

## AGENT : DRONE DE LIVRAISON AUTONOME

### 1. Description Générale

Un système de drone autonome spécialisé dans la livraison de colis, capable de planifier et exécuter des missions de livraison sans intervention humaine, depuis l'entrepôt jusqu'au client final.

#### ✚ Performance (Critères de performance)

Les critères de performance définissent les objectifs que l'agent intelligent doit optimiser notamment :

- ✓ **Livraison dans les délais** : Minimiser le temps entre la commande et la livraison ;
- ✓ **Précision de la livraison** : Atterrir ou déposer le colis à l'emplacement exact spécifié ;
- ✓ **Sécurité** : Éviter les collisions avec des obstacles (bâtiments, arbres, autres drones, etc.) et assurer la sécurité des personnes au sol ;
- ✓ **Efficacité énergétique** : Optimiser la consommation d'énergie pour maximiser l'autonomie et la charge utile.
- ✓ **Fiabilité** : Fonctionner dans diverses conditions météorologiques et environnementales.
- ✓ **Conformité réglementaire** : Respecter les lois et régulations aériennes (hauteur de vol, zones interdites, etc.).

#### ✚ Environnement (Environnement)

L'agent doit forcément s'adapter à l'environnement dans lequel il évolue.

##### ✓ Espace aérien :

1. Zones urbaines (avec des immeubles, des câbles électriques, etc.) et rurales (avec des arbres, des collines, etc.) ;
2. Présence d'obstacles statiques (bâtiments, pylônes) et dynamiques (autres drones, oiseaux, avions) ;
3. Conditions météorologiques variables (vent, pluie, neige, brouillard) qui affectent le vol.

##### ✓ Points de livraison :

4. Des zones d'atterrissement variées : toits, jardins, trottoirs, etc ;
5. Présence éventuelle de personnes ou d'animaux à proximité du point de livraison.

✓ **Réglementations :**

6. Zones de restriction de vol (aéroports, zones militaires, etc.) ;
7. Limitations de bruit, de hauteur, et de survol de propriétés privées.

❖ **Actuators (Actionneurs)**

Les actionneurs sont les éléments qui permettent au drone d'agir sur son environnement :

- ✓ **Moteurs et hélices** : Contrôlent la propulsion et la direction (avancer, reculer, tourner, monter, descendre) ;
- ✓ **Servomoteurs** : Pour orienter la caméra ou d'autres capteurs ;
- ✓ **Mécanisme de largage** : Pour déposer le colis en toute sécurité (ex:pince, trappe, descendeur par câble) ;
- ✓ **Système de communication** : Pour envoyer des données à la station de contrôle et recevoir des commandes.

❖ **Sensors (Capteurs)**

Les capteurs permettent au drone de percevoir son environnement et son état interne :

- ✓ **GPS/GNSS** : Pour la localisation globale et la navigation (latitude, longitude, altitude) ;
- ✓ **IMU (Unité de mesure inertie)** : Comprend des accéléromètres, gyroscopes et parfois magnétomètres pour mesurer l'orientation, l'accélération et la vitesse angulaire ;
- ✓ **Caméras** :
  1. Caméra RGB pour la détection d'obstacles et la reconnaissance visuelle du point de livraison.
  2. Caméra stéréo ou depth camera pour la perception de la profondeur.
  3. Caméra infrarouge pour les vols de nuit ou dans des conditions de faible luminosité.
- ✓ **Lidar** : Pour la télémétrie et la cartographie 3D de l'environnement (détection d'obstacles fins comme les fils électriques) ;
- ✓ **Radar** : Pour détecter les obstacles même par mauvais temps (pluie, brouillard) ;
- ✓ **Capteurs à ultrasons** : Pour la détection d'obstacles à courte distance et l'atterrissement précis ;
- ✓ **Capteurs de distance laser (ToF)** : Pour mesurer la distance au sol ou aux obstacles ;

- ✓ **Capteurs de vent** : Anémomètre pour mesurer la vitesse et la direction du vent ;
- ✓ **Capteurs de batterie** : Pour surveiller l'état de charge et prévoir l'autonomie ;
- ✓ **Capteurs de charge utile** : Pour vérifier que le colis est bien attaché et éventuellement surveiller son état (température, etc.).

## 2. Fonctionnement de l'Agent

L'agent drone de livraison autonome doit intégrer les données de ses capteurs pour prendre des décisions en temps réel. Voici un exemple de boucle de décision :

- ✓ **Planification de mission** : Le drone reçoit une mission de livraison avec un point de départ, un point d'arrivée et éventuellement des points de passage. Il planifie une route en tenant compte des contraintes (réglementations, obstacles connus, conditions météo).
- ✓ **Décollage et navigation** :
  1. Le drone décolle et suit la route planifiée en utilisant le GPS et l'IMU pour la navigation.
  2. Les capteurs de perception (caméras, lidar, radar) scrutent l'environnement en temps réel pour détecter des obstacles non cartographiés. Si un obstacle est détecté, le drone recalcule sa trajectoire pour l'éviter.
- ✓ **Gestion de l'énergie** : Le drone surveille en permanence son niveau de batterie. Si l'énergie restante est insuffisante pour accomplir la mission, il peut décider de revenir à la base ou de se poser dans un endroit sûr.
- ✓ **Approche et atterrissage** :
  3. Arrivé à proximité du point de livraison, le drone utilise des capteurs de précision (ultrasons, caméras) pour identifier la zone exacte d'atterrissage.
  4. Il vérifie que la zone est sûre (absence de personnes, d'animaux, d'obstacles) avant de descendre.
  5. Il dépose le colis à l'aide de son mécanisme de largage.
- ✓ **Retour à la base** : Après avoir livré, le drone retourne à sa base ou se dirige vers la prochaine livraison.

- ✓ **Communication continue** : Pendant tout le vol, le drone reste en communication avec la station de contrôle pour signaler son état et recevoir d'éventuelles mises à jour (changement de mission, alertes météo, etc.).

### 3. Défis et Considérations Avancées

- ✓ **Robustesse aux défaillances** : Le drone doit être capable de gérer des défaillances de capteurs ou de moteurs (par exemple, en atterrissant en urgence de manière sécurisée).
- ✓ **Sécurité et cyber sécurité** : Protéger les communications contre les piratages et éviter le vol ou le détournement du drone.
- ✓ **Interactions sociales** : Le drone doit être accepté par le public, ce qui implique de minimiser le bruit et de respecter la vie privée (éviter de filmer les propriétés privées).