

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la technologie*

*Département d'Electronique*

*Mémoire*

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLOME DE MASTER**

FILIERE : ELECTRONIQUE

Spécialité : Electronique Industrielles

Par

**AOUDIA Samir**

**NEDJADI Amin**

*Intitulé*

*Étude et réalisation d'un mini robot*

*Évalué le : 19/09/2022*

*Devant le Jury composé de :*

<i>Nom &amp; Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<b>Dr. BOUDECHICHE D.</b>	<b>MCB</b>	<b>Président</b>	<b>Univ-BBA</b>
<b>Dr. BELHADAD Y.</b>	<b>MCB</b>	<b>Encadreur</b>	<b>Univ-BBA</b>
<b>Dr. SIDAHMED S.</b>	<b>MCB</b>	<b>Examineur</b>	<b>Univ-BBA</b>

*Année Universitaire 2021/2022*

## **Remerciement :**

Avant tout, nous remercions Allah, l'unique le puissant, pour son guide et sa protection; qui nous a éclairées notre chemin.

Nous tenons à exprimer toute la reconnaissance à monsieur *BELHADAD. Y* notre promoteur pour toute la confiance qu'il nous a accordées et accepté de nous encadrer; pour ses conseils qu'il nous a prodiguées tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique de l'université de *Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj* qui nous a bien accueillies et aimablement aidées.

En fin ,merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire , puissent trouver ici , toute notre reconnaissance.

## **Dédicaces:**

A ma mère , la source de tendresse qui n'a pas cessé de m'encourager de par son amour , son soutien , tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils et de prier pour moi.

A mon père , qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifice et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consenti pour mon éducation et ma formation.

A mon frère;

A mes sœurs,

A mon oncle,

A ma tante,

A mon grand père qui ne cesse à me donné des conseils qui m'a vraiment aidés dans ma vie.

A mon binôme Samir avec qui j'ai partagée des moments agréables.

A tous mes amis et à tous ceux qui me sont chères.

AMIN

## **Dédicaces:**

Ce travail est entièrement dédié du fond du cœur à mes parents bien-aimés qui m'ont soutenu, ceux qui m'ont inspiré et encouragé en m'apportant toujours leur soutien émotionnel, moral et financier.

Un sentiment particulier de gratitude envers mes frères et sœurs pour leur encouragement pendant l'opération.

Je dédie également ce travail à mes camarades qui ont partagé leurs conseils et leurs encouragements, ainsi qu'à ceux qui ont contribué à la réalisation de cette étude.

SAMIR

## Résumé:

Dans ce projet, on va construire un mini robot explorateur, qui compose de deux éléments principale qui sont : la voiture et le drone quadrirotor pour se déplace au sol et l'air .

Au début nous allons commander à distance la voiture par la radio fréquence ,deuxièmement , nous allons contrôler le drone par un contrôleur de vol .

A la fin , nous allons fusionner la paire voiture-drone et contrôler par même commande pour atteindre notre objectif .

### Mots-clés :

Robot ,quadripode, contrôle de vol, moteur BLDC, contrôleurs de vitesse électronique ESC, correcteur PID.

## ملخص:

في هذا المشروع ، سنقوم بصنع روبوت مستكشف صغير ، قادر على الانتقال في مختلف التضاريس،حيث يتمحور هيكله على عنصرين رئيسيين ، سيارة وطائرة بدون طياروالتي تمكنه من التحرك على الأرض وفي الهواء . في بداية الامر سوف نتحكم في السيارة عن بعد عن طريق التردد اللاسلكي ، وثانياً سنتحكم في الطائرة بدون طيار بواسطة جهاز التحكم في الطيران.

في نهاية المطاف سنقوم بدمج الاثنين معا والتحكم بهما باستعمال متحكم واحد لتحقيق هدفنا.

### الكلمات المفتاحية:

روبوت ، رباعي ، التحكم في الطيران ، محرك ، BLDC وحدات تحكم السرعة الإلكترونية، ESC مصحح.PID

## Abstract :

In this project, we will build a mini explorer robot, which consists of two main elements which are: the car and the quadrotor drone to move on the ground and in the air.

At the beginning, we will remotely control the car by radio frequency, secondly, we will control the drone by a flight controller.

At the end, we will merge the car-drone pair and control by same command to achieve our goal.

**Keywords :**

Robot, quad, flight control, BLDC motor, ESC electronic speed controllers, PID corrector.

# SOMMAIRE

---

## SOMMAIRE :

Liste des figures: .....	
Liste des tableaux: .....	
Introduction générale : .....	- 1 -
Chapitre I : Généralité sur les robots .....	- 3 -
1. Introduction : .....	- 3 -
2. Historique : .....	- 3 -
3. Définition : .....	- 5 -
4. Types des robots : .....	- 5 -
4.1. Les robots manipulateurs : .....	- 5 -
4.2. Les robots mobiles : .....	- 5 -
4.3. Classifications des robot mobiles : .....	- 7 -
4.4. Architectures des robot mobiles : .....	- 7 -
4.5. Les robots mobiles à roues : .....	- 7 -
4.5.1. Robot unicycle : .....	- 8 -
4.5.2. Robot tricycle : .....	- 8 -
4.5.3. Robot voiture : .....	- 9 -
4.5.4. Robot omnidirectionnel : .....	- 9 -
4.6. Les robots mobiles à chenilles : .....	- 10 -
4.7. Les robots mobiles marcheurs : .....	- 10 -
4.8. Les robots mobiles rampants : .....	- 10 -
5. Domaines d'application des robots : .....	- 11 -
6. Les robots mobiles tout-terrain : .....	- 11 -
6.1. Exemples : .....	- 11 -
7. Les drones : .....	- 12 -
7.1. Définition : .....	- 12 -
7.2. Les domaines d'utilisation : .....	- 12 -
7.2.1. Les drones militaires : .....	- 13 -
7.2.2. Les drones de loisirs : .....	- 13 -
7.2.3. Les drones civils professionnelles : .....	- 13 -
7.3. Les différents types de drones : .....	- 14 -

# SOMMAIRE

---

7.3.1. Drone Mono-rotor : .....	- 14 -
7.3.2. Le tricoptère : .....	- 14 -
7.3.3. Quadricoptère : .....	- 15 -
7.3.4. Hexacoptère : .....	- 15 -
7.3.5. Octocoptère : .....	- 16 -
7.3.6. Les drones aux ailes fixes : .....	- 16 -
8. Conclusion : .....	- 17 -
Chapitre II : Conception physique et électronique .....	- 18 -
1. Introduction : .....	- 18 -
2. Robot Véhicule-drone : .....	- 18 -
3. Télécommander notre robot mobile : .....	- 18 -
4. Principe de fonctionnement de robot : .....	- 19 -
4.1. Fonctionnement au sol : .....	- 19 -
4.2. Fonctionnement au l'air : .....	- 20 -
4.2.1. Mouvement vertical : .....	- 20 -
4.2.2. Mouvement de roulis (Roll) : Droite / Gauche : .....	- 21 -
4.2.3. Mouvement de tangage (Pitch) : Avancer / Reculer : .....	- 21 -
4.2.4. Mouvement de lacet (Yaw) : Rotation : .....	- 21 -
5. Le contrôleur PID : .....	- 22 -
6. Description générale sur Les composants utilisés : .....	- 22 -
6.1. Arduino : .....	- 22 -
6.1.1. Arduino Uno : .....	- 23 -
6.1.2. Arduino nano : .....	- 24 -
6.2. DC Moteur : .....	- 25 -
6.3. Le module L298N : .....	- 26 -
6.3.1. Caractéristiques : .....	- 26 -
6.4. Le servomoteur : .....	- 26 -
6.4.1. Caractéristiques : .....	- 27 -
6.5. La batterie : .....	- 28 -
6.6. Joystick : .....	- 28 -
6.7. Module nRF24L01 + PA + LNA : .....	- 28 -
6.7.1. Caractéristiques : .....	- 29 -
6.8. Le variateur de vitesse (ESC) : .....	- 29 -

# SOMMAIRE

---

6.8.1. Caractéristiques :	- 29 -
6.9. Les moteurs brushless :	- 30 -
6.10. Capteurs IMU-MPU6050 :	- 31 -
7. Conclusion :	- 32 -
Chapitre III : Réalisation d'un robot	- 33 -
1. Introduction :	- 33 -
2. Partie véhicule :	- 34 -
2.1. Les composants utilisés :	- 34 -
2.1.1. Pour le véhicule :	- 34 -
2.1.2. Pour la commande du véhicule :	- 35 -
2.2. Test des composants :	- 35 -
2.2.1. Pour l'émetteur :	- 36 -
2.2.2. Pour le récepteur :	- 37 -
2.3. L'assemblage final :	- 38 -
2.4. organigramme de fonctionnement voiture :	- 39 -
3. Partie drone :	- 39 -
3.1. Les composants utilisés :	- 39 -
3.1.1. Pour le drone :	- 39 -
3.1.2. Pour la commande du drone :	- 41 -
3.2. Le Module MPU6050 :	- 42 -
3.3. MultiWii :	- 43 -
3.3.1. Configuration des paramètres de l'interface graphique Multi Wii :	- 43 -
4. Organigramme de fonctionnement du drone :	- 46 -
5. Conclusion:	- 47 -
Conclusion générale :	- 48 -
BIBLIOGRAPHIE :	- 49 -

## Liste des figures

---

### Liste des figures:

Figure I.1:Canard mécanique.....	3
Figure I.2:Le robot humanoïde Asimo présenté par honda en 2005.....	6
Figure I.3: Représentation artistique d'un rover martien de la NASA.....	6
Figure I.4 : Robot de type uni-cycle.....	8
Figure I.5 : Robot de type tricycle.....	8
Figure I.6 : Robot de type voiture.....	9
Figure I.7: Robot mobile omnidirectionnel.....	9
Figure I.8 : Exemples de robots mobiles à chenilles.....	10
Figure I.9: Exemples des robots marcheurs.....	10
Figure I.10: Quelques exemples de robots mobiles tout-terrain.....	12
Figure I.11: drone militaire.....	13
Figure I.12: drone de loisir.....	13
Figure I.13:Drone Mono-rotor.....	14
Figure I.14:Le tricoptère.....	14
Figure I.15:Quadricoptère.....	15
Figure I.16:Hexacoptère.....	15
Figure I.17:Octocoptère.....	16
Figure I.18:drone aux ailes fixes.....	17
Figure II.1: le système de direction.....	19
Figure II.2 : direction gauche et droite.....	20
Figure II.3 :Mouvement vertical.....	20
Figure II.4 :Mouvement de roulis.....	21
Figure II.5 :Mouvement de tangage.....	21
Figure II.6 : Mouvement de lacet.....	22
Figure II.7 :Le correcteur PID.....	22
Figure II.8 : Description des entrées/sorties de la carte Arduino Uno.....	23
Figure II.9 : Description des entrées/sorties de la carte Arduino Nano.....	24

## Liste des figures

---

Figure II.10 :moteur DC.....	25
Figure II.11: signification des pins de L298N.....	26
Figure II.12 :Le servomoteur MG90S.....	27
Figure II.13 :le signal PWM pour un servomoteur.....	27
Figure II.14: les directions du joystick.....	28
Figure II.15: les portées approximatives de nRF24.....	29
Figure II.16: ESC 30A.....	30
Figure II.17:Motor SkyRC X2204 /2300KV.....	30
Figure II.18 : Le Capteurs IMU-MPU6050 .....	31
Figure III.1 :conception général de robot véhicule-drone .....	33
Figure III.2: châssis d'une véhicule.....	34
Figure III.3 : le montage de l'émetteur.....	35
Figure III.4: le montage de récepteur.....	35
Figure III .5: les résultats de test .....	36
Figure III.6 :le montage de récepteur plus moteur DC.....	37
Figure III.7 : le montage de servomoteur.....	38
Figure III.8:L'assemblage final de voiture.....	38
Figure III.9: organigramme de fonctionnement voiture.....	39
Figure III.10: schéma de drone.....	40
Figure III.11: châssis de drone.....	40
Figure III.12:le schéma de la commande de drone.....	41
Figure III.13:calibrage de l'ESC.....	41
Figure III.14:calibrage d'une hélice.....	42
Figure III .15: Schéma montre le principe du PID utilisé dans ce contrôleur de vol.....	43
Figure III .16:Le montage de MPU6050.....	44
Figure III .17: l'interface graphique MultiWii.....	44
Figure III .18: test de MPU6050.....	45
Figure III .19: le montage finale de drone .....	45
Figure III .20:organigramme de fonctionnement du drone.....	46

## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux:

Tableau II.1 :caractéristique de SkyRC X2204 /2300KV .....	31
--	----

## Introduction générale

---

### Introduction générale :

Ces dernières années, les robots ont connu un développement remarquable, qui en a fait une nécessité absolue dans la vie quotidienne et pratique, où on le retrouve aujourd'hui dans divers domaines telle que la santé, l'armée, l'agriculteur, l'exploration ...etc., Ceci afin de remplacer les humains dans des opérations qui sont généralement répétitive et dangereuses.

Aujourd'hui les chercheurs s'intéressent beaucoup plus aux robots mobiles exploreurs, parce qu'ils sont très utilisés notamment dans les explorations terrestre et extraterrestre, La tendance à utiliser des robots mobiles dans diverses applications augmente de jour en jour. L'un des défis dont nous avons besoin faire face lors de l'utilisation d'un robot mobile dans des applications de sauvetage et de surveillance est la navigation sur différents terrains. Là au le concept des robots multi-terrains est apparu.

L'objectif de ce travail est de construire un robot mobile exploreur multi-terrain, aux sa conception est basée sur la combinaison entre une voiture et un drone piloté par une commande radio fréquence, ce dernier est composée de deux joysticks, un potentiomètre, une carte d'Arduino nano et un émetteur radio fréquence nRF24L01+ PA+ LNA.

Le robot se compose d'une carte Arduino, un moteur DC et un module L298N, un servomoteur, quatre variateurs de vitesses plus quatre moteurs DC sans balais BLDC (BrushLess Direct Current) en anglais, un capteur gyroscopique MPU6050, et un récepteur nRF24L01+ PA+ LNA.

Ce mémoire contient trois chapitres :

Chapitre 1 : ce chapitre est divisé en deux partie, dans la première partie on va parler en générale sur les robots, son but est de connaître les types des robots et leurs domaines d'application, en suite dans la deuxième on va citer les drones et leurs types.

Chapitre 2 : dans ce chapitre, on va décrire le principe de fonctionnement de notre robot ainsi les composants physique et électronique.

## **Introduction générale**

---

Chapitre 3 : dans ce dernier chapitre, on va commencer par le test des composants, en suite la réalisation de véhicule après le drone à la fin on va essayer d'assembler le couple véhicule-drone.

Enfin, nous terminons ce travail par une conclusion générale.

**Chapitre I : Généralité sur les robots****1. Introduction :**

Ce chapitre est consacré pour la partie théorique ou on va connaître les origines de construction des robots ; la définition d'un robot ainsi que les différents types des robots, on se concentre sur les robots mobiles qui sont le sujet de notre thèse. Un robot mobile est un véhicule doté de moyens de locomotion qui lui permettent de se déplacer [1]. Il existe trois types des robots mobiles : robots militaires ; robots humanoïdes ; robots explorateurs. On va parler aussi de la classification ; architectures et les domaines d'applications de ces robots. Dans la deuxième partie de ce chapitre on décrit les drones, leurs catégories ainsi que leur type. Des drones mono-rotor, tricoptère, quadricoptère, hexacoptère, octocoptère et les drones aux ailes fixes.

**2. Historique :**

L'homme a toujours essayé de construire des machines capables de remplacer des êtres humains. Voici quelques dates importantes :

- 1738 : "Canard mécanique" par Jacques Vaucanson.

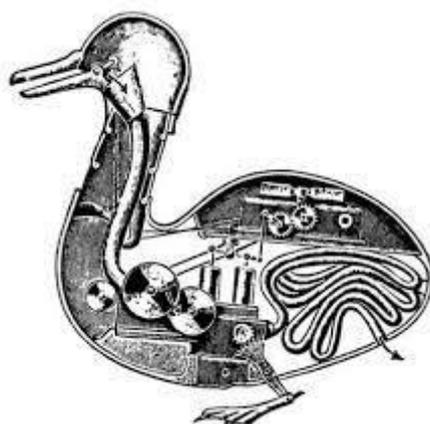


Figure I.1: Canard mécanique

- 1774 : " L'écrivain, le dessinateur et la musicienne" par Jaquet Droz.

- 1920 : Apparition du terme robot et la rédaction de “ “ Possums Universal Robots” par Karel Capek.
- 1946 : Premier ordinateur.
- 1950 :
  - ✓ Les trois lois de la robotique.
  - ✓ ”Les tortues” de Grey Walter, premiers robots mobiles autonomes.
- 1956 : Conférence sur l’intelligence artificielle
- 1961 : Premier robot industriel : “Uniate” (General Motors)
- 1973 :
  - ✓ Premier robot 6 axes : Famulus.
  - ✓ Premier humanoïde.
- 1985 : Premier robot avec un bras
- 1985 : Premier robot bipède de Honda
- 1989 : Premier robot chirurgical
- 2000 : Premier robot avec outils interchangeables
- 2000 2007 : Développement d’Asimov
- 2001 : Première opération à distance avec le Da Vinci. Opération Lindberg.
- 2003-2006 : Premier robot truc inventé
- 2007 : “Twenty one”, premier robot d’assistance à la personne.
- 2009 : “Robot HRP-4C”, premier robot féminin autonome

### 3. Définition :

Un robot est une machine capable d'effectuer plusieurs opérations, telles que des tâches dangereuses pour l'homme ou des tâches généralement répétées [2].

### 4. Types des robots :

Ils existent deux types importants des robots :

- Les robots manipulateurs.
- Les robots mobiles.

#### 4.1. Les robots manipulateurs :

Généralement, ils sont composés des éléments articulés ou coulissants reliés en série, son but est dû manipuler ou déplacer des objets.

Les robots manipulateurs se présentent sous de nombreuses formes [3] :

- Robots cylindriques
- Robots rectilignes
- Robots sphériques
- Robots articulés
- Robots SCARA

#### 4.2. Les robots mobiles :

Les robots mobiles sont des robots qui peut se déplacer dans son environnement selon leur degré de liberté.

Il existe plusieurs types [4]:

- **Robots militaires** : Ils sont plus utilisés pour la surveillance et l'espionnage.

- **Robots humanoïdes** : C'est un robot à forme humaine, qui remplissent des fonctions comme l'homme [5].



Figure I.2: Le robot humanoïde Asimov présenté par Honda en 2005

- **Robots explorateurs** : est un robot qui peut faire des tâches dans des environnements difficiles pour les humains, par exemple : *Mars Science Laboratoire* (MSL) est une mission d'exploration de la planète Mars à l'aide d'une automobile « Rover »

Figure I.3, développée par l'agence spatiale américaine de la NASA [6].

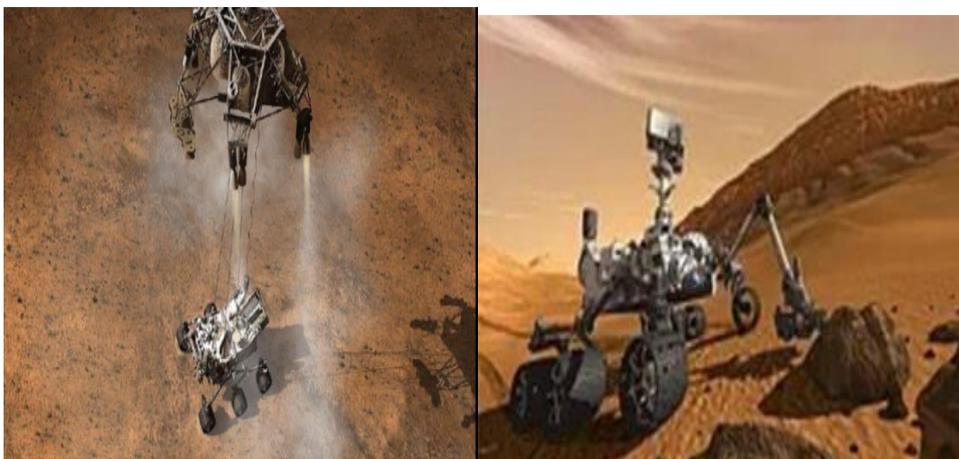


Figure I.3: Représentation artistique d'un rover martien de la NASA

**4.3. Classifications des robot mobiles :**

Les robots mobiles sont classifiés selon (le degré d'autonomie, système de locomotion, énergie utilisée, ...etc.).

Nous pouvons citer quelques types [7] :

- Véhicule télécommandé par un opérateur (ces robots sont commander par l'intervention humains).
- Véhicule télécommandé au sens de la tâche à réaliser.
- Véhicule semi-autonome (ces robots sont commander par l'intervention partielle des humains).
- Véhicule autonome (commandé sans l'aide de l'opérateur).

**4.4. Architectures des robot mobiles :**

L'architecture des robots mobiles basé sur les quatre éléments suivants :

- La structure mécanique et la motricité.
- Les organes de sécurité.
- Le système de traitement des informations et gestion des tâches.
- Le système de localisation.

Dans notre projet on intéresse à la structure mécanique et la motricité :

**4.5. Les robots mobiles à roues :**

Ce type des robots est facile à déplacer dans les zones plates, il existe plusieurs classes de robots avec roues spécifiques [8] .

#### 4.5.1. Robot unicycle :

Ce robot est caractérisé par deux roues indépendantes, afin de se déplacer et d'assurer sa stabilité il utilise des roues folles. Le déplacement de robot de point A au point B se fait par une suite de rotations simple.

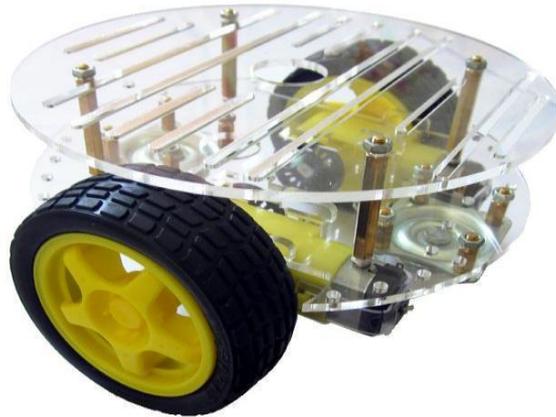


Figure I.4 : Robot de type unicycle.

#### 4.5.2. Robot tricycle :

Est un robot caractériser par trois roues, deux roues fixe en arrière placer sur le même axe et une roue libre centrée en avant pour l'équilibrer, le déplacement se fait par les deux roues fixe.

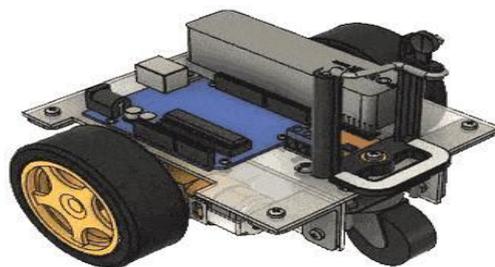


Figure I.5 : Robot de type tricycle.

#### 4.5.3. Robot voiture :

Est un robot constitué de quatre roues, deux roues fixe en arrière placer sur le même axe, et deux roues fixe en avant placer aussi sur le même axe, le déplacement (avant/arrière) de véhicule ce fait par les quatre roues, et la direction (gauche /droit) par la rotation opposée des roues droit et celle de la gauche .il existe aussi d'autre type qui utilise un système de direction.



Figure I.6 : Robot de type voiture.

#### 4.5.4. Robot omnidirectionnel :

Est un robot capable de déplacer dans tous les directions, caractérisée par trois roues décentrées orientables placer sous forme d'un triangle.

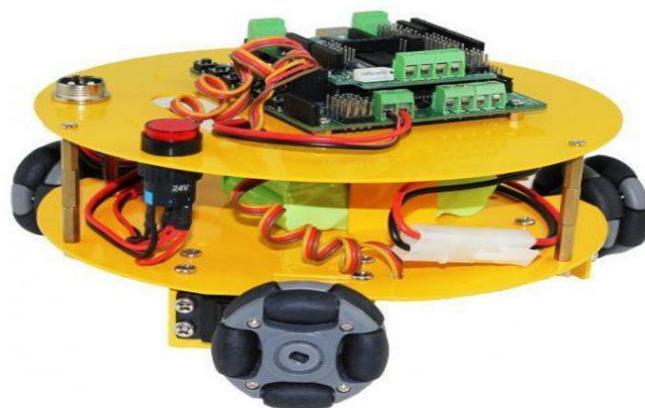


Figure I.7: Robot mobile omnidirectionnel.

#### 4.6. Les robots mobiles à chenilles :

L'utilisation des chenilles permet un déplacement délicat sur la terre et éviter simplement les petits obstacles telle que le boue et l'herbe, cailloux...



Figure I.8 : Exemples de robots mobiles à chenilles.

#### 4.7. Les robots mobiles marcheurs :

Sont des robots qu'il dépend dans ses mouvements sur les pattes, il existe plusieurs types selon le nombre de pattes (humanoïdes, type araignée,).



Figure I.9: Exemples des robots marcheurs.

#### 4.8. Les robots mobiles rampants :

Couramment utilisées dans les espaces difficiles et étroits tels que les tunnels et les puits, tandis que ces méthodes de déplacement s'inspirent des animaux et des insectes.

**5. Domaines d'application des robots :**

Les robots sont souvent utilisés dans tous les domaines afin d'aider l'homme ou de le remplacer dans la fonction qui paraît difficile ou fatigantes, on cite quelques uns [9] :

- **La santé** : échographies, chirurgie assistée...
- **Utilisation civile** : robot humanoïde, jouet automatisé...
- **L'usage domestique** : robot aspirateur, robot tondeuse...
- **L'industrie** : dans les robots d'assemblages, de peinture, de soudure...
- **Le domaine militaire** : les drones, robots espions...

**6. Les robots mobiles tout-terrain :**

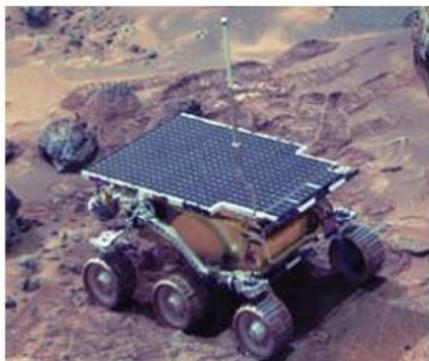
La tendance à utiliser des robots mobiles dans diverses applications augmente de jour en jour. L'un des défis dont nous avons besoin faire face lors de l'utilisation d'un robot mobile dans des applications de sauvetage et de surveillance est la navigation sur différents terrains. Plus des conceptions de robots sont destinées à une application dédiée en raison des contraintes de terrain. Un seul robot polyvalent est plus rentable que plusieurs robots dédiés [10]. Pour résoudre ce problème mentionné, une conception innovante est proposée, qui est un véhicule air-terre avec une capacité d'escalade. Le désigne est tel qu'il est compact et modulaire. Il peut donc être utilisé pour les applications qui incluent la recherche et le sauvetage, la surveillance et la sécurité

Et pour obtenir des informations sur un terrain inexploré qui peut être potentiellement dangereux pour l'homme.

**6.1. Exemples :**

Il existe aujourd'hui de nombreux systèmes robotiques en environnement naturel exploités pour diverses applications.

La figure montre quelques exemples pour le cas de l'exploration de planètes extraterrestres [6] .



a. Sojourner

b. Shrimp [Siegwart *et al.* 2002]

c. Nexus 6 [Yoshida et Hamano 2002b]

d. Robovlc [Caltabiano *et al.* 2004]

Figure I.10: Quelques exemples de robots mobiles tout-terrain

## 7. Les drones :

### 7.1. Définition :

Un drone est un véhicule aérien [11] sans pilote qui peut être commandé à distance par l'homme ou être voler de façon autonome selon un algorithme spécifique, il est destiné à l'usage civil ou des forces armées..., leur masse varie de quelques grammes à plusieurs tonnes.

### 7.2. Les domaines d'utilisation :

On trouve quelques drones selon leur domaine d'utilisation

### 7.2.1. *Les drones militaires :*

Les drones sont très utilisés notamment dans les domaines militaires, afin de diminuer les risques et remplacer les avions dans les missions dangereuses, telles que des missions de sauvetages ou d'espionnages [12].



Figure I.11: drone militaire

### 7.2.2. *Les drones de loisirs :*

Ils sont des mini drone on peut les trouver un peu partout, il peut avoir une caméra, ils sont généralement utilisés dans la photographie.



Figure I.12: drone de loisir

### 7.2.3. *Les drones civils professionnelles :*

Des drones qui peuvent effectuer plusieurs tâches comme l'agriculture, architecture, sécurité...

### 7.3. Les différents types de drones :

Il existe aujourd'hui plusieurs types de drone varié selon le nombre des hélices utiliser [13] telle que :

#### 7.3.1. Drone Mono-rotor :

C'est la structure la plus simple des drone, mono-rotor qui signifié un seul rotor et généralement possède un rotor de queue qui aide à contrôler la direction de drone, comme les hélicoptères.



Figure I.13: Drone Mono-rotor

#### 7.3.2. Le tricoptère :

Il contient trois moteurs qui sont placés à l'extrémité de châssis, séparés entre eux de  $120^\circ$ , contient également des contrôleurs et des gyroscopes, qui lui rendre plus stable que le mono-rotor.

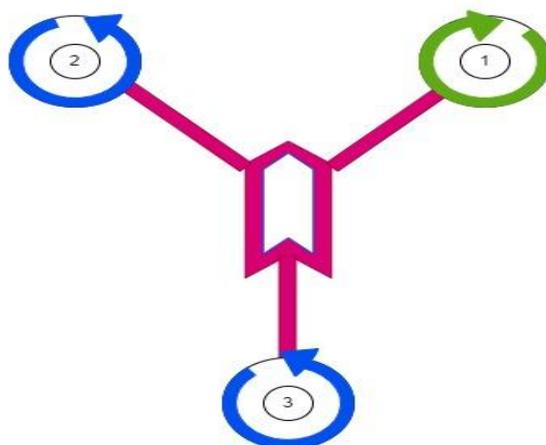


Figure I.14: Le tricoptère

### 7.3.3. Quadricoptère :

Le quadricoptère est un drone multi-rotor, qui contient dans leur structure quatre moteurs de type broches (BLDC motor), l'augmentation de nombre de moteurs implique une augmentation de stabilité, pour que le quadricoptère fonction correctement il faut que deux moteurs tournent dans le sens horaire, et les deux autres dans le sens antihoraire, les moteurs qui sont aux diagonales tournent dans le même sens, ses drones sont généralement alimentés par des batteries de type lithium-polymère.

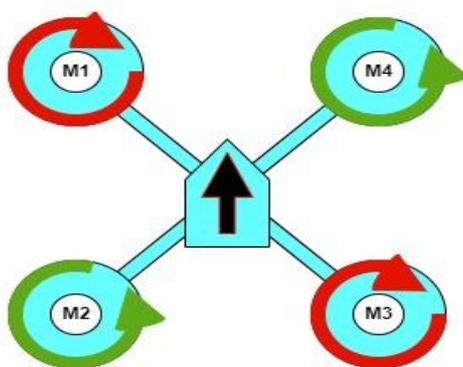


Figure I.15: Quadricoptère

### 7.3.4. Hexacoptère :

Il est caractérisé par six moteurs comme son nom l'indique, il est très stable, il a une grande capacité de levage, afin de se voler trois moteurs tourne dans le sens horaire et trois moteurs tourne du sens inverse.

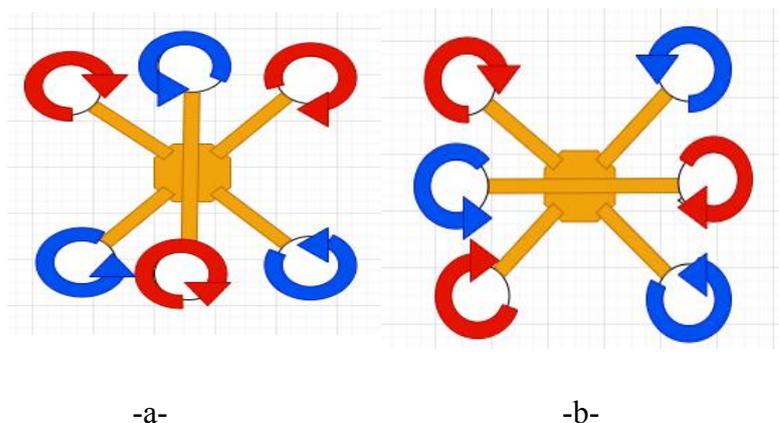


Figure I.16: Hexacoptère





Figure I.18: drone aux ailes fixes

## **8. Conclusion :**

Depuis la découverte des robots la vie des êtres humains est améliorée d'une façon extraordinaire puisqu'on peut faire maintenant des tâches qu'avant nous ne pouvons pas les faire notamment dans le domaine des recherches scientifiques surtout dans les cas des endroits où l'homme ne peut pas les atteindre facilement. La robotique a connu une évolution considérable ; le dernier siècle a connu l'apparition de plusieurs types de robots avec des utilisations variées et l'industrie robotique ne cesse pas de développer et peut être dans le future proche chaque maison va avoir son robot personnel.

**Chapitre II : Conception physique et électronique****1. Introduction :**

De manière générale, on regroupe sous l'appellation robots mobiles l'ensemble des robots à base mobile, par opposition aux robots manipulateur. L'usage des robots mobiles sollicite le plus souvent les robots mobiles à roues.

Le robot qu'on a construit peut se déplacer sur les terrains puisqu'il est doté de quatre roues, d'un moteur DC et d'un servomoteur qui assure son déplacement dans toutes les directions. Dans le cas des obstacles sur les terrains, on a ajouté un système de quadrirotor qui lui permet de déplacer en air ; le fonctionnement de chacun de ces parties sera bien défini dans ce chapitre.

Pour que ce robot soit vivant et pour qu'on puisse l'exploiter, il lui faut un cerveau qui fait rouler toutes les pièces ; ce cerveau s'appelle un " Arduino" qui est composé de plusieurs cartes électroniques programmables sur lesquelles on peut brancher des différents dispositifs selon les buts et les tâches qu'on veuille assigner à ce robot ; il existe différents types d'Arduino, exemple : Arduino uno, Arduino nano.

**2. Robot Véhicule-drone :**

Le robot véhicule-drone est un robot explorateur multi-terrain composé d'un véhicule et un drone, La conception du robot multi-terrain ressemble à un quadricoptère.

Le déplacement du robot au sol, se fait par un véhicule à quatre roues (déplacement avant /arrière : se fait par moteur DC, et la direction par un servomoteur). Lorsqu'un obstacle apparaît le drone remplace le véhicule.

**3. Télécommander notre robot mobile :**

Pour la communication avec le robot, il existe deux manières : soit filaire soit sans fil, mais il est judicieux de choisir le sans-fil par rapport à la distance qui s'augmente et afin d'éviter le placement et l'encombrement des fils.

Il existe plusieurs systèmes qui fonctionnent par cette liaison, Bluetooth, Wi-Fi ,radio fréquence RF et xbee, sont désormais des techniques courants. Afin de commander notre robot à distance,on a besoin d'utiliser une de ces technologies ,pour notre travail, la

commande sur le terrain réelle sera sans fil, nous avons donc choisi d'utiliser la technique radiofréquence RF avec le module NRF24L01+PA+ LNA.

#### 4. Principe de fonctionnement de robot :

##### 4.1. Fonctionnement au sol :

Le robot dispose de quatre roues, les roues arrière sont attaché à un moteur DC qui assure les mouvement avant/arrière, le moteur DC est commandé par le module L298N qui contrôle sa direction de rotation et sa vitesse (en avant et en arrière). Tandis que les roues avant, qui servent à la direction de la voiture, sont pilotées par un servomoteur.

La figure suivante représente le système de la direction :

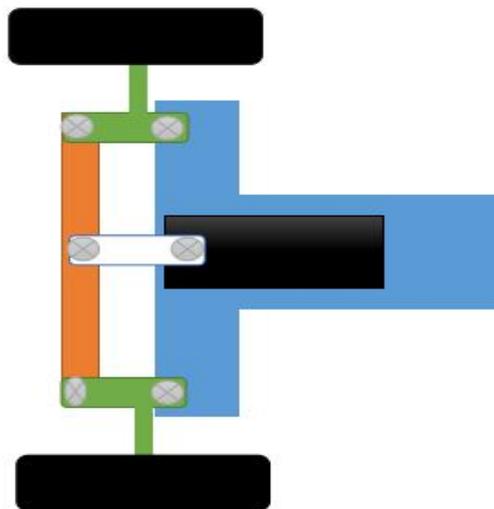


Figure II.1: le système de la direction

Chaque roue est positionnée sur un axe de rotation (partie vert) lui-même monté sur un pivot sur le châssis de la voiture (en bleu). La baguette (orange) permet de garder le parallélisme entre les roues. Si l'une pivote vers la gauche, l'autre en fait de même.

Cette baguette est fixée, par un pivot encore, au bras de sortie (en blanc) du servomoteur (la boîte noire au milieu de châssis bleu).

Ce bras est à son tour fixé à l'axe de rotation du servomoteur. Ainsi, lorsque le servomoteur fait tourner son axe, il entraîne le bras qui entraîne la baguette et fait pivoter les roues pour permettre à la voiture de prendre une direction dans son élan (tourner à gauche, à droite, ou aller tout droit). Voyez plutôt :

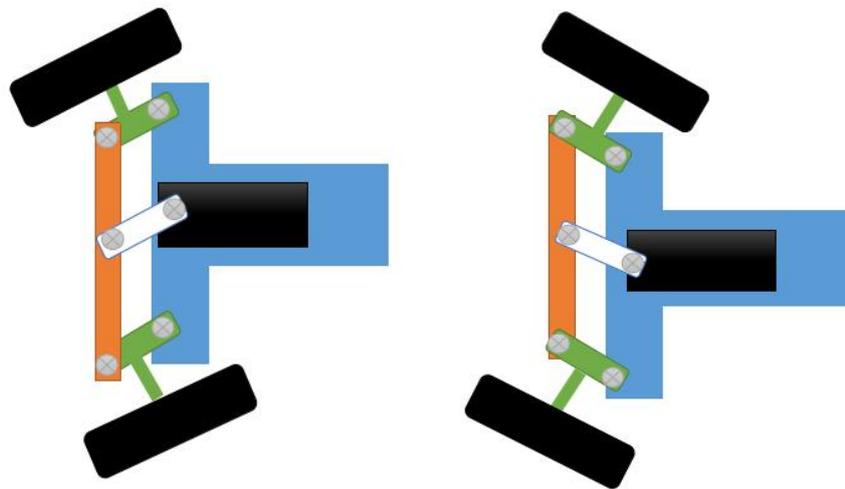


Figure II.2 : direction gauche et droite

#### 4.2. Fonctionnement au l'air :

Le quadrirotor contient quatre rotors définis dans l'espace par six Degrés De Liberté (DDL).

Pour le déplacement d'un quad-copter on distingue quatre mouvements possibles : le vertical, le lacet, le Tangage et le roulis [14] :

##### 4.2.1. *Mouvement vertical :*

Pour que le drone décolle, on augmente la vitesse des moteurs simultanément au même régime, et pour atterrir il se fait de diminuer la vitesse des moteurs, c'est la commande des gaz.

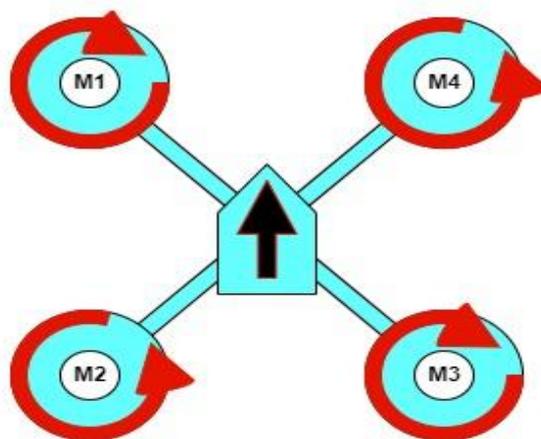


Figure II.3 : Mouvement vertical

#### 4.2.2. Mouvement de roulis (Roll) : Droite / Gauche :

Ce mouvement signifie d'incliner vers la gauche au vers le droit, pour incliner vers la droite on augmente la vitesse des moteurs gauche M1 et M2 et diminuer ceux de la droite M3 et M4, et l'inverse pour s'incliner vers la gauche, on appelle Ce mouvement le « Roulis » ou « Roll ».

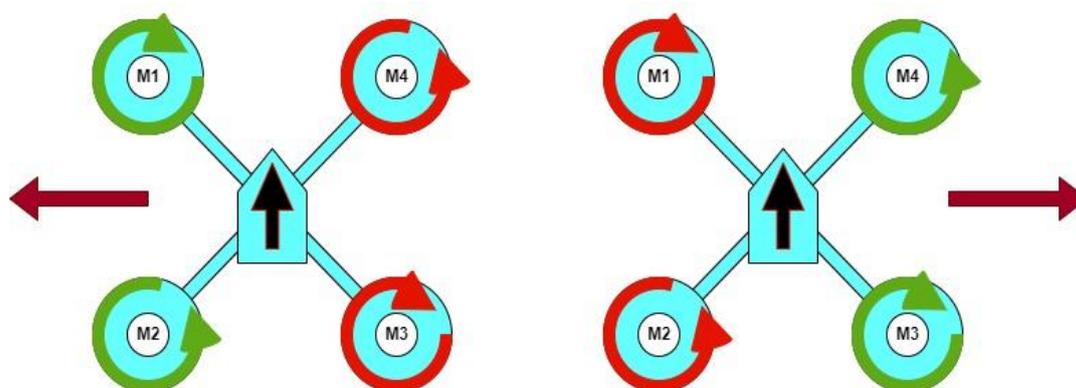


Figure II.4 : Mouvement de roulis

#### 4.2.3. Mouvement de tangage (Pitch) : Avancer / Reculer :

Afin de déplacer le drone vers l'avant ou vers l'arrière, il se fait soit d'augmenter la vitesse des moteurs arrière M2 et M3 et diminuer celle de l'avant M1 et M4 pour avancer, ou l'inverse pour reculer, on appelle ça le « Tangage » ou « Pitch ».

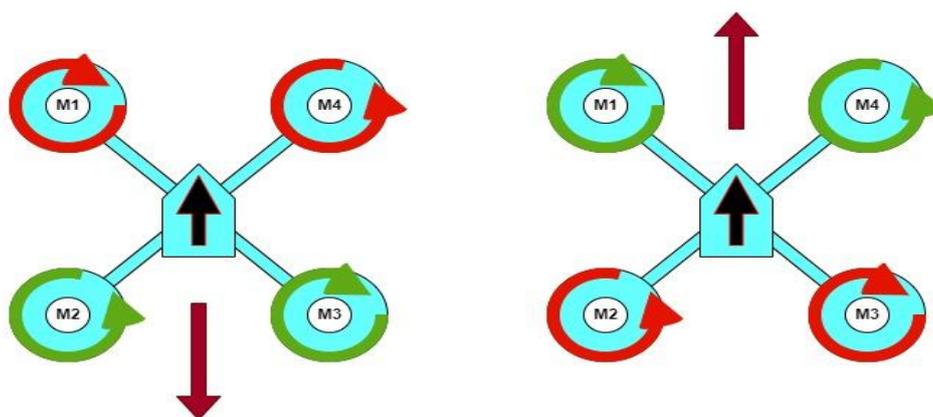


Figure II.5 : Mouvement de tangage

#### 4.2.4. Mouvement de lacet (Yaw) : Rotation :

Ce mouvement permet une rotation de drone sur l'axe Z vers la droite ou la gauche, pour le faire on augmente la vitesse des moteurs situé dans le même axe et diminuer celle des autres, on l'appelle « Lacet » ou « Yaw ».

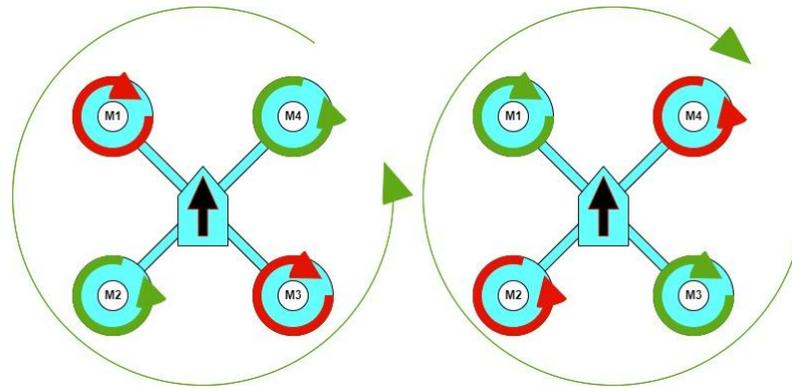


Figure II.6 : Mouvement de lacet

Dans notre projet on annule ce mouvement.

### 5. Le contrôleur PID :

Le régulateur PID, appelé aussi correcteur PID (proportionnel, intégral, dérivé) est un système de contrôle permettant d'améliorer les performances d'un asservissement, c'est-à-dire un système ou procédé en boucle fermée. C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie où ses qualités de correction s'appliquent à de multiples grandeurs physiques.

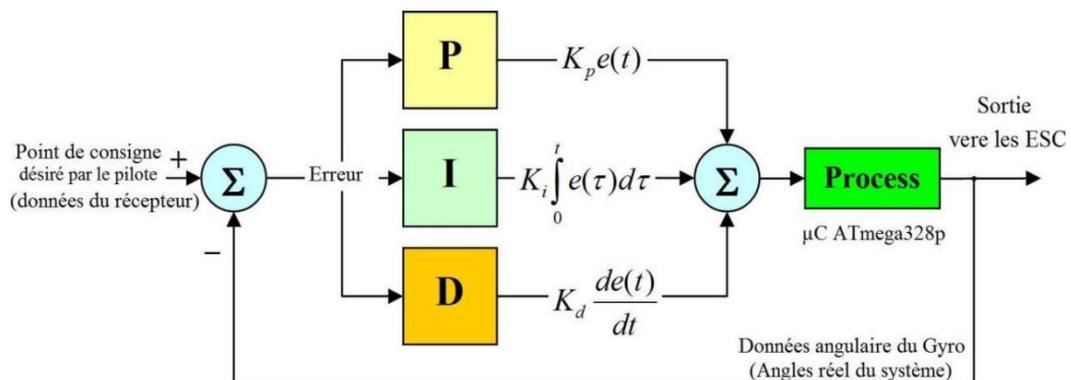


Figure II.7: le correcteur PID.

### 6. Description générale sur Les composants utilisés :

Dans cette partie nous essayons de décrire les différents composants constituant notre robot pour mieux comprendre son fonctionnement :

#### 6.1. Arduino :

Arduino est une carte électronique plus exactement à un microcontrôleur qui permet d'apprendre l'électronique et de réaliser des prototypes facilement et rapidement à un coût très faible tout en se familiarisant avec la programmation informatique.

Dans notre projet on a utilisé deux types d'Arduino Uno et nano :

### 6.1.1. Arduino Uno :

La carte Arduino Uno est composée de 14 broches d'entrées/sorties digitales, en générale six pin's sont disponible en PWM (3,5,6,9,10,11), et 6 pin's d'entrées analogiques (A0, A1, A2, A3, A4, A5), d'une connectique USB, d'une connectique d'alimentation, d'un port ICSP et d'un bouton RESET.

La description de toutes les broches de la carte Arduino Uno est présentée dans l'image ci-dessous :

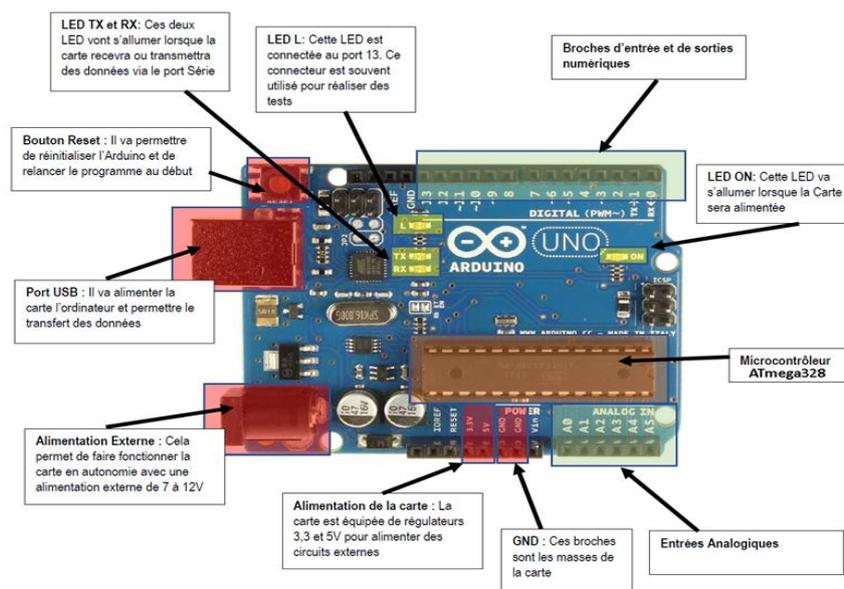


Figure II.8 : Description des entrées/sorties de la carte Arduino Uno

#### 6.1.1.1. Caractéristiques : [15]

La carte arduino Uno est caractérisée par:

- Alimentation de la carte arduino :

Il est possible d'alimenter l'Arduino soit par le port USB ou par le connecteur externe:

- ✓ Via port USB
- ✓ 7 à 12 V sur le connecteur
- Microcontrôleur : ATmega328
- Mémoire flash : 32 kb

- Mémoire SRAM : 2 kb
- Mémoire EEPROM : 1 kb
- Interfaces d'entrées/sorties digitales :

Il contient plusieurs broches :

- ✓ 14 broches d'E/S dont 6 PWM
- ✓ 6 entrées analogiques 10 bits
- ✓ Bus série, I2C et SPI
- Intensité par E/S : 40 mA
- Cadencement : 16 MHz
- Gestion des interruptions
- Fiche USB B
- Dimensions : 74 x 53 x 15 mm

### 6.1.2. Arduino nano :

La carte Arduino Nano est un circuit électronique basé sur un microcontrôleur de type ATmega 168 ou 328P.

Elle est souvent utilisée dans les applications un peu plus petites.

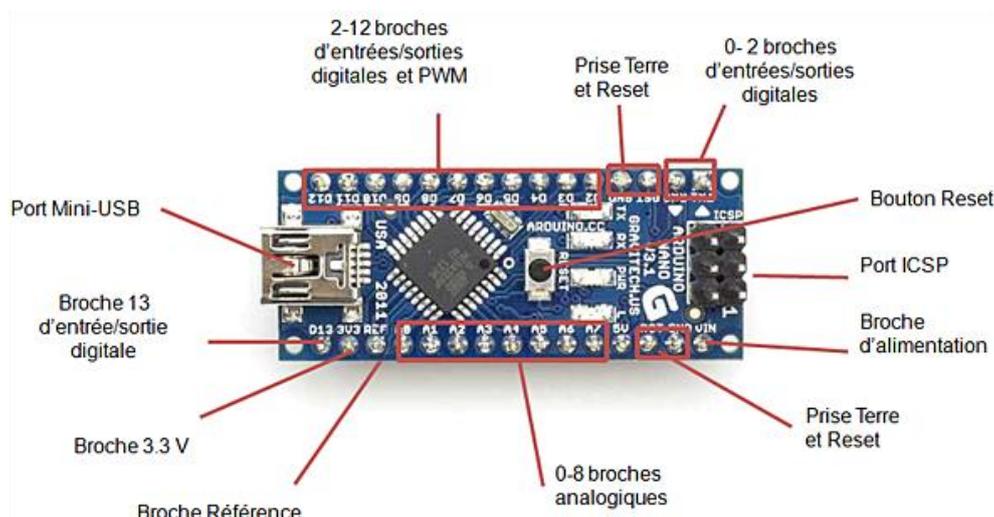


Figure II.9 : Description des entrées/sorties de la carte Arduino Nano

## 6.1.2.1. Caractéristiques :[16]

La carte arduino Uno est caractérisée par :

- Microcontrôleur : AT méga 328P.
- Fréquence d'horloge : 16MHz.
- Tension de service : 5 V.
- Tension d'entrée (recommandée) : 7-12V.
- Ports numériques : 14 entrées et sorties (6 sorties commutables en MLI).
- Ports analogiques : 8 en entrées analogiques.
- Courant maxi. Par broche d'E/S (c.c.) : 40mA.
- Mémoire flash : 32 ko
- Mémoire SRAM : 2 ko
- Mémoire EEPROM : 1 ko

**6.2. DC Moteur :**

Le moteur DC est un moteur électrique à courant continue qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique, constitue de deux partie le stator et le rotor, quand le moteur est alimenté le stator fournit un champ magnétique constant qui met le moteur en mouvement dans une direction, afin de le faire tourner en sens opposé on inverse les pôles d'alimentation.

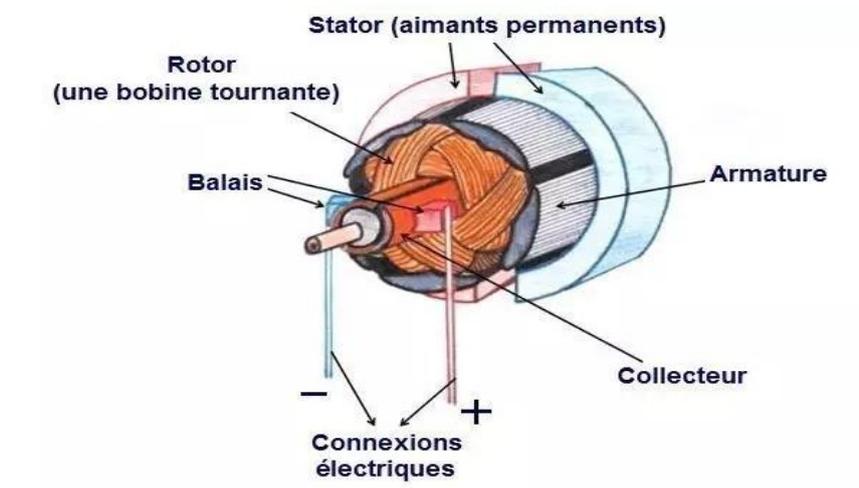


Figure II.10 : moteur DC

### 6.3. Le module L298N :

Le module L298N est un circuit électronique permettant le pilotage de moteur à courant continu ou d'un moteur pas-à-pas [17].

Il est capable de contrôler des moteurs DC de 5 à 12V, et on peut contrôler leur vitesse utilisant les pins ENA pour le moteur 1 et ENB pour le moteur 2 ainsi leur sens de rotation utilisant les pins IN1 et IN2 pour le moteur 1 et IN3 et IN4 pour le moteur 2. L'alimentation de ce module est variée entre 3 et 35 V.

The motor driver has a two terminal block in each side for each motor.  
OUT1 and OUT2 at the left and OUT3 and OUT4 at the right.

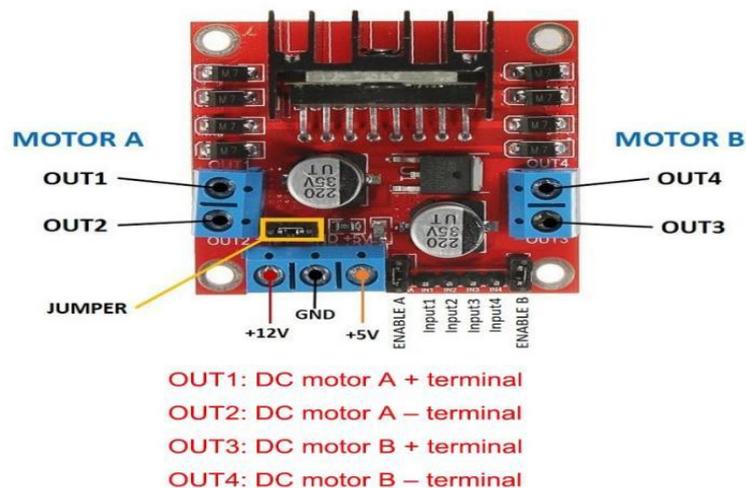


Figure II.11: signification des pins de L298N

#### 6.3.1. Caractéristiques :

- Alimentation : de 5 à 35V.
- Courant maximum : 2A.
- Tension acceptée sur les broches input : 5V.

### 6.4. Le servomoteur :

Le servomoteur est un ensemble mécanique et électronique contient un moteur DC de petite taille et un réducteur de vitesse plus un potentiomètre et un dispositif électronique d'asservissement [18] tout assembler dans une boîte en plastique.

Le servomoteur possède trois fils de connexion (marron ou noir pour la masse(0V), rouge pour l'alimentation en général (5V), boite pour le signal PWM).



Figure II.12 : Le servomoteur MG90S

6.4.1. Caractéristiques :[19]

- Dimensions : 32.5\*12\*35.5 mm.
- Tension : de 4.8 à 6 V.
- Poids : 13.4 g.
- Vitesse : 0.10 s/60° (4.8V) / 0.08s/60°(6V).
- Couple : 1.8 Kg.cm (4.8V) / 2.2 Kg.cm (6V).
- Rotation : 180°.

Exemple de signal de commande pour un servomoteur pouvant varier de 0 à 180°.

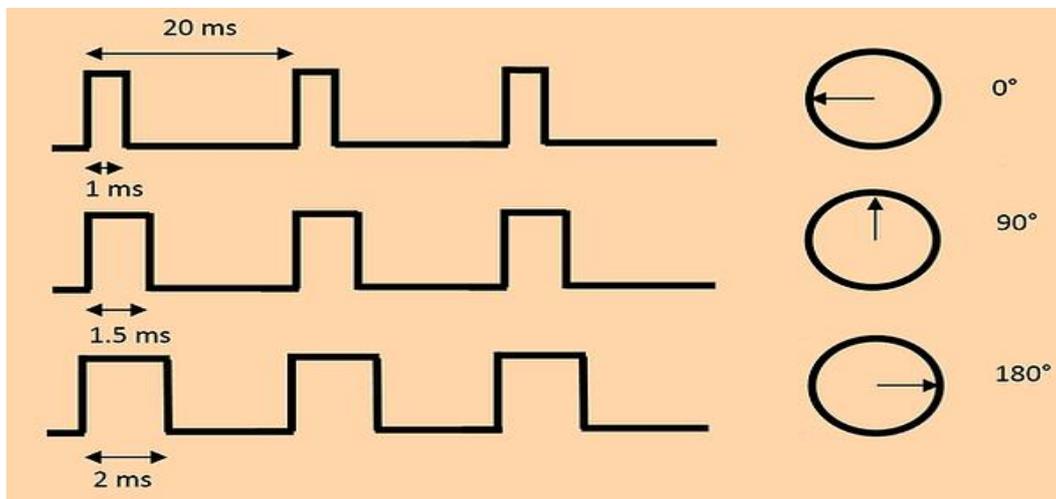


Figure II.13 : le signal PWM pour un servomoteur

### 6.5. La batterie :

Elle est une source d'énergie rechargeable nécessaire afin d'alimenter les appareils. Dans notre projet on a utilisé les batteries WZS 18650 de type Li-ion caractérisée par une tension de 3.7V et un courant de 4800mAh.

### 6.6. Joystick :

Le joystick ressemble à deux potentiomètres connectés ensemble, un pour le mouvement sur l'axe X et l'autre sur l'axe Y, il est souvent utilisé pour contrôler les véhicules RC.

Le bras de joystick est positionné au centre grâce à un ressort au point  $(x, y) = (512,512)$ , si le bras déplace dans le sens positif des axes X et Y la valeur de couple  $(x, y)$  tend vers  $(1023,1023)$ , et s'il déplace dans le sens négatif la valeur de  $(x, y)$  tend vers  $(0,0)$ .

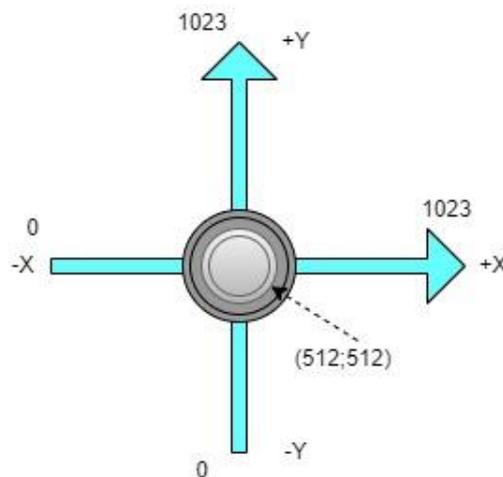


Figure II.14: les directions du joystick

### 6.7. Module nRF24L01 + PA + LNA :

La puce nRF24 est un circuit intégré. Il s'agit d'un module d'émission / réception radio fréquence , utilisé pour la communication sans fil fonctionne sur la bande des 2,4 GHz .il est très simple à piloté. Le nRF24 est possède deux versions :

Le nRF24L01+, avec son antenne intégrée au PCB.

Le nRF24L01+ PA +LNA, avec son antenne externe.

Les portées approximatives, que l'on peut atteindre avec ces modules NRF24L01, dans la pratique :

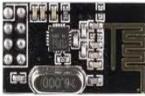
APERÇU	MODÈLE	PORTÉE EN MILIEU « CLOS »	PORTÉE « EN PLEIN AIR »	LIEN ACHAT
	NRF24L01+	~ 25 m	~ 50 m	
	NRF24L01+ PA LNA	~ 50 m	~ 400 m	

Figure II.15: les portées approximatives de nRF24

### 6.7.1. Caractéristiques : [20]

- Alimentation du module : de 1,9 V à 3,6 V.
- Distance Max à cas idéal : 1100 m à 250 Kbps, 750 m à 1Mbps, 750 m à 1Mbps.
- Nombre de canaux : 125 canaux de 1Mhz sachant qu'un nRF24 peut gérer jusqu'à 6 canaux (pipes) de communication simultanément.
- Plage de fréquentielle : 2.400 GHz à 2.525 GHz.
- Niveau de signal : Min -6 dBm, Low 0 dBm, High 3 dBm, Max 7 dBm.
- Mémoire : 32 octets en émission et réception.
- Interface de communication : SPI.
- Modulation : GFSK.
- Amplificateur de puissance en transmission PA et sensible aux perturbations environnantes en réception LNA

## 6.8. Le variateur de vitesse (ESC) :

Le variateur de vitesse électronique ou ESC ( Electronic Speed Controller en anglais) ,est un circuit électronique qui permet de varier la vitesse des moteurs à courant continu du type bushes (BLDC).il contient 3 pôles, La partie puissance du contrôleur est basée sur les transistors MOSFETs.

### 6.8.1. Caractéristiques :

- Tension d'entrée : 7.4V 14.8V (2-4 cellules Li-Po).

- Courant constant : 30A (Max 40A moins de 10 secondes).
- BEC : 5V / 2A.



Figure II.16: ESC 30A

### 6.9. Les moteurs brushless :

Le moteur brushless est un moteur sans balais triphasé de type out Runner, ou le rotor se trouve à l'extérieur, ce qui lui donne un couple beaucoup plus que les in Runner, afin de le contrôler il nécessite un ESC, sont couramment utilisé dans les drones, et les véhicules RC.

Le choix de ce moteur dépend de la fonction à effectuer, dans notre projet il est préférable d'utiliser des Moteurs A2212/ 1400KV / 10T, couplé à pales d'hélice 1045 qui il peut fournir une poussée jusqu'à 1000 g par moteur, mais nous n'avons que des moteurs SkyRC X2204 /2300KV :



Figure II.17: Motor SkyRC X2204 /2300KV

qui caractériser par :

KV(RPM/Volt)	2300KV
La résistance	0.172 $\Omega$
Voltage	2-4S LiPo
Cadre recommandé	180mm & 210mm
Courant à vide	0.8A@12V
Poids	28g
Longueur	30.5mm
Poteaux	12
Diamètre de l'arbre	$\Phi$ 3mm

Tableau II.1 : caractéristique de SkyRC X2204 /2300KV.

### 6.10. Capteurs IMU-MPU6050 :

Le IMU (Inertiel *Mesurément Unit*), MPU-6050 est un circuit imprimé contient un gyroscope MEMS à trois axes et un accéléromètre MEMS à trois axes, qui lui permet de mesurer les accélération linéaires et angulaires, il est souvent utilisé un bus I2C standard pour la transmission de données [21] .

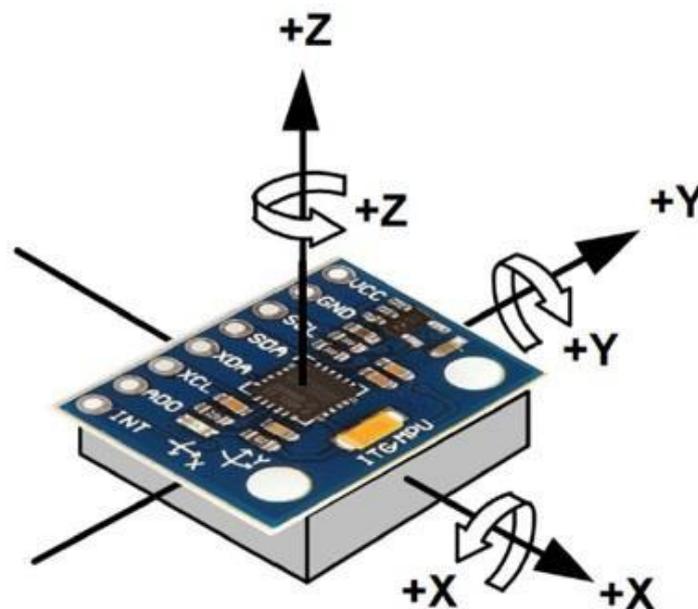


Figure II.18 : Le Capteurs IMU-MPU6050.

**7. Conclusion :**

La conception détaillée permis d'avoir une version plus précise sur le sujet et une compréhension plus profonde des tâches à réaliser. Elle mène également à prévoir les besoins matériels et logiciels nécessaire pour atteindre l'objectif.

## Chapitre III : Réalisation d'un robot

## 1. Introduction :

Dans ce chapitre ,on concentre sur la réalisation de notre robot ,ce projet est composé de deux partie qui sont : la partie véhicule et la partie drone dans la première partie on va faire quelques testes sur les composant, en suite on passe à contrôler à distance la direction et la vitesse d'un moteur à courant continu, puis contrôler le servomoteur à la fin de cette partie on va faire l'assemblage final.

La deuxième partie on va calibrer les variateurs de vitesse, en suite on concentre sur le contrôleur de vol, qui est le responsable sur la stabilisation du quadri-rotor.

A la fin on va essayer à contrôler la paire véhicule drone par une seul commande RF.

Pour la réalisation de notre projet, le projet est constitué de deux partie :

- La partie véhicule
- La partie drone

La figure suivante présente la conception générale de notre robot à réaliser :

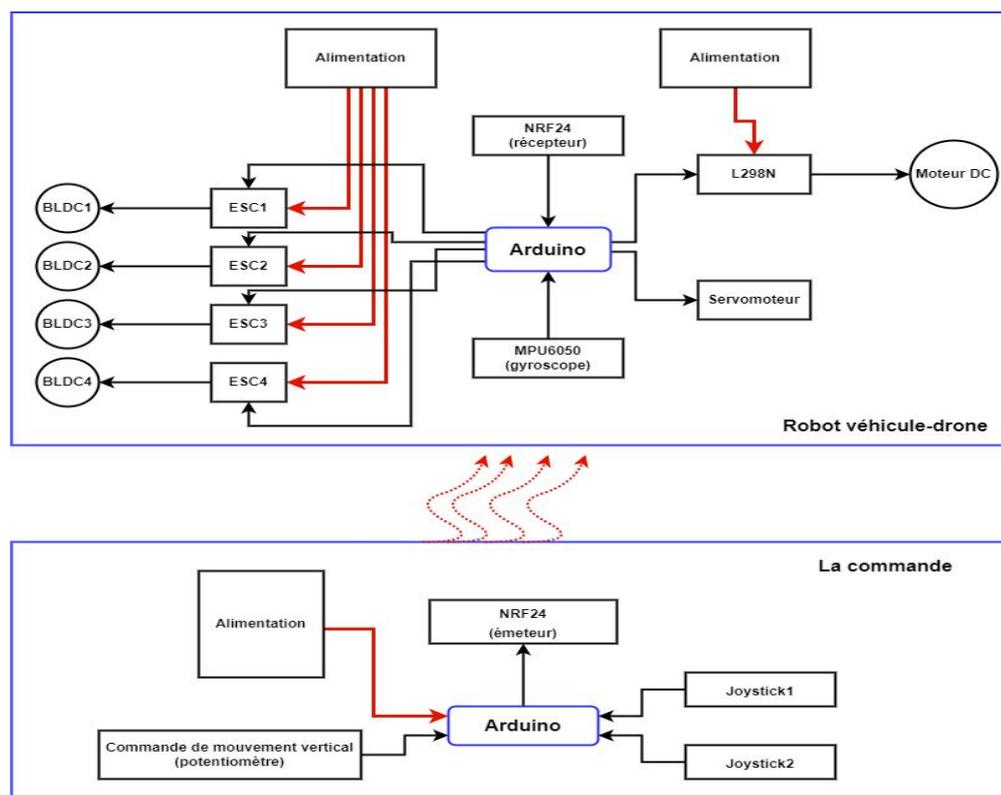


Figure III.1 : conception générale de robot véhicule-drone.

## 2. Partie véhicule :

### 2.1. Les composants utilisés :

#### 2.1.1. Pour le véhicule :

- Châssis : C'est une plaque qui représente l'ossature du véhicule, sur laquelle il supporte et assemble tous les composants du robot.
- Arduino Uno
- Moteur DC
- Le module L298N
- Servo moteur
- Récepteur nrf24l01
- Batterie

Afin de réduire le coût on a utilisé un châssis d'un jeu véhicule :

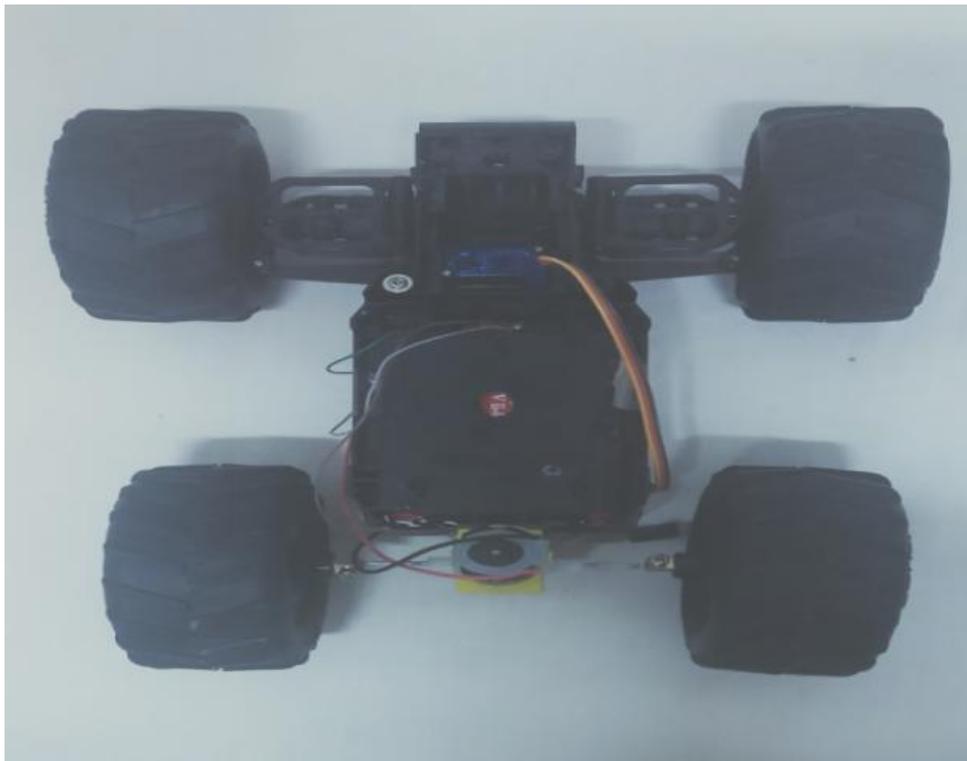


Figure III.2: châssis d'un véhicule



The screenshot shows an IDE window titled 'RX\_test' with a menu bar (Fichier, Édition, Croquis, Outils, Aide) and a toolbar. The code in the editor is as follows:

```

1 #include <SPI.h>
2 #include <RF24.h>
3 #include <RF24.h>
4 RF24 radio(7, 8)
5 const byte address = 0xF0;
6 void setup() {
7   Serial.begin(9600);
8   radio.begin();
9   radio.openReadingPipe(1, address);
10  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
11  radio.startListening();
12 }
13
14 void loop() {
15   if (radio.available()) {
16     int values;
17     radio.read(&values, sizeof(values));
18     Serial.println(values);
19   }
20 }

```

Overlaid on the code is a serial monitor window showing the following output:

```

21:46:17.281 -> 515
21:46:18.265 -> 1021
21:46:19.344 -> 1019
21:46:20.375 -> 1021
21:46:21.406 -> 0
21:46:22.437 -> 0
21:46:23.469 -> 0
21:46:24.500 -> 0
21:46:25.531 -> 511
21:46:26.563 -> 35
21:46:27.594 -> 0
21:46:28.625 -> 512
21:46:29.657 -> 554
21:46:30.688 -> 1021
21:46:31.719 -> 1021

```

At the bottom of the serial monitor, there are two checked options: 'Défilement automatique' and 'Afficher l'horodatage'.

Figure III .5 : les résultats de test.

Maintenant, quand tout fonctionnera bien, nous ferons notre première étape dans notre projet, qui consiste à contrôler à distance la direction et la vitesse d'un moteur à courant continu à l'aide d'Arduino et du module L298N et du module NRF24L01.

Branchement des composants :

### 2.2.1. Pour l'émetteur (Figure III.3) :

➤ La connexion de nrf24l01 à Arduino est la suivante :

- CE au PIN 7
- CSN au PIN 8
- SCK au PIN 13
- MOSI au PIN 11
- MISO au PIN 12
- VCC au 3.3v
- GND au GND

➤ La connexion de joystick à l'Arduino est la suivante :

- VCC au 5v
- GND au GND
- VRX pas connecter

- VRY au PIN A0

On a utilisé VRY pour contrôler le moteur DC, et VRX pour contrôler le servomoteur.

L'alimentation de l'Arduino se fait par une batterie li-ion 7.4v.

### 2.2.2. Pour le récepteur :

La connexion de nrf24l01 à Arduino est la même que l'émetteur.

La connexion du module L298N à Arduino est :

- ENA au PIN 10 (où ENA active le signal PWM pour le moteur A )
- IN1 au PIN 4
- IN2 au PIN 5
- GND au GND

Le module L298N est alimenté par une batterie li-ion 11.1v, et l'Arduino par 5v de L298N, le moteur DC est connecté au pont A de L298N, la figure suivante montre le montage de récepteur plus le moteur DC :

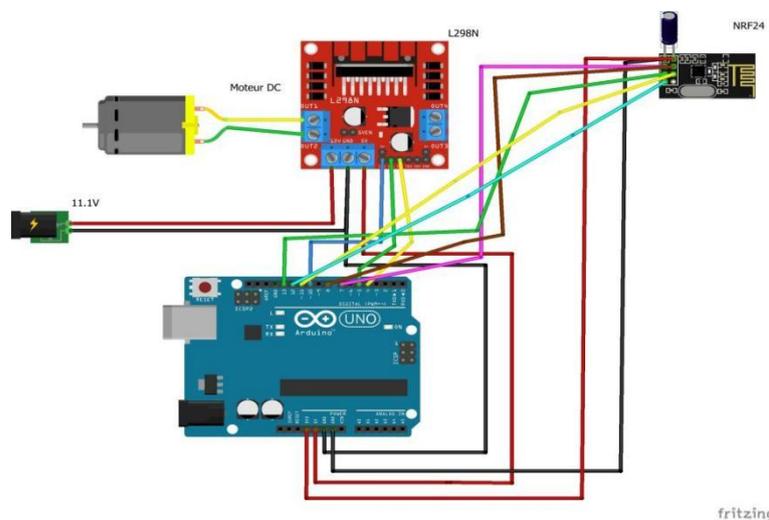


Figure III.6 : le montage de récepteur plus moteur DC

Deuxièmement, on va commander le servomoteur :

Pour l'émetteur, la connexion de nrf24l01 est la même, il se fait de connecter VRX de joystick au pin A1 de l'arduino. et charger le nouveau programme.

Pour la partie de récepteur, la connexion de nrf24l01 est toujours la même.

La connexion de servomoteur est la suivante :

- VCC au 5v
- GND au GND
- SIGNAL au PIN 3

La figure suivante montre le montage de récepteur et de servomoteur :

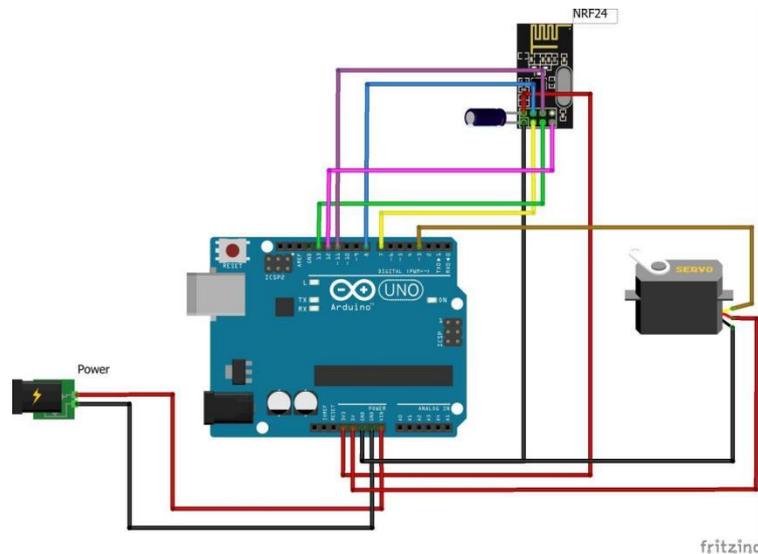


Figure III.7 : le montage de servomoteur

### 2.3. L'assemblage final :

Finalement, afin de construire notre voiture, il se fait d'assembler les deux parties, la partie de moteur DC et celle de servomoteur et placer tous les composants dans le châssis et ajouter les roues, comme la montre la figure suivante :



Figure III.8: L'assemblage final de voiture



- 4 BLDC moteur
- 4 ESC 30A
- MPU6050
- Récepteur nrf24l01
- 4 hélices 6045
- Alimentation

La figure ci-dessous présente le schéma global de notre drone :

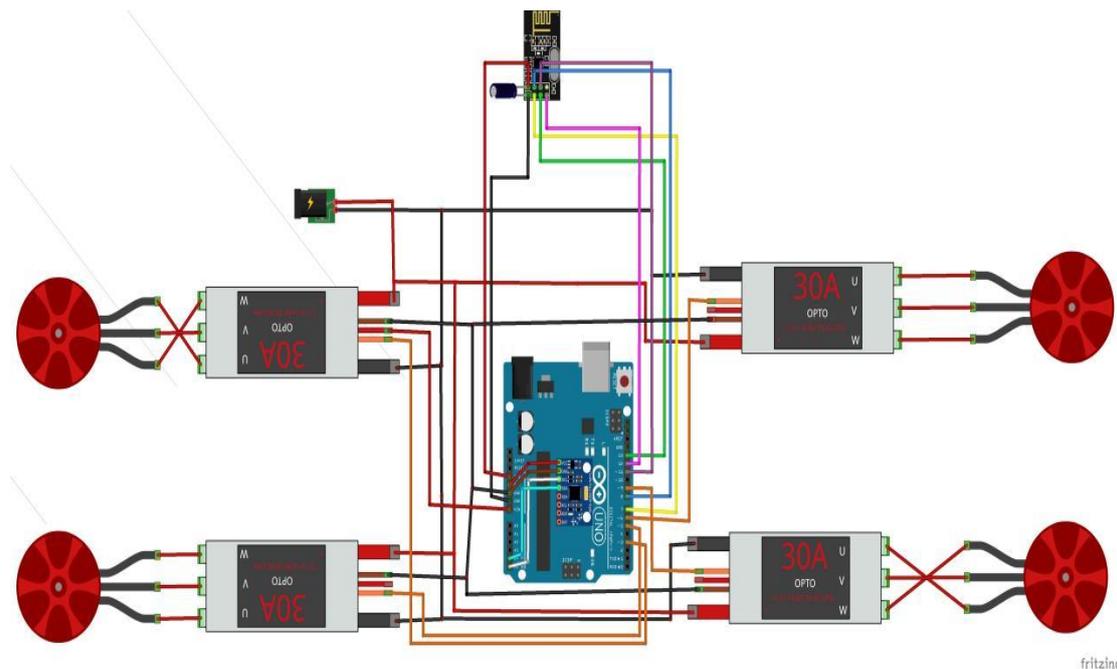


Figure III .10 : schéma de drone.

Pour le drone, on a utilisé un simple châssis de bois du forme X :

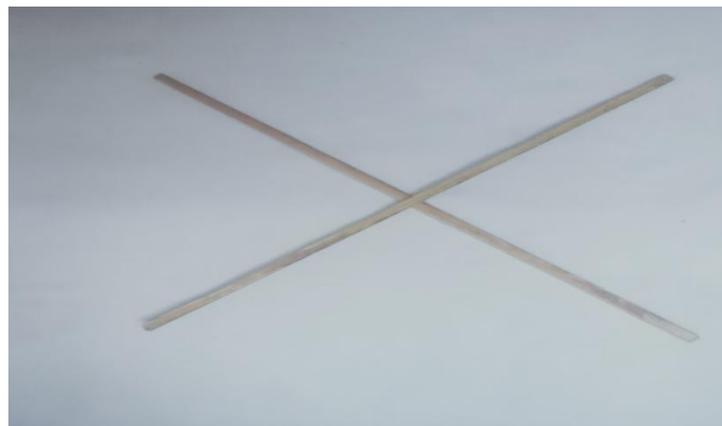


Figure III.11: châssis de drone

### 3.1.2. Pour la commande du drone :

- Arduino nano
- Émetteur nrf24l01
- Potentiomètre 10k
- Joystick
- Batterie (7.4V)

La figure suivante montre le schéma de la commande de drone :

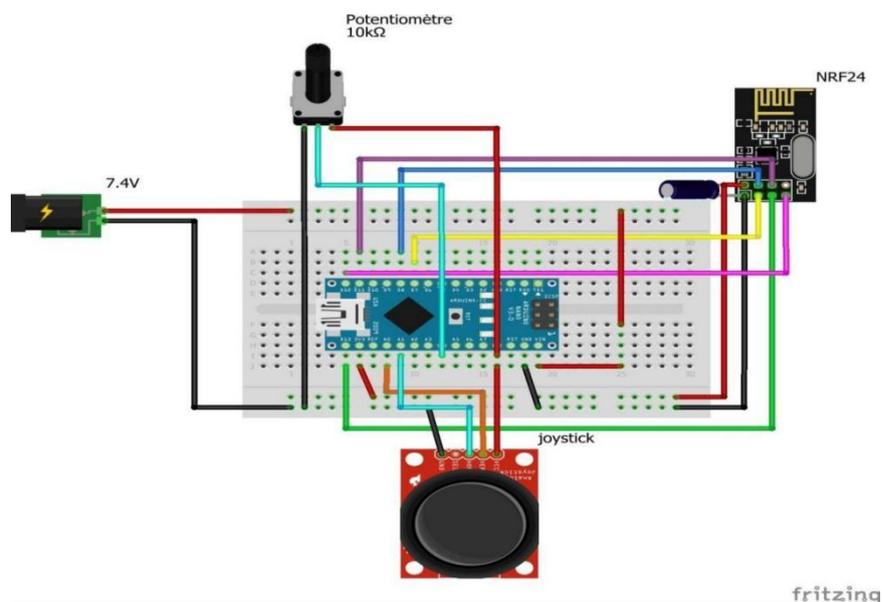


Figure III.12: le schéma de la commande de drone

Dans le cas de drone avant de commencer ,il faut équilibrer les variateurs de vitesse Secs à partir d'un Arduino uno programmé d'un algorithme spécifique, comme la montre la figure suivante :

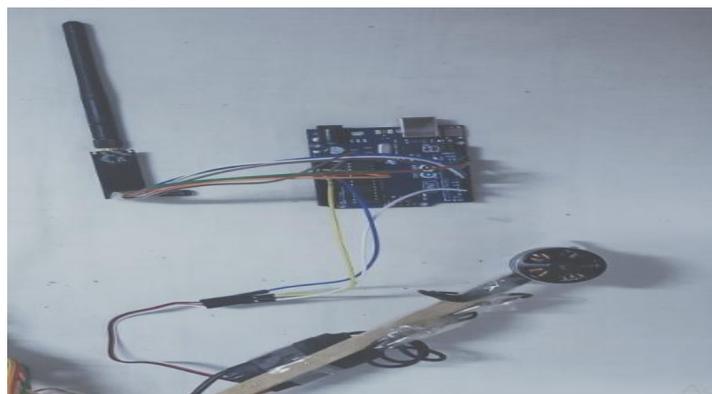


Figure III.13: calibrage de l'ESC

Dans le montage l'ESC est alimenté par un adaptateur (12V, 2A), et l'Arduino par le BEC 5V de l'ESC, le fil de signal de l'ESC est branché au pin2 de l'Arduino.

Ensuite, on a testé les hélices, pour avoir si elles sont équilibrées ou pas, comme la montre la figure :



Figure III.14: calibrage d'une hélice

Dans le cas d'une hélice qui n'est pas équilibrée, on voit qu'il y a un côté qui est plus lourd que l'autre, le côté le plus lourd forcément ils se retrouvent en bas et donc le but c'est d'arriver à avoir une hélice qui tiennent dans une position horizontale, pour l'équilibrer il y a plusieurs façons de procéder, mais tout simplement on peut procéder par ajouter un petit morceau d'adhésif.

Dans notre cas, on a de la chance parce que toutes les hélices sont équilibrées.

### **3.2. Le Module MPU6050 :**

Le module GY-521 est une carte de dérivation pour le MEMS (systèmes micro-électromécaniques) MPU-6050 qui comprend un gyroscope à 3 axes, un accéléromètre à 3 axes, un processeur de mouvement numérique (DMP) et un capteur de température. Le MPU-6050 permet d'obtenir les valeurs : angles, roulis, tangage et lacet du quadri-rotor en utilisant l'Arduino uno, à partir de ce module on fabrique un contrôleur de vol qui assure la stabilité de système utilisant le correcteur PID.

Dans notre cas le principe de base du contrôleur PID est simple, lorsque le drone se trouve déséquilibré à cause du vent ou de la turbulence.

L'algorithme envoie une commande vers les ESC qui provoque une réaction dont le sens est opposé à celui qui a conduit au déséquilibre, afin que le drone retrouve l'état souhaité. Plus précisément, il faut garder les valeurs mesurées du Gyro (données angulaires réel du

système) identique au point de consigne désiré par le pilote (données d'entrée du récepteur de la routine d'interruption), comme la montre la Figure III .15 :

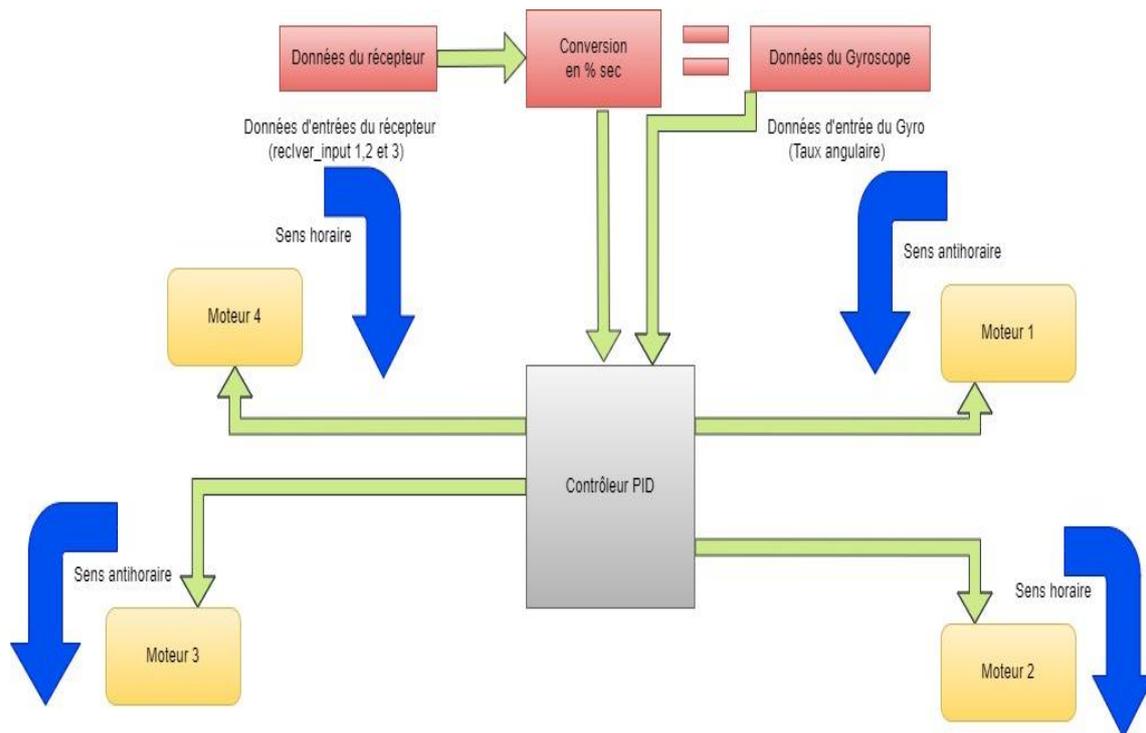


Figure III .15 : Schéma montre le principe du PID utilisé dans ce contrôleur de vol.

### 3.3. MultiWii :

Multi Wii est un projet de logiciel open source visant à simplifier le contrôle des multi-rotors. Il est possible de l'utiliser avec plusieurs cartes électroniques et capteurs.

Dans notre projet ,on a utilisé Multi Wii afin de contrôler notre quadcopter.

#### 3.3.1. Configuration des paramètres de l'interface graphique Multi Wii :

On charge le code Multi Wii que nous avons modifié dans l'Arduino après avoir placé le module MPU6050 [22].

Le montage de MPU6050 à l'Arduino se fait de la façon suivante (Figure III .16) :

- VCC au 5V
- GND au GND
- SCL au PIN A5
- SDA au PIN A4

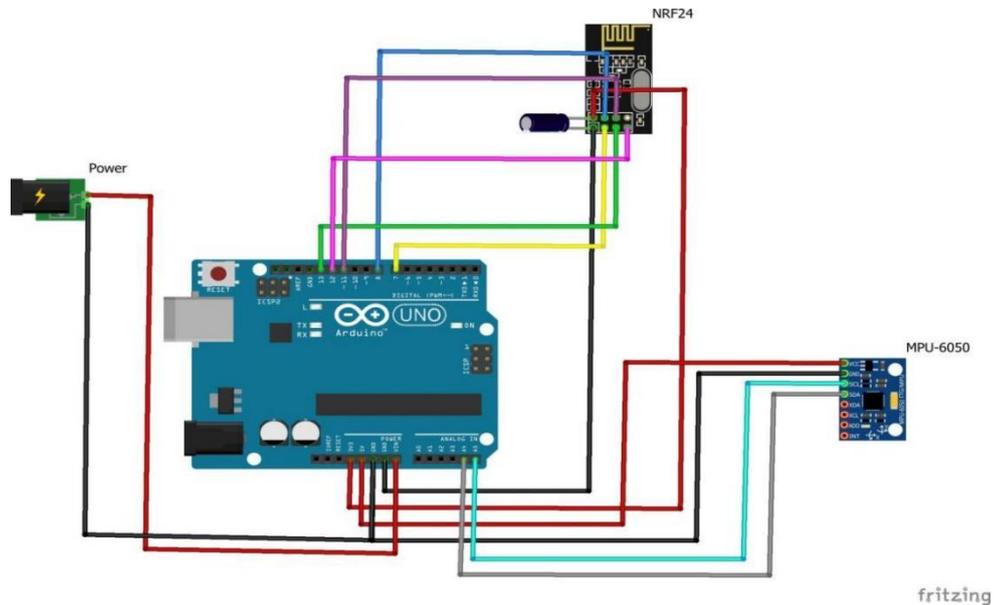


Figure III .16 : Le montage de MPU6050

Une fois que le code est chargé, on ouvre l'interface graphique Multi Wii, comme la montre la Figure III .17 :



Figure III .17 : l'interface graphique Multi Wii

Maintenant, on sélectionne le port de notre Arduino et vérifier que le débit en bauds est défini sur 115200 et on clique sur connecter. Bien sur l'Arduino doit être connecté à l'ordinateur avant de cliquer sur connecter, si tout se passe bien, vous verrez l'interface suivante :

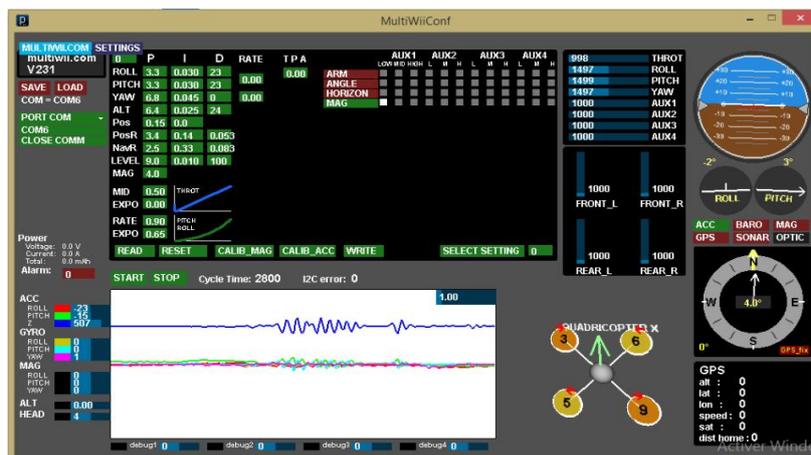


Figure III .18 : test de MPU6050

On tourne le capteur dans tous les sens, et vous pouvez voir dans le graphique s'il fonctionne correctement. Maintenant, lorsque le capteur fonctionne correctement, on peut commencer :

Premièrement, on fait le montage de notre drone, le branchement des moteurs se fait comme montre la Figure III .19, et on place le contrôleur de vol au milieu possible de drone.

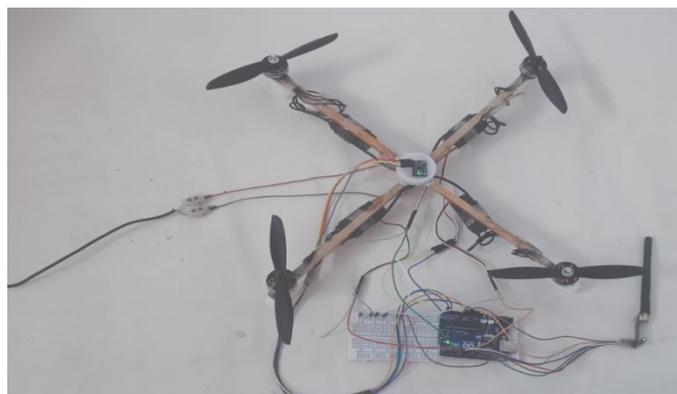


Figure III .19 : le montage final de drone.

On place le drone sur une interface horizontale, comme le sol ou la table, et on le connecte avec l'ordinateur, en suite, on ouvre l'interface graphique, les étapes sont déjà connues.

On clique sur **CALIB\_ACC**. Quand les valeurs de sortie des axes de tangage, de roulis et Z de l'ACC sera modifiée en environ 0, 0, 512 respectivement. Cela signifie que l'étalonnage est terminé, et le capteur prendre cette position comme référence.

On Clique ensuite sur Paramètres d'écriture. Cela écrira le réglage sur l'Arduino et l'enregistrera.

Dans le Canaux de sortie pour télécommande, on allume l'émetteur et on joue avec le joystick pour voir s'il reçoit les données. Si tout sa ce passe bien nous pouvons procéder au réglage PID.

Le processus de réglage PID utilisant la méthode TRIAL et ERROR prend beaucoup de temps. Il faut beaucoup de temps pour obtenir la valeur parfaite.

#### 4. Organigramme de fonctionnement du drone :

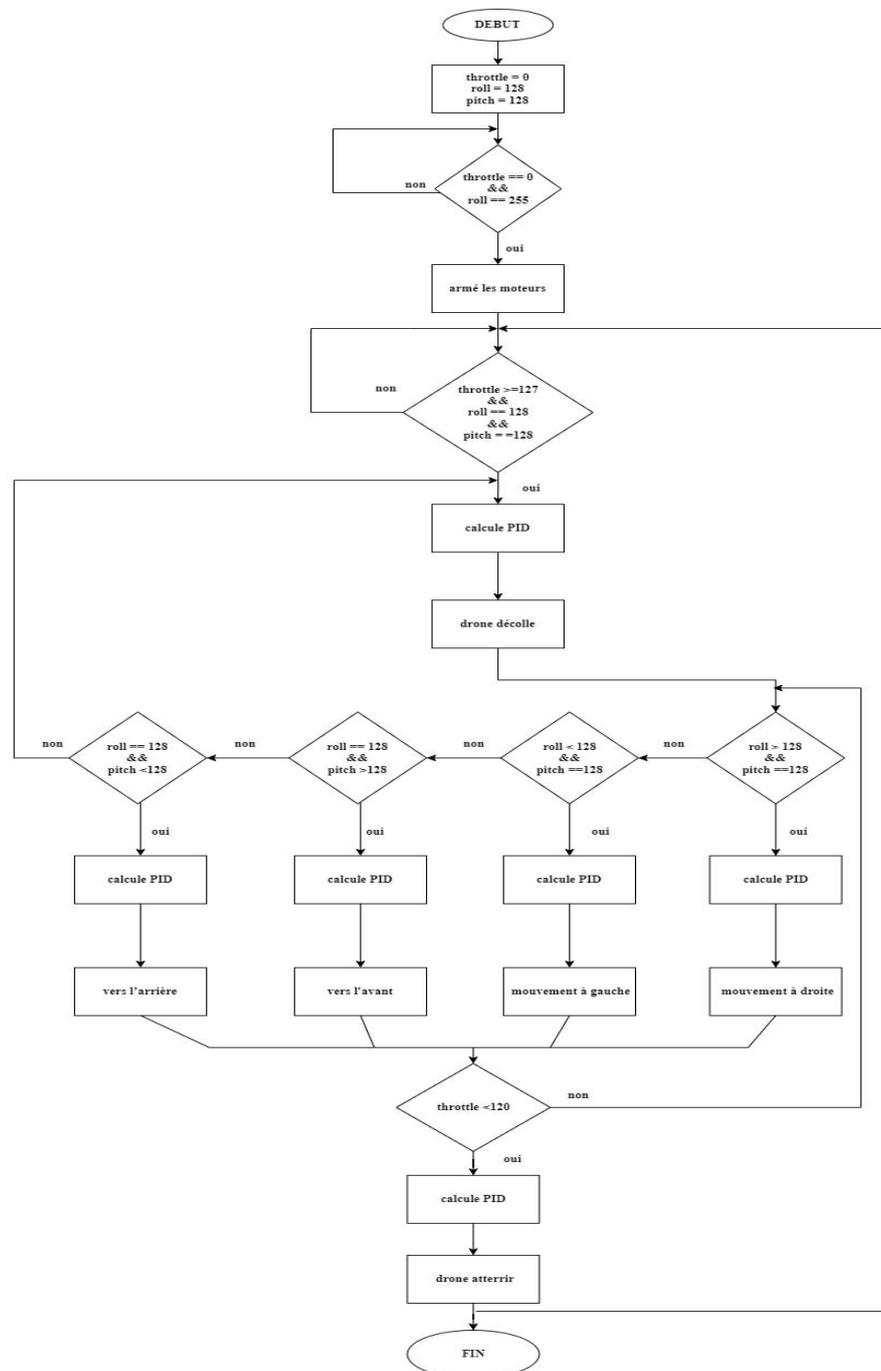


Figure III .20 : organigramme de fonctionnement du drone

**5. Conclusion:**

Dans la première partie de ce chapitre, on a réussi à contrôler le véhicule à distance utilisant la commande NRF24L01. Et dans la deuxième partie malheureusement on n'est pas arrivé à commander à distance notre drone par la commande de vol radio fréquence, à cause des problèmes liés au module MPU6050 qui a été endommagée en raison d'une utilisation fréquente.

Afin de contrôler les deux parties au même temps deux solutions sont apparues :

Soit de modifier dans le programme principal, soit d'utiliser deux récepteur radio fréquence connectés à la même adresse.

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale :

Le but de ce projet est de créer un mini robot explorateur fonctionnelle dans tous les terrains, à base d'Arduino, commandé à distance utilisant la commande radio fréquence.

Dans le premier chapitre ,on a parlé sur les robots en générale, qui explique leur type ainsi leur domaine d'applications et quelques significations pour nous aider dans les parties suivantes.

Deuxièmement, dans le chapitre deux nous avons parlé sur le fonctionnement global de notre robot, et définir les composants à utiliser dans la réalisation pratique.

Finalement, dans le chapitre trois on a fait les tests, ainsi tout ce qui est nécessaire pour réussir à créer le robot.

Dans notre projet ce qui concerne la partie drone, malheureusement on n'a pas réussi à le faire voler, à cause des problèmes liés au module MPU-6050, et donc on n'est pas arrivé à régler la stabilité de système utilisant le correcteur PID.

Afin de contrôler les deux parties au même temps deux solutions sont apparues :

Soit de modifier dans le programme principal, soit d'utiliser deux récepteur radio fréquence connectés à la même adresse.

### BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Bellili, S. Conception et Réalisation d'un Robot d'Inspection des Pipelines à base de Carte Arduino Uno [memoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra . (2019 )].
- [2] Lamara, N. Réalisation D'une Commande D'un Robot Mobile [Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri - Tizi Ouzou. .(2016) ].
- [3] Takhi, H Conception et réalisation d'un robot mobile à base d'arduino. [Université Amar Telidji- Laghouat , Algérie.(2014)].
- [4] Kessari, A. & Djafer Khodja, I. Etude Et Réalisation D'un Robot Mobile À Trajectoire Programmée Avec Éviteur D'obstacles [Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira. (2019) ].
- [5] Siegwart, R., Nourbakhsh, IR, & Scaramuzza, D. Introduction aux robots mobiles autonomes . Presse du MIT ( 2011).
- [6] Lhomme-Desages, D. Commande d'un robot mobile rapide à roues non directionnelles sur sol naturel [Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI. (2008)].
- [7] Slimane, N. Systeme De Localisation Pour Robots Mobiles [Mémoire de Magister, Université Mustapha Ben Boulaid - Batna 2. (2008)].
- [8] Cherroun, L. Navigation Autonome d'un Robot Mobile par des Techniques Neuro-Floues [Doctoral dissertation, Faculté des sciences et de la technologie UMKBiskra. (2014)].
- [9] Abdelhakimi .H ,& Abdelhakimi .A. Commande d'un robot mobile traceur et suiveur de ligne avec un évitement d'obstacle [Mémoire de Master, Université Dr Moulay Tahar - Saïda (2020)].
- [10] Darsh, RS et Dharmana, MM. Robot multi-utilitaires multi-terrains. Procedia informatique , 133 , 651-659. (2018)
- [11] Amrani.M. & Ounissi.N.Etude Et Réalisation D'un Drone Quadrirotor [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 - Guelma. (2020)].
- [12] Dahoumane, D. Commande Robuste Drone Quadri Rotor Avec La Technique De Backtepping Et Un Correcteur Pi Flou [Mémoire de Master, Université Saad Dahleb - Blida. (2016)].
- [13] HASSANE, L., KHAMMAR, I., & URBAN, J. P. Détection automatique d'objets à partir d'un drone.

## BIBLIOGRAPHIE

---

[14] Satla, Z. & Encadreur Elajrami, M. Contribution À La Modélisation Et À La Commande D'un Drone Miniature [Thèse de Doctorat, Université Djillali Liabès - Sidi Bel Abbès. (2019)].

[15] Bellili, S. Conception Et Réalisation D'un Robot D'inspection Des Pipelines À Base De Carte Arduino Uno [Mémoire de Master, Université Mohamed Khider - Biskra. (2019)].

[16] Bartmann, E. LE GRAND LIVRE D' ARDUINO. (2015) .[E-book]. Editions EYROLLES. Editions-eyrolles.com/Livre/9782212674880/le-grand-livre-d-arduino .

[17] Baddou Mohamed . Robot superviseur [ Projet fin d'étude, Université Mohamed V de Rabat. (2016)].

[18] Landrault, S., & Weisslinger, H. Arduino: Premiers pas en informatique embarquée. (2014).

site web: <https://openclassrooms.com>.

[19] Mehdi, B. Etude et realisation d'un vehicule autonome [Doctoral dissertation, Universite Badji Mokhtar Annaba. (2019)].

[20] Jerome. Tutorial NRF24L01 Arduino : caractéristiques, librairies, et exemples de code arduino. Passion Electronique . (2021, 24 mai). <https://passionelectronique.fr/tutorial-nrf24l01/>

[21] Benhamou, O., & Boudebza, B. Intitulé du sujet Réalisation d'un drone Quad-copter.(2019) <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/13139>

[22] Zaafrani,W . DRONE FOR TUNISIA (2018) درون لصنع كامل دليل . [E-book]. creative commons. pdf-كتاب-صنع-تعلم-كتاب-الدرون-طيار-بدون-الطائرات-صنع-تعلم-كتاب-<https://www.noor-book.c>