol ainsi qu'à allouer suffisamment d'énergie pour ce faire, d'où le problème énergétique dans la conception des robots (énergie) [19].

Un système automatisé est composé de plusieurs éléments qui exécutent un ensemble de tâches programmées sans que l'intervention de l'homme ne soit nécessaire.

Dans un système, on peut distinguer deux types de flux :

- ✚ Le système est d'abord traversé par des **flux d'informatique** décrits par la **chaîne d'information**.

Ces flux permettront au système de traiter les données qui l'intéressent et de décider ce qu'il convient de faire en fonction de ces informations, il s'agit de la **partie commande**.

- ✚ Le système est ensuite traversé par des **flux d'énergie**, décrit par la **chaîne de puissance** ou d'énergie [20].

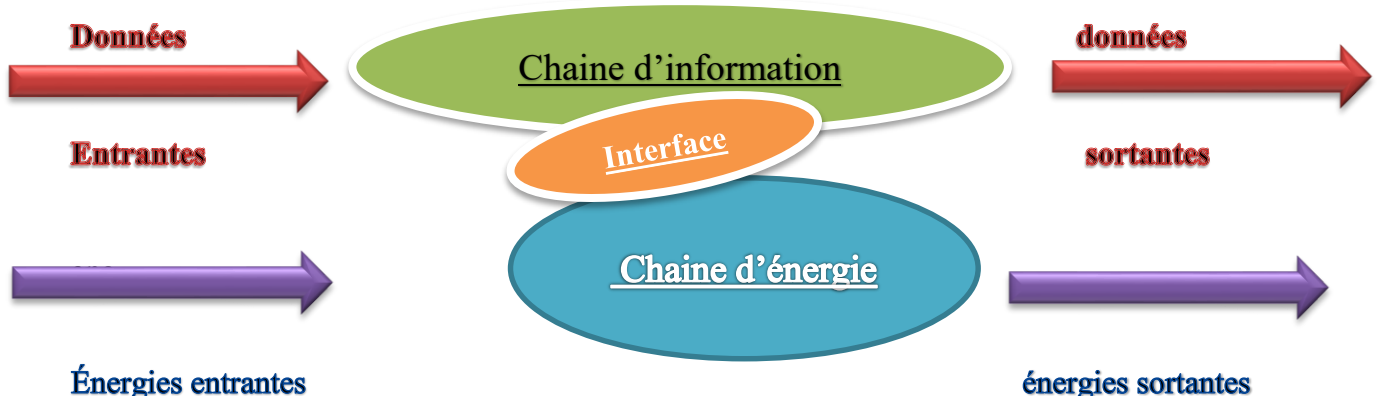


Figure III.1 Les chaînes fonctionnelles de système.

III.1. Chaîne de puissance et énergie

La chaîne d'énergie d'un système permet de mettre en évidence son fonctionnement. Une fois les différents composants identifiés et situés dans l'un des blocs fonctionnels, la compréhension globale du système devient très simple. Les objets techniques utilisent de l'énergie pour fonctionner. Cette énergie peut revêtir différentes formes : électrique, mécanique, thermique, rayonnante et chimique [21].

Les fonctions d'un système qui exécutent la tâche demandée forment la chaîne de puissance les flux d'énergie qui la traversent alimentent ainsi les différents composants nécessaires à la mise en œuvre de l'action, il s'agit de **la partie opérative** du système [22].

La **chaîne de puissance** se compose des éléments qui participent au **flux d'énergie** dans le système.

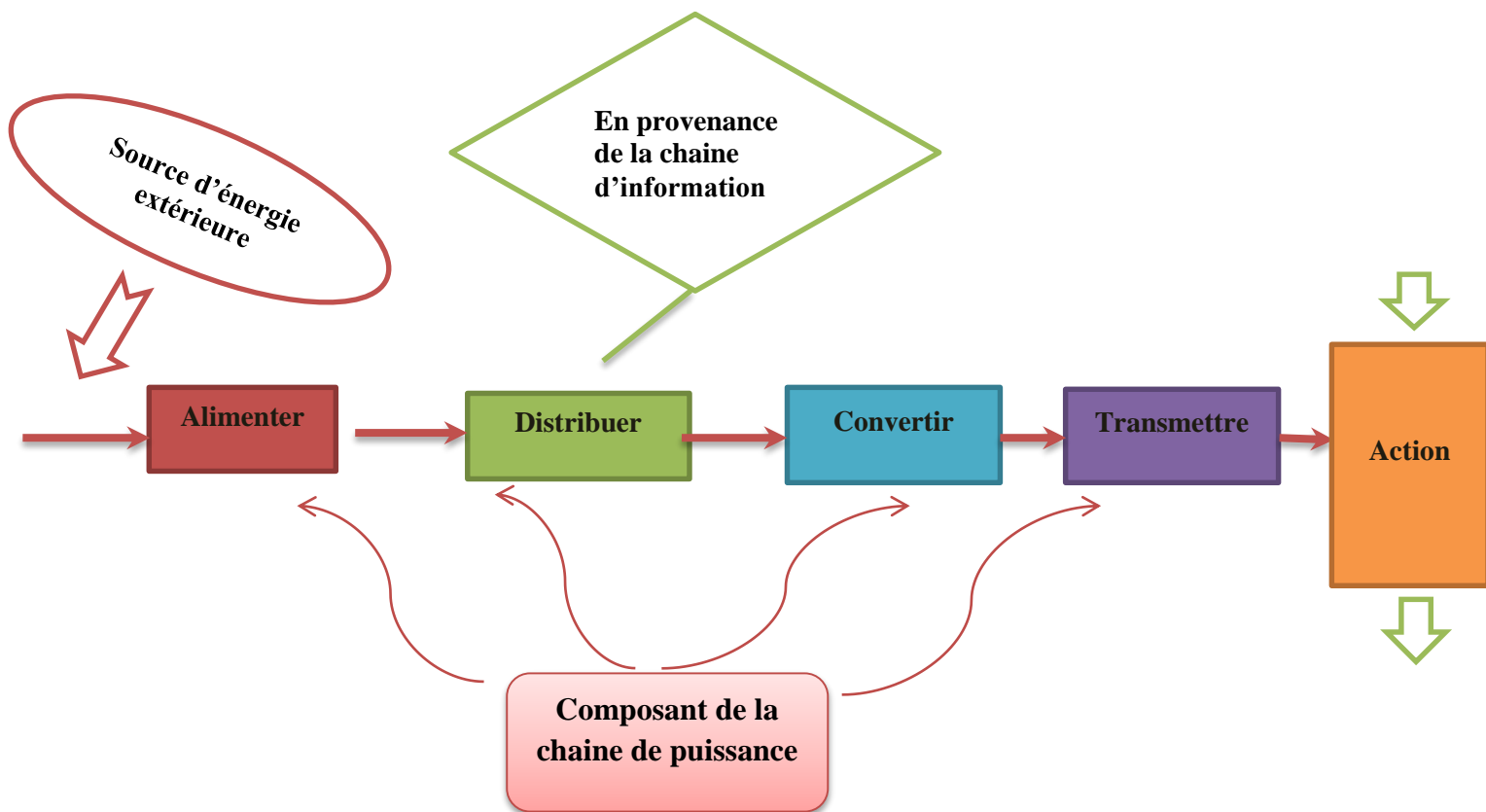


Figure III.2 Chaîne d'énergie.

- ✚ **Un actionneur** convertit la puissance distribuée (électrique, pneumatique ou hydraulique), en puissance utilisable par la chaîne d'action : il s'agit le plus souvent de puissance mécanique, sous forme de mouvements (rotations ou translations, continues ou alternatives), qui agissent sur la matière d'œuvre [11].

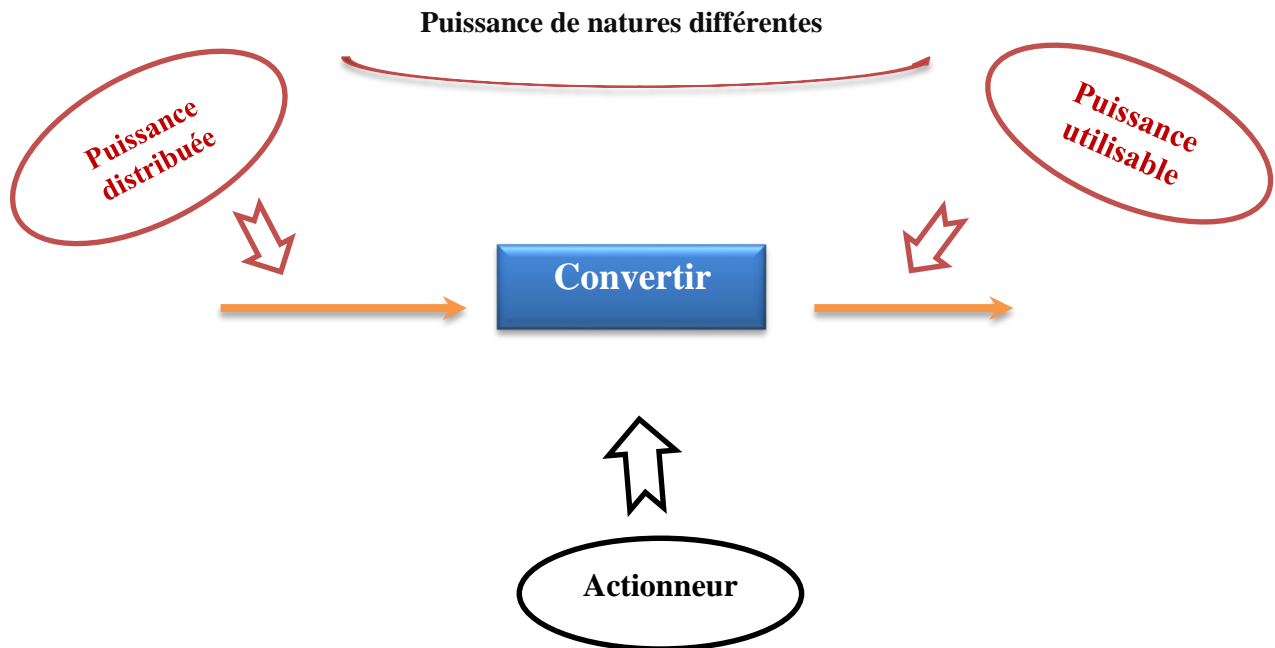


Figure III.3 Principe de fonction de convertisseur.

- ✚ **Un distributeur** (ou pré-actionneur) reçoit ses ordres de la PC, pour distribuer la puissance disponible vers un actionneur. La distribution peut prendre plusieurs aspects [11].

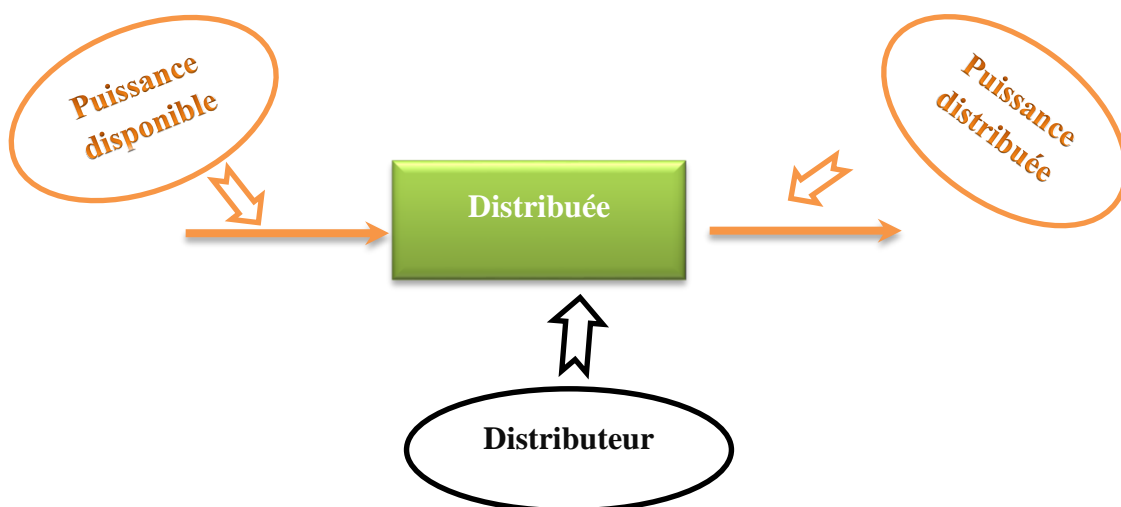


Figure III.4 Principe du fonctionnement du distributeur

- ✚ **Un transmetteur** reçoit la puissance délivrée par l'actionneur pour l'adapter à (aux) effecteurs(s). Il s'agit de modifier les caractéristiques de la puissance (vitesse, force) du type de mouvement (rotation, translation,) ou des axes du mouvement [11].

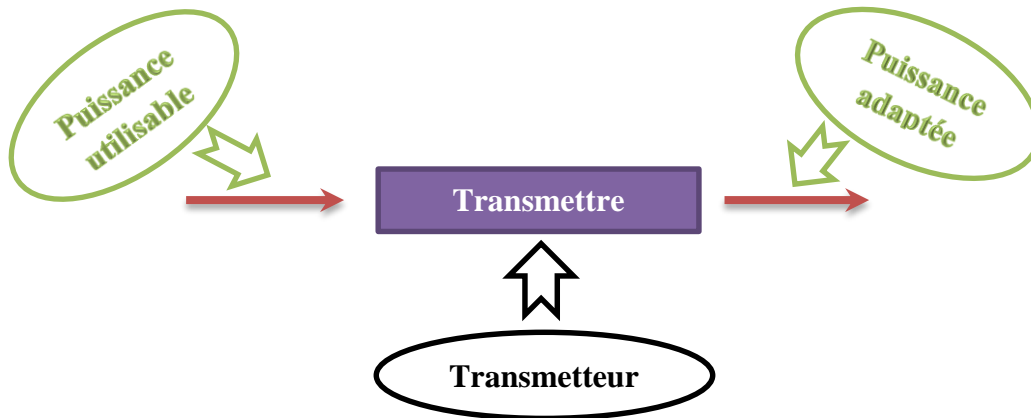


Figure III.5 Principe de fonctionne de transmetteur.

III.3. Les formes d'énergie

En physique, l'énergie est capable de changer son état ou l'état d'autres systèmes. Cette procédure est importante dans un système automatisé, qui est responsable du mouvement de l'appareil [13].

L'énergie se présente notamment sous ces formes :

- L'énergie électrique ;
- L'énergie chimique ;
- L'énergie thermique ;
- L'énergie mécanique.

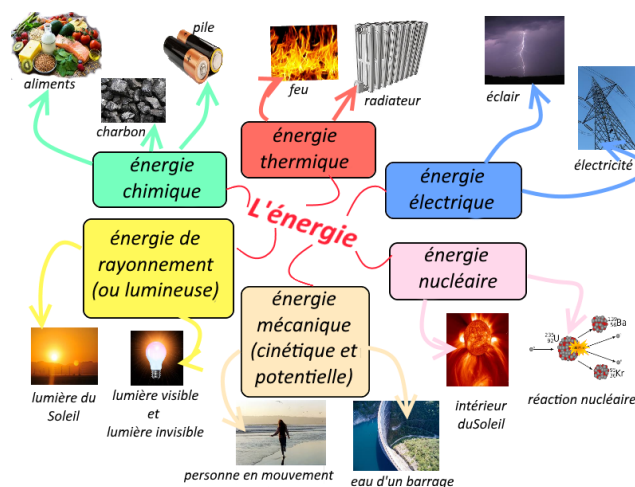


Figure III.6 Les formes d'énergie.

III.4. les types de sources d'alimentation

La **fonction d'alimentation** est la fonction assurée par toute composante capable de générer ou de fournir un courant électrique afin d'assurer le fonctionnement d'un objet.

Un circuit électrique comporte nécessairement une source d'alimentation qui fournit l'énergie nécessaire à la circulation du courant dans les fils et les composants du circuit. En effet, toute source de courant permet de fournir l'énergie nécessaire au déplacement des électrons dans un conducteur électrique. Il existe deux types de sources d'alimentation: celles fournissant un courant continu et celles fournissant un courant alternatif .

- ❖ **Un courant continu** (CC ou DC) c'est le déplacement unidirectionnel des électrons de la borne positive vers la borne négative de la source d'alimentation d'un circuit. Les piles, les batteries et les génératrices à courant continu représentent les sources de cette énergie. Son utilisation se trouve sur les techniques portatives ou tous appareils ne pouvant pas être reliés à un réseau de distribution. .
- ❖ **Un courant alternatif** (CA ou AC) est un déplacement bidirectionnel des électrons dans le circuit, c'est-à-dire que le courant change périodiquement de sens. Les électrons effectuent donc un mouvement de va-et-vient autour d'une position fixe. Le courant alternatif est généralement produit par des alternateurs. Ce type de courant est privilégié pour le transport et la distribution de l'électricité puisqu'il permet de réguler facilement la tension électrique nécessaire [23].

III.4. Quelle source d'énergie choisir

Afin de réaliser ses tâches, un robot a besoin d'une source d'énergie. Qu'il soit autonome, fixe, mobile ou isolé, les besoins et choix de l'alimentation énergétiques sont variés.

- Les batteries électriques ou l'électricité pour l'autonomie, la sécurité, la durée des cycles et le poids ;
- Les moteurs à combustion interne peuvent également être utilisés. Toutefois, ces choix sont souvent complexes mécaniquement et ont besoin de carburant, nécessitent la dissipation de la chaleur et sont relativement lourds ;
- L'énergie pneumatique (gaz comprimé) est la plus couramment utilisée dans les postes autonomes : faible coût, sécurité accrue, installation facilitée ;
- L'énergie solaire : pour son autonomie, sa disponibilité et son coût ;

- L'hydraulique pour la puissance accrue [24]

Il existe de nombreuses sources d'énergies , dont la plus importante est :

➤ **Pile (chimique ou électrique)**

Dispositif électrochimique qui transforme l'énergie d'une réaction chimique en énergie électrique [24].



Figure III.7 Pile chimique.

➤ **Pile solaire (cellule photovoltaïque ou photoélectrique)**

Dispositif permettant de produire de l'électricité à partir de l'énergie lumineuse du Soleil [24].



Figure III.8 Pile solaire.

➤ **Energie fournit par SONELGAZ**

III.6. Le choix du type de moteur pour le robot mobile

Il existe de nombreux types de moteurs, il faut donc choisir le moteur approprié pour faire fonctionner le robot grâce à une étude approfondie de ses caractéristiques, de son lieu d'utilisation et de la nature de sa mission. Ses caractéristiques son sa vitesse de rotation et la puissance absorbée et rendements, nous présentons donc ce schéma pour expliquer les types de moteurs [25].

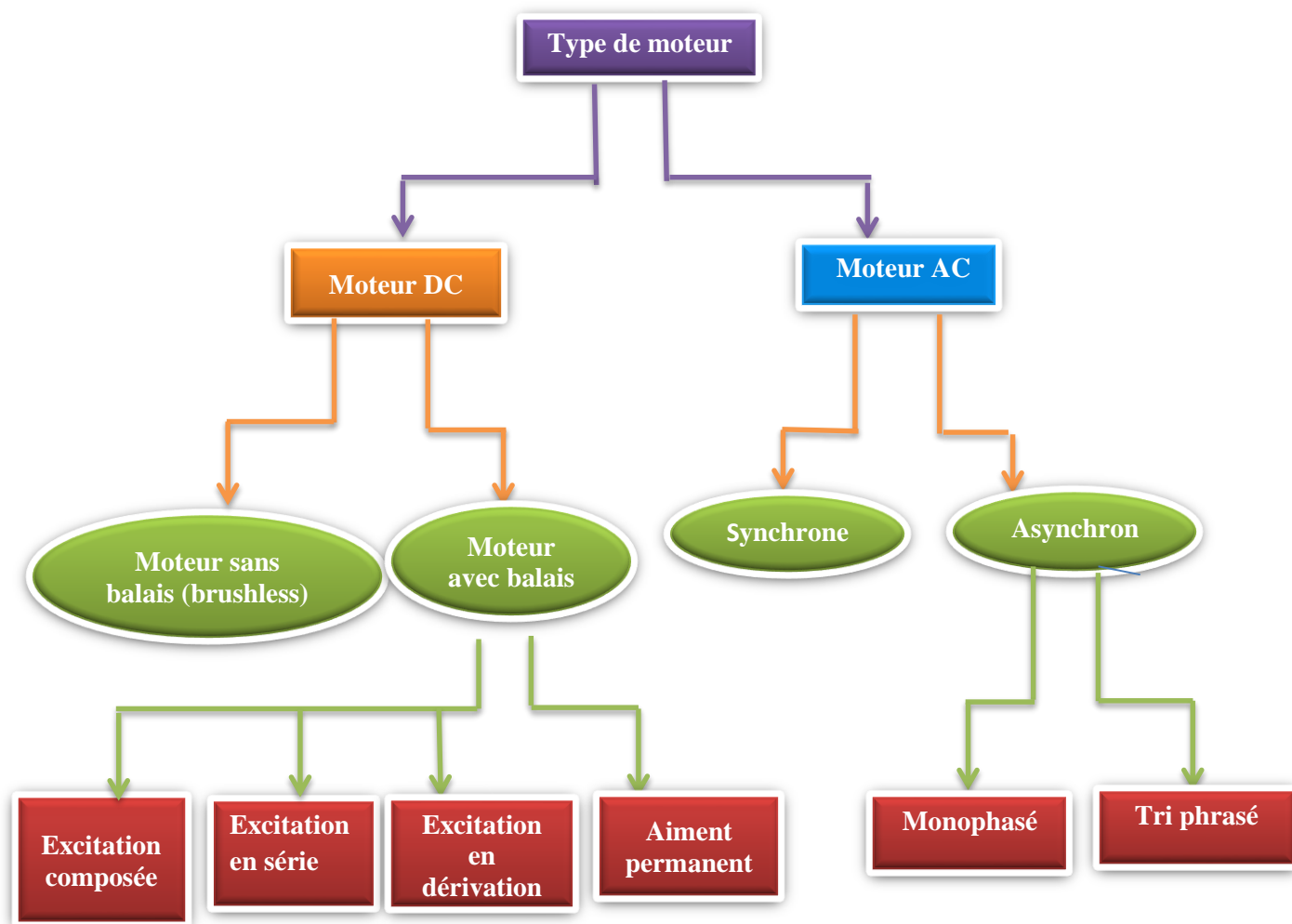


Figure III.9 Schéma présente les types de moteur

Étant donné que le robot est autonome, le moteur approprié doit être à courant continu.

III.6. Les moteurs

Ce sont des composants permettant de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique. celles-ci les moteurs doivent être commandés par la partie commande en interaction avec les informations transmises par les capteurs. Moteurs rencontrés sur le terrain les robots se composent principalement de plusieurs types d'entre eux [24] :

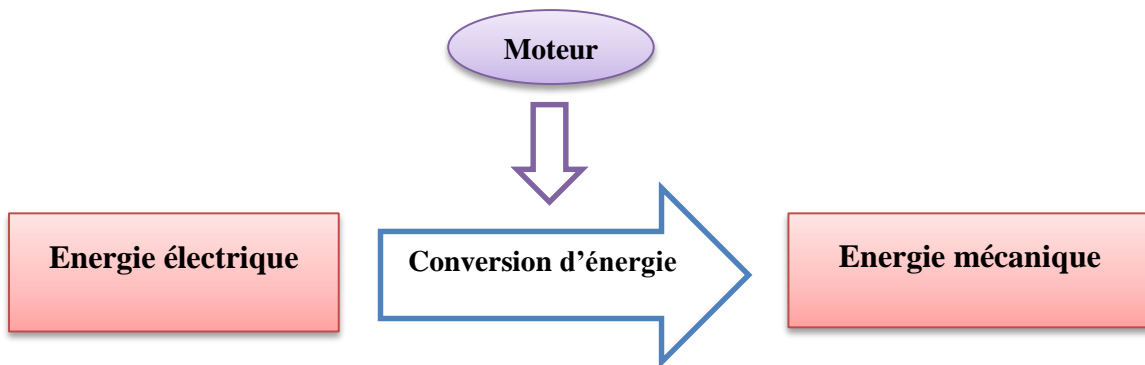


Figure III.10 Principe de fonctionnement d'un motor.

III.6.1. Les moteurs à courant continu

Beaucoup d'application nécessitent un couple de démarrage élevé . Ce type de moteur (MMC) possède une caractéristique couple/vitesse de pente importante. Ce qui permet de vaincre un couple résistant élevé et d'absorber les coups de charge .[14]

Ce type de moteur est utilisé quand on dispose d'une source d'alimentation continue (batterie par exemple).[14]

Un moteur à courant continu comporte deux parties principales : la partie mobile (la partie qui tourne) et le stator (la partie fixe). Le stator est également connu sous le nom d'inducteur et le rotor s'appelle aussi l'induite -Sur l'image au-dessous, nous pouvons observer au milieu – entouré par les aimants bleu et rouge qui constituent le stator – le rotor 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 (pignons, chaîne, actionneur...).[14]

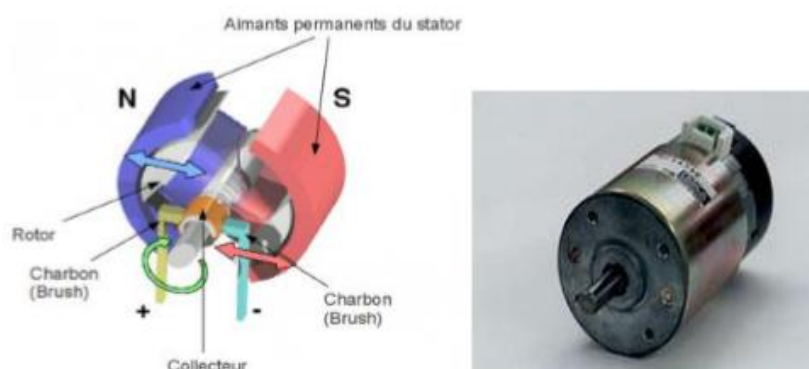


Figure III.11 Moteur à courant continu.

Le moteur à courant continu comporte trois éléments essentiels

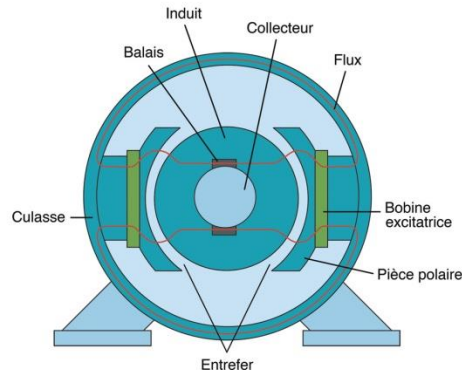


Figure III.12 Parties principales du moteur à courant continu.

✚ Le stator (partie fixe)

Le stator est formé par la carcasse du moteur et le circuit magnétique, Un circuit magnétique est constitué d'une structure ferromagnétique qui canalise le flux magnétique, créé par une source de champ magnétique : aimant permanent ou électroaimant. Le circuit magnétique du stator crée le champ magnétique B appelé « champ inducteur ». L'inducteur magnétise le moteur en créant un flux magnétique dans l'entrefer. L'entrefer est l'espace entre les pôles du stator et le rotor. [14]

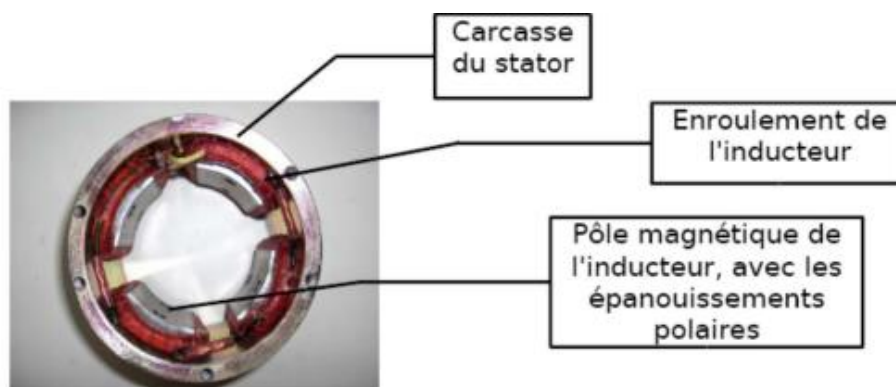


Figure III.13 Stator d'une machine à courant continu

✚ Le rotor (partie mobile)

C'est la partie mobile, qui comporte une ou plusieurs bobines tournantes dans le champ magnétique.



Figure III.14 Rotor d'une machine à courant continu



Le collecteur est constitué de lames de cuivre isolées entre elles. L'isolant est de la mica. L'ensemble balais d'alimentation + collecteur assure la liaison entre les conducteurs tournants et la partie fixe.

Figure III.15 Collecteur d'une machine à courant continu.

Chaque lame du collecteur est soudée au fil de sortie d'une section et à l'entrée de la section suivante. Une section est un ensemble de conducteurs qui passent, dans les encoches du rotor, sous un pôle Sud et sous un pôle Nord créés par le champ inducteur [14].

✚ Les Balais et les porte-balais

Le Balai est à base de graphite, ni trop dur, ni trop tendre. La porte balais est reliée électriquement par une tresse conductrice au câble d'alimentation. Le système à ressort assure une pression constante du balai sur le collecteur. Certains moteurs possèdent un capteur qui informe de l'usure du balai [14].

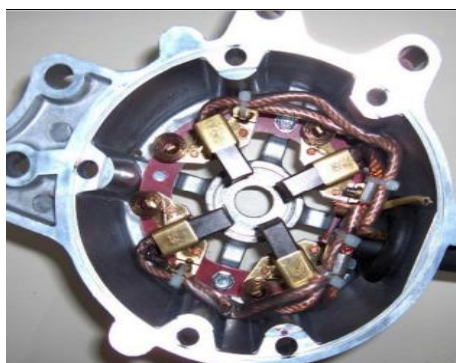


Figure III.16 Balais du moteur à courant continu

III.6.1.1 Le principe de fonctionnement d'une machine à courant continu

Le schéma de principe donné ci-après pour une spire permet de comprendre le fonctionnement d'un moteur à courant continu :

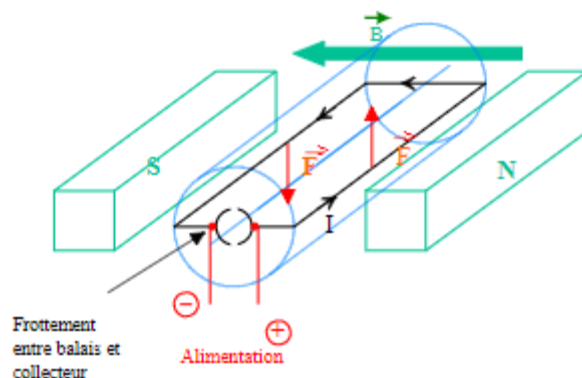


Figure III.17 Principe de fonctionnement

Les pôles nord et sud des aimants permanents créent un flux (champ magnétique B) dans le moteur. La spire est alimentée et plongée dans ce flux, elle est soumise à un couple de force f le moteur se met en rotation. On dit qu'il création d'un couple moteur.

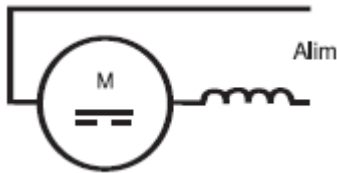
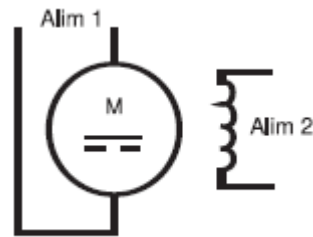
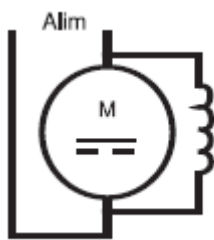
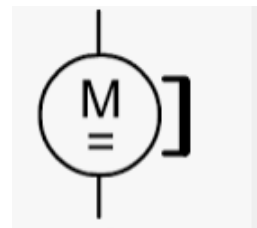
Les points représentent les balais (solidaires de la carcasse) qui frottent sur le collecteur. Compte tenu de la disposition des balais et du collecteur, le sens du courant I dans la spire change à chaque demi-tour, ce qui permet de conserver le même sens de rotation (sinon, la spire resterait en position d'équilibre) [15].

On obtient un couple moteur plus élevé soit [15] :

- En augmentant le nombre de spires.
- En augmentant le nombre de pôles d'aimants.

III.6.2. Les différents types de moteur à courant continu

Il existe des branchements principaux de moteur à courant continu avec enroulement de stator parmi eux :

Moteur à excitation série**Moteur a excitation indépendante****Moteur a excitation en dérivation****Moteur aiment permanente**

- **Choix de type de branchement moteur**

La plupart des robots utilisent des moteurs à aimants permanents pour les applications de faible à moyenne puissance, en particulier les appareils alimentés par batterie, Il convient dans le cas d'applications qui nécessitent un contrôle précis telles que des robots ou des systèmes d'asservissement [16].

III.6.3. Moteur pas à pas

Ces moteurs fonctionnent sur un principe différent, ici on peut faire avancer le moteur d'un certain nombre de « pas ». En gros il y a un nombre prédéfinis de positions possibles, et le moteur ira d'une position à l'autre. Ils permettent donc un positionnement plus précis, mais nécessitent une carte de contrôle. Chaque pas du moteur correspond à un angle de rotation (par exemple 1.8° pour les moteurs à 200 pas). Il sera donc possible de contrôler précisément la vitesse de rotation et donc le mouvement du rotor. Le moteur pas à pas permet de transformer une impulsion électrique en un mouvement angulaire [16].



Figure III.18 Moteurs pas à pas.

III.6.4. Servomoteurs

Un servomoteur est un type de moteur électrique capable d'atteindre des positions prédéterminées, puis de les maintenir ou à l'inverse de tourner de façon continue dans un sens donné à une vitesse comprise entre 60 et 120 TPM (tours par minute)[16].



Figure III.19 Le servomoteur.

Les servomoteurs sont commandés par un signal PWM. Ils possèdent un connectique composée de 3 câbles [16] :

- Rouge : +5V ;
- Noir : Masse ;
- Orange ou Jaune : Signal PWM.



Figure III.20 Câble du servomoteur.

Dans le domaine de la robotique, Le servomoteur a pour but de permettre la rotation des capteurs et de connaître leurs angles de rotation [16].

III.6.5. Motoréducteur

Un motoréducteur est un dispositif qui permet à des moteurs de faible puissance d'exercer beaucoup de force sur un objet à faible vitesse. Il se compose d'un train réducteur et d'un moteur électrique, tous deux entièrement intégrés dans un système facilement montable et configurable. L'utilisation des moteurs à engrenages présente l'avantage de simplifier la conception et la fabrication d'outils électriques et de machines nécessitant un couple élevé, ou un moment de force élevé, à des vitesses de rotation réduites [16].

Utilisation

Un réducteur est un ensemble composé d'engrenages, qui permet de réduire la vitesse de rotation de l'axe du moteur qui est généralement de 1 500 tr/min (pour une fréquence d'excitation de 50 Hz) tout en augmentant le couple de sortie. Ces moteurs peuvent être à courant continu pour les micro-réducteurs ou à courant alternatif pour les gros motoréducteurs industriels. On peut schématiser le fonctionnement d'un réducteur de la manière suivante [16].

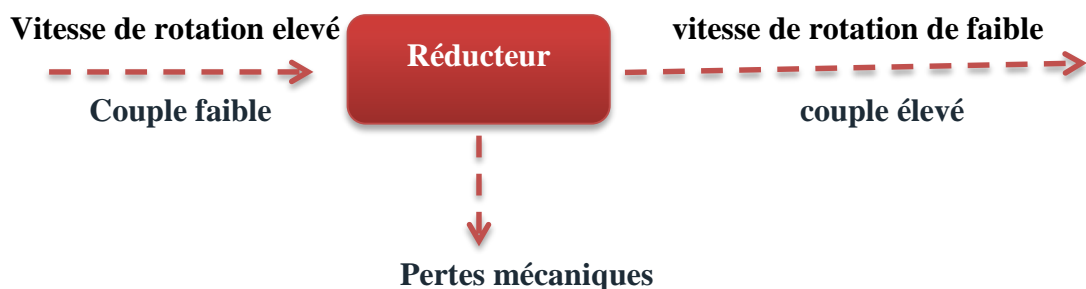


Figure III.21 Le fonctionnement d'un réducteur.

Notre choix s'est porté sur un moteur équipé : Après avoir étudié tous les moteurs cités ci-dessus, il a été finalisé. Nous avons supprimé les servomoteurs, car ils ont un système angulaire à une vitesse constante. Ensuite, nous avons exclu les moteurs pas à pas, car ils sont trop complexes pour être utilisés. Plus difficile à faire fonctionner qu'un moteur à courant continu, vitesse et couple relativement faibles, le couple diminue rapidement lorsque la vitesse suit. De plus, étant donné qu'ils sont chers pour le moteur équiper [16].



Figure III.22 Moteur a engranage.

III.6.6. Moteurs Brushless

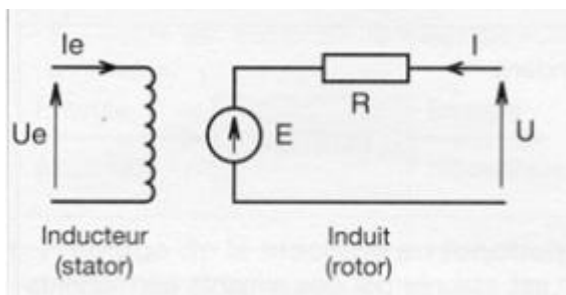
Le moteur brushless est un moteur synchrone sans balais, c.-à-d. ça tourne à la même vitesse que le système de tensions qui l'alimentent. Le stator du brushless comporte les bobines du moteur, tandis que le rotor comporte des aimants permanents. Le fonctionnement de ce type de moteur est semblable à celui d'un moteur à courant alternatif : les bobines créent un champ magnétique tournant qui va être suivi par le rotor. On retrouve dans ces moteurs trois ensembles des bobines, comme pour le moteur alternatif. Qui sont reliées en étoile ou en triangle. La caractéristique la plus importante pour ce type de moteurs est sa constante de vitesse KV [17].



Figure III.23 Moteur brushlesse

III.6.7. Etude Electrique du moteur

III.6.7.1. Modèle équivalent de l'induit et inducteur



- R** : résistance de l'induit en ohms
- E** : force électromotrice en volts
- I** : courant dans l'induit en ampères
- U** : tension d'alimentation d'induit en volts
- Ie** : courant d'excitation en ampères
- Ue** : tension d'alimentation des inducteurs

• Formule de tension

$$u = E + RI \quad \dots\dots(1)$$

• Formule de la puissance électrique

$$P_e = EI \quad \dots\dots(2)$$

• Formule de la couple

$$T = \frac{p_e}{2n\pi} \quad \dots\dots(4)$$

• Formule de la puissance utile

$$p_e = 2n\pi T \quad \dots\dots(3)$$

III.6.3.2. Bilan de la puissance

Le bilan énergétique montre toutes les forces, de l'énergie absorbée d'origine électrique Il atteint une résistance utile de nature mécanique.

Entre deux puissances il y a des pertes mécaniques et électriques, elle correspond au passage de la force électrique à l'énergie mécanique [18].

Le bilan, peut être résumé à l'aide schéma suivant :

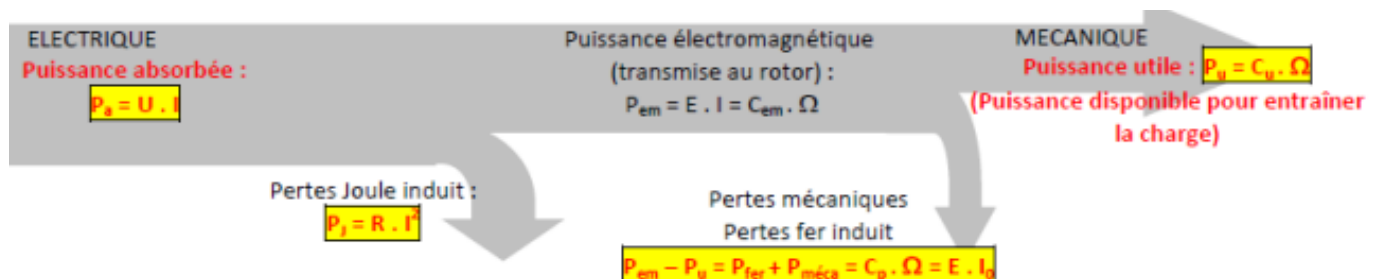


Figure.III.24.Arbre de puissance.

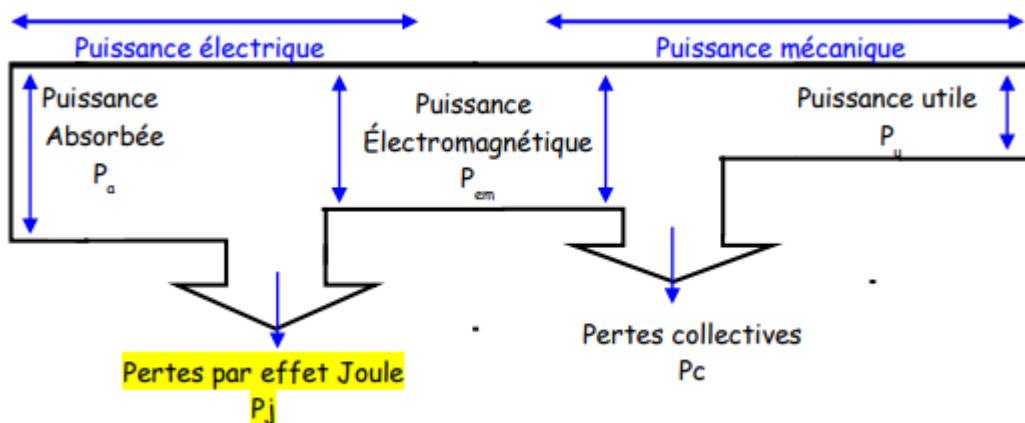


Figure.III.25.bilan de puissance de moteur.

Toutes les puissances mises en jeu dans ce bilan peuvent être calculées à partir des relations qui mentionné ci-dessus

Le bilan met en évidence le fait que la puissance absorbée est obligatoirement la puissance la plus importante, elle ne cesse de diminuer en progressant vers la puissance utile qui est évidemment la plus faible [18].

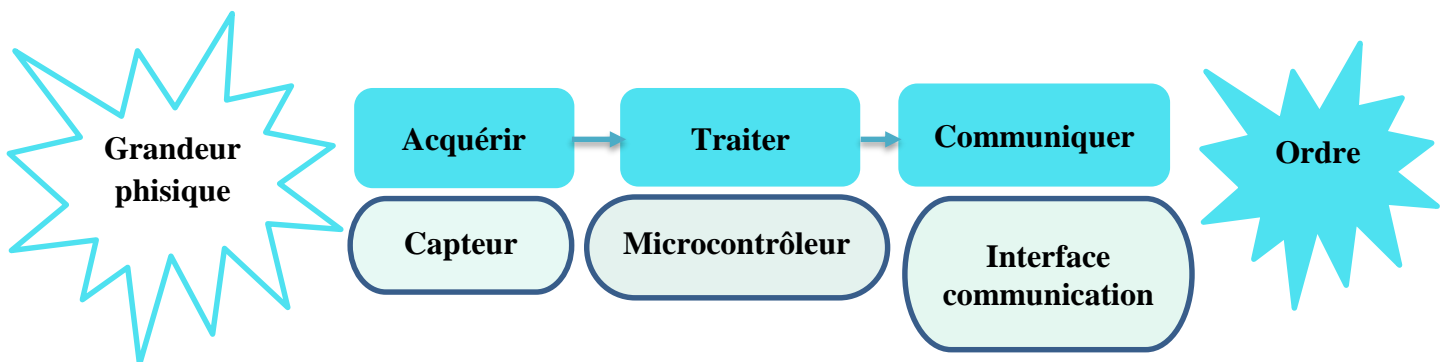
- **Les différentes pertes**

Tableau.1. Les différentes pertes

Pertes	Pertes magnétiques	Pertes joules	Pertes mécaniques
Causes	Elles sont dues à l'hystérésis et aux courants de Foucault dans le fer.	Pertes dans l'induit et l'inducteur dues aux résistances des bobinages.	Elles sont dues aux frottements des diverses pièces en mouvement.

III.7. Chaîne d'information

C'est la partie du système automatisé qui capte l'information et qui la traite. On peut découper cette chaîne en plusieurs blocs fonctionnels, c'est-à-dire en un ensemble de plusieurs composants assurant ensemble une fonction technique de l'objet. Le nom de chaque bloc fonctionnel reprend généralement le nom de la fonction technique associée souvent résumé en un verbe d'action [11]



Acquérir

Fonction qui permet de prélever des informations à l'aide de capteurs ;

Traiter C'est la partie commande composée d'un microcontrôleur ;

Communiquer Cette fonction assure l'interface l'utilisateur et/ou d'autres systèmes.

Nous avons des moteurs, des roues, maintenant il reste à commander tout cela, il nous faut un circuit capable de faire tourner les moteurs dans un sens ou dans l'autre afin de donner la mobilité au robot. La carte Arduino est plus adaptée pour cet objectif [11].

III.7.1. Une carte électronique

Une carte électronique est un support plan, flexible ou rigide, généralement composé d'époxy ou de fibre de verre. Elle possède des pistes électriques disposées sur une, deux ou plusieurs couches (en surface et/ou en interne) qui permettent la mise en relation électrique des composants électroniques. Chaque piste relie tel composant à tel autre, de façon à créer un système électronique qui fonctionne et qui réalise les opérations demandées. Évidemment, tous les composants d'une carte électronique ne sont pas forcément reliés entre eux. Le câblage des composants suit un plan spécifique à chaque carte électronique, qui se nomme le schéma électronique [19].

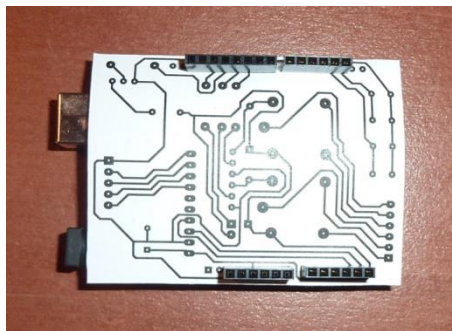


Figure III.26 Carte électronique.

III.7.2. La carte Arduino Uno R3

C'est un outil de développement basé sur le microcontrôleur ATmega328 d'ATmel. Par rapport aux autres types de cartes Arduino, elle est très simple à utiliser comme la carte de type Arduino Méga. . Il suffit de la connecter à un PC à l'aide d'un câble USB type A/B ou utiliser une alimentation externe via un adaptateur sur une batterie AC-DC que ce soit pour programmation ou utilisation [19].



Figure III.27 Arduino Uno R3.

III.7.2.1. Caractéristiques de la carte ARDUINO Uno R3

Les caractéristiques de la carte Arduino Uno R3:

- Microcontrôleur ATmega 328 de (32 Ko cache) ;
- 14 Pins digitaux en entrée/sortie, dont 6 sont utiliser comme PWM (Pulse With Modulation) ou en français Modulation de largeur d’impulsion ;
- 6 Pins analogique en entrée /sortie ;
- Un quartz de fréquence 16 MHz ;
- Un connecteur USB pour la communication avec un ordinateur ;
- Un connecteur POWER JACK pour l’alimentation externe (7-12V) ;
- Un connecteur mâle à six broches ICSP pour la programmation série de l’Arduino (ils permettent de se passer du port USB) ;
- Un bouton reset [19].

Dans la figure qui représente un schéma explicite de cette carte, nous pouvons y observer l’emplacement des différents éléments que nous venons de citer ainsi que d’autres élément.

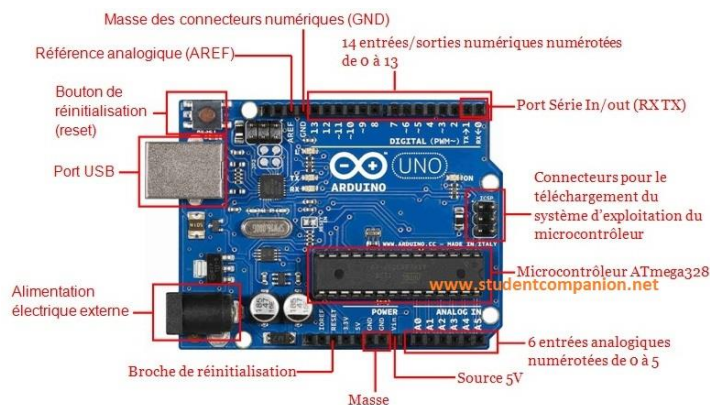


Figure III.28 Schéma explicite de la carte Arduino Uno Rev 3.

III.7.2.2. Alimentation de carte arduino

La carte ArduinoUno peut-être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte. L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un adaptateur secteur (pouvant fournir typiquement de 3V à 12V sous 500mA) ou des piles (ou des accus) [18].



Figure III.29 Alimentation de carte arduino

III.7.2.3. Le microcontrôleur ATmega 328

Le microcontrôleur est la pièce essentielle de toute carte électronique, c'est donc le cas pour l'ATmega 328 qui est le cœur de la carte Arduino Uno, il est le cerveau de cette dernière, c'est lui qui décide de tout ce qui se passe sur la carte, C'est lui qui va traiter les informations provenant des capteurs et qui va donner la réponse voulue aux servomoteurs. Le microcontrôleur est composé de quatre parties : Un microprocesseur qui va prendre en charge la partie traitement des informations et envoyer des ordres [18].

- **AT** : composant créé par ATMEL.
- **Mega** : il fait partie de la série des megaAVR.
- **328** : il possède 32 KB de mémoire flash, et une CPU à 8 bits.

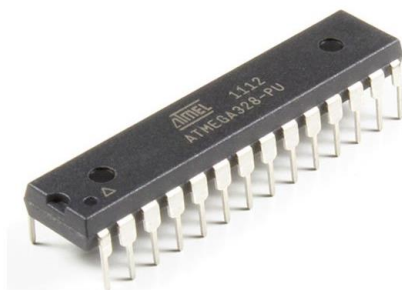


Figure III.30 Microcontrôleur ATmega 328.

III.7.3. Shield moteur

Shield est un module de contrôle de moteur à courant continu par 4 ponts de H (Motor Drive Shields L293D). C'est un module compatible avec carte Arduino Uno, le circuit permet de contrôler des moteurs à courant continu (DC) dont l'alimentation peut atteindre 36 Volt. Ce circuit intégré pilote 4 canaux de haut tension, haut intensité (courant maximale et de 600mA par canal). Le pont en H de ce circuit permettent de piloté une tension aux borne d'une charge dans les deux sens, donc faire varier la vitesse et le sens de rotation d'un moteur DC [18].

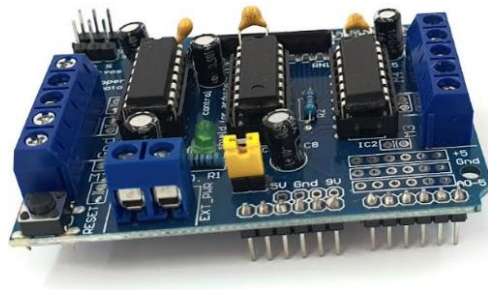


Figure III.31 Shield électronique.

III.8.3.1. Caractéristiques de Shield moteur

- 2 interfaces pour servomoteurs 5V ;
- Peut piloter 4 moteurs à courant continu DC, ou 2 moteurs pas à pas, et 2 servo à la fois ;
- Jusqu'à 4 moteurs DC bidirectionnels avec sélection de la vitesse individuelle (sur 8 bit) ;
- Jusqu'à 2 moteurs pas à pas (unipolaire ou bipolaire) avec une seule bobine, double bobine, ou demi-pas ;
- 4 ponts en H (H-Bridges) ;
- Il peut fournir 0,6 A par pont (1.2A en courant de crête) avec protection thermique ; - Pilotage des moteurs à courant continu de 4.5V à 36V ;
- Des résistances pull down désactivant les moteurs au cours de la mise sous tension ; - Bouton de réinitialisation (Reset) ;
- 2 interfaces d'alimentation pour séparer la partie logique de la partie puissance (moteurs) ;
- Compatible avec les cartes Arduino Uno, Mega, Diecimila & Duemilanove.

La carte arduino pilote les moteurs par l'intermédiaire d'un circuit de puissance spécialement conçu pour, car :

- Le courant qui est demandé par les moteurs est bien trop grand par rapport à ce que délivre une sortie numérique d'une carte arduino (environ 40 mA).
- De plus, les moteurs à courant continu sont des véritables sources de parasites qui pourraient endommager la carte Arduino, quand ils tournent, génèrent des surtensions très grandes par rapport à leur tension d'alimentation.

Donc, Il nous faut une interface de puissance qui fait tourner les moteurs à la bonne vitesse et dans les deux sens (horaire et anti horaire) sans endommager la carte.

Pour cela il existe un composant très fréquent dans le monde de la robotique, **C'est le pont H [18]**.

III.7.3.2. Principe du pont en H

Un pont en H est un circuit de puissance destiné au pilotage de sens de rotation d'un moteur, qui met en œuvre quatre transistors montés de telle façon que le courant puisse tourner soit dans un sens, soit dans l'autre. En inversant le sens du courant dans le moteur, ce dernier changera de sens de rotation. Il a deux rôles principaux :

- Fournir le courant nécessaire au fonctionnement du moteur ;
- Donner la possibilité d'inverser le sens du courant (donc le sens de rotation du moteur).

On peut même contrôler la vitesse du moteur par la modulation de la largeur d'impulsion appelée PWM ou MLI [18].

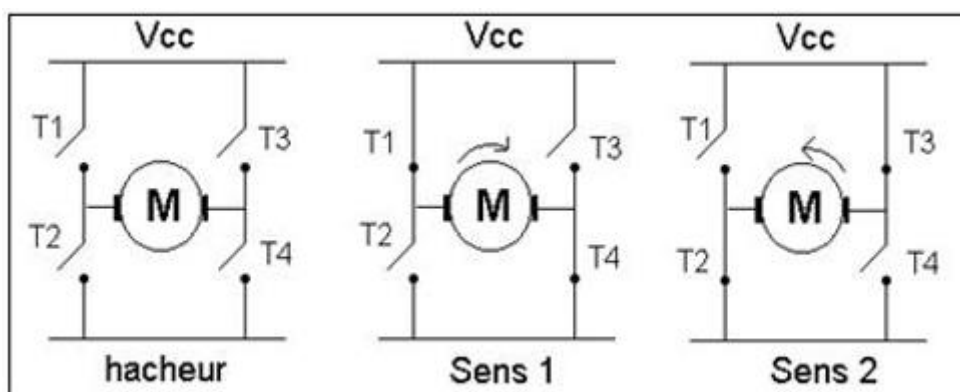


Figure III.32 Pont en H.

On a quatre transistors, symbolisés dans la figure III.31. par des interrupteurs T1, T2, T3 et T4, sont montés en pont et permettent de commander le sens de rotation du moteur : Lorsque T1 et T4 sont fermés (saturés), le moteur tourne dans un sens (sens 1). Lorsque T2 et T3 sont fermés, le moteur va tourner dans l'autre sens (sens 2).

Pour éviter les branchements des transistors et leur logique de contrôle, des composants ont été développés et produits à base de pont H. Nous allons maintenant voir deux d'entre eux: le L293 et le L293D.

III.7.3.4. Le circuit L293D

Le L293 est un pont de puissance composé de plusieurs transistors, c'est un double pont-H, ce qui signifie qu'il est possible de l'utiliser pour commander 4 moteurs distincts grâce à ses 4 canaux.

Il est également possible de constituer deux ponts-H afin de piloter deux moteurs distincts, dans les deux sens et indépendamment l'un de l'autre. Ce composant est fait pour fonctionner avec des transistors de 4,5V à 36V et il est capable de délivrer 600mA par canaux (ce qui fait 1,2A par moteur).

Enfin, ce composant existe en deux versions, le L293 et le L293D. La seule différence entre les deux est que le L293D intègre déjà les diodes en parallèle des transistors pour protéger ces derniers. Cela implique donc des concessions sur les caractéristiques, le courant max passe à 1A par canaux pour L293D et 2A pour la version sans les diodes. Ce composant a 16 broches et fonctionne selon un système de symétrie assez simple.

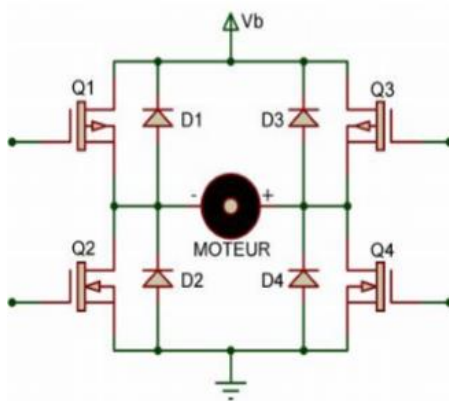


Figure III.33 Pont H avec des diodes et des transistors.

III.8.3.4.1. Caractéristiques techniques du composant L293D

- Nombre de pont-H ;
- Courant Max Régime continu: 600mA (x2) ;
- Courant de pointe Max < 2ms: 1200mA ;
- VS Max Alimentation moteur: 36v ;
- VSS Max Alimentation logique: 7v ;
- Nombre de Broches: 16 DIP ;
- Perte de tension: 1.3.

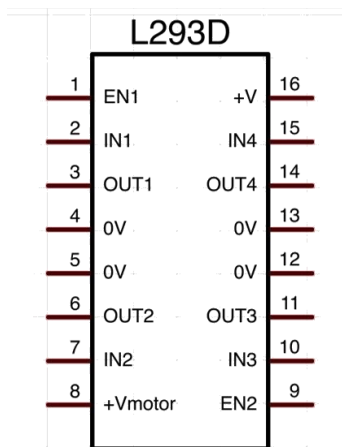


Figure III.34 Broches du L293D.

III.7.3.4.2. Fonctionnement du L293D

De chaque côté les broches du milieu (4, 5, 12 et 13) servent à relier la masse mais aussi à dissiper la chaleur. On trouve les entrées d'activation des ponts (enable) sur les broches 1 et 9. Un état HAUT(1) sur ces broches et les ponts seront activés, les transistors pourront s'ouvrir ou se fermer, alors qu'un état BAS(0) désactive les ponts, les transistors restent ouverts. Ensuite, on trouve les broches pour piloter les transistors. Le tableau suivant montre les cas possible et leurs actions.

Ainsi, en utilisant une PWM sur la broche d'activation des ponts on sera en mesure de faire varier la vitesse, après avoir branché les moteurs sur les sorties respectives (3 et 6, 11 et 14) pour le voir tourner.

Le composant possède deux sources d'alimentation. Une pour la partie "logique" (contrôle correct des transistors), la broche 16 ; et l'autre pour la partie puissance (utile pour alimenter

les moteurs à la bonne tension), la broche 8. Bien que ces deux entrées respectent les mêmes tensions (4.5V à 36V), nous ne sommes pas obligés de mettre des tensions identiques. Par exemple, la tension pour la logique pourrait venir du +5V de la carte Arduino tandis que la partie puissance pourrait être fournie par une pile ou une batterie de 9V par exemple [18].

Pour assurer à notre robot mobile la perception de l'environnement extérieur on doit le doter de capteurs.

III.7.4. Les capteurs

Les capteurs ont une place prépondérante dans le système de traitement d'un robot. Ils peuvent à la fois informer le robot sur le milieu extérieur et l'informer sur ses propres actions en vérifiant l'état de ses actionneurs. Ils sont donc des éléments indispensables à un robot autonome pour savoir ce qu'il fait, ce qui se passe et prendre les bonnes décisions en conséquence. Tout robot doit être muni de capteurs permettant la localisation du robot et la détection des obstacles. On distingue deux types de capteurs [19].

Les capteurs externes (extéroceptifs) qui permettent de fournir certaines connaissances de l'environnement (distances robot-environnement, température, contact, etc.).

- Les capteurs internes (proprioceptifs) qui renseignent sur l'état du robot, des informations élémentaires sur les paramètres cinématiques (position ou vitesse des roues, charge de la batterie, etc.). Et qui permettent de connaître la trajectoire suivie par le robot [19].

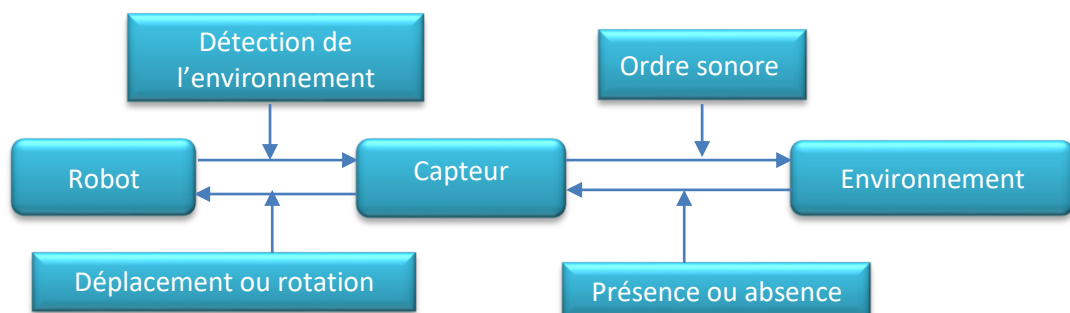


Figure III.35 Chaîne de détection de l'environnement.

Dans un robot mobile, les capteurs sont utilisés pour éviter les obstacles et pour assumer la tâche prévue. Les capteurs les plus couramment utilisés pour la perception de l'environnement sont les suivants :

III.7.4.1. Module HC-SR04

Le capteur HC-SR04 utilise les ondes sonores pour déterminer la distance d'un objet. Il offre une excellente plage de détection sans contact, avec des mesures de haute précision et stables. Son fonctionnement n'est pas influencé par la lumière du soleil ou des matériaux [19].

III.7.4.1.1. Fonctionnement du module HC-SR04

Il faut envoyer une impulsion niveau haut (à + 5v) pendant au moins 10 μ s sur la broche 'Trig Input' ; cela déclenche la mesure. En retour la sortie 'Output' ou 'Echo', va fournir une impulsion + 5v dont la durée est proportionnelle à la distance si le module détecte un objet. Le signal reçu par le récepteur est l'écho du signal émis. Le temps de vol mesuré est celui de l'aller-retour du train d'onde [19].

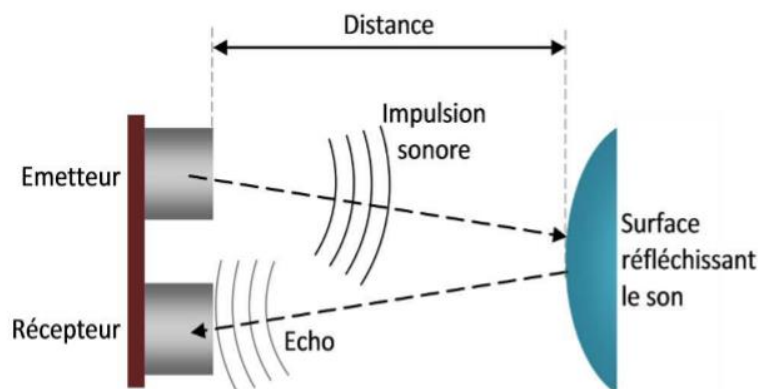


Figure III.36 Schéma de principe de fonctionnement du HC-SR04.

- **Choix de capteur**

Nous avons choisi d'utiliser Le capteur ultrason de type HC-SR04, car il n'est pas compliqué, il est important par l'apport des informations utiles sur la présence des obstacles ou non pour notre robot mobile se déplaçant dans son environnement, (c'est les yeux). Les données reçu ensuite seront traitées et analyser par le microcontrôleur via le programme enregistré, en plus son coût qu'est abordable. Notre robot aura un ou plusieurs capteurs de ce type.

III.7.4.1.2. Caractéristiques techniques du module HC-SR04

- Consommation en utilisation: 15 mA ;

- Alimentation : 5 v ;
- Résolution : 0.3 cm ;
- Gamme de distance : 2 cm à 5 m ;
- Angle de mesure : $< 15^\circ$;
- Largeur d'impulsion sur l'entrée de déclenchement : 10 μ s (Trigger Input Pulse width).

III.7.4.1.3. Accéléromètre

Un accéléromètre est un capteur qui se fixe sur un mobile ou tout autre objet, permet de mesurer l'accélération linéaire de ce dernier. On parle encore d'accéléromètre même s'il s'agit en fait de trois accéléromètres qui calculent les trois accélérations linéaires selon trois axes orthogonaux [19].

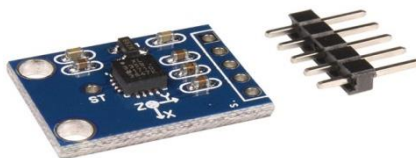


Figure III.37 Accéléromètre.

III.7.4.3. Gyroscope

Un gyroscope est un appareil permettant d'effectuer une mesure de la rotation absolue de son boîtier. Les phénomènes physiques utilisés pour réaliser ces capteurs sont essentiellement :

- Les propriétés inertielles de la matière pour les gyroscopes mécaniques ;
- Les propriétés de la lumière cohérente pour les gyroscopes à laser [19].

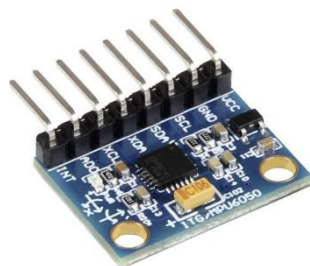


Figure III.38 Gyroscope

III.8.4.4. Capteur de Flammes

Le Capteur de Flammes peut être utilisé pour détecter un feu ou d'autres longueurs d'onde de 760 nm à 1 100 nm. Dans la robotique de lutte contre l'incendie, la flamme joue un rôle important lors de la recherche, celle-ci peut être utilisée au travers des yeux du robot afin de trouver la source de l'incendie. Il peut être utilisé par des robots de lutte contre l'incendie, des robots footballeurs. Angle de recherche du capteur de flamme de 60 degrés. La température opérationnelle du détecteur de flamme est de -25 degrés Celsius à +85 degrés Celsius, dans le cadre de la flamme il convient de noter que la distance de recherche de la flamme ne doit pas être trop proche afin d'éviter des dommages [19].

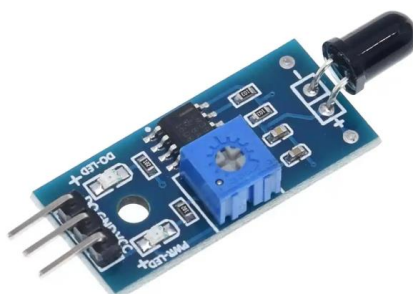


Figure III.39 Capteur de flamme

Conclusion

Nous pouvons dire à la fin de ce chapitre que tout système automatisé est constitué de deux chaînes : une chaîne d'énergie et une chaîne d'information dont l'utilité réside dans l'alimentation des moteurs ou tout autre actionneurs, en plus nous avons étudié en profondeur les sources d'énergie et les types de moteurs

Nous avons étudié l'importance de la puissance dans notre robot, puis approfondi le principe de fonctionnement de chaque composant.

Après avoir étudié la partie puissance de notre robot mobile, nous avons juste besoin d'assembler ses composants de manière raisonnable pour créer le robot mobile et qui fonctionnera selon nos besoins.

IV.1. Introduction

La conception est une étape cruciale dans notre travail, elle consiste à la création de notre propre robot mobile qui se déplace sur un terrain au début plat. Ainsi, nous avons réfléchi aux fonctionnalités à mettre en place de façon raisonnable. La première fonction envisagée est d'offrir à ce robot une autonomie dans ses déplacements, en évitant les obstacles qui peuvent être rencontrés sur son chemin, et ce, grâce à un système embarqué sur batteries. La deuxième fonction ciblée est la commande à distance et sans fil du robot, ce qui permet d'avoir différentes approches pour la direction. Etant autonome et télé opéré.

Dans ce chapitre nous allons faire la conception et réalisation en commençant par la présentation des composants, matériels et logiciels, les plus courants en robotique. Par la suite, nous allons choisir les composants finals qu'on doit utiliser pour réaliser notre robot selon la disponibilité des moyens et la tâche à réaliser. Nous expliquerons ensuite tous nos choix de développements ainsi que le cheminement du projet. Nous aborderons notamment les problèmes que nous avons rencontré et les solutions que nous avons tentées d'apporter pour arriver à réaliser un prototype fini et fonctionnel [20].

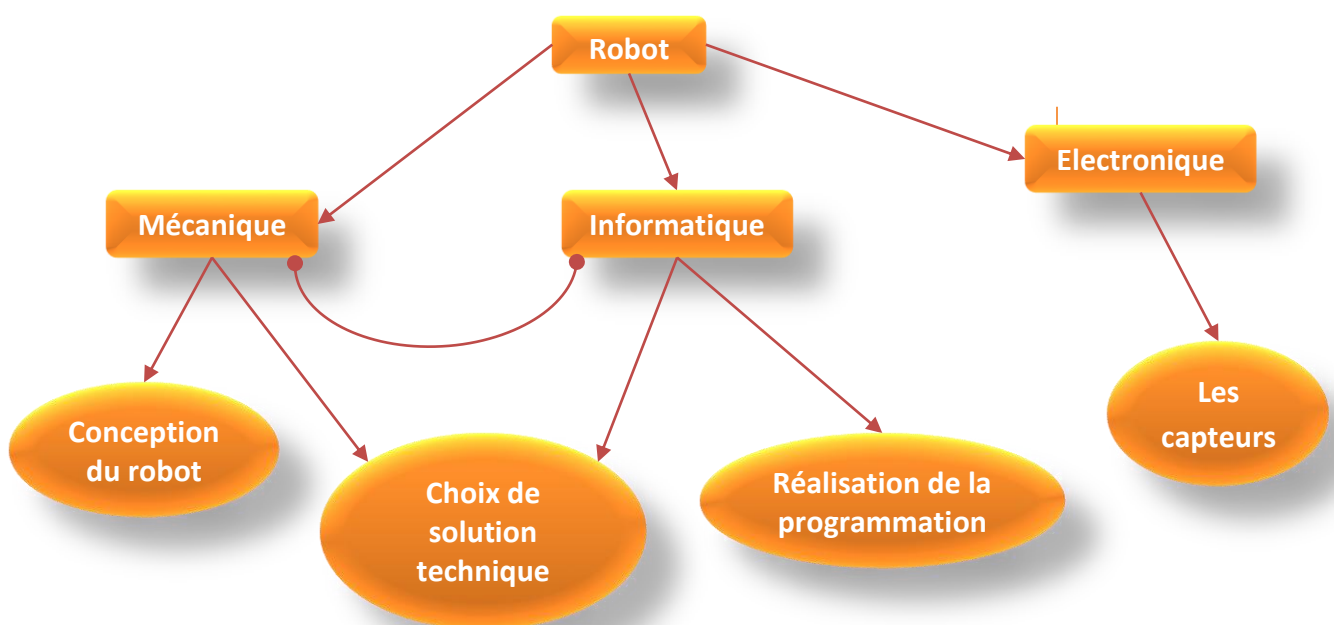


Figure IV.1 Schéma bloc de robot.

On peut distinguer les différentes parties fonctionnelles de robot :

- Informatique ;
- Mécanique ;
- Electronique.

IV.2. Partie informatique

En informatique, ce terme désigne un logiciel qui est capable de traduire un langage informatique, ou plutôt un programme utilisant un langage informatique, vers un langage plus approprié afin que la machine qui va le lire puisse le comprendre. Le compilateur va donc traduire les instructions du programme, écrites en langage texte, vers un langage dit langage machine .



Figure IV.2 Traduction d'un programme informatique en langage machine.

- ❖ Pour traduire un programme informatique en langage machine, nous avons choisi des logiciels mécaniques et électroniques comme le montre le schéma suivant :

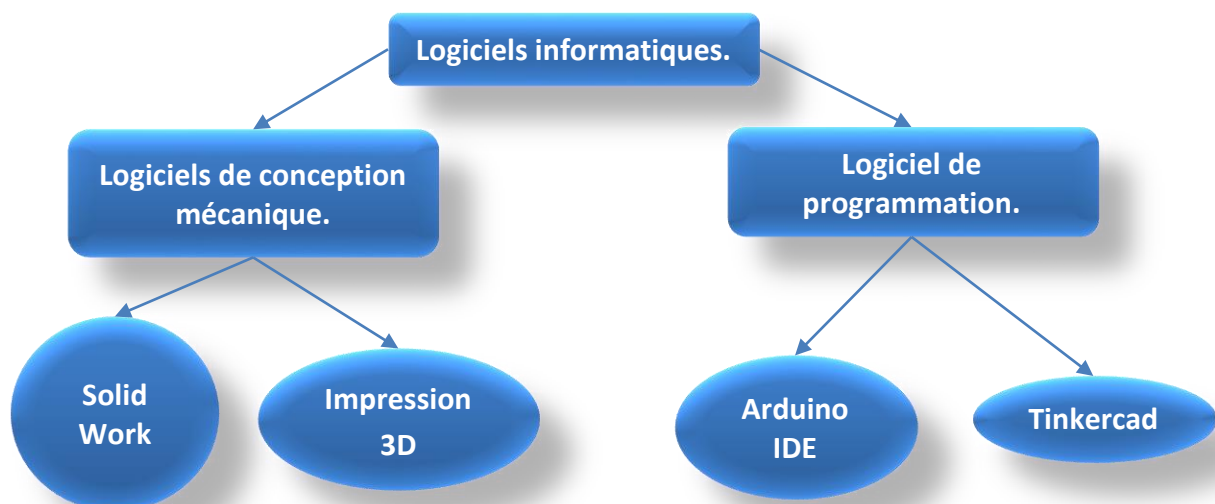


Figure IV.3 Schéma des logiciels informatiques.

IV.2.1. Choix des logiciels de conception mécanique

IV.2.1.1. Solid Works

Solid Works est un modéleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur. Solid Works des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle [21].

- **L'interface**

L'interface dispose plusieurs fenêtres à savoir :

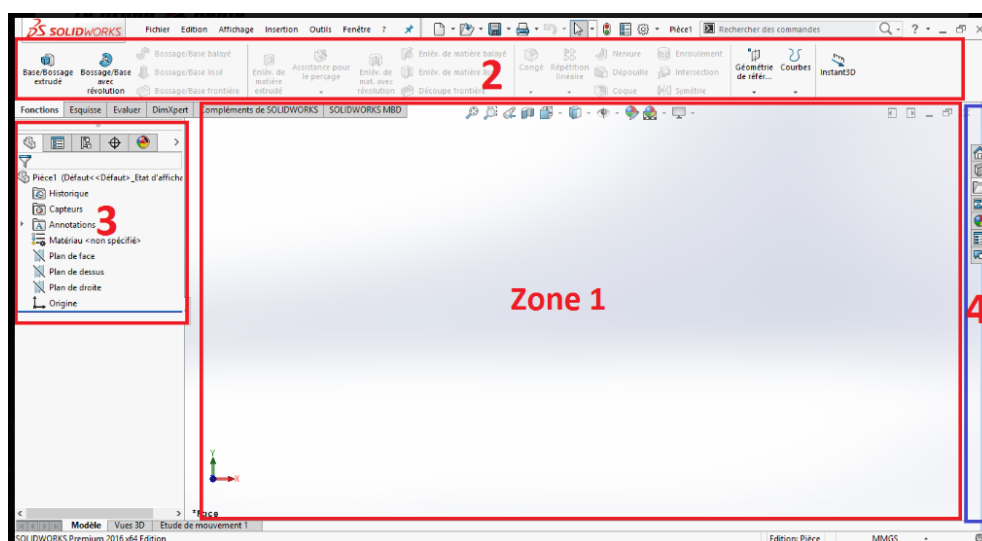


Figure IV.4 L'interface principale de solide Works.

- **Zone 1** : La zone graphique

La zone graphique nous permet de manipuler les pièces, les assemblages et les mises en plan on trouve aussi dans cette zone le réticule qui va vous donner l'origine (0,0) en vert, et la barre d'accès rapide en bleu

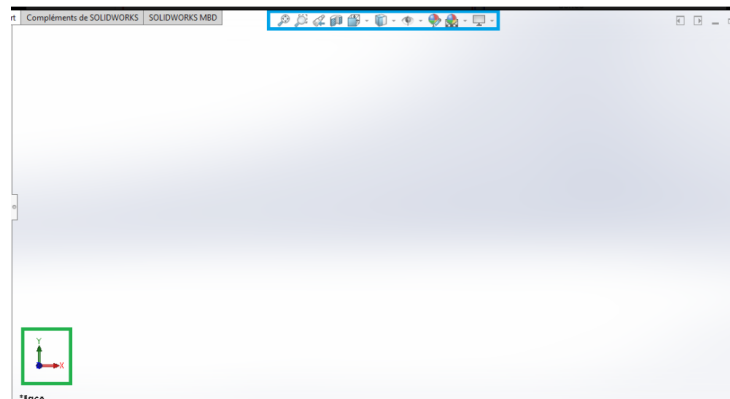


Figure IV.5 La zone graphique.

- **Zone 2 : Le gestionnaire de commande**

Sur cette barre on peut intervenir sur l'objet ou le modèle en question.

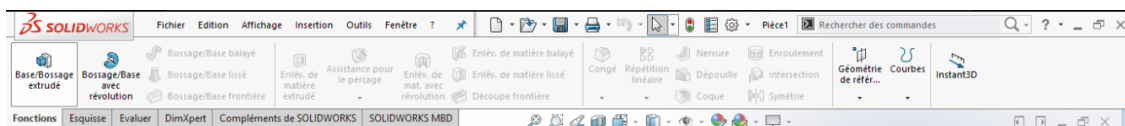


Figure IV.6 Le gestionnaire de commande.

- **Zone 3 : Le volet de définition**

Le panneau situé sur la gauche de la fenêtre du SOLIDWORKS gère les conceptions de pièce et d'assemblage, les feuilles de mise en plan, les propriétés, les configurations et les applications de tierces parties. Le Gestionnaire de commandes donne accès aux outils SOLIDWORKS [19].

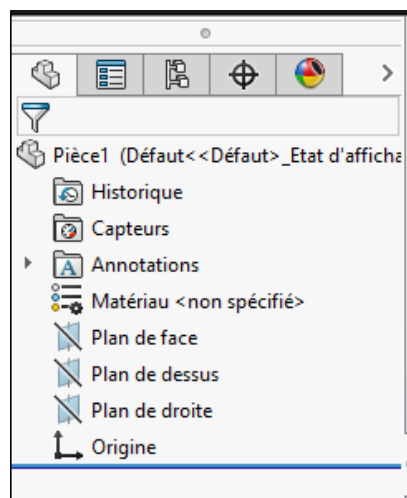


Figure IV.7 Le volet de définition.

- **Zone 4 : Le Volet des tâches**

Le volet des tâches permet d'accéder aux ressources, aux bibliothèques d'éléments de conception réutilisables et aux vues de SOLIDWORKS à faire glisser sur les feuilles de mise en plan, ainsi qu'à d'autres objets et informations utiles [19].

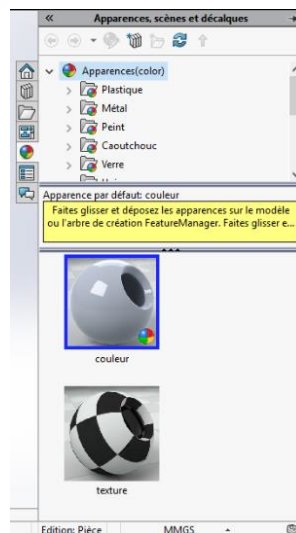


Figure IV.8 Le volet des tâches.

IV.2.1.2. L'impression 3D

L'impression 3D est en constante évolution. Ils sont parfaits tant au niveau des matériaux utilisés (plastiques, métaux, résines, encres, cire et même verre) que de la qualité, du rendu des couleurs, de la rapidité et de la taille des objets produits, l'impression 3D permet de réaliser un objet réel, le fichier 3D obtenu est traité par un logiciel spécifique qui organise le découpage en tranches des différentes couches nécessaires à la réalisation de la pièce.

L'impression 3D est un procédé de fabrication comme il en existe une multitude. La plupart des techniques de fabrication historiques que ce soit le fraisage, le perçage, le sciage, le meulage ou autre, consiste à enlever de la matière d'un matériau brut afin d'obtenir l'objet désiré. Par le développement de la plasturgie au cours du 20^{ème} siècle, de nouvelles techniques sont apparues, et ce, par l'ajout de matière. Ces techniques se sont développées tel que l'injection plastique ou l'extrusion [20].

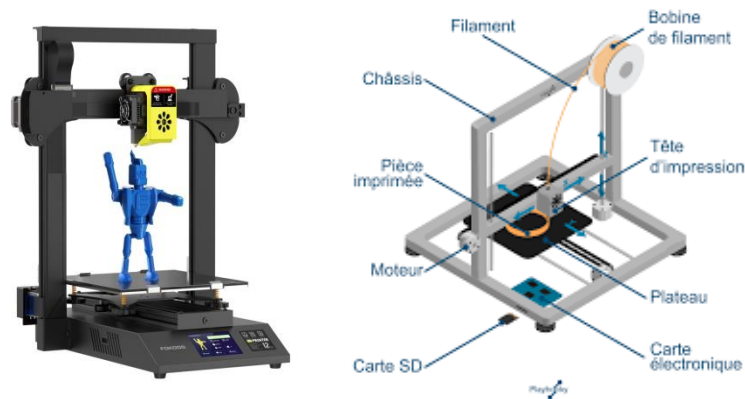


Figure IV.9 L'imprimante 3D.

IV.2.1.2.1. Principe de fonctionnement

Les techniques d'impression 3D sont basées sur la modélisation de l'objet virtuel 3D en couches 2D de très fines épaisseurs. Ces fines couches sont déposées l'une à une en les fixant sur les précédentes, ce qui reconstitue l'objet réel. Les buses des imprimantes se déplacent en général suivant 3 axes (3 translations d'espace : largeur (X+), profondeur (Y+), hauteur (Z+)).

Pour comprendre mieux le principe de fonctionnement de ce procédé il faut savoir qu'avant de pouvoir imprimer un objet en 3D, on doit :

- Créer ou télécharger un modèle 3D (.STL) puis,
- Générer et fournir à l'imprimante un fichier d'impression (.GCODE) [20].

➤ Le modèle 3D

C'est un fichier numérique (.STL) réalisé avec un modéleur volumique (Sketchup, Solidworks, Autocad, Fusion 360, Blender...) ou téléchargé sur Internet (Cults, Thingiverse, YouMagine, Instructables...). Simplement dit : c'est le dessin 3D de votre objet [20].

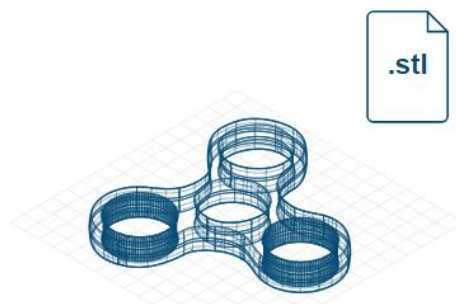


Figure IV.10 Présentation du fichier .stl.

➤ Le slicer

C'est un logiciel de découpe ou de stratification 3D. Le slicer découpe notre objet en une multitude de couches qui seront imprimées les unes après les autres.

Les principaux logiciels d'impression 3D sont : **Slic3r, Cura, Simplify3D, Repetier...** Il permet de préparer le fichier d'impression (**.GCODE**) qui sera lu par l'imprimante 3D.

Le G-code est un langage de programmation indiquant à une machine toutes les actions et tous les déplacements nécessaires à la fabrication d'une pièce, on peut le comparer au GPS de l'imprimante avec tout l'itinéraire et les actions qu'elle doit faire [20].

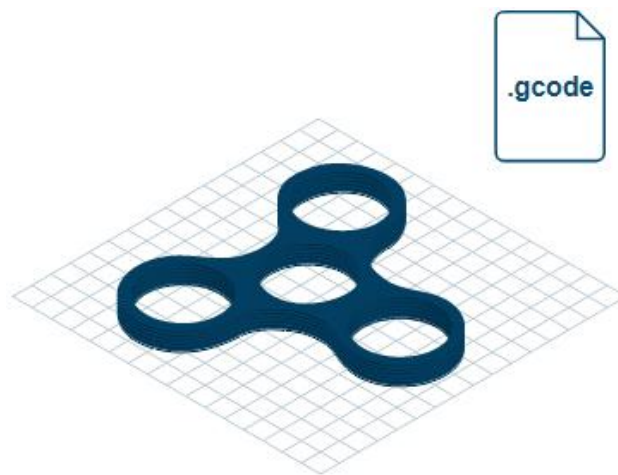


Figure IV.11 Présentation fichier **.Gcode**.

IV.2.2. Choix des langages de programmations

IV.2.2.1. Arduino L'IDE

L'IDE est une application inspirée du langage processing. Il permet d'écrire, de modifier un programme et de le convertir en une série d'instructions compréhensibles pour la carte Arduino.

Arduino Software (IDE) contient un éditeur de texte pour écrire un code, une zone de message, une console de texte, une barre d'outils avec des boutons pour des fonctions communes et une série de menus. Il se connecte au matériel Arduino et Genuino pour télécharger des programmes et communiquer avec eux [20].

- **L'interface**

L'interface se compose de plusieurs fenêtres expliquées sur la figure IV.12.

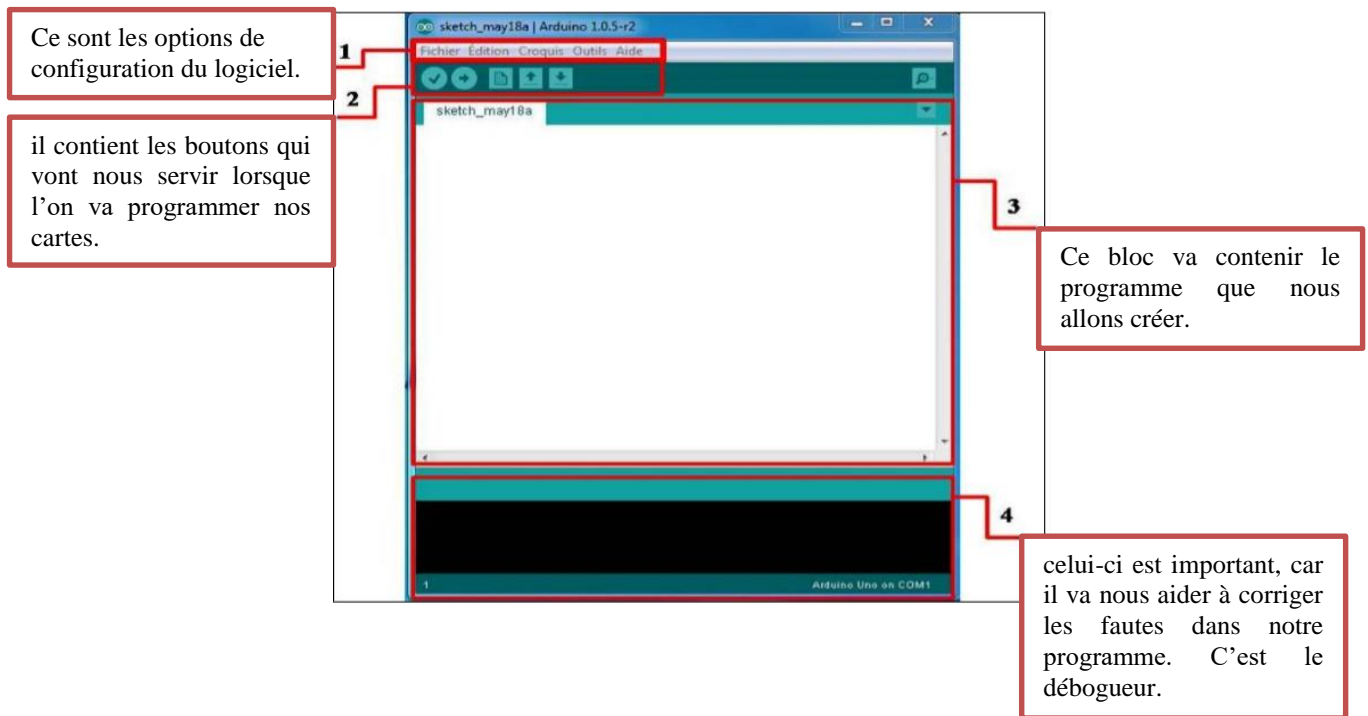


Figure IV.12 Fenêtre principale du logiciel arduino.

- **Fonctions des icônes de la barre de boutons**

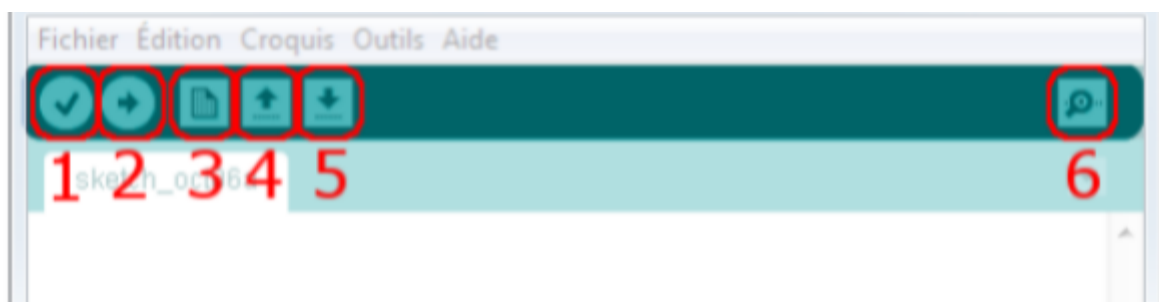


Figure IV.13 Les icônes de l'IDE.

- 1 Ce bouton permet de vérifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs de syntaxe dans le programme.
- 2 Charge (Téléverser) le programme dans la carte Arduino.
- 3 Crée un nouveau croquis.
- 4 Ouvre un croquis déjà existant.
- 5 Enregistre le fichier courant.
- 6 Ouvre le moniteur série, qui permet la communication entre la carte.

IV.2.2.2. Interface Tinkercad

Publié en 2011, Tinkercad est un programme de modélisation 3D en ligne gratuit qui s'exécute dans un navigateur Web, connu pour sa simplicité et sa facilité d'utilisation, il est devenu une plate-forme populaire pour la création de modèles pour l'impression 3D , Il peut également dessiner des circuits similaires à son éditeur de conception 3D.

On peut trouver une grande fenêtre sur la gauche pour créer notre design. Sur le côté droit, un panneau plein de composants qu'on peut faire glisser et déposer dans l'espace de travail pour créer notre circuit [21].

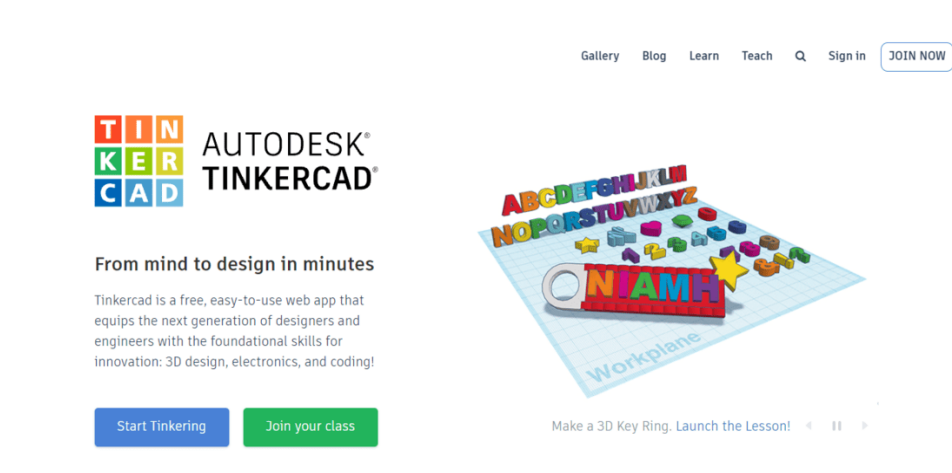


Figure IV.14 Présentation logiciel tinkercad.

- L'interface



Figure IV.15 Fenêtre principale du Tinkercad.

Exemple de simulation qu'on avait fait sur Tinkercad lors des essais de simulation.

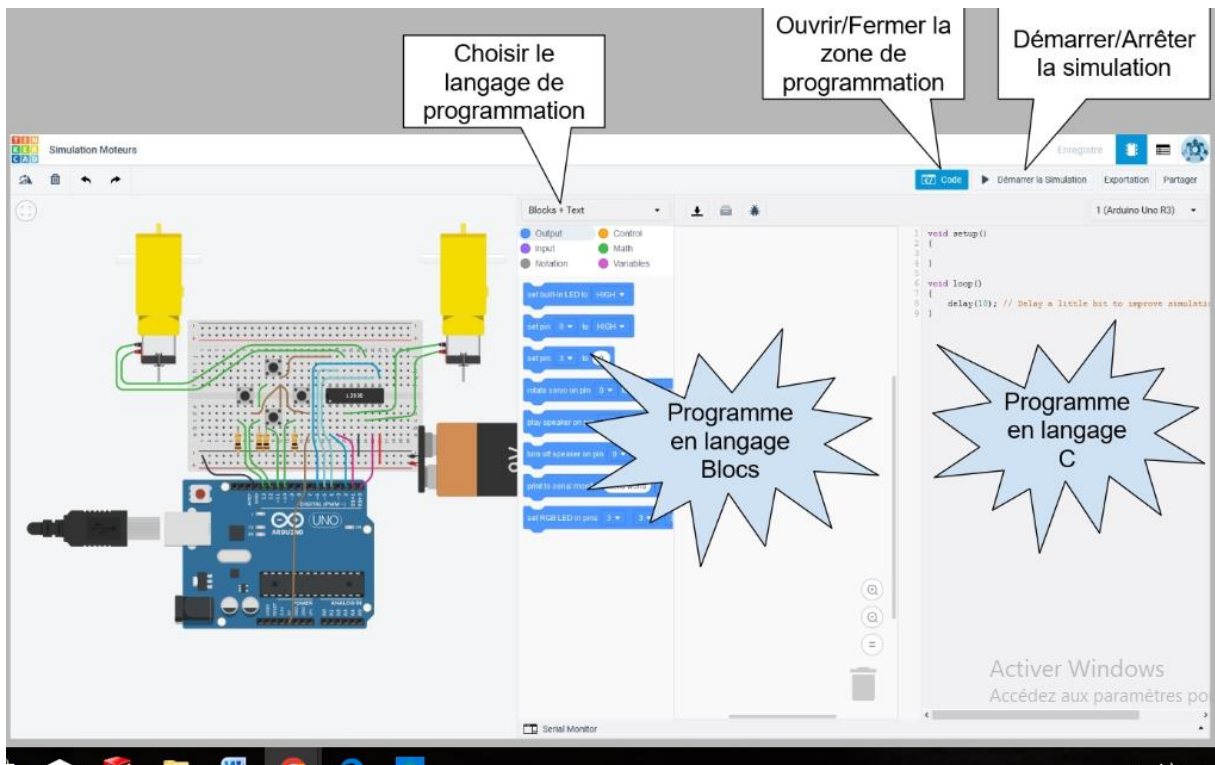


Figure IV.16 Simulation dans tinkercad.

IV.3. La conception mécanique

Après avoir fait une étude théorique, nous passons maintenant à la conception et à la réalisation pratique. , Les défis à relever sont nombreux, nous commençons par le choix et la conception de la structure appropriée à notre modèle puis on passera à la réalisation pratique.

➤ Le châssis

Un châssis est une plaque sur laquelle sont posés tous les composants du robot et permettant de le faire tenir en équilibre.

Parmi les différents matériaux que l'on peut utiliser pour réaliser le châssis d'un robot, l'aluminium est le plus apprécié. Cette matière présente de nombreux avantages, elle existe en plaque, en tube, carré ou rond, ou sous d'autres formes. L'aluminium est léger, facile à travailler, à découper et à percer. De plus, il permet de réaliser une structure très solide, c'est pour ces raisons là qu'on va l'utiliser pour réaliser le châssis de notre robot [22].

➤ La structure de notre robot

Avant de parler de la structure de notre robot on doit d'abord dire que c'était un modèle créer dans notre tête c'est-à-dire qui n'est pas une copie existante.

L'environnement où notre robot va être inséré c'est bien l'environnement minier qui est difficile de tous les côtés que ce soit du danger de la tâche que ce soit du terrain...on a consacré pour cela tout un chapitre (voir chapitre 2).

Après avoir imaginé discuter comment va t'être la structure de notre mobile on a commencé à tracer des croquis. Voir figure V.17.

Notre robot mobile est un prototype. C'est un robot à quatre roues comme une voiture : Il peut rouler sur le sol, et peut éviter des obstacles, sa particularité demeure en la motorisation des 4 roues en plus quels sont indépendante en termes de commande. Nous l'avons aussi rendu également transformable en drone par l'intégration et l'ajout d'hélices et de moteurs brushless.

La réalisation de notre robot a été faite en matière plastique PLA, qui est une structure composée de deux parties supérieure et inférieure plus quatre bras avec les quatre roues.

Notre robot contient deux types de moteurs pour remplir ses deux fonctions de déplacement sur le sol ou dans les air.

La figure ci-dessous démontre le croquis dessiné du robot mobile.

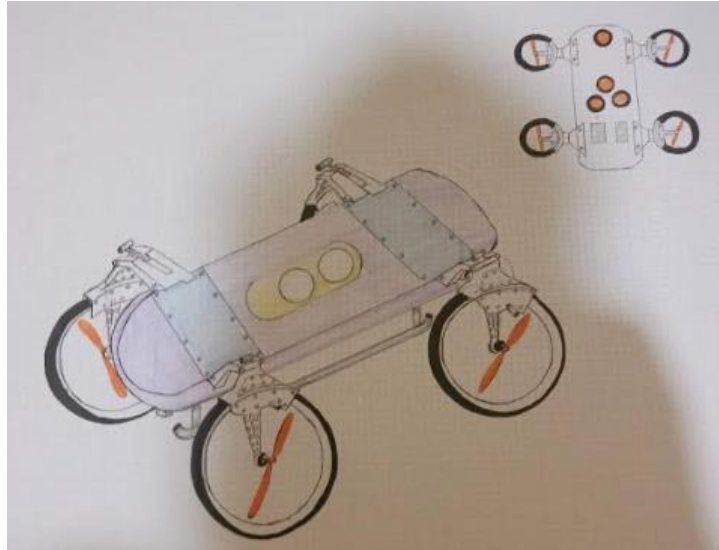


Figure IV.17 Croquis du robot mobile.

IV.3.1. Résultats de la conception sous SolidWorks

Le résultat de la conception des différentes parties mécaniques du châssis sous le logiciel SolidWorks sont représentées sur les figures qui suit :

- Le châssis

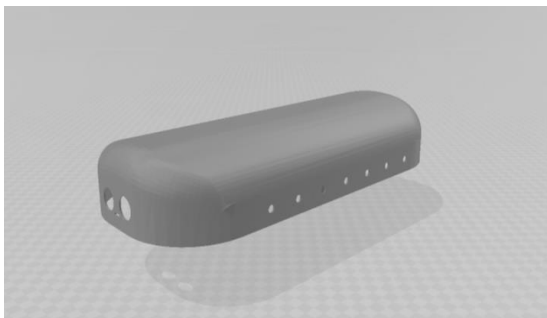


Figure IV.18 Partie supérieure.

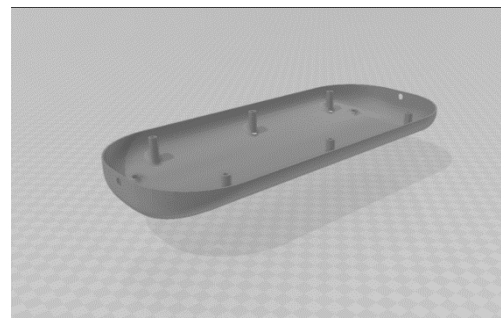


Figure IV.19 Partie inférieure.

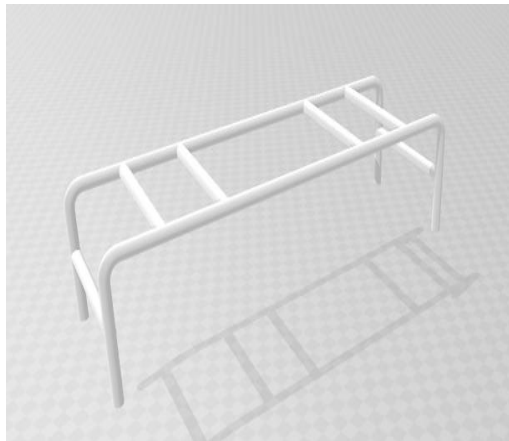


Figure IV.20 Support d'atterrissage.

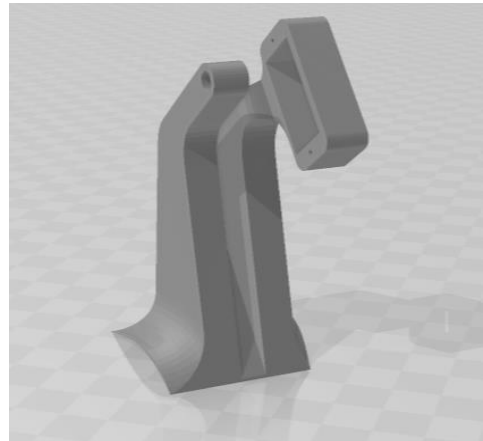


Figure IV.21 Support de la roue.

- Les roues

La roue est une pièce mécanique maitresse nécessaire pour la mobilité de notre robot mobile sur le sol, utilisée sous de nombreuses formes et donc dans notre conception c'était une forme circulaire composée de trois parties, une roue dentée intérieure, une roue extérieure et un support comme la montre figure IV.21.

Les figures IV 22-23 montrent les différentes parties de la roue, la figure IV.24 représente la roue assemblée.

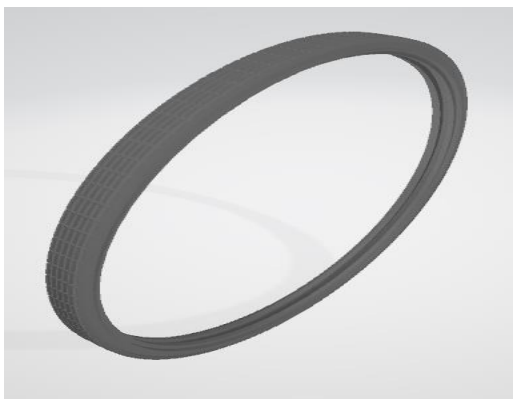


Figure IV.22 Roue extérieure.



Figure.IV.23 Roue interieure.



Figure IV.24 Assemblage de roue.



Figure.IV.25 Support de moteur.

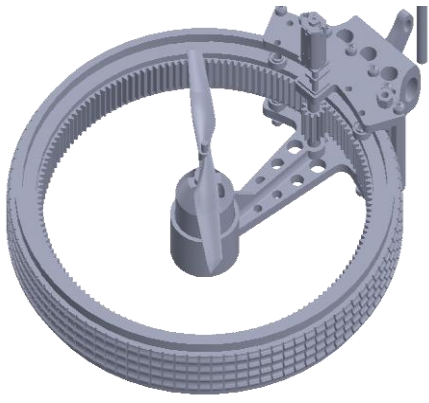


Figure IV.26 Roue avec support de moteur.



Figure IV.27 Roue après l'impression.

La figure IV.25 démontre le support du moteur brushless du drone, ainsi que l'endroit où se connecte la roue.

La figure IV.26 représente le montage au complet, la figure IV .27 le résultat final après impression.

La figure IV.28 représente le résultat final du châssis après l'impression 3D.



Figure IV.28 Chassis après l'impression.

La figure IV.24-25 représente l'assemblage de châssis dans solide Works donc le robot mobile et cela dans le mode drone puis le mode terrestre:

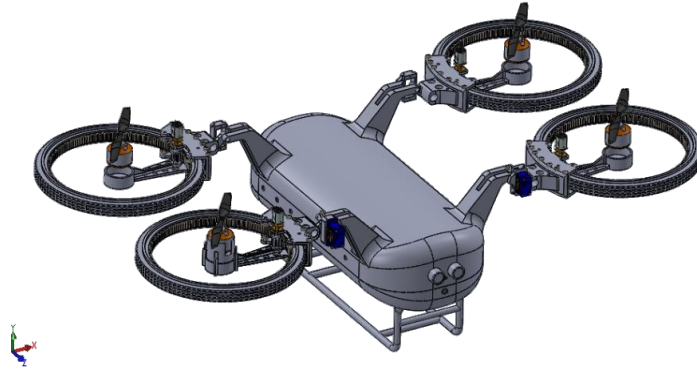


Figure IV.29 Le mobile assembler sous SolidWorks -Mode drone-.

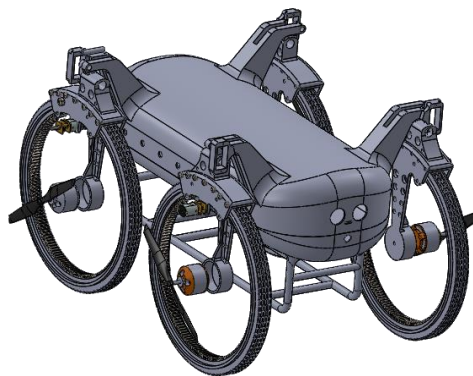


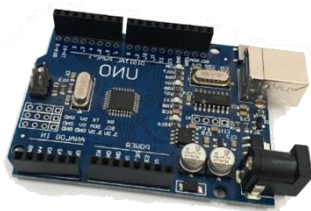
Figure IV.30 Le mobile assemblé sous Solid Works -Mode terrestre-.

IV.4. Partie électronique

IV.4.1. Partie hardware

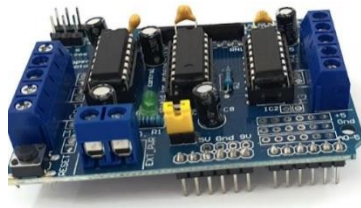
IV.4.1.1. Composants électrique et électronique utilisés pour réaliser le robot mobile

Pour réaliser notre robot mobile, nous avons choisi tous les composants nécessaires à son fonctionnement ainsi que les accessoires; et qui sont représentés sur l'ensemble des figures suivantes :



- Model : R3
- Microcontrôleur 238
- Voltage 5v

Figure IV.31 Carte Arduino R3



- Double pont H
- Piloté 4 moteur
- Circuit intégré l293d

Figure IV.32 Shield moteur



Figure IV.33 Moteur a engrenage



Figure IV.34 Capteur ultrason



Figure IV.35 Capteur gyroscope



Figure IV.36 Brushless



Figure IV.37 Servo moteur



Figure IV.38 Cable USB



Figure IV.39 Les vis



Figure IV.40 Les tournevis



Figure IV.41 Les files électriques



Figure IV.42 Colle rapide



Figure IV.43 Capteur de flamme

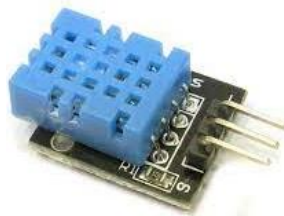


Figure IV.44 Capteur de température



Figure IV.45 Capteur infrarouge

IV.4.1.2. Outillages utilisés

Pour réaliser notre projet, nous avons besoin de différents outillages et appareillages tel que les appareils de mesures ou de soudure...

On a utilisé au niveau de notre labo les appareils suivants :

- **Multimètre digital**

Le multimètre digital a été utilisé pour mesurer et vérifier la tension et le courant qui passent à travers nos circuits, ainsi que testé et vérifier l'état des composants électrique et électronique.



Figure IV.46 Multimètre digitale.

- **Plaque d'essai**

La plaque d'essais nous a permis de faire plusieurs essais sur nos circuits électroniques et électriques, nous avons branché par exemple quatre moteurs sur le circuit L293D (dans ce cas la rotation sera dans un seule sens).

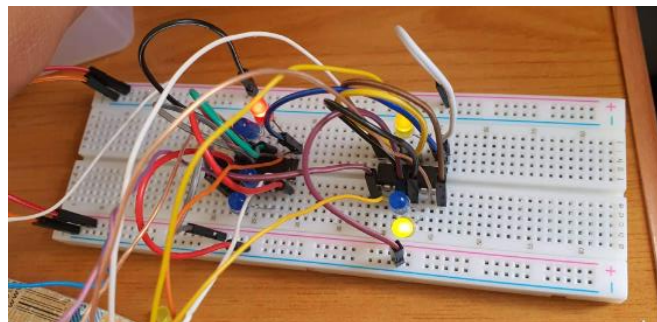


Figure IV.47 Exemple Schéma de câblage dans plaque d'essai.

- **Alimentation stabilisée**

Pendant nos tests dans le laboratoire d'essaie, nous avons utilisé un régulateur pour délivrer les tensions désirées et stabilisées.



Figure IV.48 Alimentation stabilisée et régulée.

- **Le fer à souder**

Les fers à souder sont utilisés pour de nombreuses activités liées à l'assemblage des métaux, comme par exemple : l'assemblage des pièces de tôle, des fils et diverses réparations dans l'électronique.



Figure IV.49 Fer à souder.

IV.4.2. Réalisation software

IV.4.2.1. La simulation du circuit sous plateforme Tinkercad

Pour concevoir notre schéma électronique, nous avons utilisé tinkercad, ce logiciel nous a permis de faire des tests sur la commande des moteurs avant de lancer la fabrication, notre robot mobile commande 4 moteurs à engrenage ainsi que 4 moteurs brushless à travers la carte Arduino [22].

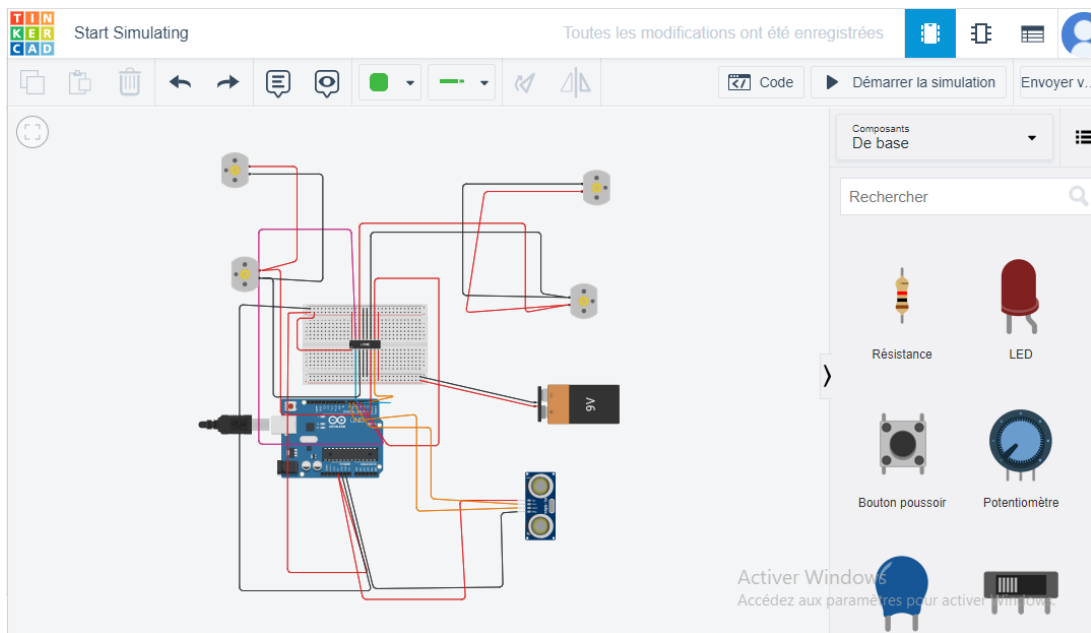


Figure IV.50 Capture de la simulation depuis le logiciel tinkercad.

IV.4.2.2. La programmation par L'IDE simulation du circuit sous plateforme Tinkercad

Ce logiciel IDE utilise le langage C ou C++ pour rédiger les scripts, il nous a permis d'écrire un programme pour la commande de nos moteurs ainsi que les capteurs.

```
#include <AFMotor.h>

const int trigPin = A0;
const int echoPin = A1;
long duration;
int distance;

AF_DCMotor motor1(1, MOTOR12_1KHZ);
AF_DCMotor motor2(2, MOTOR12_1KHZ);
AF_DCMotor motor3(3, MOTOR12_1KHZ);
AF_DCMotor motor4(4, MOTOR12_1KHZ);

void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);

  Serial.begin(9600);

  motor1.setSpeed(250);
  motor2.setSpeed(250);
  motor3.setSpeed(250);
  motor4.setSpeed(250);
}
```

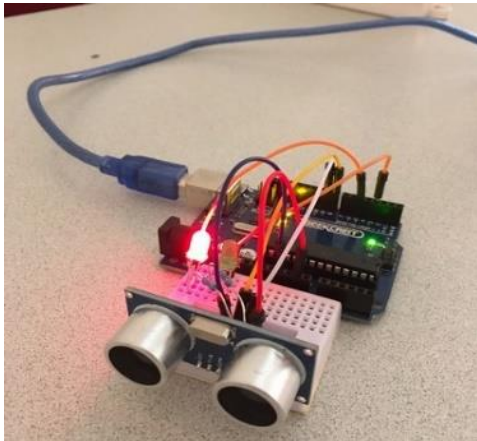
Figure IV.51 Programmation sur Arduino à travers l'IDE.

IV.4.2.3. Les étapes de la réalisation de notre robot mobile

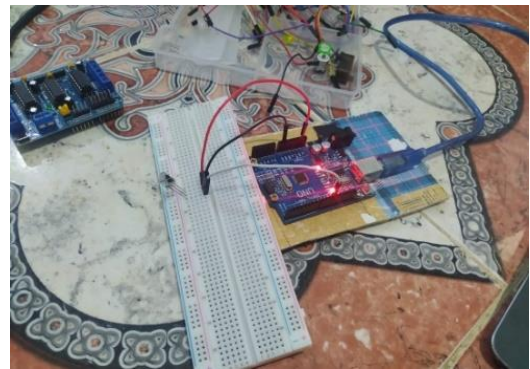
Notre projet est passé par plusieurs étapes, qui sont listées dans l'ordre suivant :

➤ Tests et programmation des capteurs

Nous avons testé tous les capteurs utilisés pour nous assurer qu'ils fonctionnent bien , comme indiqué sur figures suivantes :



(a)



(b)

Figure IV.52 Test et programmation des capteurs (a) Ultrason et (b) Infrarouge.

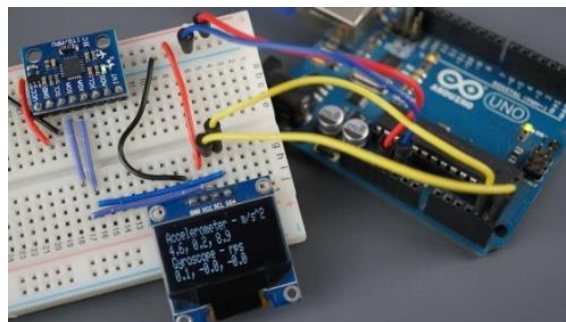


Figure IV.53 Test et programmation du capteur gyroscopique.

➤ Tests et commande des moteurs

Pour rendre le robot mobile nous avons besoin de moteurs, d'abord on a commencé par la programmation d'un moteur DC, puis pour deux moteurs DC, et enfin quatre moteurs DC. Sachant que nos roues sont motorisées et indépendantes en commande.

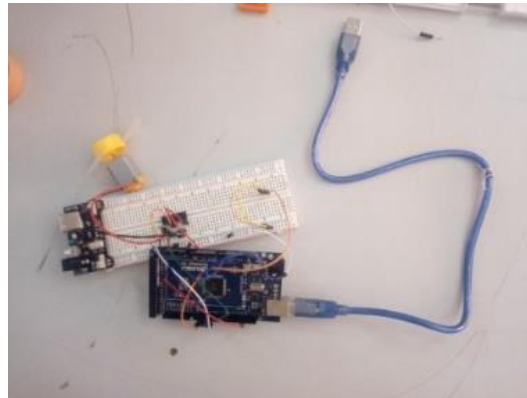


Figure IV.54 Commande d'un moteur via le pont en H.

Après cela nous avons commandé deux moteurs toujours via le pont en H

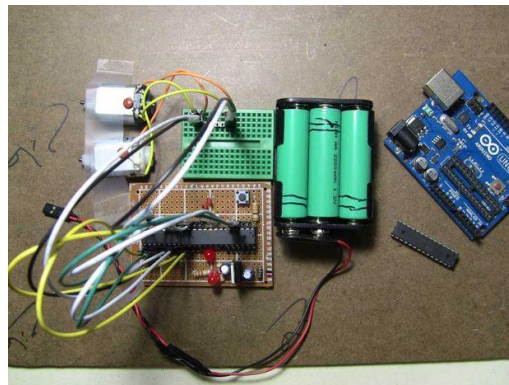


Figure IV.55 Commande deux moteurs

L'étape suivante était de brancher quatre moteurs via deux ponts en H, voir sur la figure suivante :

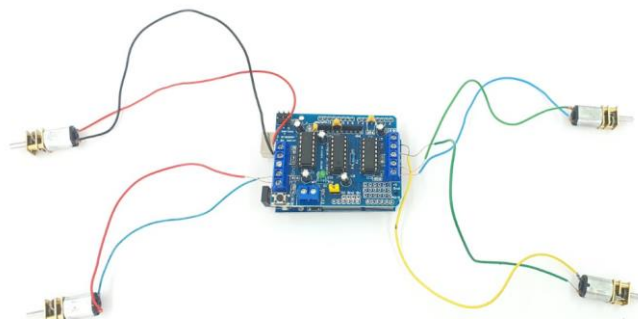


Figure IV.56 Branchement quatre moteurs via les deux ponts en H.

Et enfin on utilise le circuit de commande par l'intermédiaire du shield :

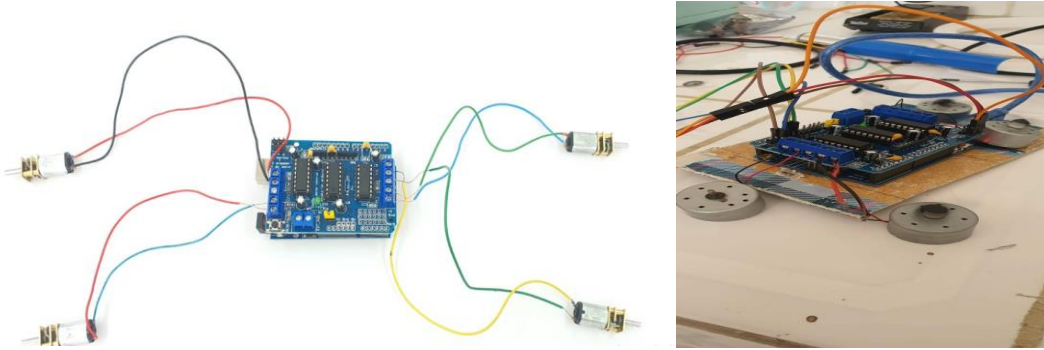


Figure IV.57 Commande quatre moteur par l'intermédiaire d'un shield.

En ajoutant le capteur ultrasonique avec les 4 moteurs, avec la programmation de ces derniers ensemble on obtient :

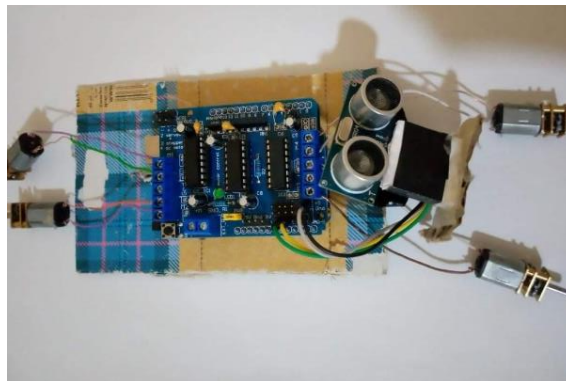


Figure IV.58 Branchement du capteur ultrasonique avec les 4 moteurs sur arduino.

Le dernier test des moteurs, capteur et servomoteur comme représenté sur la figure suivante :

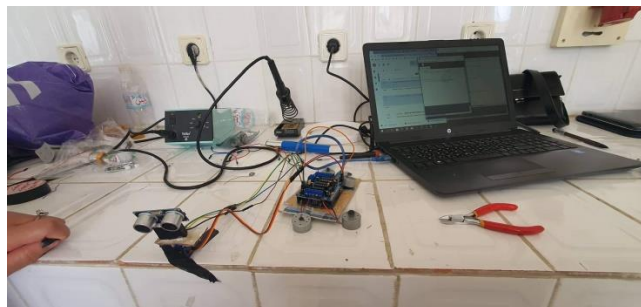


Figure IV.59 Commande des quatre moteur, servo moteur et capteur ultrasonique.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous décrivons les étapes que nous avons suivi lors de la réalisation du prototype du robot mobile par software et hardware pour aboutir à l'assemblage de la partie mécanique et électroniques.

Enfin, nous avons pu rendre notre robot mobile capable d'effectuer des mouvements étudier sans percutassions des objets et même retraçage de son chemin en toute sécurité dans le milieu minier.

On projet aussi d'ajouté une caméra et la fonction drone.

Dans le chapitre suivant nous étudierons la partie maintenance de tous les composants du système selon les spécifications dans le but de l'amélioration de sa fonction dans le futur.

V.1. Introduction

La maintenance des systèmes industriels est devenue un point essentiel lors de leur conception et de leur exploitation, tant pour des questions de sécurité et de sûreté de fonctionnement, que pour des questions de rentabilité.

La maintenance est une fonction de support dont l'objectif est de maintenir un bien dans un état lui permettant d'assurer efficacement la fonction requise pour une opération déterminée. La maintenance est devenue une des fonctions stratégiques de l'entreprise. Loin d'être aujourd'hui stabilisée.

L'exploitation minière nécessite l'utilisation de machines (Foreuse, godet, concasseur, convoyeur, robots, ... etc.) pour une bonne exploitation minière. En contact permanent avec la terre, la boue et les machines. Les sites miniers, en particulier les véhicules, nécessitent un nettoyage et un entretien réguliers. Garder les véhicules miniers propres prolonge la durée de vie, prévient la rouille, réduit les temps d'entretien programmé et améliore la durée de vie de l'équipement [23].

V.2. Définition de la maintenance

La maintenance comprend des procédures de dépannage, de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification d'équipements physiques (machines, véhicules, objets manufacturés, etc.) ou même immatériels (logiciels) [23].

En 1994, la première définition normalisée de la maintenance a été introduite par l'AFNOR, c'est-à-dire « l'ensemble des actions qui rendent un bien capable de rendre un service particulier, de le maintenir et de le remettre dans un état déterminé » .

Remplacée par une nouvelle définition 2001, désormais européenne (NF EN 13306 X 60-319) : « destinée à le maintenir ou à le remettre dans un état permettant de remplir sa fonction par des mesures techniques, administratives et organisationnelles pendant le cycle de vie du bien [24].

La définition de la maintenance fait donc apparaître 4 notions :

- **Maintenir** qui suppose un suivi et une surveillance ;
- **Rétablir** qui sous-entend l'idée d'une correction de défaut ;
- **Etat** qui précise le niveau de compétences et les objectifs attendus de la maintenance ;

- **Coût optimal** qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité économique

V.3. Les objectifs de la maintenance

Se résumant comme suit :

- Réduire le nombre d'arrêts sur casse ;
- Fiabiliser l'outil de production ;
- Augmenter son taux de disponibilité ;
- Dépanner rapidement les équipements ;
- Améliorer la sécurité du travail, etc [24].

V.4. Le rôle de la maintenance

Tous les équipements n'ont pas la même importance du point de vue de la maintenance, le service doit donc déterminer les stratégies les plus adaptées aux différentes situations.

Le service de la maintenance met en œuvre la politique de maintenance déterminée par la direction de l'entreprise ; Cette politique doit permettre de maximiser les rendements des systèmes de production [24].

V.5. Types de maintenance

Deux grandes catégories de maintenance sont définies en fonction de la présence d'une panne : la maintenance corrective (en cas de panne) et la maintenance préventive (en l'absence de panne) [24].

« **La défaillance** est ou la cession de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise » comme suite à une défaillance est définie par la norme AFNOR NF X 60 010 [AFNOR, 2002]. Nous distinguons deux formes de défaillances [24] :

Défaillance partielle : altération de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

Défaillance complète : cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

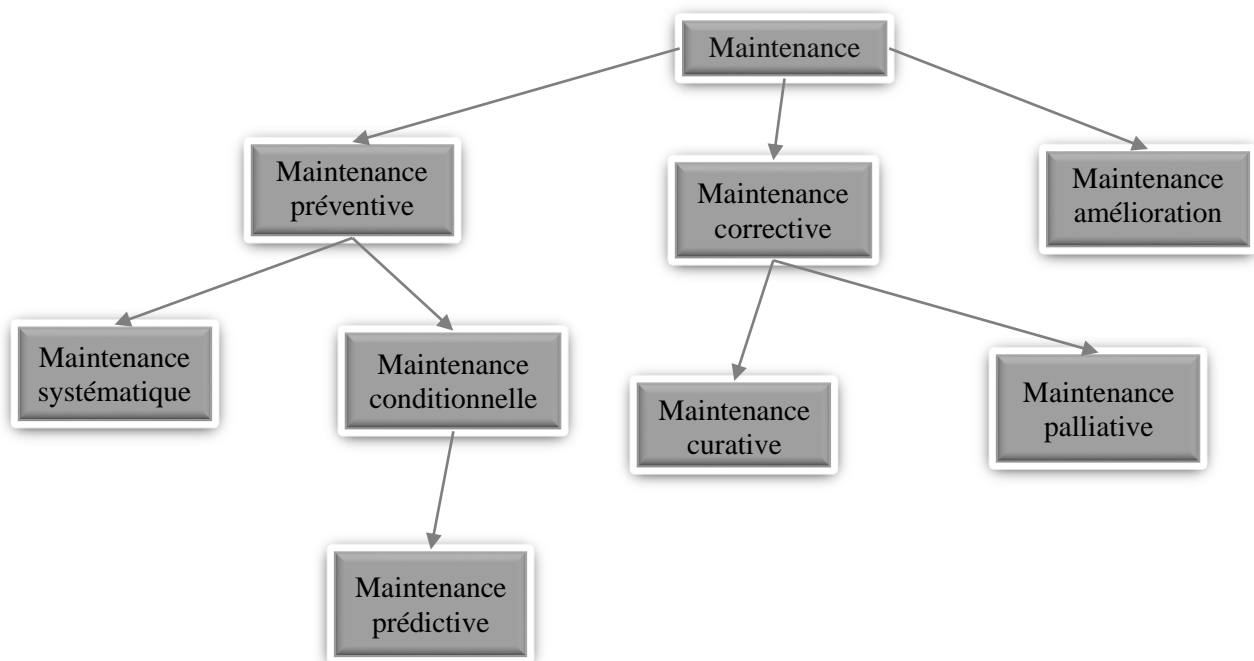


Figure.V.1 Les différentes formes de maintenance.

V.5.1.Maintenance préventive

Cette maintenance a pour but de prévoir la date à laquelle une intervention de maintenance doit être effectuée en se référant au modèle théorique de détérioration des composants mécaniques de la machine. La maintenance prédictive part des informations recueillies lors de la surveillance de l'état des équipements et de la réalisation d'analyses périodiques dans le but de déterminer l'évolution de la détérioration des équipements et la période d'intervention. C'est une maintenance qui est effectuée à des intervalles prédéterminés ou selon des normes spécifiées et vise à réduire la possibilité de défaillance ou de détérioration de la performance des actifs [25].

V.5.1.1 .Buts de la maintenance préventive

- Augmenter la durée de vie des matériels ;
- Diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective ;
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions ;

- Éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production
- Diminuer le budget de maintenance
- Supprimer les causes d'accidents graves [24].

La maintenance préventive peut être systématique ou conditionnelle

V.5.2 La maintenance préventive systématique

Il s'agit d'un entretien préventif qui est effectué à des intervalles prédéterminés ou selon un nombre déterminé d'unités d'utilisation mais sans examen préalable de l'état du bien.

Cas d'application :

- Équipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc.
- Équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tous les matériels assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc.
- Équipements ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- Équipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevés au cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc [25].

V.5.4 La maintenance préventive conditionnelle

C'est la maintenance préventive qui s'appuie sur la surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres importants de ce processus qui intègre les actions qui en découlent.

V.5.5 Les opérations de maintenance préventive

- **Les inspections** : Les contrôles de conformité sont effectués en mesurant, surveillant, testant ou étalonnant les propriétés importantes d'un article. En général, l'inspection peut être effectuée avant, pendant ou après d'autres activités de maintenance [25].

- **Visites** : opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.
- **Contrôles** : vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :
 - Comporter une activité d'information ;
 - Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement ;
 - Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective [25].

Les opérations de surveillance (contrôles, visites, inspections) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non.

V.6. Maintenance corrective

La maintenance corrective se fait après une panne avec une attitude défensive (doit être soumise) en attendant une panne accidentelle, ce qui est une caractéristique de la maintenance traditionnelle.

Après l'échec, le mainteneur doit effectuer un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre).

- **Test** c'est-à-dire comparé des mesures avec une référence.
- **détection** de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **localisation** ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **diagnostic** ou identification et analyse des causes de la défaillance
- **dépannage, réparation** ou remise en état (avec ou sans modification).
- **contrôle** du bon fonctionnement après intervention
- **amélioration éventuelle** c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- **historique** ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure [24].

V.7. La maintenance améliorative

L'amélioration des biens d'équipement est un « ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise.

Les objectifs de la maintenance améliorative d'un bien sont

- ✚ L'augmentation des performances de production ;
- ✚ L'augmentation de la fiabilité ;
- ✚ L'amélioration de la maintenabilité ;
- ✚ La standardisation de certains éléments ou sous-ensemble.

V.8. Les niveaux de la maintenance

Le degré du développement de la maintenance est classifié en 5 niveaux

Niveau	Action
01	<ul style="list-style-type: none"> - Réglages, contrôles et inspection simple - Opérations élémentaires de maintenance - Remplacement consommables et accessoires
02	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance préventive systématique - Réparation par échanges standards simple
03	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance corrective diagnostic dépannages réparation - Maintenance préventive complexe
04	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux importants de maintenance corrective ou préventive - Amélioration importantes
05	<ul style="list-style-type: none"> - Rénovation - Reconstruction - Gros travaux d'amélioration

De ce qui précède, le type de la maintenance qu'on va adopter c'est bien la maintenance de prévention afin d'améliorer le fonctionnement du robot mobile, et cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de pannes et des défauts au cours de sa réalisation.

IV.9. L'intérêt d'une maintenance préventive

La maintenance préventive et l'auto maintenance pour notre robot mobile, peuvent diminuer les pertes pour aboutir à améliorer son rendement. Dans notre cas on pourra anticiper l'intervention de la maintenance par l'observation visuelle des contacts mécaniques tel que la

vibration, la qualité de graissage si c'est possible, l'analyse par les procédés industriels par exemple le control non destructive... ou par le retour d'information dans les boucles fermées de l'électronique comme les alarmes, les capteurs électronique...). Intervenir c'est éviter une panne. L'exploitation de l'historique des pannes serai la première démarche à afin de mettre en place la surveillance.

La maintenance curative, consiste à intervenir sur les matériels en cas de panne, où la maintenance préventive consiste à intervenir avant la panne. Ce type de maintenance (préventive) est organisé contrairement à la maintenance curative. On peut remarquer que ces deux types principaux de maintenance sont complémentaires ; un excès de maintenance préventive serait effectué à chaque jour où des opérations sont effectuées telles que vérifications, resserrages..., qui ne se justifient qu'une fois par semaine ou par mois l'autre type de maintenance uniquement curative entraînerait un nombre trop important de pannes, qui conduit à des difficultés dans l'organisation de la production et une dégradation rapide des matériels.

Donc la bonne quantité de maintenance préventive, réduit bien le nombre des dépannages, qui restent un mal nécessaire.

La maintenance préventive concerne aussi bien le personnel d'exploitation, chargé des opérations simples, que le personnel de maintenance, chargé des opérations plus complexes. L'amélioration des activités de maintenance préventive peut s'effectuer sur différents axes :

La gestion du stock des pièces de rechange,

- La standardisation,
- La planification,
- La conception des installations.

V.9. Problématique

La détermination de la période de bon fonctionnement (T) pour laquelle une intervention sera nécessaire représente notre problématique. On doit définir la période T en fonction du risque de panne.

MTBF = Moyenne des temps de bon fonctionnement.

Si T est court => coût I_{ps} élevé, si T est long => coût I_{mc} élevé.

I_{ps} : Intervention préventive systématique ;

I_{mc} : Intervention de maintenance corrective.

V.10.1. Mise en place

C'est l'expérience qui permet de définir l'action de maintenance préventive. Comment la justifier :

$C_d > C_{ip}$ (Coût défaillance > Coût intervention préventive)

- Aides à la détermination de T ;
- Simulation économique ;
- Loi de Weibull (La loi de Weibull généralise la loi exponentielle. Elle modélise des durées de vie.) et abaque d'optimisation ;
- Approche modulaire des équipements.

Un équipement est modélisé par des modules. Il est ainsi constitué de plusieurs modules. On a

$MTBF(\text{module}) = MTBF(\text{composant le plus fragile})$.

Pour augmenter T, il faut que la MTBF de tous les composants soient identiques c'est-à-dire homogénéisation des durées de vie par :

- Fiabiliser les composants les plus fragiles ;
- Réduire la durée de vie d'autres composants pour faire des économies.

Tous les T ont remplacé ainsi le module tout entier et non juste un composant qui « possède un T inférieur ». De plus, pour changer un module complet il faut moins de compétences que pour changer un composant [32].

IV.10.2. Maintenabilité

Aptitude d'un système à être maintenu ou rétabli, en un temps donné, dans un état de fonctionnement bien défini lorsque les opérations de maintenance sont accomplies avec des moyens donnés, suivant un programme déterminé [32].

V.10.2.Fiabilité

Aptitude d'un système à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps déterminé.

$$R(t) = P \{S \text{ non défaillant sur l'intervalle } [0,t] \}$$

V.10.3.Disponibilité

Aptitude d'un système S à être en état d'accomplir une fonction requise, dans des conditions données, à un instant donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs soit assurée [32].

$$A(t) = P \{S \text{ non défaillant à l'instant } t \}$$

V.10.3.Les éléments du système de robot mobile

Le robot mobile composé des éléments d'un système dans lesquels peut se distinguer par :

- **Les moteurs**

Notre robot mobile exécute des fonctions mécaniques telles que le déplacement ou le positionnement. Pour ce faire, il doit convertir l'énergie de pointe d'un moteur. Sachant que dans notre robot, quatre types de moteurs sont utilisés (moteur à aimant permanent, moteur à engrenages, servomoteur, moteur Brushless).

- **Les composants électriques et électroniques**

Notre robot mobile se compose d'un ensemble complexe de pièces électroniques, qui sont représentées par les capteurs, la carte de contrôle et commande : Arduino, les circuits intégrés, les composants électroniques, une caméra...).

- **Les liaisons**

Les parties du robot mobile sont reliées les unes aux autres au moyen de liens mécanique qui assurent le mouvement du robot et l'exécution de ses fonctions (les files, support de fixation, les roulements, les arbres, les engrenages ...).

V.10.4. Les différentes pannes rencontrées lors des essais de montage de notre robot mobile

Lors de la réalisation de notre robot mobile, nous avons rencontré des défaillances dans certains composants, et nous avons travaillé pour les corriger comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau.1. Les différentes pannes rencontrées de notre robot

Élément	La défaillance	Effets	Causes	Action corrective
Support de roue	Mauvaise stabilité des roues.	<ul style="list-style-type: none"> - Ne pas obtenir une bonne rotation des roues - Déséquilibre de la structure. 	Mauvaise impression.	Réimprimer d'un nouveau bras
Roulement	Difficulté à tourner la roue	La roue tourne lentement	La surface de contact est grande et rugueuse.	La lubrification réduit la rugosité de surface
Servomoteur	Le servo s'arrête de tourner.	Perte de positionnement correct	Engrenage casser.	Renforcement et changement de l'engrenage.
Moteur aiment permanent	Perte de mouvement.	Désactiver la fonction des composants	Mauvaise connexion avec l'interface.	Changer des files de connexion.
Moteur A engrenage	Couple insuffisant.	Vitesse de rotation faible	Alimentation insuffisante.	Ajouter d'un circuit intégré l293d
Pignon	Usure des dentures.	Résistance affaiblie des dentures		Contrôle des dentures pendant l'arrêt.
Capteur à ultrason	Mobile percute les obstacles.	Ne pas recevoir d'informations d'Echo.	Mauvais contact entre l'Arduino et le Capteur.	Nouvelle Soudure des broches de connexion.

En prévision de l'avenir, nous avons décidé de faire une étude approfondie sur la maintenance préventive du robot mobile afin d'améliorer l'état de son fonctionnement, nous avons utilisé la méthode réseau de perte, pour l'entretenir.

V.10.5.Maintenance préventive de notre robot mobile

Dans ce qui suit nous allons aborder la partie spécifique qui concerne la maintenance préventive de notre robot mobile, on a vu que pour si faire nous avons proposé des tableaux résumant les opérations nécessaires pour effectuer cette maintenance, vu que le robot mobile et nouveau dans ce domaine pour nous, c'est-à-dire nous n'avons pas d'antécédant qui d'écrivent les différentes pannes ou type d'entretien qu'il faut faire sur ce robot mobile minier.

Nous allons alors proposer depuis les différentes parties du robot mobile des fiches d'entretien pour sa maintenance préventive.

Le tableau suivant résume la maintenance préventive systématique du robot mobile :

Tableau.2. Maintenance préventive des pannes

	Elément	Opération
Si nécessaire	Batteries. Roulement. Support de roue.	Charger/ remplacement. Remplacé. Contrôle la stabilité.
Tous les jours	Servo moteur. Roulement.	Contrôle. Lubrification /remplacé.
Au bout des 250 premières Heures	Capteur ultrason. Circuit intégré l293d.	Contrôle /vérification. Vérification de câblage.
Toutes les 1000 Heures – Service	Capteur gyroscope. Capteur infrarouge.	Contrôle circuit électrique. Contrôle.
Toutes les 2000 Heures – Service	Moteur Brushless. Moteur DC.	Remplacé. Remplacé.

Dans ce qui suit la fiche de maintenance préventive qu'on a proposé :

	ENTRETIEN DES DE ROBOT MOBILE Entretien Simple	FO 013	PC 001	PR3		
		Date d'application :			Version	0
		Annexes :			Page 103 : 14	

1. Objet

L'objet de cette fiche est de définir les types et actions de maintenance à exécuter sur le robot mobile, pour améliorer sa fonctionnalité dans le futur, maintenir son état et assurer sa disponibilité

2. Champ d'application :

Cette fiche s'applique exactement au robot mobile dans la mine, département mécanique, électronique et électromécanique

3. Contenu :

Fréquence : Chaque semaine

Actions	Fait	Observations
Les moteurs		
1. Vérifier la quantité d'alimentation.		
2. Vérifie la tension entre les quatre moteurs pour l'équilibre.		
3. Vérifiez les contacts entre shield et moteur.		
4. Vérifier le fonctionnement du moteur.		
5. Vérifie l'alimentation des moteurs.		
Les roulements		
6. Graissages le roulement .		
Servo moteur		
7. Vérifier le câblage sur Arduino		
8. Contrôle des engrenages		
9. Contrôle des degrés de rotation		
Les roues		
10. Graissage des dents		
11. Contrôle du frottement		
12. Serrage des vises		

Fréquence : Chaque mois

Actions	Fait	Observations
Mécanisme mécanique		
Graissage		
Contrôle des usures		
Remplacé les roulements		
Les circuits électriques		
Vérifier le calibrage du capteur à ultrason		
Vérifier le circuit intégré I293d		
Remplacement des batteries		

Contrôle du capteur gyroscope		
Contrôle du branchement de moteur sur l'Arduino		

Fréquence : Chaque mois

Actions	Fait	Observations
Mécanisme mécanique		
Graissage		
Contrôle des usures		
Remplacé les roulements		
Les circuits électriques		
Vérifier le calibrage du capteur à ultrason		
Vérifier le circuit intégré l293d		
Remplacement des batteries		
Contrôle du capteur gyroscope		
Contrôle du branchement de moteur dans Arduino		

OBSERVATION (Préciser toutes anomalies ou travaux effectués en plus) :

.....

Conclusion

Ce chapitre est consacré à l'étude de la maintenance des défauts régissant sur le robot mobile. Nous avons divisé ce chapitre en deux parties :

- La première partie l'étude théorique de la maintenance,
- La deuxième partie est l'application des formulaires de la maintenance.

Le robot mobile minier n'a pas d'historique de pannes vu que c'est une nouveauté, donc le travail sur la maintenance se limite dans notre cas dans la maintenance préventive, type systématique où nous avons créé des fiches d'entretien systématique à suivre pour bien grader le robot mobile dans un bon état.

Dans le futur où le robot mobile sera en exploitation sûrement le type de maintenance va différer puisque il aura un historique de pannes et on aura plus d'expérience.

Conclusion Générale

Au final on peut dire que ce projet a été pour nous une expérience très fructueuse, utile et enrichissante, et il nous a fait découvrir le monde de la robotique et toutes ses perspectives.

Professionnels. Cela nous a permis de faire le premier pas dans le monde pratique de la robotique. Cela nous a également permis d'exploiter les différents éléments liés à la conception et au contrôle du robot. Au niveau logiciel, nous avons mis ce projet en contact direct avec des langages de programmation tels que : ID Arduino, tinkercade, Solidworks.

Nous avons pu concevoir et développer un robot mobile, mettant en application nos connaissances acquises durant nos études tout le long de notre formation. Ainsi, il nous a permis d'améliorer nos connaissances en robotique et de maîtriser la nouvelle technologie comme l'impression 3D.

Nous avons sélectionné nos appareils en fonction de nos besoins et avons ensuite essayé différentes solutions afin d'obtenir la fonctionnalité souhaitée.

L'objectif principal de notre projet est que ce robot devienne mobile de manière autonome et remplisse les fonctions requises qui sont très utiles dans l'environnement minier.