

Université Mohamed Boudiaf de M'sila

Faculté de technologie

Département de Génie Electrique

Master 2 : Robotique prof / 2024-2025

Matière : Robotique aérienne / (UE Découverte - Crédits : 1, Coefficients : 1)

Chapitre 1 : Généralités

1.1 Généralités sur les DRONES

L'évolution de la commande automatique a ouvert la voie à plusieurs applications comme la surveillance des grandes infrastructures telles que les lignes haute tension, les barrages et les ouvrages d'art. Dans l'environnement, ces UAV peuvent être très utiles pour la détection des zones contaminées avec des agents radioactifs, chimiques ou biologiques, la mesure de la pollution de l'air, la surveillance des forêts..., etc. Les premières recherches dans le domaine des UAV datent de la seconde guerre mondiale, les premiers appareils conçus avaient des dynamiques et des dimensions proches de celles des avions et ils volaient à une très haute altitude.

La recherche dans le domaine des drones fait appel à plusieurs disciplines scientifiques à savoir l'aérodynamique, la mécanique, l'électronique, l'automatique, la communication..., etc.

Le travail présenté dans ce rapport s'inscrit dans le cadre de la modélisation et le développement des lois de commandes pour des UAV au sein du « Laboratoire de Développement des Entraînements Electrique LDEE » de l'université d'USTO. Le but attendu est d'abord de déterminer un modèle compatible décrivant la dynamique du drone type quatre hélices et d'arriver enfin à concevoir des commandes robustes réalisables, qui permettent au drone quadrotor nommé par la suite « X4 » la poursuite d'une trajectoire de référence désirée quelque soit les perturbations externes qu'il peut subir.

Le choix de ce type de drone est justifié particulièrement par la simplicité de son architecture ainsi que sa dynamique qui représente un problème de commande très attractive. Cela revient de la non-linéarité du modèle et qu'il est sous-actionnée (le nombre d'entrée du système est inférieur au nombre de degré de liberté). D'autre part, une représentation complète de son comportement

dynamique dans tous ses modes de vol n'existe pas. Ceci est dû au fait que sa dynamique complexe résulte principalement, de la nature variable des forces aérodynamiques dans les différentes conditions de vol.

1.2 Drone :

Un Drone ou UAV (Unmanned Aerial Vehicle) est un aéronef sans pilote humain à bord qui utilise les forces aérodynamiques pour produire un vol vertical. Il peut être piloté à distance, autonome ou semi autonome [2]. Il est susceptible d'emporter différentes charges utiles, le rendant capable d'effectuer des tâches spécifiques, pendant une durée de vol qui peut varier en fonction de ses capacités. Le mot drone qui signifie ***bourdon ou bourdonnement***, est communément employé en Français en référence au bruit que font certains d'entre eux en volant. Son utilisation a d'abord été connue dans les applications militaires, comme la surveillance et la reconnaissance et comme plateforme de désignation de cible ou comme arme. Puis, plusieurs applications civiles sont devenues concurrentes, notamment dans l'observation des phénomènes naturels (Avalanches, volcans...), la pulvérisation des pesticides sur les surfaces agricoles, la surveillance de l'environnement (exemple : mesures de la pollution) et des réseaux routiers, la maintenance des infrastructures...etc [1].

Aujourd'hui, plusieurs modèles d'UAVs sont disponibles suivant leurs domaines d'application et la mission accordée. Parmi ces modèles, il y a les UAVs à ailes fixes, les UAVs à ailes battantes et les aéronefs à décollage et atterrissage vertical (à voilures tournantes) '*VTOL : Vertical Take off and Landing* ', sur lesquelles nous focalisons notre intérêt.

Le drone est un système complexe non linéaire à plusieurs variables, instable notamment en mode de vol, et représente une dynamique fortement couplée.

1.2.1. Domaine d'application

Le domaine des drones (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) est en constante évolution depuis les débuts de l'aviation. À l'origine, les recherches dans ce domaine étaient principalement motivées par des applications militaires (Valavanis, 2007). En effet, les drones étaient, et demeurent aujourd'hui, la meilleure solution pour éviter la perte de pilotes lors de missions dangereuses. Cependant, compte tenu des complexités additionnelles inhérentes aux drones, le développement de ce domaine s'est effectué plus lentement que pour les systèmes avec pilote. L'apparition de capteurs de plus en plus précis, l'augmentation constante de la puissance de calcul des processeurs ainsi que l'avancement des connaissances dans le domaine de l'aéronautique ont permis à cette tendance de s'inverser. En effet, le

domaine des drones croît de manière exponentielle depuis le début des années 80 (Newcome, 2004). L'utilisation de drones est désormais monnaie courante dans plusieurs domaines d'applications telles que l'arpentage, la surveillance de pipeline et la photographie aérienne (Austin, 2010). Aussi, les drones sont désormais très connus du public spécialement depuis l'intensification de l'utilisation de drones militaires, tels que le désormais célèbre Predator, par l'armée américaine.

Compte tenu du potentiel énorme des drones pour des applications civiles, un très grand nombre de compagnies concevant des drones civils sont apparues depuis les années 90 telles que, par exemple, Aeryon Labs et Aerodreams. En effet, pour la même application, les drones civils sont typiquement beaucoup moins volumineux que des véhicules avec pilote. Ceci permet de réduire drastiquement le coût de carburant, de fabrication, d'opération ainsi que de maintenance des appareils. Par ailleurs, l'apparition de capteurs bon marché, la multiplication de communautés hébergées sur internet portant sur les drones légers ainsi que l'apparition de projets à code libre sont des facteurs qui ont rendu accessible le domaine des drones à une très grande partie de la population.

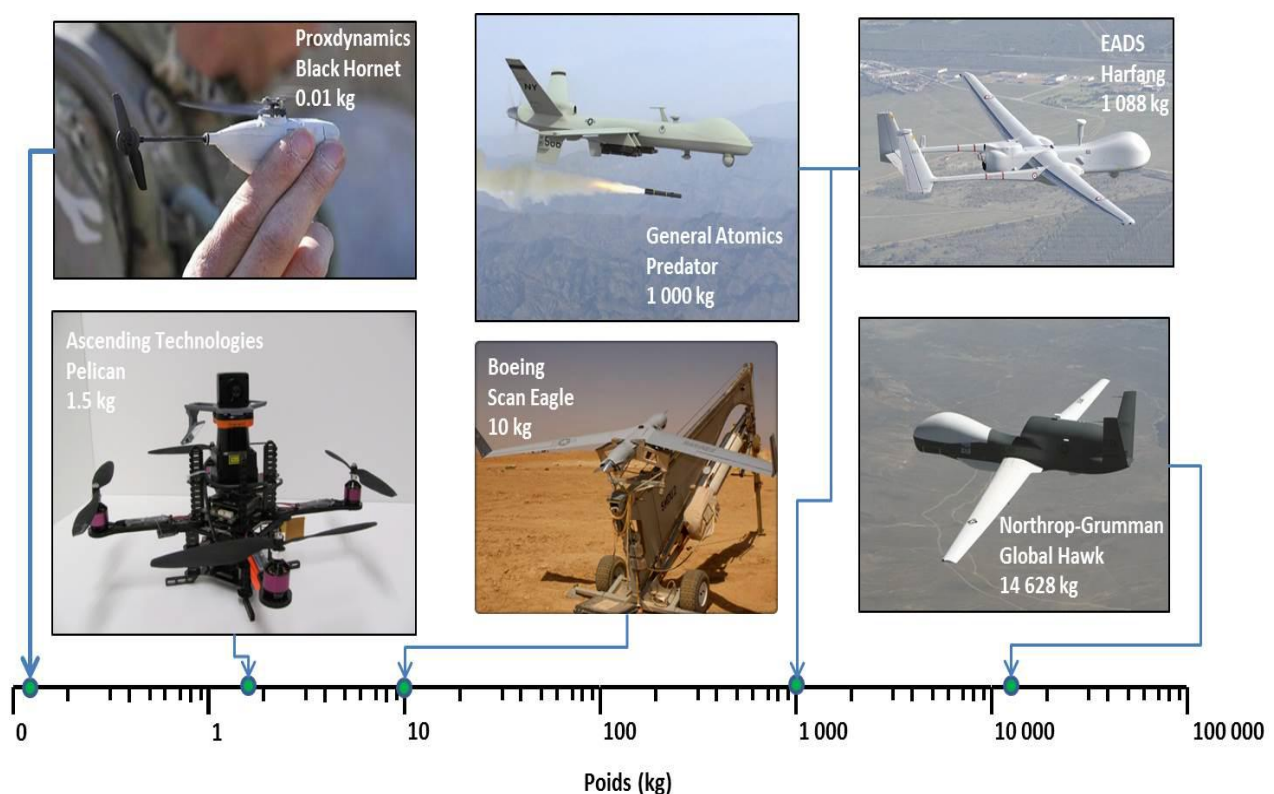


Figure 1.1 Différents modèles de drones classés par poids

Adaptée de Wikipédia (2014) [3]

1.3. Quadrotor [3]

Le Quadrotor est un aéronef faisant partie de la famille des hélicoptères, plus particulièrement de la famille des Multi-rotors. Le quadrotor possède plusieurs caractéristiques (simplicité mécanique, décollage/atterrissage vertical, vol stationnaire, agilité) qui lui procurent plusieurs avantages opérationnels par rapport à d'autres types d'appareils. Cependant, ces caractéristiques proviennent de la dynamique hautement non linéaire, couplée et sous-actionnée du quadrotor, ce qui le rend impossible à commander sans l'action d'un contrôleur.

Cette information propose donc de concevoir un contrôleur permettant d'asservir précisément la position du quadrotor dans l'espace. Ce contrôleur pourra ensuite être utilisé pour effectuer des missions autonomes à l'aide d'un quadrotor.

Le quadrotor, dont le contrôle fait l'objet de cette discussion, fait partie de la famille des hélicoptères, plus particulièrement de la famille des appareils multirotors. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un appareil qui possède quatre moteurs construits en forme de croix. La Figure 1.2 présente un prototype de quadrotor construit par le club scientifique Dronolab de l'École de technologie supérieure (ÉTS)-Canada.



Figure 1.2 Quadrotor du club étudiant Dronolab de l'ÉTS en vol

Tirée de Dronolab (2014) [3]

Comparativement à l'hélicoptère conventionnel où le contrôle de l'appareil est effectué en changeant l'angle d'incidence du rotor principal, le quadrotor est contrôlé par la variation de vitesse entre les différents moteurs. Ceci simplifie grandement la fabrication de ce type d'appareil en éliminant les pièces mécaniquement complexes constituant notamment le système de propulsion.

Malgré ces différences mécaniques, le quadrotor conserve toutes les caractéristiques d'un hélicoptère conventionnel, ce qui lui permet d'être rapidement et facilement déployé sur une multitude de terrains. Il peut également effectuer des vols dans des environnements restreints tels que des bâtiments et maintenir un vol stationnaire.

Les avantages et les désavantages du quadrotor sont résumés par le Tableau suivant :

Tableau 1.1 Résumé des avantages et des désavantages du quadrotor [3]

Avantages	Désavantages
Décollage/Atterrissage vertical	Naturellement instable
Vol stationnaire	Dynamique couplée
Simple mécaniquement	Système sous-actionné
Agile	Petit rayon d'action (≈ 1 à 3 km)
Petite taille	Faible autonomie (≈ 10 à 30 min)
	Faible charge utile (≈ 0.1 à 1 kg)

Références

- [1]- K.M.Zemalache, "Commande d'un système sous-actionné : Application à un drone à Quatre Hélices " Thèse de Doctorat, Université d'Evry Val d'Essonne, France.
- [2]- C.A. Patel, «Building a Test Bed for mini Quadrotor Unmanned Aerial Vehicle with protective Shroud », a thesis submitted to the department of Mechanical Engineering and the faculty of the Graduate School of Wichita State University in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of science, July 2006.
- [3]- Guillaume CHARLAND-ARCAND, "Contrôle Non Linéaire Par Backstepping D'un Hélicoptère De Type Quadrotor Pour Des Applications Autonomes", Mémoire Présenté A L'école De Technologie Supérieure L'obtention De La Maîtrise En Génie Electrique, QUÉBEC - 2014.