

**Projet initial en conception aéronautique**  
**Filière aéronautique et technologie de l'espace**  
**1ère année cycle ingénieur**

## Rapport de Mini-Projet:

### Etude et Conception d'un Drone Quadcoptère



**Soutenu le: 07/07/2023**

#### **Présentatrices:**

**IBRAHIMI Fatimzohra**  
**LAGHERYEB Imane**  
**ESSADIQ Layla**

#### **Jury:**

**Mr. EZZAHAR Jamal**  
**Mme. BABALHCEN Rajaa**  
**Mme. SEMLALI Hayat**

#### **Encadrant:**

**Mr. EZZAHAR Jamal**



# **Avant-Propos**

Le mini-projet est une entreprise complète réalisée dans un contexte académique, marquant la fin de la première année du programme Génie Aéronautique et Technologie de l'Espace à l'École Nationale des Sciences Appliquées de Safi.

Son objectif principal est de développer l'autonomie et la responsabilité des étudiants, ainsi que de favoriser la collaboration et l'esprit d'équipe. Il vise également à mettre en pratique les connaissances acquises et à permettre aux étudiants de valoriser leurs compétences.

La formulation d'une problématique encourage la réflexion, le sens critique et le développement d'un raisonnement personnel.

Ainsi, ce projet offre aux étudiants l'opportunité d'acquérir de nouvelles compétences technologiques et de consolider leurs connaissances théoriques tout au long de sa réalisation.



# Remerciements

*Avant d'entreprendre la rédaction de notre rapport, nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à notre encadrant, Mr. Jamal EZZAHAR, pour nous avoir accordé la liberté de choisir le sujet de notre projet ainsi que sa contribution intense à la bonne organisation du projet durant toutes ses phases.*

*Nous le remercions également pour son suivi, son encadrement et sa disponibilité permanente qui n'a cessé de prouver tout au long de la période du projet.*

*Cette opportunité nous a permis de libérer nos compétences et de repousser nos limites. Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide précieuse dans la réalisation de ce projet.*

*De plus, nous souhaitons remercier chaleureusement Dr. Saïd ECH-CHADI , notre chef de filière, pour nous avoir offert l'opportunité d'explorer nos connaissances et acquis grâce à la réalisation de projets.*

*Nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance envers notre corps professoral pour leur travail sincère et leur soutien continu, dont on site essentiellement Mme LIFI Houda, Mr ASKOUR Omar ,Mr OUKARROUCH Mohamed, Mme BABALHCEN Rajaa et Mme SEMLALI Hayat.*

*De plus, nous tenons à remercier chaleureusement toute l'équipe de la filière GATE pour leur solidarité et leur collaboration.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude envers cette expérience significative qui a joué un rôle essentiel dans notre développement professionnel.*

*Nous sommes conscients de l'importance de ce projet et nous souhaitons ardemment qu'il répond pleinement à vos attentes.*



# Résumé

Un drone quadrirotor est un type de drone qui utilise quatre rotors pour générer la force nécessaire au vol. Chaque rotor est alimenté par un moteur indépendant et contrôlé de manière individuelle, ce qui permet au drone de réaliser des mouvements précis et stables dans les airs.

La conception et la réalisation de ce projet exigent une analyse approfondie et une sélection minutieuse de composants appropriés tels que les moteurs, les hélices, les contrôleurs de vol et les batteries.

Dans ce projet, notre objectif est d'exploiter les connaissances acquises tout au long de l'année pour développer notre produit, qui est un drone quadrirotor. Nous travaillons sur les différentes parties électriques, mécaniques et informatiques impliquées, en utilisant différents logiciels spécialisés.

Ce projet est réalisé en groupe, ce qui demande à la fois un grand courage et un travail acharné. Tout au long de cette démarche, qui nécessite des connaissances préalables en programmation et en électricité, nous avons rencontré divers obstacles et contraintes, que ce soit sur le plan organisationnel, technique ou lors de la mise en marche du prototype .Cependant, grâce à notre persévérance, nous avons réussi à surmonter ces obstacles et nous sommes fiers de pouvoir vous présenter notre drone quadrirotor,

**Mots-clés :** Drone, quadricoptère, autopilote, Arduino, Conception mécanique, Télécommande



# Abstract

A quadrotor drone is a type of drone that utilizes four rotors to generate the necessary lift for flight. Each rotor is powered by an independent motor and controlled individually, allowing the drone to perform precise and stable movements in the air.

The design and realization of this project require thorough analysis and careful selection of appropriate components such as motors, propellers, flight controllers, and batteries.

In this project, our goal is to leverage the knowledge acquired throughout the year to develop our product, which is a quadrotor drone. We are working on the various electrical, mechanical, and software aspects involved, utilizing specialized software tools.

This project is a collaborative effort that demands great courage and hard work.

Throughout the process, which necessitates prior knowledge in programming and electronics, we have encountered various obstacles and constraints, whether they were organizational, technical, or related to the prototype's implementation. However, thanks to our perseverance, we have managed to overcome these challenges and we are proud to present our quadrotor drone to you.

**Keywords:** Drone, quadcopter, autopilot, Arduino, Mechanical design, Remote control



# Liste des figures

Figure 1: Drone mono- rotor.....	3
Figure 2:Drone trichoptère.....	3
Figure 3 :Drone hexacoptère.....	3
Figure 4: Drone octocoptère.....	3
Figure 5 : Photo d'un drone réel.....	4
Figure 6: Présentation de structure d'un drone.....	4
Figure 7: Fonctionnement du drone en vol.....	5
Figure 8: Mouvements possibles du drone.....	6
Figure 9: Interface du logiciel ANSYS .....	7
Figure 10: Résultat de simulation .....	7
Figure 11 : représentation de la notion du système embarqué.....	8
Figure 12 : Architecture générale d'un système embarquée.....	9
Figure 13: Exemples des Capteurs.....	9
Figure 14: Les types des convertisseur appliqués dans un système embarqué.....	9
Figure 15: Exemple de contrôleur de vol .....	9
Figure 16 : Exemple des actionneurs.....	9
Figure 17:Modélisation du système d'engrenage tournant dans le premier sens .....	11
Figure 18:Modélisation du système d'engrenage tournant dans le deuxième sens .....	11
Figure 19:BRUSHLESS.....	13
Figure 20: Contrôleur de vitesse électronique.....	13
Figure 21: Capteur gyroscope et accéléromètre.....	13
Figure 22: Batterie.....	13
Figure 23: Arduino uno.....	13
Figure 24: Visualisation du circuit.....	14
Figure 25: Code du circuit .....	14
Figure 26: Visualisation du circuit.....	14
Figure 27: Code du circuit .....	14
Figure 28: Visualisation du circuit.....	15
Figure 29: Code du circuit .....	15
Figure 30: Code du circuit récepteur.....	15
Figure 31: Code du circuit émetteur .....	15
Figure 32: Présentation de l'interface de ISIS PROTEUS.....	16
Figure 33:Circuit représentative d'un drone avant simulation.....	16
Figure 34:Circuit représentative d'un drone après simulation.....	16
Figure 35: Présentation de l'interface de CATIA V5.....	19



# Liste des figures

Figure 36: Conception du système d'engrenage.....	19
Figure 37: Différentes vues du système d'engrenage.....	19
Figure 38: Conception d'élément constructif d'engrenage .....	20
Figure 39: Conception du vis.....	20
Figure 40: Conception des engranges .....	20
Figure 41: Conception d'un cercle .....	21
Figure 42: Conception d'engrenage.....	21
Figure 43: Conception d'un autre engrenage .....	21
Figure 44: Moteur DC à courant continu 3V .....	22
Figure 45: fils de connexion.....	22
Figure 46: Arduino uno .....	22
Figure 47: Hélice .....	22
Figure 48:Engrenage.....	22
Figure 49:Approche du système .....	22
Figure 50:Système d'engrenage.....	22



# Liste des abréviations

UAV: Unmanned Aerial Vehicle.

CAN: Convertisseur analogique numérique.

CNA: Convertisseur numérique analogique.

IDE: Environnement de développement intégré.

ESC: Electronic Speed Controller.

LED: Light-emitting diode.

LCD: Liquid crystal display.

CATIA: Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée .



# Table des matières

Introduction.....	1
<b>Chapitre I : Etat de l'art.....</b>	<b>2</b>
<b>1.Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>2.Généralités sur les Drones.....</b>	<b>3</b>
2.1.Définition général des drones.....	3
2.2.Types des drones.....	3
2.3.Rôle des drones dans diverses domaines.....	3
2.4.Définition du drone quadrirotor.....	4
2.5. Structure du drone quadrirotor.....	4
2.6Fonctionnement.....	4
2.6.1.Fonctionnement électrique.....	4
2.6.2.Fonctionnement mécanique.....	5
2.7.Aérodynamique.....	6
<b>3. Généralités sur les systèmes embarqués .....</b>	<b>8</b>
3.1. Définition d'un système embarqué.....	8
3.2. Caractéristique d'un système embarqué. ....	8
3.3. Architecture d'un système embarqué.....	9
<b>4.Etude de problématique.....</b>	<b>10</b>
4.1. Présentation de problématique.....	10
4.2 Solution suggérée.....	10
<b>Chapitre II : Montage électronique et simulation.....</b>	<b>12</b>
<b>1.Intorduction.....</b>	<b>13</b>
<b>2.Matériel utilisé.....</b>	<b>13</b>
Moteur BRUSHLESS.....	13
ESC.....	13
Capteur gyroscope et accéléromètre.....	13
Batterie.....	13
Carte ARDUINO UNO.....	13
<b>3. Montage électronique.....</b>	<b>13</b>
3.1.Logiciel Freetzing.....	13
3.2.Câblage et simulation du projet en ARDUINO IDE.....	14
Simulation du systeme de propulsion.....	14
Simulation du systeme de contrôle de vol.....	14
Simulation du systeme de navigation.....	15
Simulation du systeme de communication.....	15
<b>4.Simulation du projet en PROTEUS .....</b>	<b>16</b>
4.1. Présentation du logiciel.....	16
4.2. Simulation et implémentation.....	16



# Table des matières

<b>Chapitre III : Conception et réalisation.....</b>	<b>18</b>
<b>1.Introduction.....</b>	<b>19</b>
<b>2.conception sur CATIA V5 .....</b>	<b>19</b>
<b>3.Réalisation.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.Prototype du système d'engrenage.....</b>	<b>22</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>23</b>
<b>Bibliographie. ....</b>	<b>24</b>



# Introduction

En utilisant son intelligence et sa créativité pour concevoir des dispositifs connectés capables d'accomplir des tâches à sa place, l'être humain a toujours cherché à maximiser son efficacité et sa productivité. Les systèmes embarqués tels que les robots et les équipements de contrôle et de surveillance sont devenus cruciaux pour réduire l'intervention humaine dans les processus de production, en particulier pour les tâches pénibles et répétitives.

Au sein du domaine aéronautique, l'une des inventions les plus fascinantes de l'humanité est le drone, qui est reconnu comme un dispositif aérien autonome, dépourvu de pilote et utilisé pour une multitude d'applications, allant de la photographie aérienne à la surveillance et à la livraison de colis. Les drones offrent une flexibilité et une agilité remarquables, leur permettant d'accéder à des zones difficilement accessibles par d'autres moyens. Grâce à leur capacité à effectuer des vols précis et stables, les drones ont révolutionné de nombreux secteurs, offrant de nouvelles possibilités et ouvrant la voie à l'innovation continue dans le domaine aéronautique.

Notre travail consiste à élaborer une étude industrielle complète sur les drones, en analysant en détail les aspects mécaniques et électriques. Nous examinerons également leur fonctionnement et leur conception afin de parvenir à une réalisation concrète.

Enfin, notre objectif ultime sera de concrétiser nos connaissances et nos analyses en réalisant un prototype fonctionnel de drone, en prenant en compte toutes les spécifications et les normes requises.

Cette étude industrielle complète nous permettra de mieux comprendre les drones et de contribuer à l'avancement de cette technologie passionnante, en mettant l'accent sur la performance, la sécurité et l'innovation.

Pour cela nous avons réparties notre travail en quatre parties fondamentales :

- Chapitre I : Dans ce chapitre nous allons effectuer une étude théorique complète
- Chapitre II : Dans ce chapitre nous allons introduire les différents logiciels utilisés ainsi que le travail réalisé en utilisant ces logiciels.
- Chapitre III : Dans ce chapitre nous allons traiter le côté conception et réalisation lié au drone .



# **Chapitre I :**

## **Etat de l'art**



## 1.Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons effectuer une étude théorique complète de drone. Nous commencerons par définir ce qu'est un drone généralement et présenterons ses types et ses rôles. Ensuite, nous aborderons ce qu'est ce qu'un drone quadri-rotor, sa structure et son fonctionnement, nous allons traiter ensuite les différentes composantes qui définissent un système embarqué en détaillant leurs architectures et leurs principes de fonctionnement. Enfin, nous exploiterons l'une des problématiques du drone en suggérant une solution.

## 2.Généralités sur les drones:

### 2.1.Definition général des drones:

Le terme "drone" vient de l'anglais et était à l'origine utilisé pour désigner un avion cible lent et bruyant. Aujourd'hui, il fait référence à un aéronef sans pilote à bord, contrôlé à distance depuis le sol. Les drones peuvent voler de manière autonome ou être télécommandés via une connexion Wi-Fi avec un smartphone ou une tablette. Il existe deux types principaux de drones : les multirotors, propulsés par plusieurs moteurs et équipés d'hélices, et les ailes volantes, similaires à des avions avec un moteur à hélices.

### 2.2.Type des drones:

- **Drone mono-rotor:** il possède un unique rotor interne et un rotor de queue, ce qui lui confère des caractéristiques telles qu'une vitesse de vol élevée, une grande autonomie et la capacité de voler à de hautes altitudes.
- **Drone tricoptère:** il possède trois moteurs internes , trois contrôleurs, quatre gyros et un seul servo, caractérisé par une bonne stabilité.
- **Drone hexacoptère** il possède six moteurs internes, caractérisé par un levage élevé et débarquement sécurisé.
- **Drone Octocoptère :** il possède huit moteurs internes, caractérisé par un vol plus large et une bonne stabilité



Figure 1: Drone mono-rotor



Figure 2: Drone tricoptère



Figure 3 : Drone hexacoptère



Figure 4: Drone octocoptère

### 2.3. Rôle des drones :

Le rôle d'un drone est déterminé par son utilisation spécifique et ses capacités. Voici quelques-uns des rôles courants joués par les drones :

- La surveillance et la reconnaissance, offrant une vision d'ensemble et des données en temps réel pour des applications militaires, de sécurité et de gestion des catastrophes.
- La collecte de données dans divers domaines tels que la cartographie, l'agriculture, l'environnement et l'inspection industrielle.
- La livraison et la logistique, permettant une livraison rapide et efficace de colis et des services d'urgence dans des régions difficiles d'accès



## 2.4.Définition du drone quadrirotor

Egalement appelés véhicules aériens sans pilote (UAV) ou systèmes d'aéronefs sans pilote, sont des dispositifs volants autonomes ou télécommandés qui offrent une multitude d'applications dans différents domaines



Figure 5 : Photo d'un drone réel

## 2.5. Structure d'un drone quadri-rotors:

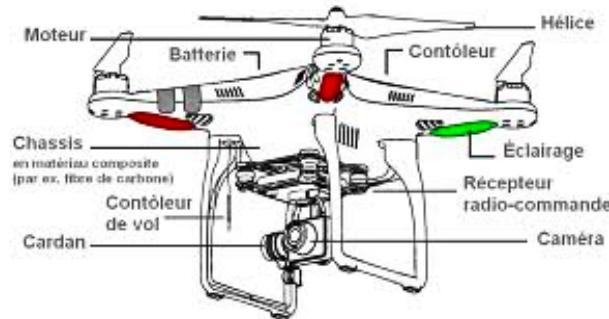


Figure 6: Présentation de structure d'un drone

**Bras** : Les bras sont les extensions du châssis qui soutiennent les moteurs et les hélices. Ils sont généralement conçus pour être solides et légers afin de minimiser le poids total du drone.

**Hélices ou rotors** : Les hélices ou rotors sont fixés aux moteurs et génèrent la poussée nécessaire pour faire voler le drone.

**Mécanismes de pliage ou rétractables** : Certains drones sont équipés de mécanismes de pliage ou de rétraction pour faciliter leur transport et leur stockage. Ces mécanismes permettent de replier les bras ou de rétracter le train d'atterrissement pour réduire la taille globale du drone

**Train d'atterrissement** : Le train d'atterrissement est le système qui permet au drone de se poser en toute sécurité sur le sol.

## 2.6. Fonctionnement:

### 2.6.1.Fonctionnement électrique:

- Alimentation en énergie électrique: L'alimentation en énergie électrique d'un drone se fait généralement à l'aide d'une batterie rechargeable. Cette batterie stocke l'énergie électrique sous forme chimique. Lorsque le drone est prêt à voler, la batterie fournit l'électricité nécessaire pour alimenter tous les systèmes du drone.
- Distribution de l'énergie électrique: La distribution de l'énergie électrique se fait à travers un réseau de câbles et de connexions. La batterie est reliée à un système de distribution d'énergie, souvent appelé le système de gestion de puissance. Ce système distribue l'électricité à différents composants du drone, tels que le contrôleur de vol, les moteurs, les capteurs et les systèmes électroniques.
- Conversion de l'énergie électrique: Une fois que l'énergie électrique est distribuée aux moteurs du drone, la conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique se produit. Chaque moteur est associé à un variateur électronique de vitesse (ESC) qui contrôle la vitesse de rotation de l'hélice. L'ESC reçoit les signaux du contrôleur de vol et ajuste la tension et le courant fournis au moteur pour réguler sa vitesse.

- Lorsque l'ESC fournit une puissance électrique aux moteurs, ceux-ci convertissent cette énergie électrique en énergie mécanique. Cette conversion se fait grâce à des bobines électromagnétiques situées à l'intérieur du moteur. Lorsque du courant électrique circule dans ces bobines, il crée un champ magnétique qui fait tourner l'axe du moteur, entraînant ainsi la rotation de l'hélice. C'est cette rotation de l'hélice qui génère la force de poussée et permet au drone de voler.

### 2.6.2. Fonctionnement mécanique:

- Lorsque les moteurs sont alimentés en énergie électrique, ils font tourner les hélices à grande vitesse. Les hélices en mouvement créent une différence de pression entre le dessus et le dessous, générant ainsi une force de portance qui permet au drone de s'élever dans les airs. En modifiant les vitesses de rotation des hélices, le drone peut effectuer des manœuvres de vol, se déplacer dans différentes directions (avant, arrière, gauche, droite) et effectuer des rotations.
- La puissance et les performances du système de propulsion dépendent de plusieurs facteurs, notamment la puissance et la capacité des moteurs, le choix des hélices, la qualité de l'alimentation électrique fournie par la batterie et la conception globale du drone. L'optimisation de ces composants permet d'obtenir une efficacité énergétique, une stabilité en vol et une maniabilité optimales
- Par exemple, en augmentant la puissance des moteurs avant, le drone avance, tandis qu'en augmentant celle des moteurs arrière, il recule. Le contrôleur de vol utilise également des capteurs embarqués pour maintenir la stabilité en détectant les mouvements indésirables et en ajustant les moteurs en conséquence. Ainsi, en combinant les forces aérodynamiques des hélices en rotation et un contrôle précis des moteurs, le drone peut voler et être manœuvré selon les commandes du pilote.

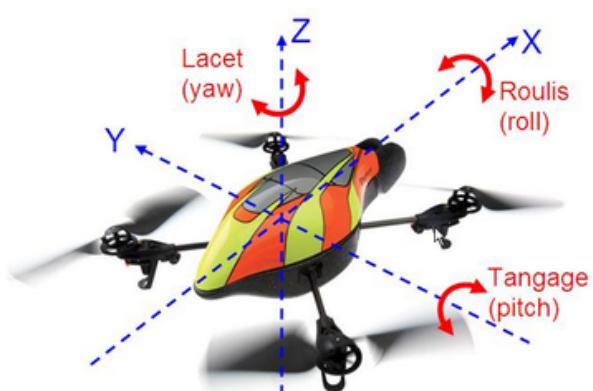


Figure 7: Fonctionnement du drone en vol



Figure 8: Mouvements possibles du drone

## 2.7. Aérodynamique:

- **Interaction entre les hélices et l'air ambiant :**

Lorsque les hélices du drone tournent, elles créent un écoulement d'air à travers leur environnement immédiat. L'air est aspiré depuis l'avant et accéléré à travers le passage entre les pales, puis rejeté à l'arrière. Cette action de propulsion génère une force de poussée qui maintient le drone en vol.

- **Effets aérodynamiques des hélices en rotation :**

Les hélices des drones sont entraînées par des moteurs qui les font tourner rapidement. Cette rotation crée un mouvement d'air à travers les pales de l'hélice, générant ainsi la portance et la propulsion nécessaires pour maintenir le drone en vol. La vitesse de rotation des hélices est un paramètre important à prendre en compte pour optimiser les performances de vol du drone

- **Résistance de l'hélice à l'aérodynamique :**

Les hélices sont conçues pour être aérodynamiquement efficaces et minimiser les pertes d'énergie due à la traînée et aux turbulences. Des profils aérodynamiques spécifiques sont utilisés pour optimiser les performances des pales, en maximisant la portance et en réduisant la traînée. De plus, des techniques de conception, telles que l'optimisation de la géométrie des pales et l'utilisation de matériaux légers, sont utilisées pour réduire les pertes aérodynamiques.

- **Conséquences sur les performances de vol :**

L'aérodynamique des hélices a un impact direct sur les performances de vol du drone :

**Génération de portance et propulsion :** Les hélices génèrent une force de portance qui soulève le drone dans les airs.

**Minimisation de la traînée :** L'aérodynamique des hélices vise à minimiser la traînée en optimisant la forme des pales et en réduisant les perturbations aérodynamiques telles que la turbulence et les tourbillons

- Afin de modéliser et analyser l'effet aérodynamique appliqué sur les ailes , nous utiliserons le logiciel ANSYS FLUENT.
- ANSYS est un logiciel de simulation numérique utilisé pour résoudre ,modéliser et analyser le comportement des structures et des phénomènes physiques

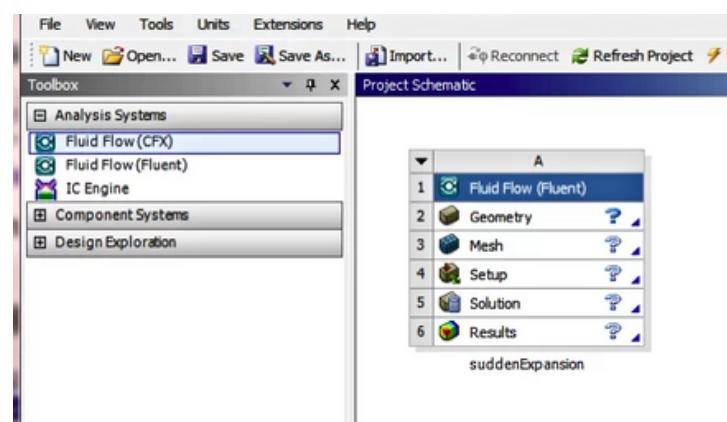
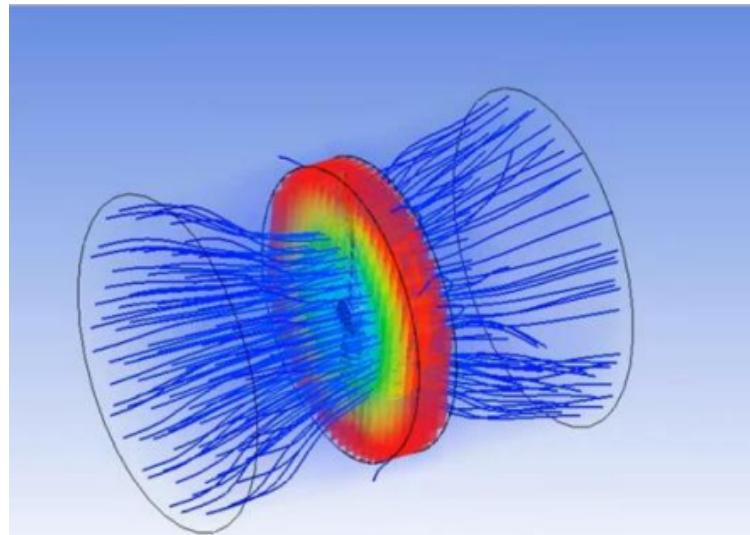


Figure 9: Interface du logiciel ANSYS

- **Résultat de simulation dans ANSYS:**



*Figure 10: Résultat de simulation*

- **Interprétation des résultats :**

**Extrémités des pales :** Les zones de haute vitesse se situent généralement à proximité des extrémités des pales de l'hélice (les zones rouges). Cela est dû à la combinaison de plusieurs facteurs, tels que la forme des pales et l'effet de la portance. Les pales s'affinent vers les extrémités, ce qui réduit la résistance à l'écoulement de l'air et permet une accélération plus importante de l'air. Cela se traduit par des vitesses plus élevées dans ces régions.

**Proximité de l'axe de rotation :** Les zones de basse vitesse se trouvent généralement à proximité de l'axe de rotation de l'hélice. Cette zone est moins soumise à une accélération importante de l'air car l'effet centrifuge diminue à mesure que l'on se rapproche de l'axe de rotation. Par conséquent, la vitesse de l'air est relativement plus faible dans ces régions.

**Gradient de vitesse :** Entre les extrémités des pales et la proximité de l'axe de rotation, il existe un gradient de vitesse continu. Cela signifie que la vitesse de l'écoulement d'air augmente progressivement de la proximité de l'axe de rotation vers les extrémités des pales. L'écoulement d'air suit une trajectoire courbe, où la vitesse augmente de manière significative à mesure que l'on se déplace le long de la pale vers les extrémités.

### 3. Introduction sur les systèmes embarqués:

#### 3.1. Définition d'un système embarqué:

On qualifie de « système embarqué » un système électronique et informatique autonome dédié à une tâche précise, souvent en temps réel, possédant une taille limitée et ayant une consommation énergétique restreinte. Il est dit embarqué dans le sens où il fait parti d'un système complet et y intègre un rôle.

#### 3.2. Caractéristique d'un système embarqué.

Ces caractéristiques font des systèmes embarqués des composants essentiels de nombreux appareils et applications modernes, offrant des fonctionnalités avancées et une automatisation dans divers domaines:

- **Autonomie** : Un système embarqué fonctionne de manière autonome et n'a pas besoin d'une intervention humaine constante pour exécuter ses tâches.
- **Contraintes temps réel** : Certains systèmes embarqués doivent répondre à des contraintes de temps strictes, exigeant des réponses rapides et prévisibles.
- **Ressources limitées** : Les systèmes embarqués sont souvent limités en termes de puissance de calcul, de mémoire, d'espace de stockage et d'énergie, ce qui nécessite une optimisation des ressources disponibles.
- **Interaction avec l'environnement** : Les systèmes embarqués interagissent avec les éléments physiques de leur environnement à l'aide de capteurs, d'actionneurs et d'interfaces utilisateur, leur permettant de surveiller, contrôler ou réagir aux conditions externes.
- **Intégration matérielle et logicielle** : Les systèmes embarqués sont composés d'un microprocesseur ou d'un microcontrôleur, de logiciels embarqués spécifiques et de périphériques matériels dédiés, conçus pour fonctionner ensemble de manière harmonieuse.
- **Fiabilité et robustesse** : Les systèmes embarqués doivent être fiables, capables de fonctionner de manière stable et sans défaillance, même dans des conditions difficiles ou dans des environnements hostiles.
- **Sécurité** : La sécurité est une considération importante dans les systèmes embarqués, notamment pour protéger les données, prévenir les intrusions et garantir le bon fonctionnement de l'ensemble du système.
- **Taille compacte** : Les systèmes embarqués sont souvent de taille réduite pour pouvoir être intégrés dans des dispositifs plus vastes et mobiles.

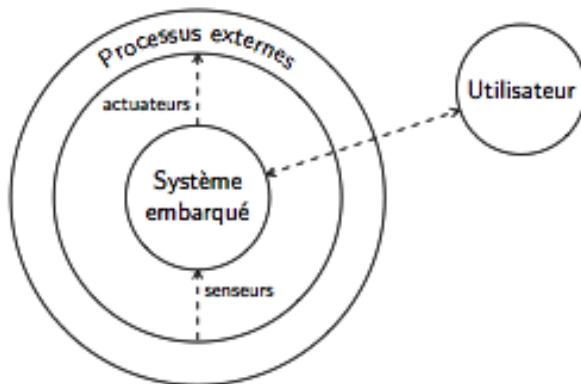


Figure 11 : représentation de la notion du système embarqué



### 3.3. Architecture d'un système embarqué:

En fonction des exigences et des spécifications du projet, l'architecture générale d'un système embarqué peut varier. Cependant, voici un aperçu des principales parties qui peuvent être présentes dans un système embarqué :

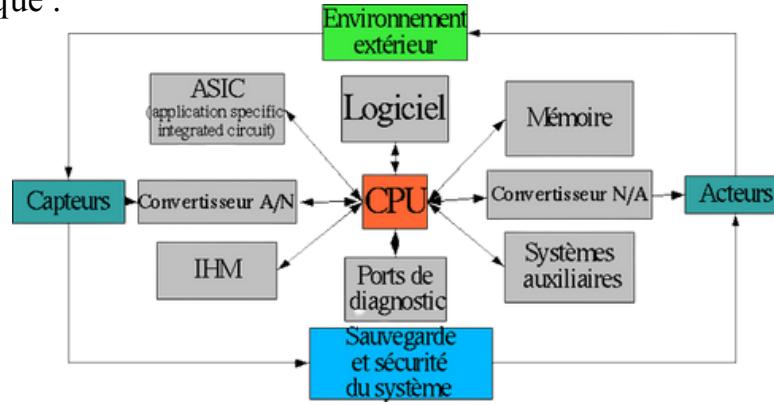


Figure 12 : Architecture générale d'un système embarqué

- Capteurs:** Les capteurs sont des éléments qui transforment une grandeur physique en information électrique. Ils rendent compte de l'état du système à un moment donné. L'information est délivrée sous la forme d'un signal qui sera exploité par une interface programmable.



Figure 13: Exemples des Capteurs

- Convertisseurs CAN et CNA :**Ces deux types de convertisseurs sont essentiels pour l'interface entre le monde analogique et le monde numérique. Le convertisseur CAN convertit des signaux analogiques en signaux numériques, tandis que le convertisseur CNA effectue l'opération inverse, convertissant des signaux numériques en signaux analogiques.

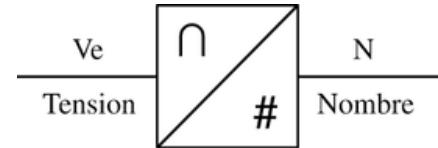


Figure 14: Les types des convertisseurs appliqués dans un système embarqué

- Contrôleur de vol:** Un contrôleur de vol est un composant électronique central dans un drone ou un aéronef télécommandé. Il est responsable du contrôle et de la stabilisation du véhicule pendant le vol.



Figure 15: Exemple de contrôleur de vol

- Les Actionneurs:** Les actionneurs sont des composants essentiels dans les systèmes d'automatisation et les systèmes embarqués. Ils sont responsables de la conversion du signal électrique en une action mécanique ou physique. Les actionneurs permettent ainsi de contrôler et de manipuler différents dispositifs tels que les moteurs, les vérins, les valves, les pompes.



Figure 16 : Exemples des actionneurs

## 4. Présentation de problématique:

### 4.1. Présentation de problématique:

- **Définir la problématique :**

Dans le domaine de l'aéronautique et de la technologie des drones, le bruit sonore d'un drone est une question importante à prendre en compte.

Le son que le drone produit peut varier d'un bruit continu faible à une fréquence aiguë qui ressemble à un essaim d'abeilles.

- **Causes de la problématique:**

Les drones sont souvent bruyants en raison de plusieurs facteurs, mais l'une des principales sources de bruit est le moteur:

**Conception du moteur** : Certains moteurs de drones sont plus bruyants en raison de leur conception, tandis que des conceptions défectueuses peuvent causer des vibrations excessives et augmenter le bruit des hélices.

**Taille et puissance du moteur** : Les moteurs plus grands et plus puissants ont tendance à produire plus de bruit en raison de la quantité d'énergie nécessaire pour faire tourner les hélices à des vitesses élevées.

**Nombre du moteurs utilisés** : Plus de moteurs dans un drone signifie plus de bruit. Chaque moteur produit du bruit lorsqu'il fonctionne, et lorsque plusieurs moteurs tournent à des vitesses élevées pour maintenir le drone en vol, le niveau sonore global augmente.

- **Conséquences de la problématique:**

Le bruit généré par un drone peut avoir des répercussions à la fois sur l'environnement et sur les populations humaines.

- Du point de vue environnemental: un bruit excessif peut perturber les écosystèmes et la faune, en particulier les animaux sensibles au bruit.
- Du point de vue humain: le bruit des drones peut avoir un impact négatif sur la qualité de vie des personnes vivant à proximité des zones de vol des drone.
- Du point de vue sanitaire: Cela peut entraîner des problèmes de sommeil, des troubles de la concentration, des maux de tête, de l'irritabilité et d'autres symptômes associés au stress sonore.

### 4.2. Solution suggérée:

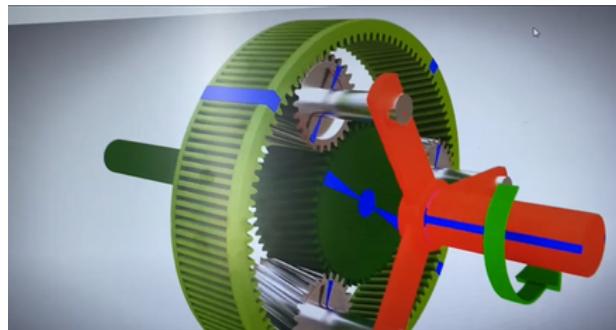
Pour résoudre le problème du bruit dans les drones, une solution envisagée consiste à remplacer les quatre moteurs individuels par un seul moteur. L'objectif principal de cette approche est de réduire le niveau sonore global émis par le drone. Cependant, afin de maintenir la propulsion des hélices et assurer le fonctionnement optimal du drone, un système d'engrenages serait ajouté.

Ce système d'engrenages jouerait un rôle crucial en permettant de distribuer la puissance du moteur unique aux quatre hélices du drone de manière équilibrée et efficace. Au lieu de chaque moteur étant responsable de faire tourner une hélice, le moteur unique transmettrait sa puissance à travers les engrenages, entraînant ainsi la rotation simultanée des quatre hélices. Cette configuration permettrait d'obtenir une propulsion adéquate tout en réduisant significativement le niveau de bruit généré.

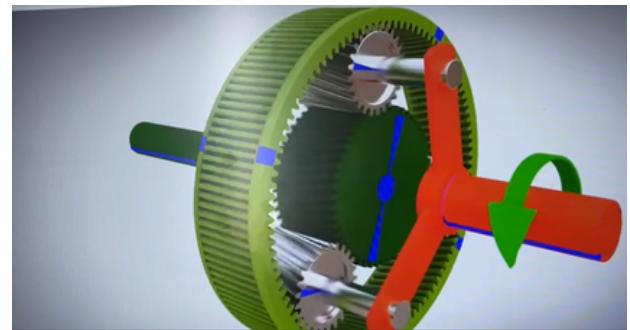


Il convient de noter que cette approche présente certains défis techniques, notamment en ce qui concerne la conception et la mise en œuvre du système d'engrenages. Cependant, si elle est réalisée avec succès, elle pourrait offrir un compromis intéressant entre la performance du drone et la réduction du bruit, permettant ainsi une utilisation plus discrète et moins intrusive des drones dans diverses applications.

En résumé, la proposition de remplacer les quatre moteurs par un seul moteur dans les drones, en utilisant un système d'engrenages pour faire tourner les hélices, offre une solution potentielle pour réduire le niveau sonore global. Cette approche permettrait de concilier les exigences de performance de vol avec la nécessité de limiter les nuisances sonores, ouvrant ainsi la voie à une utilisation plus responsable et acceptée des drones dans différents domaines d'application.



*Figure 17: Modélisation du système d'engrenage tournant dans le premier sens*



*Figure 18: Modélisation du système d'engrenage tournant dans le deuxième sens*

# **Chapitre II : Montage électronique et simulation**



## 1.Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons présenter comment fonctionne un drone afin de le modéliser. Nous allons commencer par expliquer les principaux éléments qui le composent et nous allons ainsi le simuler dans les deux logiciels arduino ide et proteus.

## 2.materiel utilisés:

- **Moteur BRUSHLESS:** Le moteur brushless ou moteur sans balais, ils utilisent un ensemble de bobines fixes (stator) et un aimant permanent tournant (rotor) pour générer un mouvement. Le moteur brushless fonctionne en créant un champ magnétique dans le stator grâce aux bobines alimentées en courant, ce qui induit un mouvement de rotation dans le rotor.



Figure 19:BRUSHLESS

- **Contrôleur de vitesse électronique (ESC):** Un Contrôleur de vitesse électronique (ESC, acronyme de "Electronic Speed Controller" en anglais) est un dispositif électronique utilisé pour contrôler la vitesse d'un moteur électrique, en particulier dans les applications de moteurs brushless



Figure 20: Contrôleur de vitesse électronique

- **Capteur gyroscope et accéléromètre :** Un capteur gyroscope mesure la vitesse angulaire de rotation d'un objet autour de ses axes. Un capteur accéléromètre mesure l'accélération linéaire d'un objet dans une direction donnée.



Figure 21: Capteur gyroscope et accéléromètre

- **Batterie :** Une batterie est une source d'énergie portable utilisée pour alimenter les composants électroniques d'un drone. Elle stocke l'énergie électrique de manière chimique et la libère lorsque nécessaire.



Figure 22: Batterie

- **Arduino uno:** La carte Arduino permet aux utilisateurs de contrôler différents composants électroniques tels que des LED, des moteurs, des capteurs, des écrans LCD, etc., en écrivant et en téléchargeant des programmes dans le microcontrôleur à l'aide de l'IDE Arduino

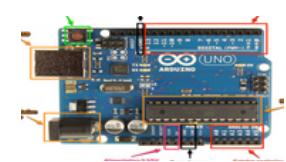


Figure 23: Arduino uno

## 3.Montage électronique:

### 3.1 logiciel Freetzing:

Freetzing est un logiciel de conception électronique convivial et intuitif, adapté aux débutants en électronique. Il offre une interface claire, une bibliothèque étendue de composants, des fonctionnalités de schémas électroniques, de conception de circuits imprimés (PCB) et de visualisation 3D. Cet outil permet de créer, vérifier et partager facilement des projets électroniques, offrant une expérience visuelle réaliste. Freetzing est une solution précieuse pour les amateurs et les professionnels de l'électronique, permettant de concrétiser rapidement et avec précision leurs idées.



### 3.2.Cablage et simulation du projet en ARDUINO UNO:

- Système de propulsion:

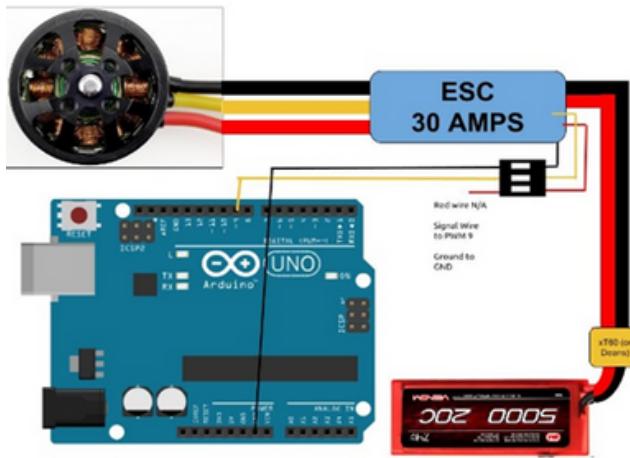


Figure 24: Visualisation du circuit

sketch\_jun27a.ino

```

1 #include<Servo.h>
2 int value = 0;
3 Servo firstESC, secondESC;
4 void setup() {
5   firstESC.attach(9);
6   Serial.begin(9600);
7 }
8 void loop() {
9   firstESC.write(value);
10  if(Serial.available())
11    value = Serial.parseInt();
12 }
```

Figure 25: Code du circuit

- Système de contrôle de vol :

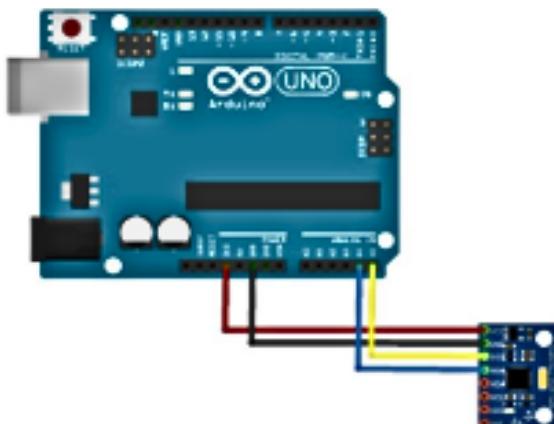


Figure 26: Visualisation du circuit

sketch\_jun27a.ino

```

1 #include <Wire.h>
2 #include <MPU6050.h>
3 MPU6050 mpu;
4 void setup() {
5   Wire.begin();
6   mpu.initialize();
7   Serial.begin(9600);
8 }
9 void loop() {
10  Vector3f gyro = mpu.getRotation();
11  Vector3f accel = mpu.getAcceleration();
12  Serial.print("Gyro (deg/s): ");
13  Serial.print(gyro.x);
14  Serial.print(", ");
15  Serial.print(gyro.y);
16  Serial.print(", ");
17  Serial.print(gyro.z);
18  Serial.println();
19  Serial.print("Accel (m/s^2): ");
20  Serial.print(accel.x);
21  Serial.print(", ");
22  Serial.print(accel.y);
23  Serial.print(", ");
24  Serial.print(accel.z);
25  Serial.println();
26  delay(100);
27 }
28 }
```

Figure 27: Code du circuit



- Système de navigation :

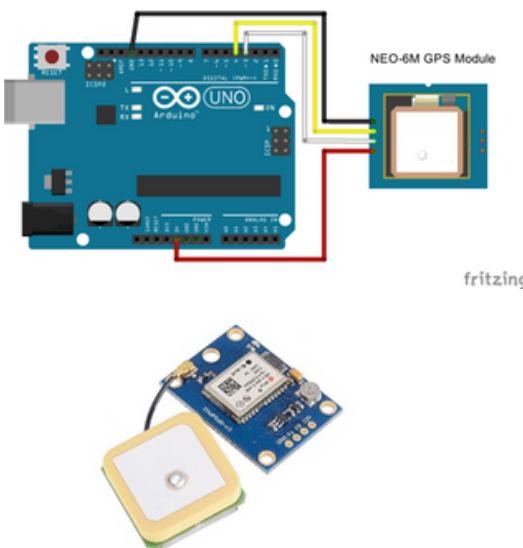


Figure 28: Visualisation du circuit

sketch\_jun27a.ino

```

1  #include <TinyGPS++.h>
2  #include <SoftwareSerial.h>
3  const int RX_PIN = 2;
4  const int TX_PIN = 3;
5  SoftwareSerial gpsSerial(RX_PIN, TX_PIN);
6  TinyGPSPlus gps;
7  void setup() {
8    Serial.begin(9600);
9    gpsSerial.begin(9600);
10 }
11 void loop() {
12   while (gpsSerial.available() > 0) {
13     char c = gpsSerial.read();
14     if (gps.encode(c)) {
15       if (gps.location.isValid()) {
16         Serial.print("Latitude: ");
17         Serial.print(gps.location.lat(), 6);
18         Serial.print(", Longitude: ");
19         Serial.println(gps.location.lng(), 6);
20     }
21   }
22 }
23 }
24 }
```

Figure 29: Code du circuit

- Système de communication :

sketch\_jul4a.ino

```

1  #include <SoftwareSerial.h>
2  SoftwareSerial communicationSerial(2, 3);
3  void setup() {
4    Serial.begin(9600);
5    communicationSerial.begin(9600);
6  }
7  void loop() {
8    if (communicationSerial.available()) {
9      char receivedChar = communicationSerial.read();
10    }
11 }
```

Figure 30: Code du circuit récepteur

sketch\_jul4a.ino

```

1  #include <SoftwareSerial.h>
2  SoftwareSerial communicationSerial(2, 3);
3  void setup() {
4    Serial.begin(9600);
5    communicationSerial.begin(9600);
6  }
7  void loop() {
8    if (Serial.available()) {
9      char dataToSend = Serial.read();
10     communicationSerial.write(dataToSend);
11   }
12 }
```

Figure 31: Code du circuit émetteur



## 4.simulation du projet en PROTEUS:

### 4.1. Présentation du logiciel:

- ISIS Proteus est un logiciel de conception électronique et de simulation de circuits électroniques. Il permet aux ingénieurs, étudiants et concepteurs de créer des schémas électroniques, de simuler le comportement des circuits et de réaliser des conceptions de circuits imprimés.

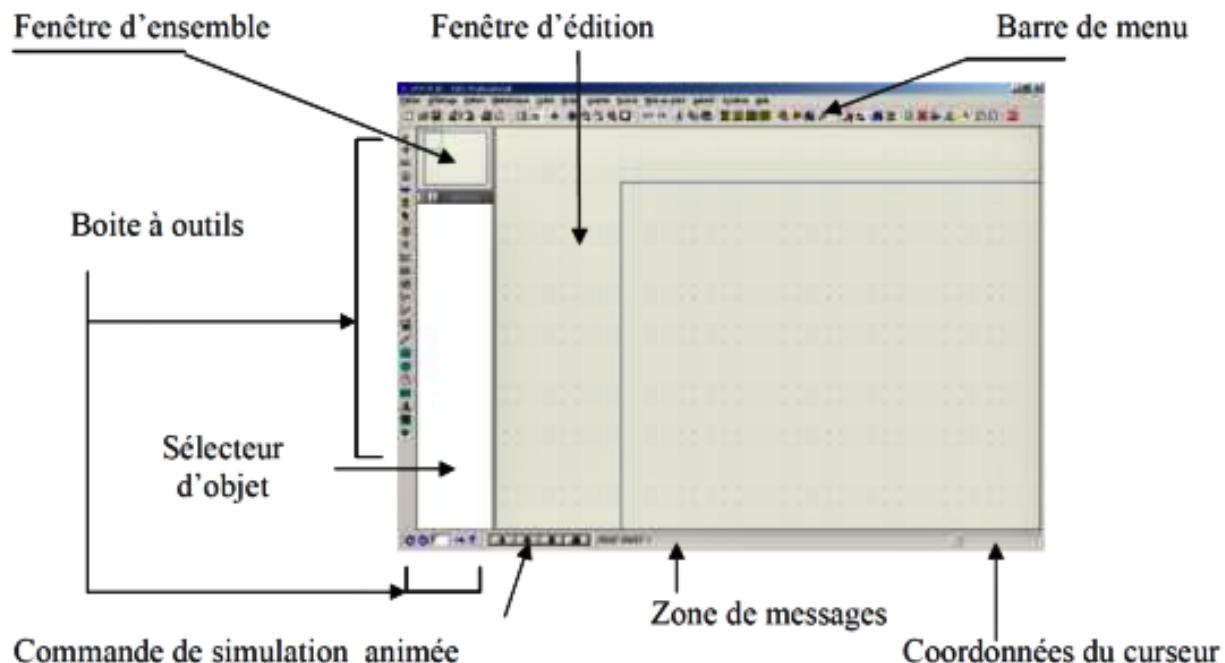


Figure 32: Présentation de l'interface de ISIS PROTEUS

### 4.2. Simulation et implémentation:

La carte de commande utilisée dans notre projet est composée d'une carte Arduino de type UNO, de quatre moteurs à courant continu pour permettre le vol du drone , ainsi que deux module L293D pour piloter les moteurs dans les deux sens de rotation ainsi que varier la vitesse.

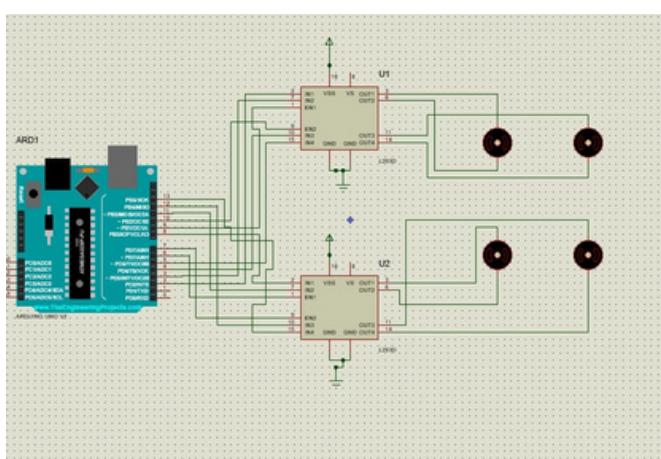


Figure 33:Circuit représentative d'un drone avant simulation

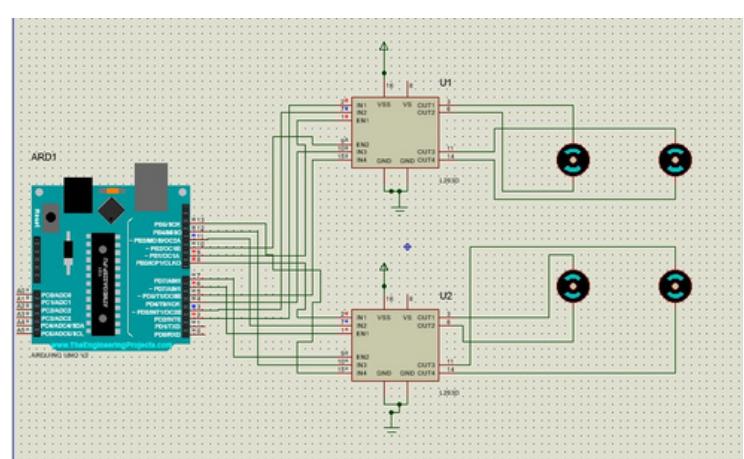


Figure 34:Circuit représentative d'un drone après simulation



- **Code de simulation:**

```
// Définition des broches de contrôle pour L293D 1
const int enA1 = 9; // Broche Enable 1 (ENA) pour L293D 1
const int in1 = 2; // Broche d'entrée 1 (IN1) pour L293D 1
const int in2 = 3; // Broche d'entrée 2 (IN2) pour L293D 1

// Définition des broches de contrôle pour L293D 2
const int enA2 = 6; // Broche Enable 1 (ENA) pour L293D 2
const int in3 = 8; // Broche d'entrée 1 (IN1) pour L293D 2
const int in4 = 11; // Broche d'entrée 2 (IN2) pour L293D 2

void setup() {
    // Configuration des broches en sortie
    pinMode(enA1, OUTPUT);
    pinMode(in1, OUTPUT);
    pinMode(in2, OUTPUT);
    pinMode(enA2, OUTPUT);
    pinMode(in3, OUTPUT);
    pinMode(in4, OUTPUT);
}

void loop() {
    // Faire avancer les moteurs 1 et 2 pendant 2 secondes
    motorControl(enA1, in1, in2, HIGH, LOW); // Moteur 1 : sens avant
    motorControl(enA2, in3, in4, HIGH, LOW); // Moteur 2 : sens avant
    delay(2000);

    // Faire tourner les moteurs 1 et 2 en sens inverse pendant 1 seconde
    motorControl(enA1, in1, in2, LOW, HIGH); // Moteur 1 : sens arrière
    motorControl(enA2, in3, in4, LOW, HIGH); // Moteur 2 : sens arrière
}

// Fonction pour contrôler les moteurs via le L293D
void motorControl(int enA, int in1, int in2, bool state1, bool state2) {
    digitalWrite(in1, state1);
    digitalWrite(in2, state2);
    analogWrite(enA, 255); // Vitesse maximale (pour une alimentation 5V)
}
```



# **Chapitre III :**

## **Conception et réalisation**



## 1.Introduction:

Dans ce chapitre, nous aborderons les différentes étapes de la réalisation d'un drone depuis la conception mécanique initiale jusqu'à la mise en œuvre finale , En fin de compte, notre objectif est de fournir une compréhension approfondie des différentes étapes du processus de conception, de réalisation et de drone quadri-rotors.

## 2.conception sur CATIA V5:

- **Définition du logiciel :**

CATIA offre une gamme complète d'outils de modélisation 3D, de simulation et de gestion des données. Il permet aux ingénieurs et aux concepteurs de créer des modèles virtuels précis de produits, de systèmes mécaniques et d'autres objets complexes .

- **Présentation d'interface :**

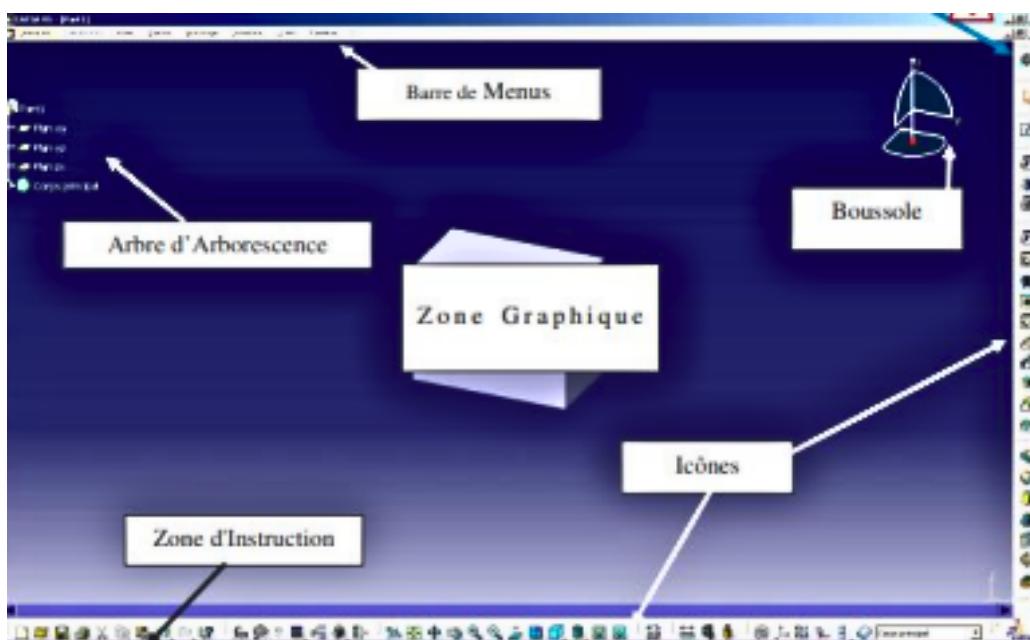


Figure 35: Présentation de l'interface de CATIA V5

- **Conception de la solution suggérée :**

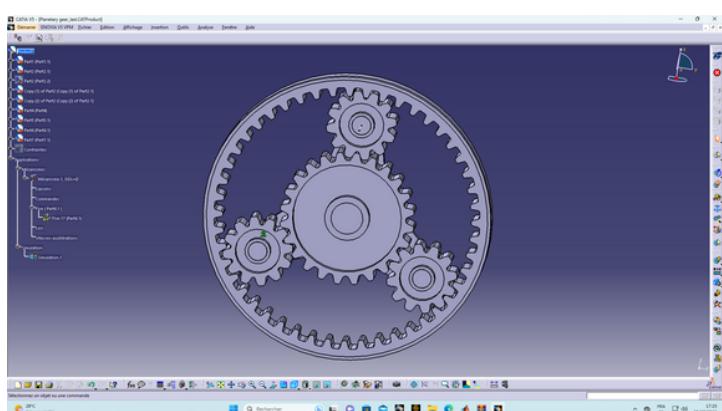


Figure 36: Conception du système d'engrenage

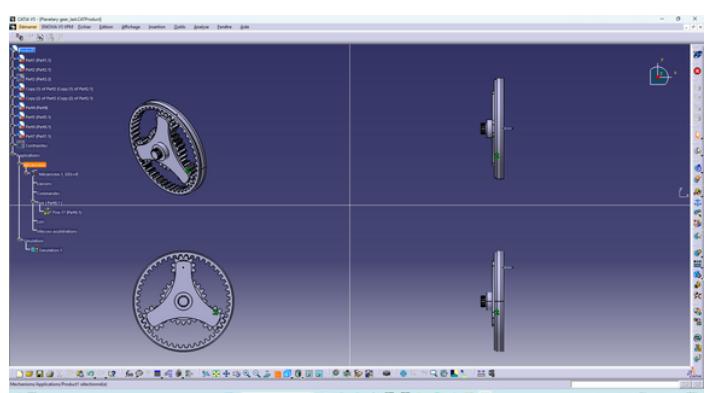


Figure 37: Différentes vues du système d'engrenage



- Présentation des pièces constructifs :

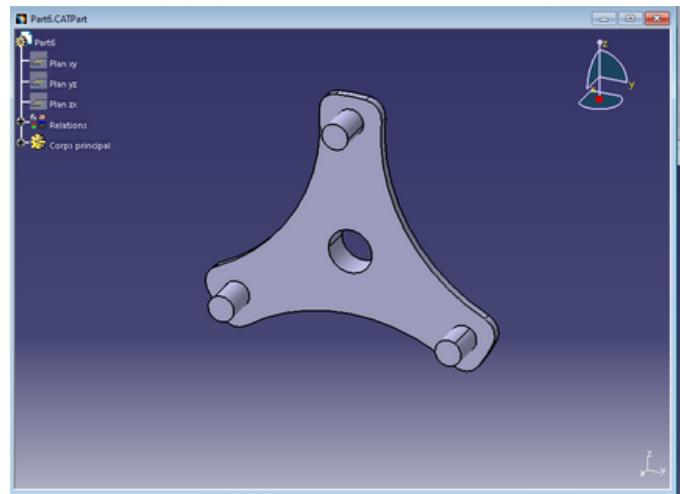


Figure 38: Conception d'élément constructif d'engrenage

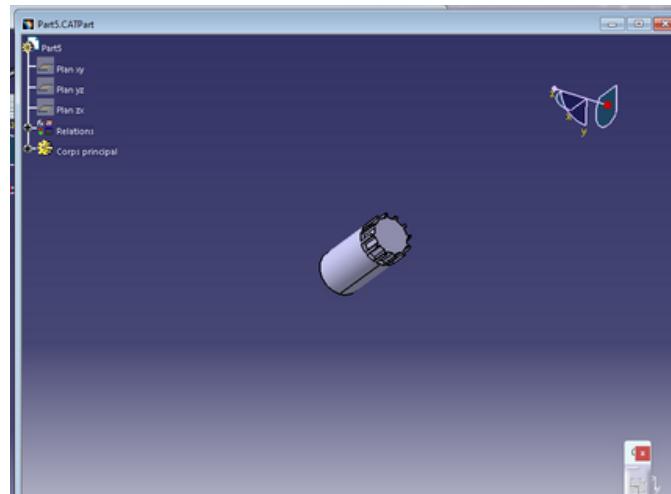


Figure 39: Conception du vis

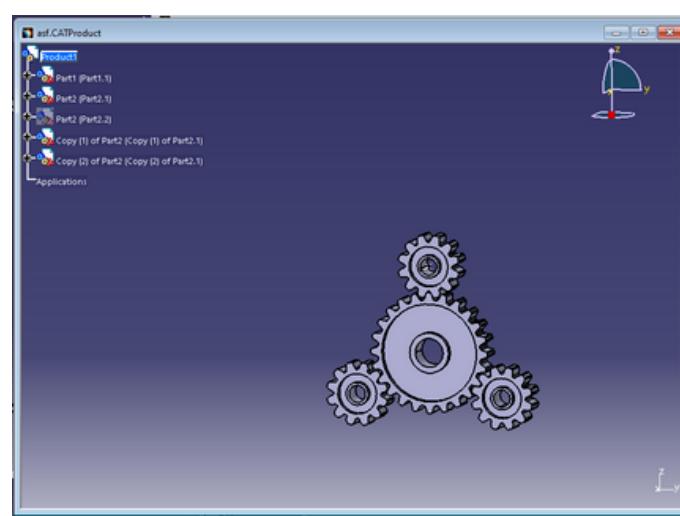


Figure 40: Conception des engranges



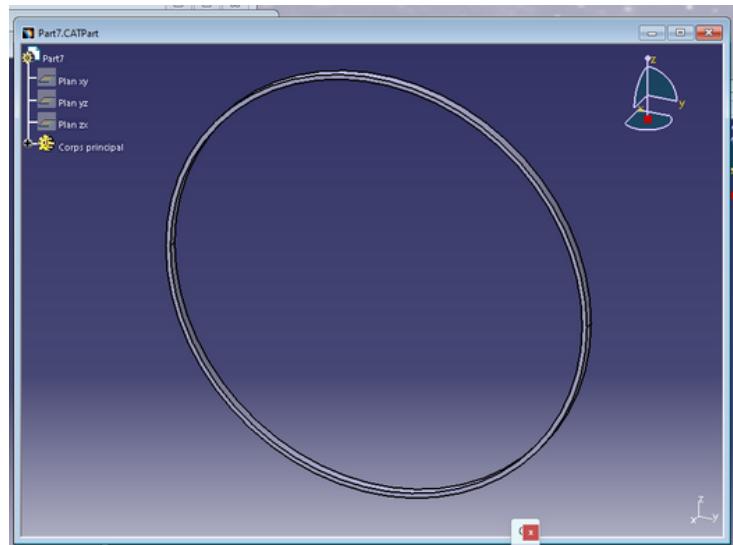


Figure 41: Conception d'un cercle

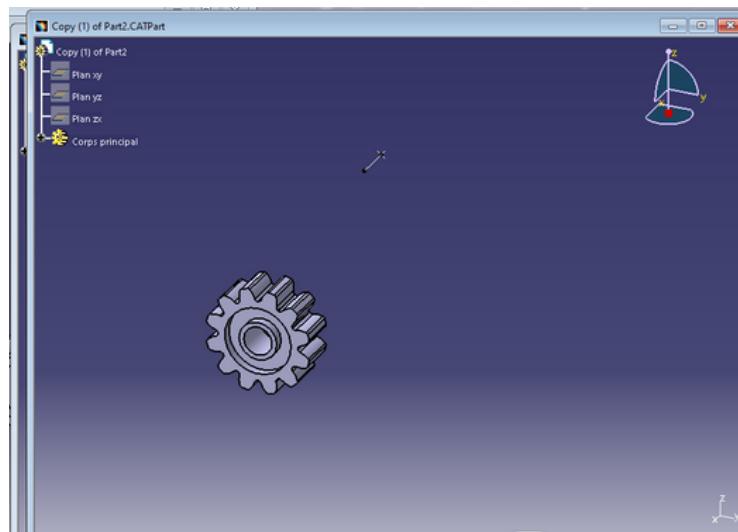


Figure 42: Conception d'engrenage

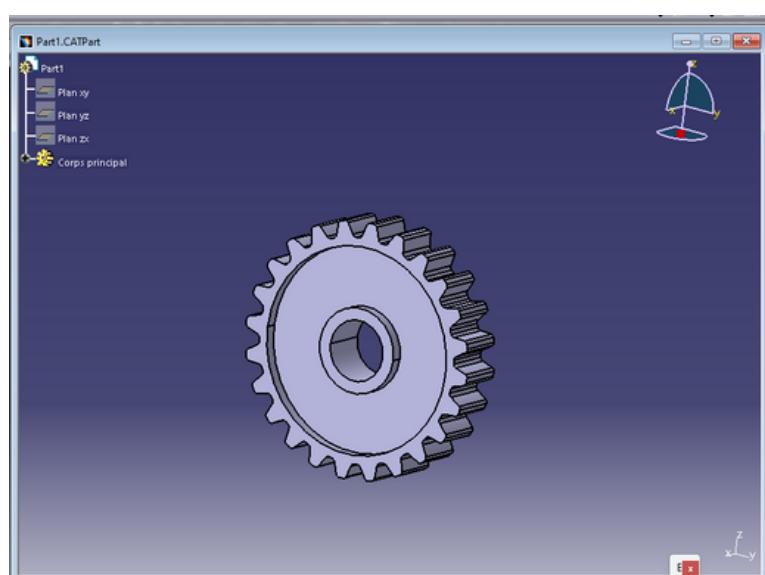


Figure 43: Conception d'un autre engrenage



### 3.Réalisation:

- Dans cette section, nous allons aborder la réalisation d'un système d'engrenage pour la réduction du bruit basé sur un seul moteur en utilisant un prototype simple composé des éléments suivants:



Figure 44: Moteur DC à courant continu 3V

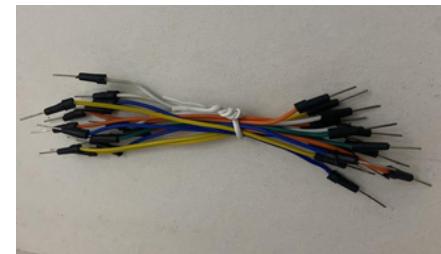


Figure 45: Fils de connexion

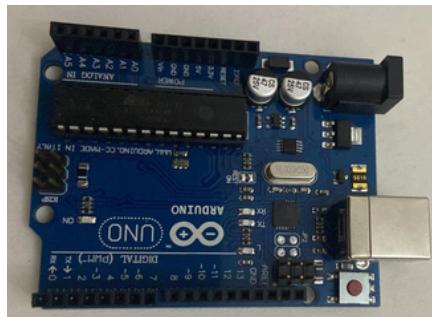


Figure 46: Arduino uno

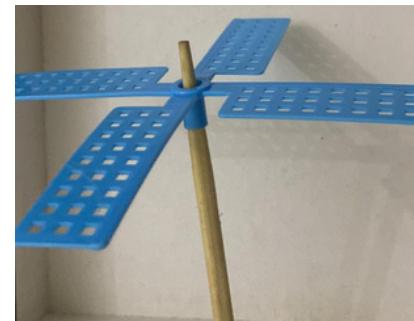


Figure 47: Hélice



Figure 48: Engrenage

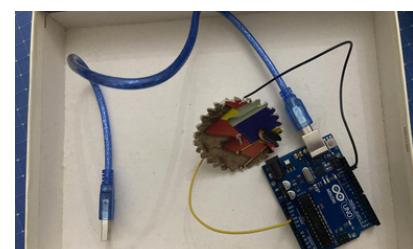


Figure 49: Approche du système

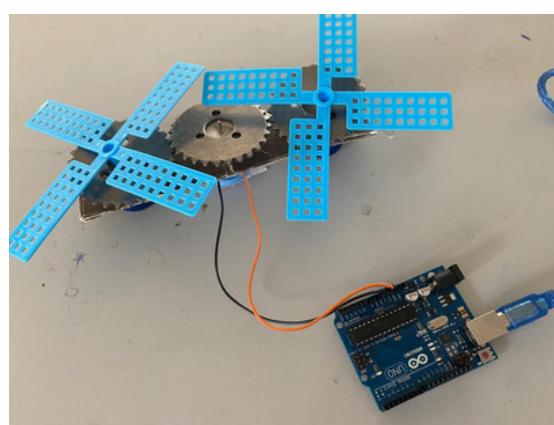


Figure 50: Système d'engrenage



# Conclusion générale

En conclusion, ce rapport présente une étude complète et approfondie sur les drones quadri-rotors. Tout au long du projet, nous avons surmonté la plupart des contraintes rencontrées pour parvenir à ce résultat final.

Le premier chapitre a porté sur une étude théorique fournissant des informations générales sur les drones et les systèmes embarqués. Ensuite, nous avons abordé le fonctionnement mécanique et électrique du drone, en clôturant avec une problématique traitée dans les chapitres suivants.

Le deuxième chapitre a été marqué par l'utilisation de logiciels de simulation pour concevoir les différents systèmes majeurs du drone et approcher son fonctionnement en simulant les circuits correspondants.

Enfin, le dernier chapitre a été entièrement consacré à la conception et à la réalisation de la solution à la problématique. Cette étape finale a permis de concrétiser l'ensemble du projet et de mettre en pratique les connaissances et compétences acquises tout au long du processus.

En résumé, ce projet nous a permis d'exploiter nos connaissances, de nous familiariser avec les méthodes de travail et l'étude de projet, en planifiant, en innovant et en appliquant nos connaissances. Les résultats obtenus constituent une base solide pour de futures explorations et développements dans le domaine de la robotique et des systèmes embarqués.



# Bibliographie

- <http://tpe-drone-tlm.eklablog.com/fonctionnement-du-drone-en-vol-a114458486>
- <https://www.drone-malin.com/pages/en-savoir-plus/les-drones/c-est-quoi-un-drone.html>
- <https://drones-camera.com/fr/how-can-i-make-my-drone-quieter/>
- <https://pic-microcontroller.com/dc-motor-drive-circuit-in-proteus-isis/>
- <https://connexion.lexpress.fr/inscription?referer=e>
- <https://megma.ma/>

