

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj  
Faculté des Mathématiques et d'Informatique  
Département d'informatique



## **MEMOIRE**

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

**Master en informatique**

Spécialité : Réseaux et Multimédias

## **THEME**

Navigation par véhicule aérien sans pilote dans un  
espace clos  
(Navigation de drone)

*Présenté par :*

*Cherha Loubna*

*Degdeg Radhia*

*Soutenu publiquement le :*

*Devant le jury composé de:*

**Président :** Attia Abdelouahab

**Examineur :** Bensefia Hassina

**Encadreur :** Mostefai Messaoud

**2022/2023**

### **Dédicace :**

D'abord je rends grâce à DIEU TOUT PUISSANT et au prophète Mahomet (PSL). Je dédie ce présent mémoire de fin d'études à ma famille, notamment à : -Mes très chers parents : CHERHA MUSTAPHA et HAMMOUCHHE MERZAKA . Sans leurs sacrifices, leurs conseils, leurs assistances et leurs bénédictions, je ne serai jamais arrivé à un tel niveau. Ils ont dédié et consacré leurs vies à notre éducation et à notre pleine réussite dans les études et dans la vie. Que Dieu leur accorde longue vie, et qu'il les bénisse pour toujours. -Mes deux sœurs (REBIHA CHERHA et RABAB CHERHA, à mon frère (CHEMES EDDINE CHERHA ). Ils ont toujours été des soutiens et des sources de motivation pour moi, notamment dans les circonstances complexes. Que Dieu les bénisse et leur facilite le chemin de la réussite dans leurs études et projets futurs. - Toutes les personnes, qui de près ou de loin, ont été aux côtés de ma famille, à un moment ou à un autre, pour me soutenir, afin que je puisse réaliser ce parcours. -A toutes ces personnes (enseignants et professeurs) qui m'ont enseigné ou encadré du primaire jusqu'à l'université, et grâce à qui, j'ai pu gravir les échelons, jusqu'à ce niveau. - A mon oncle, toutes mes tantes, ainsi que les amis de mes parents et de ma famille, qui ont toujours su être des nôtres, quelles que soient les circonstances et dont les soutiens, m'ont permis de réaliser ce parcours. -A toutes les bonnes volontés, dont les actions, à un moment ou un autre, ont été prépondérantes, pour m'aider à poursuivre mes études et atteindre ce niveau. Je dédie en fin, ce présent mémoire, à chaque personne, dont l'aide, les conseils et le concours, m'a/ m'ont permis de franchir tous les obstacles qui se sont dressés sur mon chemin.

*CHERHA LOUBNA*

## **Dédicace :**

Je remercie Dieu Tout-Puissant d'abord et avant tout pour la grande générosité qu'il m'a accordée, puis j'étends mes remerciements à ceux qui les ont généreusement tous les deux. Mes parents bien-aimés ne me manquent pas pour tous leurs efforts depuis le moment de ma naissance jusqu'à ces bienheureux Toi, mon père (que Dieu lui fasse miséricorde) et ma mère, tu es ma réussite, ma joie et tout ce qui est beau dans ma vie, à Mes frères (degdeg Mahmoud, amer) et mes sœurs (farida, nidhal) et Je suis heureux d'adresser mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont conseillé, guidé, ou contribué ne serait-ce qu'un petit quelque chose, ou m'ont dirigé vers la préparation de cette recherche et mon accès aux références et sources requises à n'importe quelle étape des étapes que j'ai traversé, et je remercie en particulier le vertueux professeur, le Dr Masaoud Mostfai, pour m'avoir aidé, soutenu et guidé par des conseils, une éducation et une correction, et pour tout ce qu'il a fait avec moi, et je demande à Dieu Tout-Puissant pour me guider vers les plus hauts rangs, si Dieu le veut.

Degdeg Radhia

### **Remerciements :**

Nous remercions encore une fois Dieu Tout-Puissant, grâce à qui nous avons pu terminer ce parcours, et nous avons également su et pu surmonter les obstacles, et arriver au bout de ce parcours. Du fond du cœur et pour toujours nous exprimons nos grands remerciements :

- A toute notre famille : pour avoir été à nos côtés et nous avoir soutenu tout au long de ce parcours. A notre superviseur : MOSTEFAI MESSAOUD.

Nous avons eu le grand honneur de l'avoir comme superviseur. Sans son aide, son aide, son courage et sa grande disponibilité, nous n'aurions pas pu mener à bien ce travail et obtenir les résultats escomptés dans le court délai où ce projet de fin d'études a été réalisé.

- A tous nos condisciples avec qui nous avons partagé les mêmes cours ou que nous avons connus tout au long de nos études. Chacun d'eux a été, d'une manière ou d'une autre, une source d'enrichissement social, culturel ou intellectuel pour nous. - A toutes les personnes, proches ou lointaines, qui nous ont aidés d'une manière ou d'une autre, pour pouvoir suivre ce cursus durant toutes ces années d'études, et notamment pour gérer ce projet de fin d'études.

Nous espérons que chacun, de près ou de loin, recevra à jamais nos remerciements les plus sincères. Le mémoire de fin d'études en cours porte dans son esprit un éternel aveu.

## **Résumé :**

Ces dernières années, la demande d'utilisation des drones a augmenté, ce qui a entraîné de nombreux problèmes, y compris la problématique du changement de comportement en milieu clos. Les chercheurs ont développé plusieurs protocoles et applications.

Dans cette étude, nous proposons une solution de navigation autonome pour les environnements intérieurs tels que les entrepôts, les usines et les espaces restreints à haute précision en utilisant la marque ARUCO. Le comportement du drone change dès la détection de la marque, permettant une planification précise de la trajectoire d'atterrissage à l'emplacement spécifié. Des algorithmes de planification de trajectoire sont développés pour permettre aux drones sans pilote (UAV) de se déplacer efficacement et en toute sécurité tout en évitant les obstacles.

**Mot-clé :** UAV : Unmanned Aerial Vehicle , ARUCO.

## **Abstract:**

In recent years, there has been an increasing demand for the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), which has led to several problems, including the issue of behavior modification in indoor locations. Researchers have developed numerous protocols and applications.

In this work, we propose a solution for autonomous navigation in indoor environments, such as warehouses, factories, and high-precision confined spaces, using the ARUCO marker. The behavior of the aircraft changes as soon as the marker is detected, allowing for precise path planning for landing at the designated location. Path planning algorithms are being developed to enable (UAVs) to move efficiently and safely while avoiding obstacles.

**Keyword:** UAV : Unmanned Aerial Vehicle , ARUCO.

## ملخص:

في السنوات الأخيرة، ازداد الطلب على استخدام الطائرات بدون طيار، مما أدى إلى العديد من المشاكل، بما في ذلك مشكلة تغيير السلوك في الأماكن المغلقة، وقد طور الباحثون العديد من بروتوكولات والتطبيقات.

في هذا العمل اقترحنا حلاً لملاحة المستقلة للبيئات الداخلية، مثل المستودعات والمصانع والأماكن الضيقة عالية الدقة على علامة ArUco تغيير سلوك الطائرة بمجرد اكتشاف العلامة وتخطيط مسار الهبوط بدقة في الموقع المحدد. يتم تطوير خوارزميات تخطيط المسار للسماح للطائرات بدون طيار (UAV) بالتحرك بكفاءة و أمان مع تجنب العقبات.

**الكلمات المفتاحية :** ArUco , UAV ; Unmanned Aerial Vehicle.

## Table des matières :

<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>9</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>10</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>11</b>
<b>Introduction Générale</b> .....	<b>12</b>
<b>Chapitre I : navigation autonome</b> .....	<b>14</b>
I-1-Introduction .....	14
I-2-Les conceptions de la navigation autonome .....	14
I-2-1-navigation basée sur des capteurs .....	14
I-2-2-Navigation cartographique .....	14
I-2-3-navigation basée sur la machine Learning .....	15
I-2-4-navigation basée sur la communication .....	15
I-3- les applications d'une navigation autonome.....	15
I- 4-les types de navigation autonome .....	16
I-4-1-robots .....	16
I- 4-1-1-utilisation d'un navigation robotique autonome .....	16
I- 4-1-2-les applications des robotiques .....	17
I- 2-Voiture .....	17
I-2-1- La perception.....	18
I-2-2-La planification de trajectoire .....	18
I-2-3-L'action .....	18
I-3-drone .....	18
I-3-1-utilisation des drones .....	19
I-3-2-les applications des drones .....	19
I- 3-3-classification des drones .....	20
I-3-3-1-les drones à voilure fixe .....	20
I-3-3-2-les drones à voilure tournante .....	21
I-3-3-3-les drones à ailes battantes .....	22
I- 3-4-les avantages .....	23
I- 3-5-les inconvénients .....	24
I- 5-les solutions d'un navigation autonome .....	25
I- 6-conclusion.....	26
<b>Chapitre II : Tello Drone</b> .....	<b>27</b>
II-1-Introduction .....	27
II-2-Définition .....	28
II-3-Les caractéristique clés tello drone .....	28
II- 4- les types de tello drone .....	30
II-4-1-Dji tello .....	30
II- 4-2-dji tello boost combo .....	30
II- 4-3-dji tello EDU .....	30
II-4-4-dji tello ironman Ediion .....	30
II- 5-les utilisations intéressantes pour le drone .....	30
II-6- les applications de tello .....	31
II-7- conclusion .....	32
<b>Chapitre III : les marqueurs visuels</b> .....	<b>33</b>
III-1-Introduction .....	33
III- 2-Définition .....	33
III- 3-principe de fonctionnement .....	34



III- 4-utilisation de la technologie .....	34
III- 5-les types de marquer .....	34
III-5-1-marqueurs optique .....	34
III- 5-2-marqueurs acoustiques .....	35
III-5-3-marqueurs magnétique .....	35
III-5-4-marqueurs sans fil .....	35
III- 5-5-marqueurs de marquer .....	35
III- 6- Etat de l'art sur le marquer aruco .....	35
III-6-1-définition .....	35
III-6-2-le but de l'utilisation des balises Aruco dans ce travail .....	37
III-6-3-détection et suivi des marqueurs aruco .....	38
III- 7-conclusion .....	38
<b>Chapitre IV :Application pour gérer de drone (Tello) .....</b>	<b>39</b>
IV-1-Introduction .....	39
IV- 2- logiciel .....	39
IV-2-1-PyCharm .....	39
IV-2-2-langages supportées .....	39
IV- 2-3-Pour démarrer un projet avec Pycharm .....	40
IV- 3-Installation les Package .....	40
IV- 4-Installation des bibliothèque.....	41
IV-4-1-DjiTelloPy .....	41
IV-4-2-OpenCVpython (contrib version) .....	42
IV-4-3-NumPy .....	42
IV-5-Manipulation des programmes .....	42
IV- 5-1-Import les bibliothèques .....	42
IV-5-2-Detection de l'identifiant du marquer aruco .....	43
IV-5-3-Exemple de navigation test effectuée .....	44
IV-6-Exécuter le code de navigation test effectuée .....	44
Conclusion Générale .....	46
BIBLIOGRAPHIE .....	47

## **Liste des abréviations :**

**CSS** : Cascading style sheets.

**IDE** : Environnement de développement intégré.

**HTML** : Hyper text markup language.

**UAV** : Unmanned Aerial Vehicle.

**GPS** : Global Positioning System.

**Wi-Fi** : Wireless Fidelity.

**XML**: Extensible markup language.

## Liste des figures :

<b>Figure 1</b> : Les actions de la navigation autonome.....	18
<b>Figure 2</b> : drones à voilure fixe .....	21
<b>Figure 3</b> : Drones à voilure tournante .....	22
<b>Figure 4</b> : Drones à ailes battantes .....	22
<b>Figure 5</b> : Des exemples d'un tello .....	28
<b>Figure 6</b> : Trois tailles différentes d'étiquettes aruco .....	36
<b>Figure 7</b> : Des exemples d'un aruco .....	36
<b>Figure 8</b> : commande qui installe les packages python avec terminal .....	40
<b>Figure 9</b> : Installation des bibliothèques .....	41
<b>Figure 10</b> : Import les packages.....	42
<b>Figure 11</b> : L'exécution de la détection .....	43
<b>Figure 12</b> : Schéma de navigation Test.....	44
<b>Figure 13</b> : Exécution de code python pour navigation tello .....	45

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1</b> :Avantages / Inconvénients des différentes familles de drones .....	23
--	----

## **Introduction générale :**

Les UAVs (Unmanned Aerial Vehicle) ou drones aériens, suscitent un très grand intérêt, depuis quelques années et ceci s'accroît au fil des années. La raison est due au fait qu'ils sont utilisés dans divers domaines. En effet, les UAVs (ou drones aériens) font l'objet de nombreuses applications aussi bien pour les professionnels que pour les amateurs, comme par exemple : la cartographie, la prise de vue aérienne, la transmission vidéo, les applications militaires, dans l'Agriculture moderne (pour recueillir des données précises), l'environnement, la livraison des colis, la Modélisation des sols et les bâtiments en 3D, la diffusion Wi-Fi, l'intervention dans des milieux hostiles (zones radioactives, catastrophes naturelles ou zones inaccessibles pour les humains). Alors que l'utilisation de drones dans des environnements ouverts est bien et fait l'objet de recherches approfondies, l'utilisation de drones dans des espaces fermés suscite un intérêt croissant.

Les espaces clos peuvent être définis comme des zones délimitées par des limites physiques, telles que des entrepôts, des usines, des environnements industriels et même à l'intérieur. L'exploitation d'un drone dans un tel environnement présente des défis uniques qui peuvent être adaptés pour assurer des performances optimales et une sécurité améliorée. Par conséquent, comprendre et maîtriser les mécanismes de navigation des drones dans ces espaces clos est un axe d'exploration important.

L'objectif de notre travail de recherche est le développement d'un système de navigation par Drone en se basant sur la détection et la localisation fournies par les marqueurs Aruco qui permettent aux drones de faire exactement cela. Naviguer de manière autonome et précise dans un environnement donné.

Nous présenterons les concepts clés liés aux marqueurs Aruco et expliquerons comment nous les avons exploités pour notre système de navigation par drone Tello. Ainsi, ce mémoire vise à fournir une analyse approfondie de la navigation autonome par drone, en mettant en avant l'utilisation innovante des marqueurs.

Cette étude contribue à enrichir nos connaissances actuelles sur la navigation des drones en milieu confiné en donnant un aperçu des avancées récentes, des enjeux et des opportunités à exploiter. Les résultats de cette étude pourront servir de base au développement de nouvelles méthodes de navigation, d'algorithmes de contrôle et de systèmes intelligents adaptés à ces environnements spécifiques.

## **Problématique :**

1. Comment la navigation autonome des drones peut-elle améliorer la précision et la fiabilité des livraisons par drone ?
2. Quels sont les principaux défis technologiques à surmonter pour permettre une navigation de drone autonome en toute sécurité ?
3. Quels sont les avantages et les inconvénients de la navigation de drone autonome par rapport à la navigation télécommandée ?
4. Comment détecter un Marqueur et traduire son contenu en instructions pour changer de direction ?

# **Chapitre 01 : Navigation Autonome**

# Chapitre 01 : Navigation autonome

## 1- Introduction :

L'avènement de la navigation automatisée représente une avancée technologique majeure en matière de mobilité, permettant aux véhicules de devenir autonomes sans intervention humaine directe en utilisant diverses technologies telles que la cartographie en temps réel, les capteurs et l'intelligence artificielle. Vous pourrez vous déplacer librement. La navigation autonome est considérée comme un élément clé de l'avenir de la mobilité car elle peut améliorer la sécurité routière, l'efficacité et la durabilité.

L'objectif de ce travail est de présenter les principes de base de la navigation autonome, les différentes techniques utilisées pour réaliser cette fonctionnalité, ainsi que les avantages et les défis associés à leur mise en œuvre.

Ce travail examine aussi l'application de la navigation automatisée dans divers domaines tels que les transports publics, la logistique et la livraison, ainsi que les implications éthiques et juridiques de son utilisation.

Enfin, ce travail examine les perspectives de développements futurs de cette technologie et son impact potentiel sur notre vie quotidienne.

## 2-Les conceptions de la navigation autonome :

La navigation autonome est une technologie qui permet aux véhicules de naviguer sans intervention humaine directe. Cette technologie est de plus en plus utilisée dans une variété d'applications telles que les drones, les voitures autonomes et les bateaux autonomes.

Il existe différentes versions de navigation autonome, selon le type de véhicule et l'application. Voici quelques exemples de conceptions de navigation autonome :

### 2-1-Navigation basée sur des capteurs :

Ce concept de navigation autonome utilise des capteurs tels que des caméras, un lidar, un radar et un sonar pour percevoir l'environnement et prendre des décisions de navigation. Les capteurs peuvent être utilisés pour détecter des obstacles, des voies, des piétons et d'autres véhicules, et peuvent être combinés pour fournir une vue à 360 degrés du véhicule.

### 2-2-Navigation cartographique :

Cette conception de navigation autonome utilise des cartes préenregistrées pour guider le véhicule. Les cartes peuvent inclure des informations sur les routes, les limites de vitesse, les feux de circulation et d'autres caractéristiques routières. Des capteurs peuvent être utilisés pour détecter des changements dans l'environnement, tels que la présence d'obstacles ou des changements de voie.



### **2-3-Navigation basée sur la machine Learning :**

Cette conception de navigation autonome utilise des algorithmes d'apprentissage automatique pour apprendre à naviguer dans l'environnement. Les algorithmes peuvent être formés à partir de données collectées à partir de capteurs ou de simulations. Cette approche permet au véhicule de s'adapter à des situations inattendues et nouvelles.

### **2-4-Navigation basée sur la communication :**

Ce concept de navigation autonome utilise la communication sans fil pour échanger des informations avec d'autres véhicules et systèmes de contrôle du trafic. Les informations peuvent inclure des données sur les conditions routières, les travaux en cours et les accidents. Cette approche permet au véhicule de prendre des décisions plus éclairées concernant la navigation.

## **3-Les applications d'une navigation autonome :**

Les applications de navigation autonomes ont de nombreuses utilisations dans des différents domaines, tels que :

### **3-1-Le transport des passagers:**

Les voitures autonomes peuvent être utilisées pour transporter des marchandises d'un point à un autre sans avoir besoin d'un conducteur humain. Cela peut réduire les coûts de transport et améliorer l'efficacité.

Les taxis autonomes offrent un moyen de transport pratique et économique pour ceux qui n'ont pas accès à une voiture ou qui ne veulent pas conduire eux-mêmes.

### **3-2-Agriculture :**

Les véhicules autonomes peuvent être utilisés pour la récolte, l'irrigation, l'application de pesticides et l'ensemencement. Vous pouvez améliorer l'efficacité de l'agriculture et réduire les coûts.

### **3-3-Exploration de l'espace et Nettoyage:**

Des robots autonomes peuvent être utilisés pour explorer des environnements extraterrestres sans mettre en danger la vie des astronautes. Ils peuvent être utilisés pour nettoyer les rues, les parcs et les installations industrielles.

### **3-4-Vigilance et sécurité :**

Les drones autonomes peuvent être utilisés pour surveiller les zones dangereuses et aider les secouristes à localiser les personnes en danger.

### **3-5-Aide aux personnes âgées et handicapées :**

Les voitures autonomes peuvent être utilisées pour transporter les personnes âgées et handicapées qui ont besoin d'aide à la mobilité.

## **4-Les types de navigation autonome :**

### **4-1- Robots :**

La navigation robotique autonome est un domaine de la robotique qui consiste à concevoir des robots capables de se déplacer dans leur environnement sans intervention humaine directe. Pour cela, différentes techniques peuvent être utilisées :

-La première technique est la cartographie de l'environnement. Les robots peuvent être équipés de capteurs qui leur permettent de créer des cartes de leur environnement. Cette carte peut ensuite être utilisée pour planifier le meilleur itinéraire vers une destination donnée.

-La deuxième technique est la localisation du robot. Pour naviguer de manière autonome, un robot doit connaître sa position par rapport à son environnement. A cet effet, il peut être équipé de capteurs lui permettant de déterminer sa position par rapport à un point de référence dans l'environnement.

#### **4-1-1-Utilisation d'une navigation robotique autonome :**

La navigation robotique autonome consiste à utiliser des robots qui peuvent se déplacer sans être contrôlés par un opérateur humain. Ce type de navigation est de plus en plus utilisé dans de nombreux domaines tels que l'agriculture, la logistique, l'exploration spatiale, la surveillance et la sécurité.

-Dans l'agriculture : des robots autonomes sont utilisés pour la récolte, l'application de pesticides et l'inspection des cultures. Ces robots peuvent naviguer dans les champs, éviter les obstacles et suivre des chemins prédéfinis pour effectuer les tâches assignées.

- En logistique : des robots autonomes sont utilisés pour transporter des marchandises dans les entrepôts et les centres de distribution. Ces robots peuvent collecter des colis, les transporter à des endroits spécifiques et les livrer en toute sécurité sans intervention humaine.

-L'exploration spatiale utilise des robots autonomes pour explorer des environnements extraterrestres tels que Mars. Ces robots peuvent naviguer sur des terrains difficiles et collecter des données scientifiques sans mettre en danger la vie des astronautes.

-Dans le domaine de la surveillance et de la sécurité, des robots autonomes sont utilisés pour patrouiller dans les zones dangereuses et surveiller les lieux sensibles tels que les centrales nucléaires et les aéroports. Ces robots peuvent détecter les intrus, signaler des incidents et fournir des images en temps réel.

En résumé, la navigation robotique autonome offre de nombreux avantages tels qu'une sécurité accrue, des coûts réduits et une productivité accrue. Cependant, il reste encore quelques défis à surmonter, tels que :

Problèmes éthiques liés à la fiabilité et à la sécurité des systèmes autonomes et à l'utilisation de robots sans supervision humaine. Par conséquent, il est important de poursuivre la recherche et le développement dans ce domaine afin de maximiser les avantages de la navigation robotique autonome tout en minimisant les risques.

#### **4-1-2- Les applications des robotiques :**

Plusieurs facteurs sont importants à prendre en compte pour qu'un robot se déplace en toute sécurité et efficacement. Voici quelques points importants à noter :

##### **4-1-2-1-capteur:**

Les robots doivent être équipés de capteurs tels que des caméras, des capteurs de distance et des capteurs de mouvement pour percevoir leur environnement et collecter des données. Les capteurs permettent aux robots de détecter les obstacles, d'identifier les caractéristiques de leur environnement et de les localiser.

##### **4-1-2-2-Système de cartographie :**

Un robot doit être capable de créer une carte précise de son environnement. Cela peut être fait avec un système de cartographie numérique qui utilise les données collectées à partir de capteurs pour créer une carte en temps réel d'une zone.

##### **4-1-2-3- trajectoire :**

Un robot doit être capable de planifier une trajectoire sûre et efficace pour atteindre sa cible. Les obstacles et les caractéristiques environnementales sont pris en compte pour éviter les collisions et optimiser les itinéraires.

##### **4-1-2-4-Contrôle moteur:**

Le robot doit être équipé d'un système de commande de moteur pour contrôler son mouvement en fonction de la trajectoire prévue.

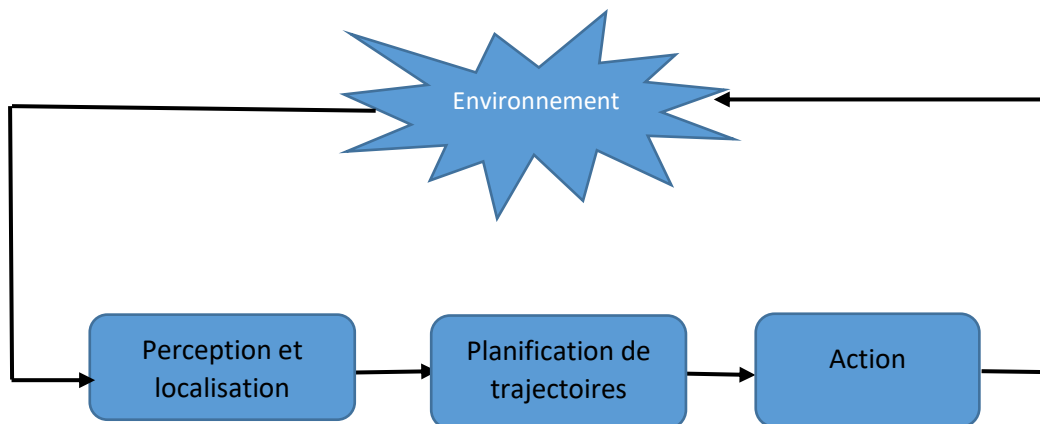
##### **4-1-2-5-communication:**

Les robots doivent pouvoir communiquer avec un système de contrôle central ou un opérateur humain pour envoyer des données en temps réel et recevoir des instructions. [1]

#### **2-voiture :**

La navigation autonome d'un véhicule requiert l'intégrale des trois grandes familles de processus de perception, de planification et d'action. Cette navigation permet de rechercher une trajectoire dans un espace libre entre un point initial et un point final, puis de se déplacer sur cette trajectoire. Si la perception se fait au niveau du véhicule, la planification de mouvement peut se prendre de partager entre l'opérateur et le véhicule. L'autonomie peut se définir comme la capacité d'un système à réagir par lui-même à ses propres observations de l'environnement, sans intervention humaine.

Les trois actions majeures de la navigation autonome sont : la perception, la planification et l'action.



**Figure 1 :** Les actions de la navigation autonome.

### **2-1- La perception :**

Permet de fournir une carte dynamique de l'environnement proche du véhicule. La localisation permet au véhicule de se repérer sur la base d'un repère global, ce qui permettrait de définir les itinéraires possibles de navigation pour atteindre la destination.

### **2-2-La planification de trajectoire :**

Consiste à calculer une trajectoire de référence, qui évite les obstacles, cette étape permet de planifier la séquence d'actions pour réaliser sa mission (le déplacement). Cela se fait à partir de l'analyse de la perception.

### **2-3-L'action :**

Consiste à mettre en œuvre des commandes ou des consignes aux actionneurs. Cette étape se fait généralement par des appareils de bas niveau.

## **3- Drone**

Un drone ou Unmanned Aerial Vehicle (UAV) est un aéronef sans pilote à bord, et qui peut voler de façon autonome ou être contrôlé à distance depuis le sol, par le moyen d'un système de commande embarqué (radiocommande, smartphone...). Le mot « drone » est une extrapolation d'un terme anglais qui signifie « faux-bourdon » (le mâle de l'abeille). En français, le terme est employé pour désigner des véhicules aériens, terrestres, de surface ou sous-marins, alors que la classification anglo-saxonne distingue chaque type d'appareil.

La taille d'un drone aérien peut aller de quelques centimètres pour les modèles miniatures à plusieurs mètres pour les drones spécialisés (surveillance, renseignement, combat, transport, loisirs). L'autonomie en vol va de quelques minutes à plus de 40 heures pour les drones de longue endurance. A titre d'illustration, en octobre 2014, un drone spatial nommé X-37B lancé par l'armée américaine est revenu sur Terre après 22 mois passés à naviguer dans l'espace.

Les UAVs conçus pour le loisir (comme celui que nous allons concevoir) peuvent avoir une autonomie allant de 45 minutes à quelques heures.

Le véhicule aérien sans pilote à long terme décrit les drones volants et les hélicoptères. S'il fonctionne dans l'air, nous l'appellerons un UAV. Le drone amateur le plus populaire est le quadrirotor ou quadricoptère. Enfin, la caractéristique essentielle des drones est qu'ils sont récupérables, ce qui permet de les réutiliser. Cela les différencie des missiles, avec lesquelles ils sont souvent confondus par beaucoup de gens. Les UAVs ou drones aériens sont en mesure d'intégrer et faire fonctionner ensemble plusieurs systèmes embarqués, comme entre autre : transporter des caméras, des capteurs, des équipements de communication ou d'autres dispositifs.

### **3-1-Utilisation des drones :**

Les drones sont utilisés pour plusieurs besoins. En ce qui concerne, le domaine militaire par exemple, il y'a entre autres :

- ✓ La préservation maximale de la vie des soldats en tenant l'information disponible en temps réel.
- ✓ La prise de décision tactique en générant des modifications majeures dans la manière de concevoir non seulement les opérations aériennes, mais, au-delà, les principes mêmes des opérations inter armées.
- ✓ Les missions principales telles que la reconnaissance, l'espionnage et l'écoute.

Dans le domaine civil, ils sont également utilisés entre autres pour :

- la recherche et le sauvetage dans les endroits inaccessibles et dangereux, comme les montagnes, la mer et les centrales chimiques.
- La reconnaissance des frontières, l'évaluation des dommages, la surveillance des feux de forêt, des lignes électriques haute tension, le survol des régions éloignées, montagneuses et peu accessibles, des zones de pêche et des routes maritimes très fréquentées et dangereuses, les niveaux de pollution atmosphérique ou en mer, la surveillance du trafic routier, les tracés terrestres et la cartographie.
- La surveillance des pipelines de pétrole et de gaz, surveillance de cargaisons dangereuses, des sources d'eau, des vestiges archéologiques, des filons de matières premières ou de combustible.
- Les prises de vue aériennes, ainsi que la transmission vidéo (mode temps réel ou mode enregistrement).

### **3-2 Les applications des drones :**

- Les drones peuvent être utilisés à de nombreuses fins, parmi lesquelles [2] peut être mentionné.
- Services publics et collectivités (soutien policier, recherche environnementale, etc.)
- Agriculture (suivi de terrain, analyse des cultures, etc.)
- Cartographie (expert, analyse numérique de terrain, reconstruction 3D, etc.)

- Architecture et urbanisme (étude de chantiers ou d'ouvrages d'envergure en vue de permettre une meilleure transplantation).
- Interventions de sécurité civile (interventions d'urgence pour aider les autorités locales à surveiller les zones sinistrées).
- Suivi des visites et des événements (les films et les photos de visites avec des points de vue ne peuvent pas être créés prêts à l'emploi).
- Missions dangereuses (détection de gaz toxiques, radiations).
- Surveillance :
  - ✓ Surveillance des zones réglementées (chasse, pêche, etc.)
  - ✓ Surveillance de chantiers routiers, ferroviaires, construction, travaux publics...)
  - ✓ Surveillance des frontières
  - ✓ Surveillance du trafic routier et du transport de marchandises dangereuses. Contrôle des zones à risques, surveillance des installations (panneaux solaires, éoliennes, antennes, etc.).

### 3-3- Classification des Drones :

La classification des drones varie selon les pays. Cependant les drones peuvent être classés en plusieurs catégories selon l'altitude, l'endurance qui est le temps que peut passer l'aéronef en vol, la taille ou encore leur voilure. [3] Dans ce cadre, les drones peuvent se décomposer en trois familles qui sont :

#### 3-3-1- Les drones à voilure fixe :

Les drones de cette famille sont constitués d'une paire d'ailes assurant la sustentation (voir la figure 1), la propulsion est assurée par une ou plusieurs hélices, [4] cette famille est composée de catégories suivantes :

- **Les drones volant à moyenne altitude et de longue endurance (MALE) :** qui utilisent une charge utile qui peut atteindre 100kg et peuvent voler à une altitude de 5 000 à 15 000 mètres avec une autonomie d'une trentaine d'heures

- **Les drones volant à haute altitude et longue endurance (HALE) :** qui peuvent voler à une altitude de 20 000 mètre avec une autonomie d'une trentaine d'heures, ils possèdent une charge utile importante et ils sont équipés de caméras (visible et infrarouge) et des radars divers

- **Les drones de combat UCAV 3 :** Ils sont équipés de systèmes d'armes ou de recueils de renseignements et destinés à accomplir des missions de reconnaissance, d'attaque et de tir, ils peuvent embarquer une charge utile létale.

- **Les drones tactiques TUAV 4 :** qui peuvent voler à une altitude de 200 à 5 000 mètres avec une autonomie d'une dizaine d'heures, ils se décomposent en deux catégories qui sont :

- **Les micro-drones (Micro Air Véhicule ou MAV) :** Ils ont une taille inférieure à 15 cm, de quelques dizaines à quelques centaines de grammes,

Ils peuvent voler jusqu'à dizaine de kilomètres pendant une vingtaine de minutes et accomplir des tâches dont des drones plus gros sont incapables, ils sont généralement dotés d'hélices entraînées par des moteurs électriques.

- **Les mini-drones (Mini Air Vehicle ou MAV aussi) :** Ils ont une dimension de l'ordre d'un mètre et peuvent voler jusqu'à un plafond de 300 mètres avec une autonomie de quelques heures et une charge utile très légère.



**Figure 2 :** Drones à voilure fixe.

### 3-3-2- Les drones à voilure tournante :

Cette famille de drones est caractérisée par le décollage et l'atterrissage vertical, capables de faire du vol stationnaire, à basse vitesse et à basse altitude donc n'ont pas besoin de piste de décollage ou d'atterrissage, ils utilisent un ou plusieurs rotors tel que présenté à la figure 2, ils peuvent réaliser des missions irréalisables par les véhicules à voilure fixe [4]. Cette famille englobe plusieurs catégories :

- **Mono rotor :** se compose d'un rotor principal avec barre stabilisatrice qui permet la sustentation et la propulsion

- **Birotors contrarotatifs :** se composent de deux rotors tournant en sens opposés et à même vitesse qui permettent la sustentation, la translation.

- **Les quadri rotors :** se compose d'une armature en croix symétrique avec des moteurs et des rotors aux extrémités de chaque tige

- **Les convertibles :** sont des machines munies d'un mécanisme de basculement des rotors qui permet à la fois le vol stationnaire, le décollage et l'atterrissage vertical dans des zones restreintes et difficiles, Le principal inconvénient de ces appareils c'est l'instabilité lors de la phase de transition entre le vol en mode avion et en mode hélicoptère. [3]



**Figure 3** : Drones à voilure tournante.

### **3-3-3-Les drones à ailes battantes :**

La sustentation et le pilotage des drones de cette famille sont assurés par des ailes battantes, menés d'une capacité de vol avec des trajectoires similaires à celles des insectes et de vol stationnaire à basses vitesses, comme les voilures tournantes, ce qui est intéressant pour des missions dans des espaces réduits. Ces engins permettent des manœuvres agiles, ce qui représente un autre avantage, certain pour les missions de reconnaissance ou de surveillance, [4], la figure 3 montre des exemples des drones de cette famille



**Figure 4** : Drones à ailes battantes



Le tableau I-1 résume les avantages et les inconvénients de chaque famille de drones :

Famille	Avantages	Inconvénients
Drones à voilures fixes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité à porter plus de poids</li> <li>- Capacité de voler avec plus d'autonomie et d'altitudes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de vol stationnaire</li> <li>- Pas de vol à basse vitesse et à basse altitude</li> <li>- Besoin de piste de décollage et d'atterrissage</li> </ul>
Drones à voilures tournantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet le vol à décollage et à atterrissage verticale</li> <li>- Permet le vol stationnaire</li> <li>- Permet le vol à basse vitesse et à basse altitude</li> <li>- Permet le manœuvre en air</li> <li>- Plus de stabilité et facile à contrôler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complexité en maintenance et réparation</li> <li>- Moins d'autonomie, de vitesse et d'altitude en vol</li> </ul>
Drones à ailes battantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet le vol stationnaire à basse vitesse</li> <li>- Permet de faire des missions dans des espaces réduits</li> <li>- permet le manœuvre agile en air</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- complexité de réalisation</li> <li>- mémoire trop limitée</li> <li>- ressources d'énergies limitées</li> </ul>

**Tableau 1** : Avantages/Inconvénients des différentes familles de drones.

### **3-4- Les avantage de drone :**

#### **3-4-1-Précision améliorée :**

La navigation autonome utilise un système de positionnement précis tel que le GPS, qui permet au drone de se déplacer avec une grande précision.

#### **3-4-2-Rentabilité:**

Les drones peuvent profiter aux entreprises et aux organisations de pouvoir effectuer des tâches répétitives difficiles à accomplir pour les humains.

#### **3-4-3-La flexibilité:**

Les drones peuvent être programmés pour effectuer des tâches spécifiques, ce qui augmente considérablement la flexibilité de déploiement.

#### **3-4-4-Capacités de surveillance :**

Les drones peuvent être équipés de caméras et autres capteurs pour surveiller les zones difficiles d'accès ou dangereuses pour l'homme. [5]

### **3-5- Les inconvénients:**

#### **3-5-1-hors de contrôle:**

Lorsque les drones autonomes rencontrent des problèmes, il peut être difficile ou impossible de reprendre le contrôle, ce qui peut entraîner des dommages matériels et des blessures.

#### **3-5-2-Vulnérabilité au piratage :**

Les drones autonomes sont vulnérables au piratage et aux cyberattaques et peuvent constituer un danger pour les personnes et les biens qu'ils surveillent ou transportent.

#### **3-5-3-Limites technologiques :**

Les drones autonomes sont limités par la technologie actuelle, notamment en ce qui concerne la durée de vie de la batterie et la portée du signal.

#### **3-5-4-Coût élevé :**

Les drones autonomes peuvent être coûteux à acheter et à entretenir, ce qui peut constituer un obstacle pour les petites entreprises et organisations.

#### **3-5-5-Règlement :**

Les drones autonomes peuvent être soumis à des réglementations strictes et peuvent être difficiles à utiliser dans certaines régions et situations réponse. [6]

## **5-Les solutions d'une navigation autonome :**

Voici quelques points importants à noter :

### **5-1-capteur:**

Les capteurs sont un élément clé des solutions de navigation autonomes. Ils fournissent des données sur l'environnement du véhicule. Les capteurs couramment utilisés comprennent les caméras, le lidar, le radar et les capteurs à ultrasons.

### **5-2-Traitement d'informations:**

Les données collectées par les capteurs doivent être traitées pour fournir des informations utiles à la navigation. Les algorithmes de traitement de données utilisent des techniques telles que la vision par ordinateur et le traitement du signal pour extraire des informations sur l'environnement. Cartographie:

La cartographie est un autre élément clé d'une solution de navigation autonome. Des cartes précises sont nécessaires pour que les voitures autonomes puissent naviguer en toute sécurité. Les cartes peuvent être créées à l'aide de techniques telles que la cartographie simultanée et la localisation simultanée.

### **5-3-Planification d'itinéraire :**

Une fois les données collectées, traitées et cartographiées, une solution de navigation automatisée doit planifier un itinéraire sûr pour le véhicule. Des facteurs tels que les obstacles, la vitesse du véhicule et la direction du vent sont pris en compte.

### **5-4-Contrôle des mouvements :**

Enfin, une solution de navigation autonome doit contrôler le mouvement du véhicule pour suivre en toute sécurité l'itinéraire prévu. Cela comprend l'utilisation de techniques de contrôle telles que le contrôle de la vitesse et le contrôle directionnel.

En résumé, les solutions de navigation automatisées sont un domaine complexe nécessitant l'intégration de multiples technologies et méthodologies. Les capteurs, le traitement des données, la cartographie, la planification des trajectoires et le contrôle des mouvements sont tous des ingrédients clés dans la création de systèmes de navigation autonomes fiables et sûrs.

## **6-Conclusion :**

Ce premier chapitre est une introduction aux concepts et enjeux de la navigation autonome, et propose un tour d'horizon du domaine pour poser les bases de compréhension des chapitres suivants.

## **Chapitre 02 : Tello drone**

# Chapitre 02 : Tello drone

## 1-Introduction :

La navigation par véhicule aérien sans pilote, également connue sous le nom de drone, a émergé comme une technologie prometteuse dans de nombreux domaines, tels que la cartographie, la surveillance et la logistique. Les drones offrent une flexibilité et une adaptabilité sans précédent, permettant d'explorer des environnements difficiles d'accès et de collecter des données précieuses à des fins diverses.

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur l'utilisation spécifique du Tello drone dans la navigation par véhicule aérien sans pilote dans un espace clos. Le Tello Drone, produit par DJI, est un drone grand public abordable et polyvalent, qui offre une plate-forme idéale pour étudier et développer des applications de navigation autonome dans des environnements restreints.

L'objectif principal de ce chapitre est de présenter les défis et les solutions associés à l'utilisation du Tello Drone dans un espace clos. Nous aborderons les différentes composantes du système de navigation autonome, y compris la perception, la planification de trajectoire et le contrôle. Nous explorerons également les techniques de localisation et de cartographie spécifiques à la navigation en intérieur, ainsi que les algorithmes de détection et d'évitement d'obstacles adaptés aux environnements confinés.

Nous commencerons par discuter des caractéristiques techniques du Tello Drone, l'utilisation, ses types et les applications

Pour relever ces défis, nous présenterons différentes approches et techniques qui peuvent être utilisées pour améliorer les performances du Tello Drone dans des environnements clos. Cela inclut l'utilisation de capteurs supplémentaires tels que des caméras stéréo ou des capteurs LiDAR. L'intégration de techniques de vision par ordinateur avancées pour la perception de l'environnement et l'élaboration d'algorithmes de planification de trajectoire robustes.

## 2-Définition :

Le Tello Drone, également connu sous le nom de Tello UAV (véhicule aérien sans pilote), est un drone grand public développé par DJI, spécialisé dans la fabrication de drones et de caméras aériennes. Le drone Tello est compact, léger et facile à utiliser, ce qui en fait un choix populaire pour les débutants, les amateurs de drones et les utilisateurs qui souhaitent explorer la navigation UAV.

Le drone Tello est équipé de plusieurs capteurs tels que des capteurs de vision infrarouge, des capteurs de distance et des caméras intégrées. Ces capteurs permettent au drone de percevoir son environnement, d'éviter les obstacles et de maintenir la stabilité du vol. Le drone Tello peut être contrôlé via une application mobile dédiée, offrant une interface conviviale pour contrôler et accéder à diverses fonctions. En termes de performances, le drone Tello peut voler jusqu'à 10 mètres de haut et atteindre une vitesse de pointe d'environ 28 km/h. De plus, le temps de vol est d'environ 13 minutes, mais cela dépend des conditions de vol et de l'utilisation de certaines fonctionnalités telles que l'enregistrement vidéo et la prise de photos.

Le drone Tello est connu pour sa capacité à effectuer des acrobaties aériennes telles que des flips et des virages serrés, ajoutant une dimension ludique à son utilisation. De plus, il offre une fonction d'enregistrement qui peut enregistrer des vidéos et des photos HD avec une résolution allant jusqu'à 5 mégapixels.



**Figure 5 :** Des exemples d'un tello

## 3-Les caractéristiques clés du Tello Drone :

Dans le cadre de nos travaux, le drone Tello présente de nombreuses caractéristiques intéressantes qui le rendent adapté à cet usage. Ici, nous allons explorer les principales caractéristiques du drone Tello qui le rendent adapté à des applications telles que la navigation en espace clos : [7]

### **3-1-Format compact:**

Le drone Tello est relativement petit et compact, ce qui le rend idéal pour une utilisation en intérieur. La taille réduite améliore la maniabilité et facilite la navigation dans des environnements restreints tels que les entrepôts, les salles d'exposition et les laboratoires.

### **3-2-Stabilité de vol :**

Tello est équipé d'un système de stabilisation électronique avancé qui lui permet de maintenir une position stable dans les airs. Cette fonctionnalité est importante pour une navigation précise dans des espaces clos où des mouvements imprévisibles peuvent entrer en collision avec des obstacles environnants.

### **3-3-Capteur intégré :**

Le drone Tello dispose d'une variété de capteurs, y compris un capteur de vision à l'avant et un capteur de distance en bas. Ces capteurs permettent au drone de détecter et d'éviter les obstacles à proximité. Ceci est essentiel pour une navigation fluide dans les espaces confinés. Les capteurs aident également à maintenir une position stable en vol stationnaire.

### **3-4-Contrôle précis :**

Les drones Tello peuvent être contrôlés avec un smartphone ou une tablette via une application dédiée. Cette interface facile à utiliser vous donne un contrôle précis de votre drone et améliore la maniabilité dans les espaces confinés. De plus, l'application fournit des informations en temps réel sur la position et l'état du drone, ce qui facilite la navigation et le suivi des performances.

### **3-5-Autonomie de vol :**

Le temps de vol de Tello est relativement court par rapport à certains des drones les plus avancés, mais reste suffisant pour de nombreuses applications intérieures. Le drone Tello a une autonomie moyenne d'environ 13 minutes, ce qui lui permet d'effectuer des missions à court terme telles que la collecte de données et la cartographie sans nécessiter de rechargement fréquent.

### **3-6-Caméra HD intégrée :**

Le drone est équipé d'une caméra HD capable d'enregistrer des vidéos 720p et de prendre des photos à une résolution de 5 mégapixels. La caméra est montée à l'avant du drone et capture des photos aériennes de haute qualité. Stabilisation d'image. [8]



## **4-Les types de tello drone :**

### **4-1-DJI tello :**

Le DJI Tello est un drone d'entrée de gamme pour les débutants. Petit, léger et facile à piloter. Équipé d'une caméra HD, il peut capturer des vidéos et des photos de haute qualité. Il peut être contrôlé par une application mobile dédiée et fournit des fonctions de vol automatiques telles que le décollage et l'atterrissage automatiques. [9]

### **4-2-DJI Tello Boost Combo :**

Le DJI Tello Boost Combo est une version améliorée du drone Tello. Des accessoires supplémentaires tels que des batteries de rechange, des hélices de rechange et des stations de charge sont inclus. Cela augmente le temps de vol et facilite le remplacement des pièces si nécessaire.

### **4-3-DJI Tello EDU :**

DJI Tello EDU est une version éducative du drone Tello conçue pour encourager l'apprentissage et la programmation. Il prend en charge le langage de programmation Scratch et vous pouvez apprendre les bases de la programmation tout en contrôlant le drone. Il offre également des fonctionnalités avancées telles que la détection d'obstacles et la stabilisation électronique de l'image.

### **4-4- DJI Tello Ironman Édition :**

Ce drone Tello en édition spéciale est inspiré du personnage d'Iron Man de Marvel. Il présente un design unique et des éléments esthétiques associés à Iron Man. Cependant, les caractéristiques de vol sont les mêmes que le modèle de base.

## **5-Utilisations intéressantes pour le drone Tello :**

### **5-1-Sciences de l'environnement :**

Les drones Tello peuvent être utilisés pour prendre des photographies aériennes et cartographier des zones environnementales telles que les forêts, les rivières et les zones côtières. Cela permet de suivre l'évolution des écosystèmes, d'identifier les aires protégées et d'étudier l'impact de l'activité humaine sur l'environnement.

### **5-2-Géographie et géologie :**

Les drones Tello peuvent être utilisés pour effectuer des relevés topographiques et créer des modèles numériques de terrain. Cela peut être utilisé par les géologues pour cartographier des zones inaccessibles ou dangereuses afin de mieux comprendre la formation du paysage et l'évolution géologique.

### **5-3-Agriculture:**

Vous pouvez surveiller vos cultures avec un drone Tello. La photographie aérienne permet d'identifier les zones de stress des plantes et de détecter les maladies des plantes et les problèmes d'arrosage. Cela permet aux agriculteurs d'optimiser l'utilisation des ressources et d'améliorer les rendements.

### **5-4-Architecture et urbanisme :**

Les drones Tello peuvent être utilisés pour effectuer des inspections visuelles des bâtiments et des structures. Cela permet de repérer plus facilement les problèmes de maintenance, les dommages ou les défauts structurels. Les étudiants en architecture et en urbanisme peuvent également utiliser des drones pour créer des modèles 3D de quartiers et de bâtiments.

### **5-5-Cinéma et arts visuels :**

Les drones Tello peuvent être utilisés pour la photographie aérienne créative dans les films et les projets artistiques. Les étudiants en cinéma et en art peuvent utiliser les capacités de vol du drone pour capturer des angles uniques et créer des prises de vue.

## **6-Les applications de tello drone :**

### **6-1-Contrôles de base :**

Vous pouvez écrire un programme capable de contrôler les mouvements de base du drone .Décollage, atterrissage, avant, arrière, gauche, droite, vol rotatif.

### **6-2-Capture d'image:**

Le drone Tello est équipé d'une caméra intégrée. Vous pouvez écrire un programme qui prend des photos et des vidéos pendant le vol et les enregistre sur votre ordinateur.

### **6-3-Détection d'objet :**

Les capacités de caméra du drone sont utilisées pour localiser et reconnaître des objets spécifiques dans l'environnement. Une bibliothèque de vision par ordinateur telle qu'Open CV peut être utilisée pour accomplir cette tâche.

### **6-4-Suivi d'objet :**

Développer des applications qui permettent aux drones de suivre des objets en mouvement spécifiques. Par exemple, un drone peut être programmé pour suivre une balle en mouvement ou une personne.

### **6-5-Vol autonome :**

Créez des programmes permettant aux drones de voler de manière autonome à l'aide de capteurs et de technologies de navigation. Par exemple, les drones peuvent être programmés pour éviter les obstacles et atteindre des destinations prédéfinies.

### **6-6-Contrôle gestuel:**

Essayez notre bibliothèque de reconnaissance gestuelle pour que votre drone puisse répondre à certains gestes. Par exemple, vous pouvez lever la main pour faire décoller le drone et fermer le poing pour atterrir.

### **6-7-Simulateur de vol :**

Utilisez la bibliothèque de simulation pour créer un environnement virtuel qui simule le pilotage d'un drone Tello. Cela aide à tester et à développer des algorithmes de contrôle sans risquer d'endommager le drone réel.

## **7-Conclusion :**

En conclusion de ce chapitre sur le Tello Drone, nous avons exploré les caractéristiques de ce drone de loisir polyvalent. Nous avons découvert que le Tello Drone offre une expérience de vol passionnante grâce à sa facilité d'utilisation, sa stabilité en vol et sa connectivité avec les smartphones.

Nous avons examiné les capacités de vol du Tello Drone, qui comprend des manœuvres acrobatiques, des atterrissages précis. Ces fonctionnalités en font un choix idéal pour les amateurs de drones qui souhaitent explorer de nouvelles perspectives et réaliser des prises de vue uniques.

En somme, le Tello Drone est un appareil passionnant et accessible qui offre une expérience de vol agréable et éducative. Que ce soit pour les débutants ou les amateurs avancés, ce drone propose des fonctionnalités intéressantes et une intégration avec la programmation qui ouvre de nouvelles possibilités. Cependant, il est crucial de toujours voler de manière responsable et de respecter les règles de sécurité pour profiter pleinement de cette technologie.

## **Chapitre 03 : Les marqueurs visuels**

# Chapitre 03 : les marqueurs visuels

## 1-Introduction :

Les marqueurs visuels sont des éléments essentiels de la communication visuelle. Que ce soit dans le domaine du dessin graphique, de la publicité, de la photographie ou du cinéma, les marqueurs visuels jouent un rôle crucial dans la transmission d'informations, l'établissement d'ambiances et l'éveil des émotions chez le spectateur. Ils sont utilisés pour attirer l'attention, organiser le contenu et transmettre des messages de manière claire et efficace.

Un marqueur visuel peut prendre différentes formes, telles que des couleurs vives, des formes distinctes, des lignes directrices, des contrastes, des textures, des typographies spécifiques, des symboles reconnaissables, des mouvements dynamiques, des compositions équilibrées et bien d'autres éléments visuels. Chaque marqueur visuel a une signification propre et peut être utilisé de manière intentionnelle pour créer des effets visuels spécifiques.

L'utilisation de marqueurs visuels permet de guider le regard du spectateur, de mettre en valeur des éléments clés, de créer des hiérarchies visuelles et de susciter des émotions. Par exemple, l'utilisation de couleurs vives peut attirer l'attention sur un élément particulier, tandis qu'un contraste fort entre deux éléments peut créer une tension visuelle. De même, la disposition des éléments dans une composition peut communiquer un équilibre, une asymétrie ou une dynamique. [10]

En outre, les marqueurs visuels sont également utilisés pour renforcer l'identité visuelle d'une marque, d'un produit ou d'une entreprise. Un logo distinctif, des couleurs cohérentes, des typographies spécifiques et d'autres éléments visuels récurrents peuvent être utilisés pour créer une association instantanée avec une marque et aider à la reconnaissance et à la mémorisation.

En résumé, les marqueurs visuels jouent un rôle essentiel dans la communication visuelle en aidant à transmettre des informations, à créer des ambiances, à guider l'attention et à susciter des émotions. Leur utilisation réfléchie et stratégique est indispensable pour réussir à captiver le spectateur et transmettre efficacement un message.

## 2-Définition :

L'utilisation de l'apprentissage en profondeur et du CV dans la recherche médicale a considérablement progressé ces dernières années. B. Imagerie biomédicale [11], prédiction du cancer [12,13], reconnaissance d'objets [14], reconnaissance d'objets [15]. Les smartphones sont devenus très importants en raison de leurs diverses fonctionnalités telles que la puissance de traitement, les caméras intégrées et divers capteurs. Ces technologies nouvelles et matures et les capacités des smartphones permettent aux chercheurs de développer de nouvelles applications qui aident le PVI à identifier les objets [16] et à naviguer en toute sécurité dans les objets [17,18]. Les chercheurs visent à améliorer la qualité de ces applications en augmentant la précision, en minimisant le temps d'exécution et en les rendant adaptées à une utilisation en temps réel. Cette section présente certains systèmes de navigation populaires qui utilisent des marqueurs et un apprentissage en profondeur.

### **3-principe de fonctionnement :**

Le principe de fonctionnement de la localisation de marqueurs repose sur l'utilisation d'une caméra qui prend des photos de marqueurs spécifiques placés sur l'objet à localiser. Un marqueur est un motif visuel que la caméra peut reconnaître.

La caméra capture ensuite des images des marqueurs et les envoie au logiciel de traitement d'image. Un logiciel de traitement d'images analyse les motifs pour déterminer la position et l'orientation des objets dans l'espace. Pour ce faire, le logiciel utilise des algorithmes de traitement d'image qui reconnaissent les repères et mesurent leur distance par rapport à la caméra.

Si la position et l'orientation de l'objet sont connues, le logiciel peut, par exemple, appliquer des effets de réalité augmentée ou diriger les mouvements du robot. Cette technique peut être utilisée avec des marqueurs de différentes formes et tailles et est adaptable à différentes situations de suivi.

### **4-utilisation de la technologie :**

Un marqueur de localisation est une technologie qui utilise des signaux émis par des satellites et des balises pour permettre de déterminer la localisation géographique d'objets, de personnes et d'animaux. Ces technologies sont de plus en plus utilisées dans de nombreux domaines tels que la navigation, la logistique, la sécurité et la recherche scientifique.

Dans le domaine de la navigation, les marqueurs de localisation sont utilisés pour localiser la position exacte d'un véhicule, d'un bateau ou d'un avion. Ces informations sont essentielles pour planifier les itinéraires, éviter les accidents et assurer la sécurité des passagers.

En logistique, les marqueurs d'emplacement sont utilisés pour suivre l'emplacement des marchandises, des colis et des véhicules de transport. Ces technologies nous permettent de planifier efficacement les livraisons, de réduire les temps d'attente et de minimiser les pertes et les vols.

Dans le domaine de la sécurité, les balises de localisation sont utilisées pour suivre l'emplacement des personnes, des animaux ou des objets sensibles. Ces technologies permettent de détecter les cambriolages, de prévenir les vols et d'assurer la sécurité des biens et des personnes.

Les marqueurs de localisation sont utilisés dans la recherche scientifique pour suivre les mouvements des animaux, des oiseaux et des insectes. Ces informations nous aideront à mieux comprendre le comportement et la migration de ces espèces et leur impact sur l'environnement.

### **5-Les types de marqueurs :**

Il existe différents types de marqueurs utilisés dans les techniques de localisation, notamment :

#### **5-1-Marqueurs optique :**

Ce sont les marqueurs reconnus par la caméra. Il peut s'agir de marqueurs infrarouges, de marqueurs réfléchissants ou de marqueurs LED. Les marqueurs optiques sont souvent utilisés en réalité augmentée et en capture de mouvement.

### **5-2-Marqueurs acoustiques :**

Ce sont les marqueurs détectés par le microphone. Ils sont couramment utilisés pour localiser Des sources sonores.

### **5-3-Marqueur magnétique :**

Ce sont des marqueurs qui utilisent des champs magnétiques pour la localisation. Ils sont couramment utilisés dans la navigation sous-marine.

### **5-4-Marqueur sans fil :**

Ce sont des marqueurs qui émettent un signal radio de votre emplacement. Ceux-ci sont couramment utilisés dans la navigation GPS.

### **5-5-marqueur de marqueur :**

Ce sont des marqueurs qui sont reconnus par d'autres marqueurs. Ils sont couramment utilisés dans les systèmes de suivi de mouvement pour la capture de mouvement.

## **6-Etat de l'art sur le marqueur ArUco :**

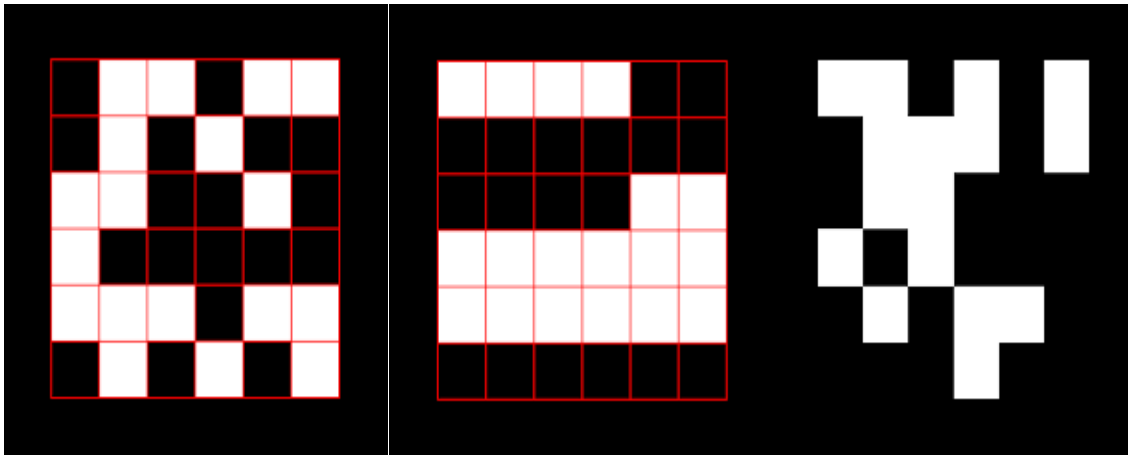
ArUco est une bibliothèque de suivi de marqueurs pour les applications de réalité augmentée. Il a été développé par le laboratoire de robotique et de vision par ordinateur de l'université de Cordoue, en Espagne. ArUco peut reconnaître et suivre les marqueurs personnalisés ainsi que les marqueurs imprimés tels que les codes QR et les codes-barres 2D.

L'utilisation d'ArUco dans les applications de réalité augmentée est simple et efficace. Les marqueurs sont imprimés sur du papier ou d'autres supports tels que des écrans ou des panneaux d'affichage et sont reconnus par les caméras des appareils mobiles ou les ordinateurs équipés de webcams. Une fois qu'une marque est détectée, elle peut être suivie en temps réel et l'objet virtuel 3D peut être superposé à la vidéo capturée par la caméra.

La bibliothèque ArUco est open source et peut être utilisée gratuitement dans des projets commerciaux et non commerciaux. Compatible avec les principales plates-formes de développement telles que C++, Python, Java et MATLAB pour une intégration facile dans les applications existantes.

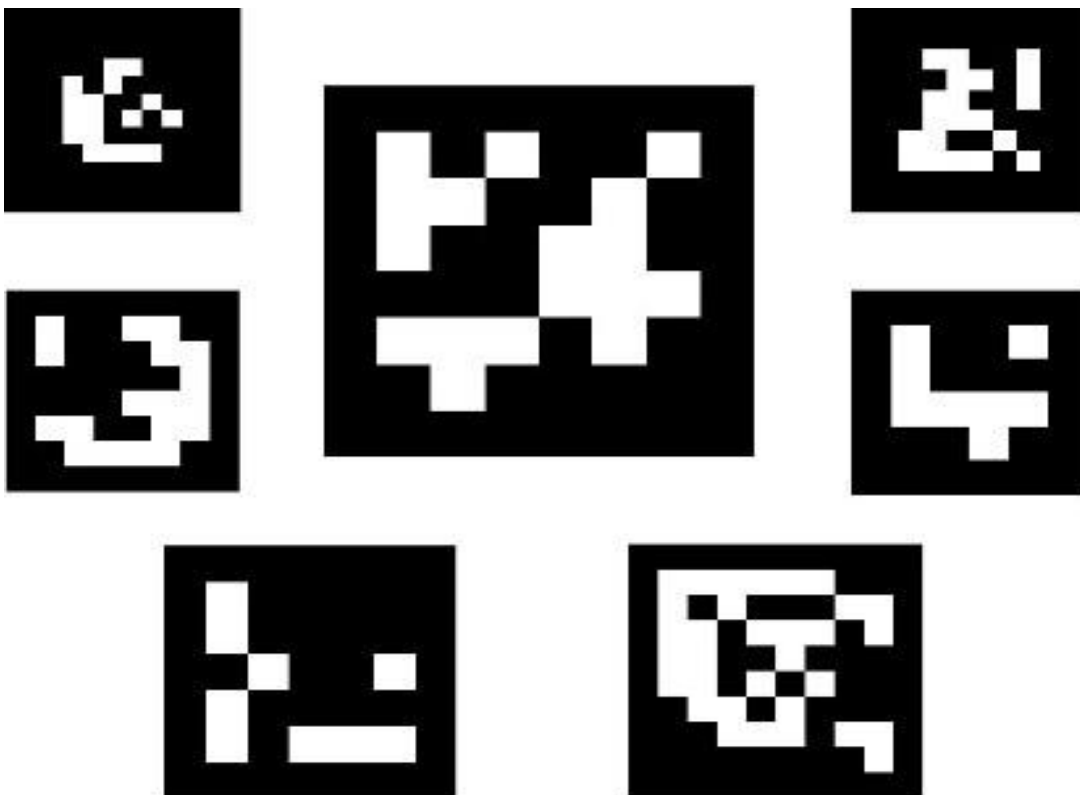
### **6-1-Définitions :**

ArUco est un marqueur avec une base carrée composée d'un large cadre noir et d'une matrice interne  $n \times n$ .  $n$  est utilisée pour déterminer la taille de l'étiquette, montrant différentes options de taille. Le cadre noir facilite sa détection rapide dans l'image et permet de le sélectionner et d'appliquer des techniques de détection et de correction des erreurs. La taille de marquer détermine la taille de la matrice interne. Par exemple, la taille d'aruco 4x4 se compose de 16 bits. [19]



**Figure 6** : Trois tailles différentes d'étiquettes Aruco.

Quelques exemples de tags Aruco :



**Figure 7** : Des exemples d'un aruco



Notez que les marqueurs peuvent se déplacer dans l'environnement. Cependant, le processus de reconnaissance doit pouvoir déterminer l'angle de rotation. Puisqu'il s'agit d'une étape initiale, chaque angle est décidé. Ceci est également fait sur la base du codage binaire.

Un dictionnaire de balises est un ensemble de balises considérées comme une seule balise. Application spéciale. Ceci est juste une liste de symboles binaires pour chaque symbole marquage.

La principale caractéristique de ce dictionnaire est sa taille. Le nombre de balises qui composent le dictionnaire et la taille de la balise (nombre de bits).

Les modules d'Aruco incluent un grand nombre de dictionnaires prédéfinis couvrant divers sujets Dictionnaires et marqueurs de différentes tailles.

On pense que la norme d'identification est la valeur numérique obtenue par conversion. Convertit le codage binaire en décimal de base. Cependant, ce n'est pas possible. Les grandes tailles de marqueurs rendent le nombre de bits et leur gestion très difficile. Les grands nombres ne sont pas réalistes. Au lieu de cela, l'identifiant du marqueur est simplement 30 Un indicateur de balise dans le dictionnaire auquel il appartient. Par exemple les 5 premiers Une marque de dictionnaire a un ID. [20]

## **6-2-Le but de l'utilisation des balises ArUco dans ce travail :**

### **6-2-1-Flexibilité des marqueurs ArUco:**

Les marqueurs ArUco offrent une grande flexibilité en termes de taille, de forme et de nombre de bits. Que ce soit pour une utilisation intérieure ou extérieure, il peut être adapté aux besoins spécifiques de votre application. Cette flexibilité permet d'optimiser la taille du marqueur en fonction de la distance de détection et des contraintes d'espace.

### **6-2-2-Robustesse de détection:**

Les marqueurs ArUco sont conçus pour résister aux changements d'éclairage, de distance et d'angle de vue. Il utilise des modèles visuels spécifiques qui facilitent la reconnaissance et minimisent les erreurs de reconnaissance. La conception du marqueur permet une détection précise même dans des conditions difficiles, ce qui le rend idéal pour les environnements complexes.

### **6-2-3-Précision de pose :**

Les marqueurs ArUco permettent d'évaluer avec précision la pose, c'est-à-dire la position et l'orientation du marqueur dans l'espace. Cette précision est obtenue à l'aide de techniques avancées de vision par ordinateur telles que l'estimation de la perspective et la résolution de la pose. Cela permet une localisation précise des objets avec les marqueurs ArUco.

#### **6-2-4-Convivial:**

L'utilisation des marqueurs ArUco est relativement simple et intuitive. Il existe de nombreuses bibliothèques et Framework disponibles qui facilitent l'intégration de marqueurs dans votre application. Des ressources en ligne telles que des didacticiels et des exemples de code sont également largement disponibles pour aider les utilisateurs à démarrer rapidement.

#### **6-2-5-Interopérabilité et compatibilité:**

Les marqueurs ArUco sont compatibles avec diverses plates-formes et langages de programmation, facilitant l'intégration dans divers systèmes. Il peut être utilisé avec des caméras standard, des webcams et même des capteurs dans des voitures autonomes. Cette interopérabilité permet aux marqueurs ArUco d'être largement utilisés dans divers domaines d'application.

#### **6-2-6-Applications diverses:**

Les marqueurs ArUco ont des applications dans de nombreux domaines, notamment la réalité augmentée, la robotique, la navigation autonome et la surveillance industrielle. Cela peut être utilisé pour suivre des objets en mouvement, créer des interfaces interactives ou fournir des repères visuels pour la navigation et la localisation.

### **6-3-Détection et suivi des marqueurs ArUco:**

La détection des marqueurs ArUco est effectuée à l'aide de caméras montées sur l'UAV. Les images capturées sont traitées pour extraire les marqueurs ArUco présents. Une fois détectés, les marqueurs sont suivis à mesure que l'UAV se déplace dans l'environnement clos. Cela permet de déterminer la position et l'orientation de l'UAV par rapport aux marqueurs détectés.

### **7-Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous abordons les marqueurs visuels, leurs types ainsi que le marqueur principal dont nous avons besoin dans notre projet, qui est Aruco. Dans le quatrième chapitre, nous parlerons de la façon dont nous réalisons notre projet pour atteindre notre objectif.

# **Chapitre 04 : Application pour gérer le drone (Tello)**

# Chapitre 04 : Application pour gérer le drone (Tello)

## 1-Introduction :

Dans ce chapitre, nous expliquerons les étapes d'installation nécessaires pour le simulateur de drone Pour contrôler le drone afin de déterminer sa trajectoire à l'aide des marqueurs de détection aruco

Nous présenterons la méthodologie de notre étude, qui comprend des expériences pratiques pour évaluer les performances d'un drone Tello.

## 2- Logiciel:

### 2-1-PYCHARM :

Pycharm (PyCharm 2023.1.1) est un environnement de développement intégré pour la programmation en Python .Il permet l'analyse de code et inclut un débogueur graphique .encore, Tests unitaires, intégration de logiciel de contrôle de version, support de développement web. [21]



### Utilisez Pycharm pour :

Il fournit une saisie de code intelligente, une inspection de code et une mise en évidence instantanée des erreurs. En plus de la refactorisation automatique du code et des capacités d'édition riches, il fournit également des solutions rapides.

### 2-2-langues supportées :

Pour commencer à développer en Python avec PyCharm, vous devez télécharger et installer Python depuis python.Org en fonction de votre plateforme.

Pycharm prend en charge les versions suivantes de python :

- Python : version 3.7 :



De plus, dans l'édition professionnelle, on peut développer des applications Django. De plus, il prend entièrement en charge HTML, CSS, Java Script et XML : ces langages sont regroupés dans l'IDE via des plugins et sont activés pour vous par défaut.

### 2-3-Pour démarrer un projet avec PyCharm :

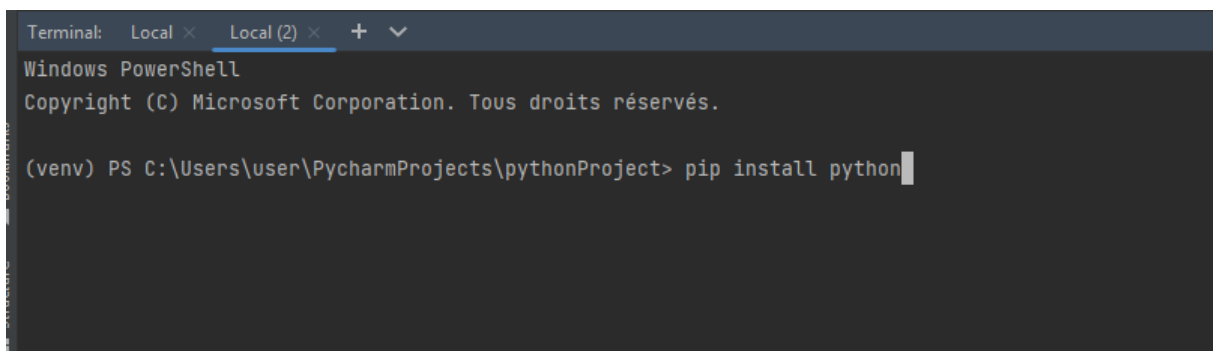
- Sur l'écran d'accueil, sélectionnez Créer New Project.
- Dans la fenêtre New Project, choisissez un projet de type Pure Python.
- Indiquez ensuite l'emplacement et le nom du projet. ...
- Choisissez l'interpréteur Python à utiliser.

### 3-Installation des Packages :

Après avoir installée pycharm et python, nous commençons à installer les packages dont nous avons besoin pour développer notre code.

Il existe plusieurs façons d'installer des packages :

-depuis le terminal de pycharm ou nous commandes pour installer des packages.



```
Terminal: Local x Local (2) x + v
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

(venv) PS C:\Users\user\PycharmProjects\pythonProject> pip install python
```

**Figure 8 :** Commande qui installe le package python avec terminal

-A partir de l'outil Windows ou de l'interpréteur python qui vous fait choisir votre package et précise la version de votre package.

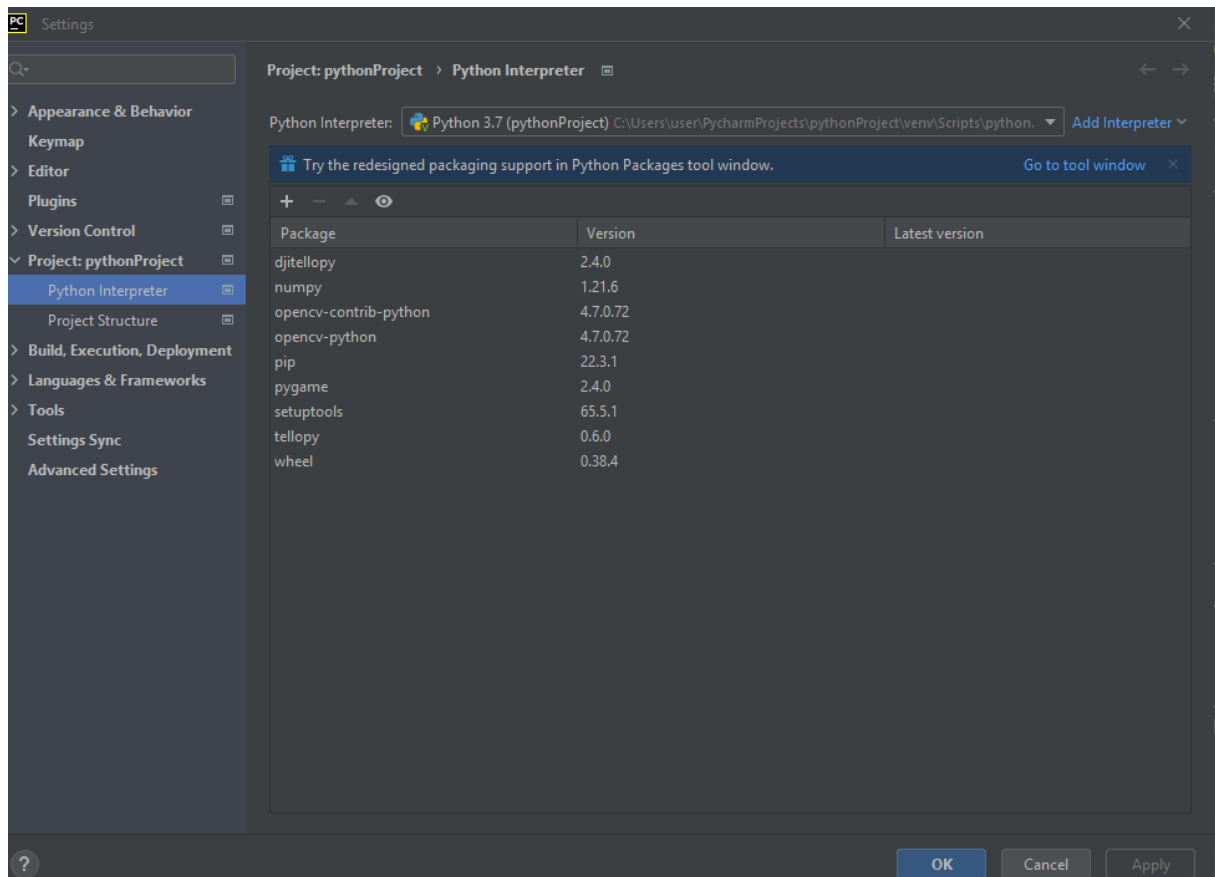


Figure 9 : Installation des bibliothèques

## 4-Installation des bibliothèques :

Tout d'abord, vous devez télécharger toutes les bibliothèques requises qui sont les suivantes :

### 4-1- djitelloPy :

DjiTelloPy est une interface Python pour le contrôle du drone DJI Tello. Elle permet aux étudiants et aux développeurs d'interagir avec le drone Tello en utilisant des fonctionnalités telles que le pilotage, la récupération de données de vol et la diffusion vidéo en temps réel. Grâce à "djitellopy", il est possible de programmer facilement des applications et des scripts pour contrôler les mouvements du drone, effectuer des prises de vue, et exploiter les informations de vol fournies par le drone. C'est un outil puissant pour explorer et expérimenter avec le drone DJI Tello en utilisant le langage de programmation Python. [22]

-Nous ouvrons le terminal et exécutons les commandes suivantes :

```
« Pip install djitelloPy »
```

## 4-2-openCV python (Contrib version)

Ici, nous n'installerons pas la bibliothèque open CV-python habituelle, mais nous installerons une autre bibliothèque Python Open CV fournie par la communauté, qui est la bibliothèque python opencv-contrib . En effet, la bibliothèque contrib contient un support pour Aruco marqueur qui n'est pas présent dans la bibliothèque standard.

-La commande line pour installer la bibliothèque utilisée pour Aruco :

```
« Pip install opencv-contrib-python »
```

## 4-3- NumPy :

La bibliothèque NumPy est extrêmement importante car nous traitons des nombres encodés dans aruco marqueur sous forme de matrice .NumPy est le package fondamental pour le calcul de tableau avec pyhon numpy peut également être utilisé comme un conteneur multidimensionnel efficace pour les données à usage général.

Tout type de données peut être défini. Cela permet à NumPy d'être intégré de manière transparente et rapide dans diverses bases de données. Tutes les roues NumPy distribuées sur PyPI [23]

-La commende line pour installer la bibliothèque NumPy

```
« Pip install NumPy »
```

## 5-Manipulation des programmes :

### 5-1-Import les bibliothèques :

Importons maintenant les bibliothèque et modules requis :

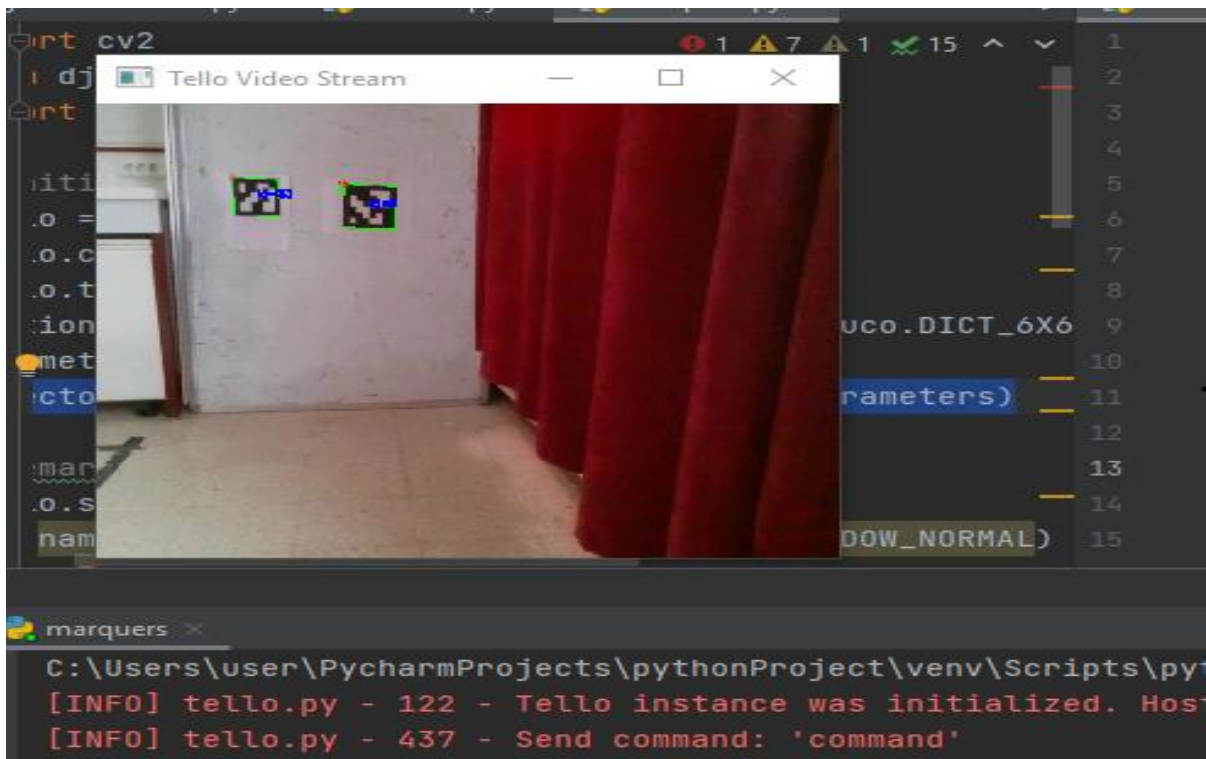
```
1 import cv2
2 import time
3 import cv2.aruco as aruco
4 from djitellopy import Tello
5 import pygame
6
```

Figure 10 : Import les packages

## 5-2-Detection de l'identifiant du marqueur Aruco:

Pour détecter le marqueur aruco, nous utilisons la fonction `ArucoDetector()` du module `Aruco` dans `OpenCV` pour obtenir l'identifiant de balise aruco et pour activer le flux vidéo du drone, exécutez les commandes suivantes :

```
dictionary = aruco.getPredefinedDictionary(aruco.DICT_6X6_250)
parameters = aruco.DetectorParameters()
aruco_detector = aruco.ArucoDetector(dictionary, parameters)
while True:
    frame = tello.get_frame_read().frame
    cv2.imshow("Tello Video Stream", frame)
    gray_frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    marker_corners, marker_ids, _ = aruco_detector.detectMarkers(gray_frame)
```



**Figure 11:** L'exécution de la détection



### 5-3-Exemple de navigation Test effectuée :

En guise de démonstration et faute de batteries puissantes, nous proposons une navigation basée sur deux marqueurs : un premier marqueur lié à l'action déplacement vers en altitude de 100 centimètres , Le drone va s'élever verticalement à l'action déplacement (1) Ensuite, il fait pivoter à un angle de 90 degrés dans le sens antihoraire par rapport à sa position actuelle, Cela signifie que le devant du drone (la caméra) tournera vers la gauche tandis que l'arrière du drone tournera vers la droite pendant 0.05 secondes (2), Puis il avance de 100 cm en ligne deux fois (3) et un autre pour l'atterrissage (4).

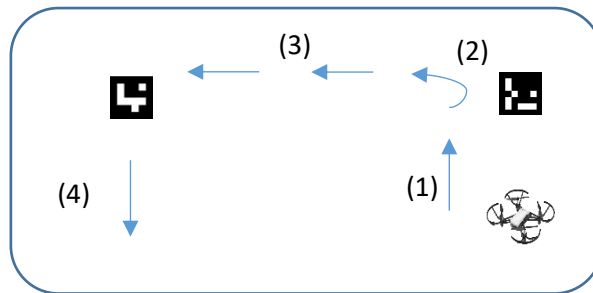
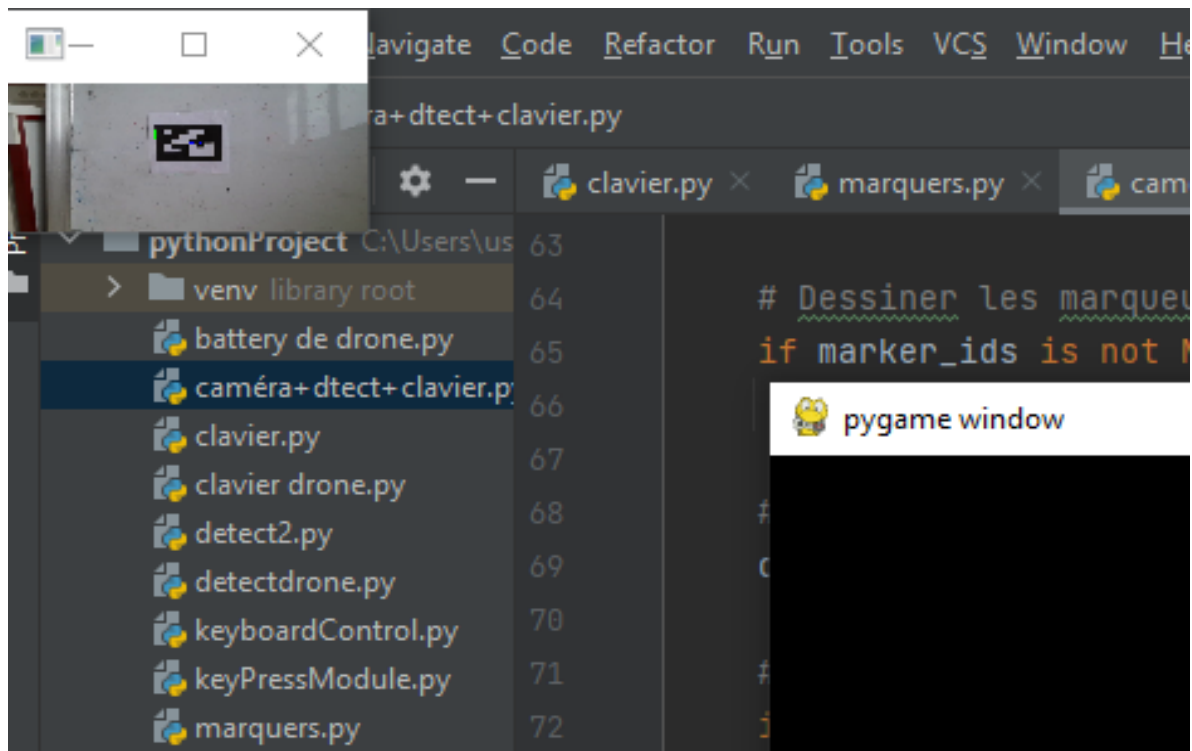


Figure 12 : Schéma de navigation Test.

### 6-Exécuter le code de navigation test effectuée :

Voici le code de navigation test effectuée qui change le comportement du drone tello :

```
if marker_ids is not None:
    aruco.drawDetectedMarkers(frame, marker_corners, marker_ids)
    if (detectcode == False):
        print("marquers dtect")
        detectcode = True
        tello.move_up(100)
        tello.rotate_counter_clockwise(90)
        tello.move_forward(100)
        tello.move_forward(100)
    elif (detectcode == True):
        tello.land()
        break
time.sleep(0.05)
```



**Figure 13** : Exécution de code python pour navigation tello

## **Conclusion Générale :**

Dans notre projet de fin d'études Master nous avons exploré le domaine de la navigation autonome en général et la navigation par drone en particulier.

Nous avons appris à développer des programmes basiques pour la commande du drone tello. Ce dernier dispose d'un caméra embarquée qui lui permet de scruter son espace et faire des actions en fonctions des marqueurs visuels utilises.

Nous avons aussi exploré le domaine des marqueurs visuels et choisi de travailler avec le marqueur Aruco.

Faute de temps et de moyens, nous n'avons pas pu développer des codes pour une navigation précise qui exige un calibrage adapté de la camera.

## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] WRSM 2013, Co-located with FAIM 2013, Porto, Portugal, June 26-28, 2013" par Lihui Wang et et al .
- [2] Rodrigo Martinez-Val, Carlos Hernandez. "Preliminary design of a low speed, long endurance remote piloted vehicles (RPV) for civil applications". Aircraft Design 2 (1999) ,167- 182.
- [3] D. Poinot, «Commande d'un drone en vue de la conversion vol rapide - vol stationnaire,» Ecole nationale superieure de l'aeronautique et de l'espace, 2008.
- [4] M. M. Rida, «Observation et Commande de Drones Miniatures à voilures tournantes,» Tlemcen, 2015.
- [5] <https://www.dronedeploy.com/resources/blog/advantages-of-drone-technology-in-various-industries/>.
- [6] <http://www.droneality.com/downsides-drone-technology>.
- [7] vidéos sur youtube : "Unboxing and First Flight" par iJustine .
- [8] <https://www.dji.com> et <https://www.dji.com/tello> , Ainsi que des chaînes YouTube dédiées aux drones.
- [9] <https://www.dji.com/tello>.
- [10] Ware, C., & Mikaelian, H. H. (2010). Visual thinking for design. Morgan Kaufmann.
- [11] S. Pang, Z. Yu, M.A. Orgun, A novel end-to-end classifier using domain transferred deep convolutional neural networks for biomedical images,

- Comput. Methods Programs Biomed. 140 (2017) 283–293,  
doi:10.1016/j.cmpb.2016.12.019.46.
- [12] Y. Xiao, J. Wu, Z. Lin, X. Zhao, A semi-supervised deep learning method based on stacked sparse auto-encoder for cancer prediction using RNA-seq data, *Comput. Methods Programs Biomed.* 166 (2018) 99–105,  
doi:10.1016/j.cmpb.2018.10.004.
- [13] Y. Xiao, J. Wu, Z. Lin, X. Zhao, A deep learning-based multi-model ensemble method for cancer prediction, *Comput. Methods Programs Biomed.* 153 (2018) 1–9, doi:10.1016/j.cmpb.2017.09.005.
- [14] S.W. Yang, S.K. Lin, Fall detection for multiple pedestrians using depth image processing technique, *Comput. Methods Programs Biomed.* 114 (2014) 172–182, doi:10.1016/j.cmpb.2014.02.001.
- [15] J. Tang, Q. Su, B. Su, S. Fong, W. Cao, X. Gong, Parallel ensemble learning of convolutional neural networks and local binary patterns for face recognition, *Comput. Methods Programs Biomed.* 197 (2020) 105622,  
doi:10.1016/j.cmpb.2020.105622.
- [16] C. González García, D. Meana-Llorián, B.C. Pelayo G-Bustelo, J.M. Cueva Lovelle, N. Garcia-Fernandez, Midgar: Detection of people through computer vision in the Internet of Things scenarios to improve the security in Smart Cities Towns, and Smart Homes, *Futur. Gener. Comput. Syst.* 76 (2017) 313, doi:10.1016/j.future.2016.12.033.
- [17,18] W.C.S.S. Simões, G.S. Machado, A.M.A. Sales, M.M. De Lucena, N.

V.F. De Lucena, A Review of Technologies and Techniques for Indoor Navigation Systems for the Visually Impaired, Mdpi.Com (2021), doi:10.3390/s20143935.

[19][20] [https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial\\_aruco\\_detection.html](https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html).

[21] <https://www.jetbrains.com> > fr-fr > pycharm.

[23] <https://pypi.org/project/numpy/> .