



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

DASSAULT UAV CHALLENGE

Autor:

Gutiérrez Rodríguez, Jorge

Dra. Dña Blanca Giménez Olavarría

École Nationale Supérieure des Arts et Métiers (ENSAM)

Valladolid, julio de 2020.

TFG REALIZADO EN PROGRAMA DE INTERCAMBIO

TÍTULO: DASSAULT UAV CHALLENGE

ALUMNO: Jorge GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ

FECHA: 04/06/2019

CENTRO: École Nationale Supérieure des Arts et Métiers (ENSAM)
Campus de Bordeaux

TUTOR: Catherine GOETZ

RESUMEN:

Esta memoria recoge el proceso realizado para participar representando al École Nationale Supérieure des Arts et Métiers de Burdeos en la 5ª Competición UAV Challenge de fabricación, montaje y programación de un dron a nivel europeo organizada por Dassault Aviation en Suiza.

En primer lugar, realizamos una repartición de tareas, una detallada planificación y estimación del presupuesto.

Comenzamos con el montaje tanto mecánico como eléctrico del dron y con la fabricación de algunas piezas para proceder a los primeros vuelos manuales.

Seguidamente, iniciamos la programación y creación de algoritmos para dar comienzo a los vuelos autónomos.

Más adelante, creamos un sistema de tratamiento de imágenes, una base de datos y fabricamos un sistema mecánico capaz de portar y entregar los paquetes en sus respectivos destinos.

Finalmente, acudimos a la competición en la que obtuvimos la tercera posición y pudimos intercambiar opiniones y aprender de los otros equipos y organizadores.

PALABRAS CLAVE: dron, hexacóptero, vuelo, autonomía, competición.

ABSTRACT

This report reflects the process carried out to participate representing the École Nationale Supérieure des Arts et Métiers de Bordeaux in the 5th UAV Challenge Competition for the manufacture, assembly and programming of a drone at an european level organized by Dassault Aviation in Switzerland.

First, we carried out a task's distribution, a detailed planning and a budget's estimation.

We began the drone's mechanical and electrical assembly and the manufacture of some parts to proceed the first manual flights.

Next, we started programming and creating algorithms for the autonomous flights.

Later, we created an image processing system, a database and manufactured a mechanical system capable of carrying and delivering the packages to their respective destinations.

Finally, we went to the competition in which we obtained the third position and we were able to exchange opinions and learn from the other teams and organizers.

KEY WORDS: drone, hexacopter, flight, autonomy, competition.

RAPPORT FINAL DASSAULT UAV CHALLENGE

RESUME

Ce document présente le travail accompli, les difficultés rencontrées et leurs solutions, jusqu'à la compétition du 18 et 19 mai.

Lucas BERTHET, Simon COSSART, Jorge GUTIERREZ, Eddy OBEID

Arts et Métiers ParisTech – Bordeaux-Talence

ABSTRACT

Au début de cette année a commencé pour nous un concours d'une année, organisé par Dassault Aviation et centré autour du largage de paquets par drone. Chaque équipe participant à ce challenge, provenant d'une école d'ingénieur européenne, reçoit un hexacoptère en kit, qu'elle doit assembler, pour ensuite le piloter à la fois manuellement et automatiquement. A cela s'ajoute de la reconnaissance de marqueurs posés au sol sur lesquels doivent être largués les colis, en plus d'un système de largage de ceux-ci qu'il faut concevoir. Chaque équipe dispose alors d'environ sept mois pour avoir un aéronef qui respecte ces critères, ponctués par deux jalons et terminés par un week-end de compétition.

Aujourd'hui, nous avons passé la compétition, et pour celles-ci, nous devons :

- Assembler entièrement le kit fourni par Dassault.
- Piloter le drone et fait voler celui-ci en autonomie.
- Ajouter un interrupteur de coupure instantanée des moteurs, ainsi qu'un failsafe en cas de coupure de liaison Télécommande/Drone.
- Faire voler automatiquement le drone en ligne droite au-dessus d'une croix, afin qu'il largue un paquet sur celle-ci.
- Faire voler automatiquement le drone en ligne droite au-dessus de trois croix, afin qu'il largue le paquet (de la bonne couleur) sur celle de la couleur spécifiée juste avant la mission.
- Faire quadriller par le drone une zone de 15 m de côté, où se trouvent de manière aléatoire les croix, afin qu'il largue les paquets aux trois couleurs associées.

Lors de la compétition, nous avons réussi toutes les missions et manqué de temps pour la dernière, ce qui nous a valu la quatrième place. Nous verrons donc dans ce rapport l'évolution de notre projet pour en atteindre ce point culminant. Il a aussi pour but de guider la future équipe (en cours de sélection), lorsque ses membres reprendront le projet l'année prochaine.

TABLE DES MATIERES

Abstract	1
Table des figures	3
Introduction	4
I. Management du projet.....	5
II. Assemblage du drone	8
A. Partie Mécanique.....	8
B. Partie Electronique	18
III. Traitement d'Images.....	22
A. Choix du réseau de neurones	22
B. Le réseau de neurones yolo	22
C. Base de données	23
D. Entraînement.	23
E. Résultats	24
F. Travail restant	24
IV. Essais en vol	24
A. Préparation des essais	24
B. Essais en vol en intérieur.....	25
C. Essais en extérieur	26
D. Entraînement aux missions	27
E. Travail restant	27
F. Conseils	27
V. Procédures de mise en route du drone	28
A. Mise en marche du drone	28
B. Essai en vol « manuel »	29
C. Essais en vol « Automatique ».....	30
D. Maintenance	30
La compétition	31
Conclusion et Perspectives	32
Annexes	33

TABLE DES FIGURES

Figure 1 – Planning prévisionnel	5
Figure 2 – Tableau de répartition des tâches	6
Figure 3 – Récapitulatif du budget	7
Figure 4 – Photographie des pièces reçues.....	8
Figure 5 – Photographies des moteurs et des pattes reçus.....	9
Figure 6 – Câble fondu au chalumeau et photographie de la structure support	9
Figure 7 – Pont du GPS et fixation du pont	10
Figure 8 – Gimbal avec masse d'équilibrage.....	10
Figure 9 – Photographie du drone assemblé	11
Figure 10 – Vue latérale et de dessous du drone	12
Figure 11 – Système théorique de largage	13
Figure 12 – Electroaimant choisi	13
Figure 13 – Premier prototype de guide.....	14
Figure 14 – Manchon final	14
Figure 15 – Plaque intermédiaire accueillant le système de largage	15
Figure 16 – Système de largage final	15
Figure 17 – Modèle final du manchon	16
Figure 18 – Système de largage intégré sur le drone	16
Figure 19 – Premier prototype de l'attache.....	17
Figure 20 – Attache caméra finale.....	17
Figure 21 – Attache caméra après installation.....	17
Figure 22 – Schéma de câblage	18
Figure 23 – Drone une fois assemblé	18
Figure 24 – Pont pour le GPS.....	19
Figure 25 – Télécommande du drone.....	19
Figure 26 – Schéma électrique de la carte de commande	20
Figure 27 – Vue 3D de la carte de commande	20
Figure 28 – Schéma électrique et visualisation de la carte de commande vérifiée	21
Figure 29 – Plaque de commande intégrée au drone	21
Figure 30 – Architecture de l'algorithme YOLO.....	22
Figure 31 – Extrait de la base de données utilisée	23
Figure 32 – Croix avec le coefficient de détection.....	24
Figure 33 – Détection dans un environnement complexe.....	24
Figure 34 – Essai statique du drone assemblé	25
Figure 35 – Retour vidéo de la camera	26
Figure 36 – Essai en intérieur	26
Figure 37 – Résultat du test de suivi de trajectoire	27
Figure 38 – Affichage dans la console lors d'une connexion réussie.....	28

INTRODUCTION

Le projet Dassault UAV Challenge répond à un challenge proposé par Dassault Aviation depuis 5 ans aux écoles d'ingénieurs françaises mais aussi depuis récemment, aux écoles d'ingénieurs européennes. Celui-ci consiste à faire voler un drone (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) de manière autonome et à le faire larguer des colis délicatement sur des cibles dont la position est inconnue initialement. Le concours est échelonné en plusieurs étapes allant d'un vol en ligne droite entre deux points GPS, à la recherche de cibles sur un terrain inconnu pour y larguer trois colis, en moins de dix minutes. Le but est d'avoir un drone capable de remplir les objectifs précédents d'ici le 18 mai, date de la compétition.

Notre équipe représente le campus Arts et Métiers de Talence lors de cette compétition que l'on a commencée cette année. Dans un premier temps, nous devons assembler le kit du drone, pour ensuite commencer à travailler sur le pilotage automatique du drone. Ainsi, nous allons voir dans un premier temps l'assemblage des différents composants mécaniques du drone, puis celui des composants électriques. Nous décrirons ensuite les différents choix et techniques qui ont été mis en place pour arriver à déterminer de manière automatique la position de cible sur un terrain inconnu. Nous nous pencherons par la suite sur l'avancée des vols pilotés et automatiques du drone. Finalement, nous nous intéresserons au choix du système pour le largage des paquets.

Aujourd'hui, la compétition a eu lieu, et nous regarderons donc de plus près celle-ci, et ce qu'il faut en retenir.

manuellement par la suite. Ce lot de tâches représente en fait ce qu’il fallait faire pour le premier jalon avec Dassault, qui a eu lieu en décembre.

- **Le système de largage.** C’est une partie importante du drone qu’il faut créer et implémenter pour pouvoir participer à la suite de la compétition. Il se constitue de trois tâches, dont la première consiste en la conception informatique sous CATIA de celui-ci. Ensuite, à l’aide du modèle créé précédemment, il faut fabriquer le système de largage, en impression 3D peut être. Enfin, il est nécessaire de l’intégrer sur le drone et de tester son fonctionnement.
- **Le traitement vidéo.** Ce lot se décompose en deux tâches principales : l’acquisition vidéo, qui est faite par une caméra présente sur le drone et qu’il faut donc connecter en temps réel avec la station de contrôle, et le traitement image. Pour celui-ci, il s’agit de mettre en place un programme permettant au drone de reconnaître les marqueurs au sol, pour qu’il puisse réaliser les actions associées.
- **L’automatisme.** Trois tâches composent ce lot. La première est de faire en sorte que le drone soit capable de voler de façon autonome, sur un trajet défini par l’utilisateur. La seconde est de mettre en place le programme nécessaire à la recherche de marqueurs au sol, ainsi qu’au largage du colis sur le marqueur associé. Enfin, la dernière consiste en l’amélioration de la robustesse de ce qui a été créé dans ce lot.
- **Les essais en vol.** Tout au long du projet, des essais en vol sont nécessaires et doivent être faits pour pouvoir tester ce qui a été implémenté sur le drone.

Sur ce diagramme de Gantt, on peut aussi voir la durée prévisionnelle et réelle de chaque tâche, ainsi que le début prévisionnel et réel. Il est donc possible de voir l’état d’avancement actuel et on constate que quelques tâches ont été réalisées en retard vis-à-vis des prévisions que nous avons faites, mais nous avons respecté les délais pour le premier jalon de Dassault Aviation. Ainsi, on peut remettre en question la façon d’établir nos prévisions, qui était peut-être trop précaire et peu fondée, du fait de la difficulté d’estimer le temps nécessaire pour les réaliser. L’information qui manque dans ce tableau est la répartition des tâches parmi les membres de l’équipe et nous avons donc procédé comme ci-dessous :

Lots de tâches	Eddy	Jorge	Lucas	Simon
Le drone	X	X	X	X
Le système de largage	X	X	X	
Le traitement vidéo			X	X
L’automatisme			X	X
Les essais en vol	X	X	X	X

Figure 2 – Tableau de répartition des tâches

Les tâches étaient d’ailleurs communicantes, dans le sens où si de l’aide était nécessaire, d’autres membres aidaient, et supervisées par le chef de projet et Simon, car il dispose du plus grand nombre de connaissances dans ce domaine.

Pour la communication, du côté des professeurs référents, cela se faisait soit par des comptes-rendus de séances, soit par des échanges verbaux, ponctués par le jalon intermédiaire. Du côté de Dassault Aviation, nous avons d’abord eu une réunion de lancement, au cours de laquelle les modalités du challenge ont été explicitées, puis il nous était possible de questionner le jury et l’équipe gagnante

de l'année dernière (qui est présente pour fournir un avis interne au projet) soit par mail, soit sur le groupe Facebook créé à cet effet.

Tâche associée	Type de dépense	Coût (en €)	Date	Total (en €)
Drone	10 hélices	9.99	05/12/2018	33.56
	Cadre	23.57	11/12/2018	
Croix	Peinture	11.4	14/02/2019	11.4
Système de largage	Guides et plaque	20	03/04/2019	32.89
	Support de carte de commande	2	02/05/2019	
	Electroaimants	10.89	04/03/2019	
				77.85

Figure 3 – Récapitulatif du budget

Comme il est possible de le voir ci-dessus, nous avons dépensé un total de 77,85€, dont 32,89€ pour le système de largage. Ainsi, nous avons respecté le budget fixé pour ce dernier (qui était de 150 euros), même si des dépenses sont prévisibles dans les années à venir pour améliorer son fonctionnement.

II. ASSEMBLAGE DU DRONE

A) PARTIE MECANIQUE

Le premier jalon

Nous allons désormais aborder l'aspect de l'assemblage mécanique de notre drone. Pour ce faire, nous avons dû fabriquer, dans les ateliers de notre école, plusieurs éléments comme les pieds et le pont pour le GPS.

Les pièces ont été fournies par Dassault Aviation, reçues le 13 novembre 2018, et sont les suivantes :



Figure 4 – Photographie des pièces reçues

Notre première étape a été l'assemblage global du drone. Nous l'avons fait pendant les premières séances suivant la réception des composants, en plusieurs phases comme ci-dessous :

- Tout d'abord, nous avons commencé par l'assemblage des plaques qui définissent la plateforme générale, à laquelle sont fixés les bras du drone avec plusieurs vis et écrous. Nous avons dû limer quelques trous qui étaient mal positionnés sur les plaques.

- On a ensuite ajouté les 6 moteurs et leurs connexions électroniques. Ici nous avons dû limer les extrémités des bras à cause de la présence de bavures qui allaient désorienter les axes des moteurs et donc avoir un impact néfaste et non négligeable sur la rotation des hélices. Nous avons aussi décidé de se séparer des plateformes en croix des moteurs par manque d'utilité visible, mais aussi car elles augmentaient l'épaisseur de notre assemblage, ce qui était inadapté pour la longueur des vis fournies.



Figure 5 – Photographies des moteurs et des pattes reçus

- Enfin, nous avons monté tous les composants électroniques qu'il y a sur la plateforme du drone comme le GPS, la batterie ou encore le Pixhawk (Carte de commande du drone).

Jusqu'ici, nous avons installé tous les composants qui nous avaient été fournis. À partir de ce moment, nous devons acheter ou fabriquer tous les éléments supplémentaires dont nous avons besoin. Comme nous avons uniquement 4 hélices, celles de rechange, nous avons commencé par acheter les 6 autres hélices, puisque nous ne pouvons pas les fabriquer.

Le premier élément que nous avons fabriqué, ce sont les pieds du drone. Ce sont des tubes en aluminium aéronautique 2017 insoudable avec un angle de pliage de 60 degrés. Ensuite, pour renforcer notre structure et éviter qu'elle ne fléchisse considérablement à cause du poids et des efforts lors des atterrissages, nous avons percé, à l'aide d'une perceuse à colonne, des trous de 2 mm dans les pieds, et ceci afin d'y intégrer des câbles tendeurs de dérailleur. Nous avons fait fondre au chalumeau le bout du côté sortant du câble. La combinaison entre poids du câble et sa résistance a fait de lui notre solution optimale.



Figure 6 – Câble fondu au chalumeau et photographie de la structure support

Au bout de ces pieds, nous avons ajouté de la mousse de protection antichoc en PE multi lames, semi-rigide et économique. Celle-ci a été choisie car elle est facilement trouvable, semi-rigide (et donc elle amortit bien sans être trop molle), et a déjà fait ses preuves durant nos essais de pilotage.

Nous avons découpé 2 plaques en aluminium :

- La première, celle supérieure aux pieds, permet d'assembler les pieds au drone.
- La deuxième permettait initialement d'assembler le Gimbal (stabilisateur performant de la caméra), ainsi que le système de largage. Cependant, depuis quelques jours, nous avons décidé de ne plus utiliser le Gimbal car il est lourd (200g), et encombrant. On utilisera cette plateforme pour y installer le système de largage des paquets, et un stabilisateur plus adapté à notre demande.

L'étape suivante était de réaliser une structure pour pouvoir implanter le module GPS, afin que celui-ci soit à 20 cm de la plaque pour qu'il n'y ait pas de perturbations magnétiques. Nous avons pris une plaque fine d'acier de dimensions 94.5x19x1 qui permettait donc de répondre aux contraintes de hauteur du GPS. On a pu ainsi l'élever à 28cm du drone, ce qui dépasse nos besoins mais tant mieux. Tous ces fabrications et assemblages nous ont coûté 0 euros (en excluant le prix des vis) car nous avons réussi à s'adapter au matériel et aux outils présents dans l'atelier, tout en respectant nos contraintes de rigidité et d'encombrement.



Figure 7 – Pont du GPS et fixation du pont

Finalement, nous avons dû équilibrer le support de caméra dans le Gimbal en y ajoutant une masse.

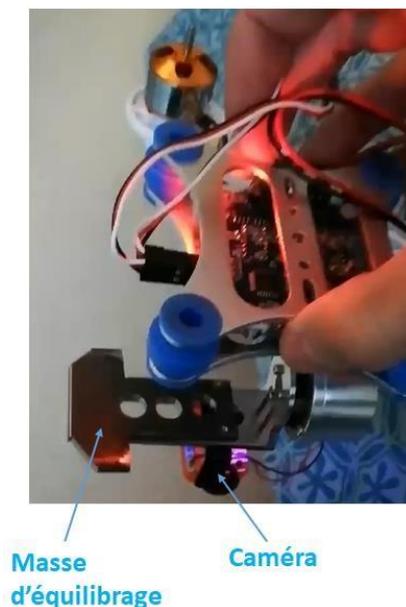


Figure 8 – Gimbal avec masse d'équilibrage

Dans l'atelier, on a travaillé avec les outils suivants : la perceuse à colonne, la scie à métaux, des clés allen, un étau pour les pattes et une limeuse.

Toutes les pièces fabriquées et les trous percés sont limés pour réduire les risques de blessures dues aux extrémités pointues.

En ce moment, l'aspect de notre hexacoptère (sans le Gimbal) est le suivant :



Figure 9 – Photographie du drone assemblé

Le second jalon

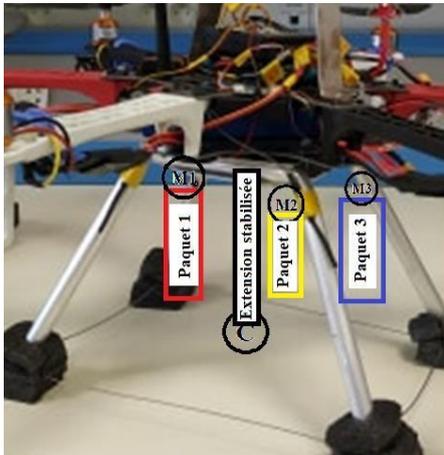
Pour la suite de ce projet et notamment pendant le 2nd semestre jusqu'en mai, nous allons continuer nos activités afin de répondre aux exigences du Challenge et de Dassault Aviation. Nous allons donc maintenant nous concentrer sur la partie système de largage des paquets, en parallèle de la conception d'un support de caméra plus adapté que le Gimbal. On rappelle que le tout doit être réalisé afin que le drone puisse larguer le paquet de la bonne couleur dans un périmètre d'un mètre autour de la croix de couleur correspondante.

Le volume dans lequel nous avons décidé de travailler était celui en dessous du drone, entre ses pieds. Ceci nous permettra d'éviter de trop déplacer le centre de gravité lorsqu'on va larguer un objet. En effet, le drone ne doit pas être trop perturbé, même s'il est capable d'adapter la puissance de ses moteurs selon le besoin.

Nos objectifs à venir sont donc les suivants :

- Imprimer en 3D les paquets à larguer. L'impression 3D permet d'avoir un parallélépipède optimisé en fonction de nos demandes, tout en ayant un poids par paquet entre 50 et 90g. Le poids du paquet sera primordial dans le largage afin de réussir à obtenir un « soft landing » lors du challenge.
- Concevoir et fabriquer le système de largage. On rentrera dans les détails de nos idées sur ce système plus bas.

- Concevoir une extension support mais aussi stabilisée de la caméra. En effet, lorsque l'on va implanter notre système de largage, la visibilité de la caméra sera fortement réduite. C'est pour cela que l'on veut la rapprocher du sol tout en évitant que cela ne touche. On veut aussi l'imprimer en 3D pour avoir un support rigide, tout en étant léger.



M1: Moteur 1
C: Caméra

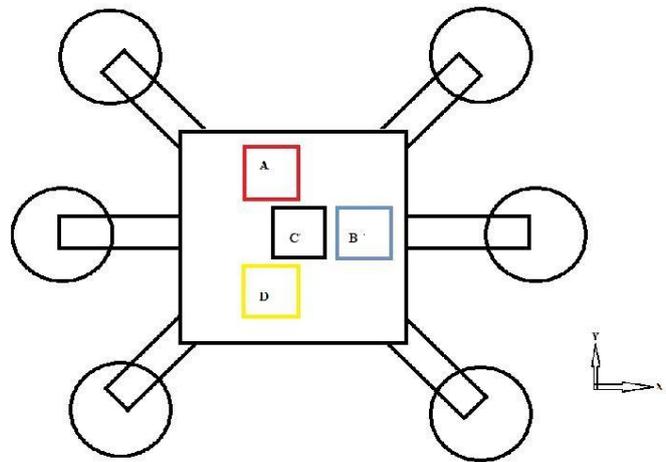


Figure 10 – Vue latérale et de dessous du drone

Nous pouvons voir sur les photos ci-dessus comment seraient disposés les paquets et la caméra en dessous du drone, avec, pour assurer un équilibre, les vecteurs définis à l'état initial tels que :

$$CB = x_1 * X$$

$$AC = 0.5 * x_1 * X - y_1 * Y$$

$$DC = 0.5 * x_1 * X + y_1 * Y$$

En ce qui concerne le système de largage, comme nous pouvons le voir dans la figure ci-après, nous avons décidé d'utiliser 3 moteurs, un par paquet, et qui seront contrôlés et programmés pour larguer le bon paquet sur la bonne croix. Le système consiste à avoir :

- Un arbre de moteur usiné pour accueillir une clavette ou une tige.
- Un fil y sera attaché et enroulé autour de l'arbre et de la clavette, auquel sera attaché le paquet.
- Lorsqu'il va falloir larguer le paquet, l'arbre sera actionné et le fil déroulé. Une fois le fil entièrement déroulé, rien ne bloquera la clavette (ou tige) et elle se détachera seule de l'arbre moteur.
- Une longueur de fil adaptée, et en rajoutant des poids comme sur un fil de pêche.

On espère ainsi pouvoir assurer un « soft-landing ».

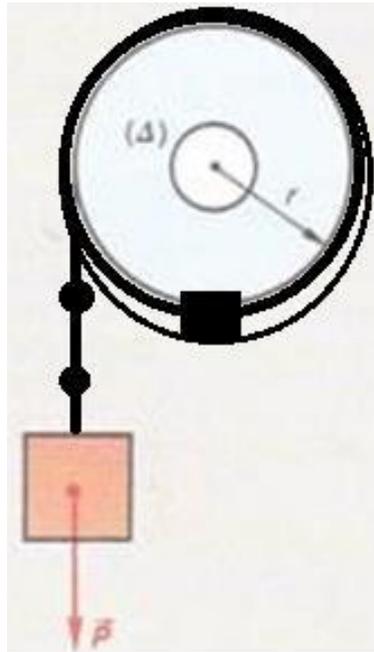


Figure 11 – Système théorique de largage

Conception finale du système de largage

Lors d'une réunion avec nos professeurs référents, l'un d'eux nous a proposé d'utiliser des électroaimants pour le système de largage. L'idée d'utiliser ces actionneurs nous a tout de suite plu, même si cela signifiait d'abandonner les idées précédentes, et nous avons commencé à réaliser la conception autour de ceux-ci. Nous pensions donc accrocher les paquets au drone à l'aide de trois électroaimants identiques et pour le largage, l'aéronef doit se rapprocher le plus possible du sol, afin que les paquets soient déposés doucement.

Ensuite vint le premier choix à faire pour cette solution, nous devons sélectionner quel type d'électroaimant utiliser, sachant qu'il faut qu'il utilise le moins d'énergie possible, en raison de la durée de vie limitée de la batterie. Du fait de ce critère, il aurait été logique de choisir des électroaimants à aimants permanents (ils exercent une force magnétique tant qu'ils ne sont pas traversés par du courant, d'où l'économie d'énergie), mais ceux-ci coûtaient le double par rapport à des électroaimants classiques (ils exercent une force magnétique tant qu'ils sont alimentés). Nous avons donc opté pour les derniers. Par la suite, nous avons choisi un modèle le plus petit possible ($\varnothing 20 \times 15 \text{ mm}$ et 25g), fonctionnant sur le 12V déjà disponible, consommant une faible puissance (2.5W) et ayant une force de maintien faible (25N), du fait de la légèreté de nos paquets.



Figure 12 – Electroaimant choisi

Mettre seulement des électroaimants pourrait suffire, mais pour s'assurer que les paquets soient largués verticalement, nous avons pensé à créer des manchons qui viennent englober l'électroaimant et le paquet, pour guider ce dernier lors de sa chute. Il était important de faire des guides qui ne contiennent pas entièrement les paquets, car, comme le drone ne décolle pas de façon entièrement verticale, il risquerait de faire chuter les colis. Nous avons donc réalisé un premier prototype sur CATIA :

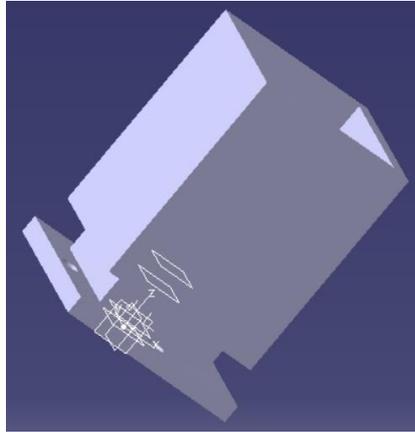


Figure 13 – Premier prototype de guide

Du fait de dimensions trop petites pour la fixation du système de largage, nous avons remarqué que les manchons entraient en collision. On a d'abord réduit l'épaisseur de la pièce, tout en gardant une valeur minimum à l'esprit, car les guides sont destinés à être imprimés en 3D par la suite. Comme ceci ne résolvait pas le problème, nous avons essayé de fusionner les trois en un seul, en vain. Nous avons donc changé les dimensions utilisées pour la fixation. De plus, nous avons opté pour une base ronde, qui épouse mieux la forme des électroaimants et prend moins de place. Nous avons obtenu le guide ci-dessous.

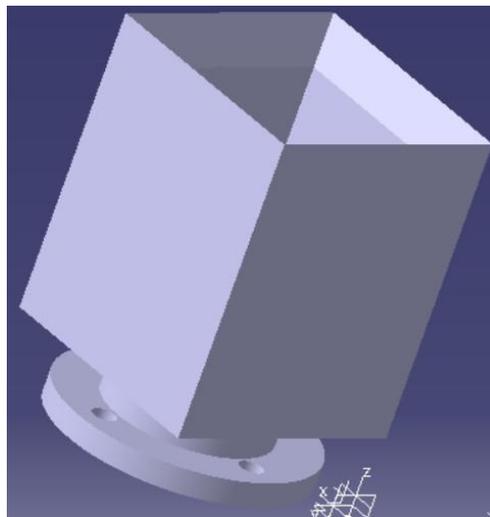


Figure 14 – Manchon final

Comme écrit ci-dessus, nous avons décidé d'enlever le Gimbal, mais nous avons gardé la plaque qui le maintenait sur le drone, pour pouvoir fixer le système de largage dessus. Cependant, celle-ci n'était pas adaptée aux moyens de fixations des électroaimants et des guides. On a donc créé une plaque intermédiaire (visible ci-dessous) se fixant sur celle-ci et pouvant accueillir le système de largage.

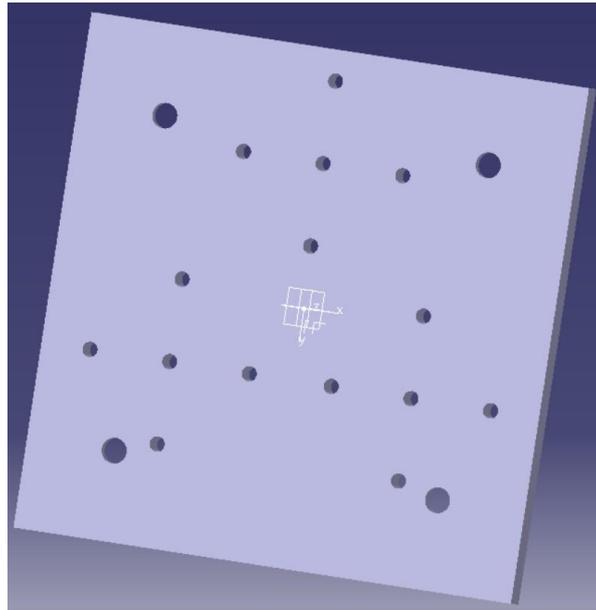


Figure 15 – Plaque intermédiaire accueillant le système de largage

On observe sur celle-ci trois types de trous de fixation différents : ceux pour les électroaimants, pour les manchons et pour la plaque support du Gimbal. Finalement, nous avons obtenu un système de largage assemblé comme cela :

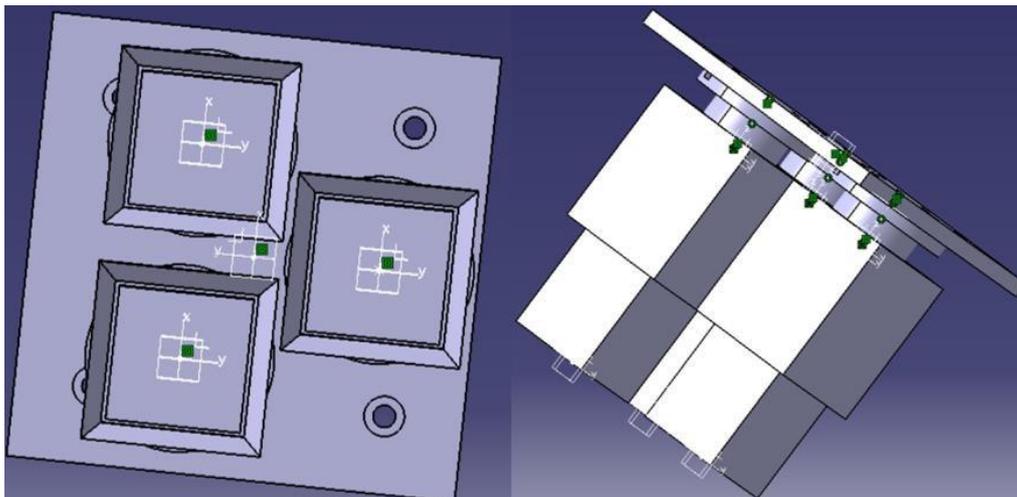


Figure 16 – Système de largage final

Il ne reste plus qu'à l'imprimer et à le tester dans des conditions réelles. En attendant, nous allons vérifier si les paquets sont effectivement largués lorsque le courant est coupé, car il peut subsister dans l'électroaimant une force rémanente, qui l'empêcherait de tomber. Celle-ci dépend du matériau de la plaquette métallique fixée sur le paquet et sur laquelle s'exerce la force magnétique. Nous pensons prendre de la ferrite, qui permet une force rémanente très faible.

Par la suite, il fut impossible d'imprimer les guides en 3D, car ceux-ci présentent des ruptures brutales de matière qui ne permettent de réaliser d'ajout de matière (le principe même de l'impression 3D). Nous avons donc modifié les guides, comme il est possible de le voir ci-dessous.



Figure 17 – Modèle final du manchon

Comme on peut le voir sur l'image, les ruptures de matière ont été remplacées par des congés, permettant l'ajout continu de plastique. Une fois le système de largage intégré sur le drone, nous avons le résultat suivant :



Figure 18 – Système de largage intégré sur le drone

Pour les paquets, nous avons décidé de les faire en impression 3D aussi au début, puis on s'est rendu compte du temps que cela prenait beaucoup de temps. Ainsi, sur les conseils reçus lors du deuxième jalon, nous les avons découpés dans des tasseaux en bois, avec une petite plaque en acier fixée sur le haut. Ils ont de cette manière acquis deux avantages : leur poids est adéquat et ils rebondissent moins (du fait de leur coefficient de rebond plus faible que celui du plastique).

Conception du système d'attache de caméra

Comme il est possible de le voir sur les captures d'écran précédentes, nous avons finalement décidé de ne pas placer la caméra au milieu des paquets. En effet, nous avons peur que sa vision soit obstruée par ces derniers et pour remédier à cela, il aurait fallu créer une extension qui la place plus basse que les colis. Cependant, en prenant en compte la longueur de ces derniers et de ce qu'il les maintient, elle aurait été trop proche du sol lors des atterrissages et on aurait pu l'endommager. On a décidé de la fixer sur un des pieds du drone, pour être sûr que sa vision ne soit pas occultée. Nous

avons donc conçu un premier prototype permettant de l'attacher de façon horizontale, en prenant en compte l'angle formé par le pied (voir ci-dessous).

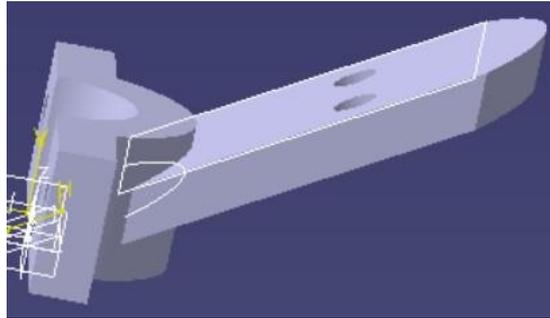


Figure 19 – Premier prototype de l'attache

Il s'agit en fait d'une bague, que l'on vient serrer sur un des pieds au moyen de deux boulons. Comme l'orientation ne nous convenait pas, car on voulait la placer verticalement finalement, on a fait un deuxième (et dernier) prototype (voir ci-dessous). On a aussi changé le cercle intérieur de la bague pour qu'il soit écrasé et qu'on puisse bien la fixer sur le pied.

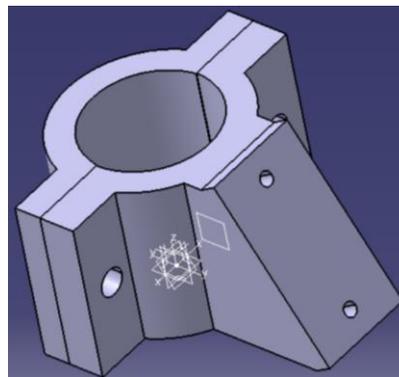


Figure 20 – Attache caméra finale

Comme nous avons placé les perçages dans le mauvais sens, il a fallu les placer correctement et on a donc percé l'attache par la suite. Une fois implanté sur le drone, on a obtenu cela :

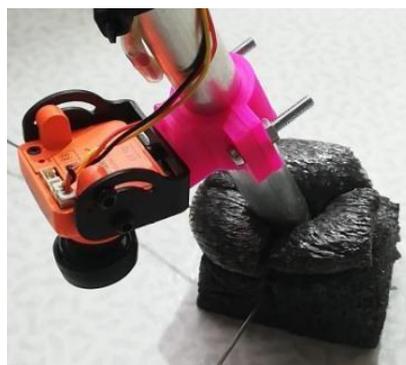


Figure 21 – Attache caméra après installation

B) PARTIE ELECTRONIQUE

Montage électronique

Le drone possède, en plus d'une partie mécanique, une partie électronique, à monter principalement sur le cadre. Celle-ci sert plusieurs fonctions : la propulsion, la direction et la communication avec la base de contrôle au sol, en plus de l'acquisition d'images (et de l'alimentation du largage des paquets). Nous retrouvons donc ces différents modules au travers des composants que nous avons reçus, et qu'il a fallu relier par la suite. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur le schéma de câblage si dessous.

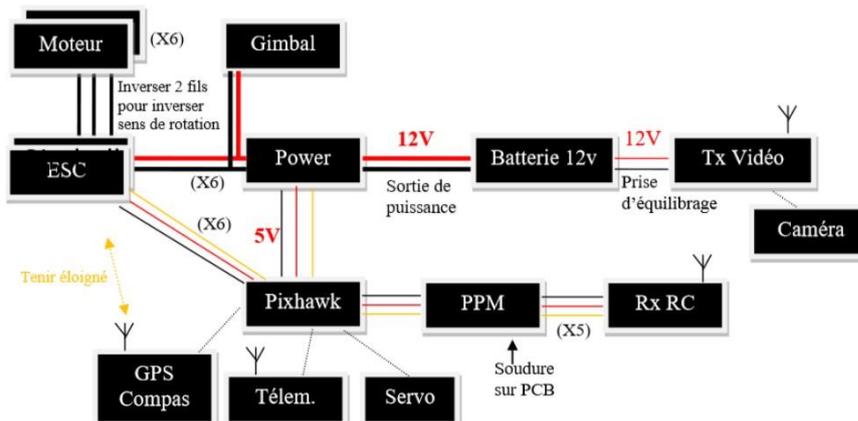


Figure 22 – Schéma de câblage

Les précautions que nous avons eu à prendre étaient que le circuit possède deux tensions différentes 5 et 12 V, qui, si interverties, pourraient provoquer la surtension d'un élément et donc sa destruction. En outre, quelques câbles n'étaient pas adaptés à certains ports, et du brasage a donc été nécessaire. Ensuite, nous avons aussi fait attention à positionner les composants de telle sorte qu'ils ne se gênent pas, notamment pour les antennes, en cas de pollution du signal. Il a aussi été nécessaire de fixer correctement chaque module, pour qu'ils ne chutent pas ou n'émettent pas des vibrations, tout en les plaçant de façon ergonomique (la batterie peut ainsi être remplacée aisément).

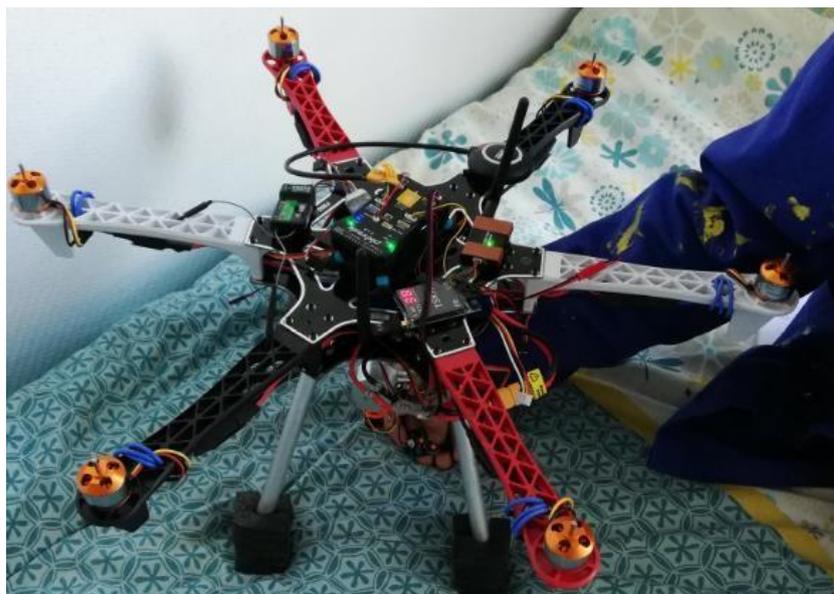


Figure 23 – Drone une fois assemblé

Une des interférences les plus importantes à éviter était celle concernant le GPS, qui est sensible aux émissions magnétiques. Nous avons donc mis en place un pont en aluminium fixé sur le cadre, pour l'éloigner le plus possible des nuisances.

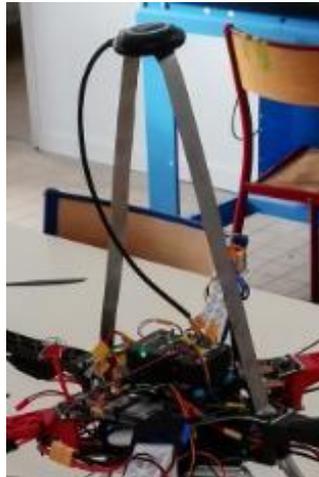


Figure 24 – Pont pour le GPS

Enfin, nous avons connecté la Pixhawk (la carte de contrôle de l'hexacoptère) à notre base de contrôle au sol, dans notre cas, Mission Planner, un logiciel qui permet de piloter et paramétrer le drone. Après quelques réglages, comme la calibration de la boussole, il a fallu tester la réception et l'émission de chacune des antennes, pour s'assurer que l'hexacoptère se connecte sans problème à notre ordinateur.

Création d'un interrupteur pour couper les moteurs

L'un des objectifs du premier jalon était d'établir une coupure des moteurs dès lors que la connexion entre le drone et le moteur est perdue. Par mauvaise compréhension, nous avons ajouté un interrupteur sur la télécommande qui permet de couper le moteur à l'instant où l'on veut. Malgré la différence entre la consigne et ce que nous avons fait, nous avons décidé de garder cette option, en plus de celle demandée, du fait de la sécurité que cela procure. Voici donc comment nous avons fait pour avoir un tel interrupteur sur la télécommande. Sur Mission Planner, il est possible de commander dix chaînes, tandis que la télécommande n'en comporte que 6. Nous avons donc été contraints d'inverser la chaîne 6 et 7. Quatre sont en effet déjà utilisées pour le pilotage, et il nous en restait donc une de libre, que nous avons utilisée finalement pour passer du mode manuel à celui automatique. La spécificité de cet interrupteur, qui sert à couper les moteurs, est qu'il permet de procurer à nouveau la même portance, dès lors qu'il est remis en position initiale. De plus, nous avons modifié l'armement de l'aéronef, de telle sorte qu'une fois armé, les pales ne tournent plus quand les gaz sont à zéro. Plus tard, le failsafe a bien été implémenté, en modifiant un paramètre directement sur la télécommande.

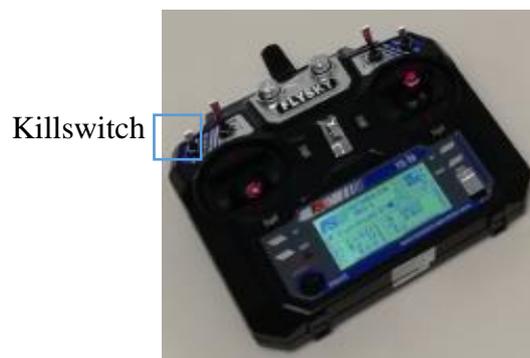


Figure 25 – Télécommande du drone

Carte de commande pour le système de largage

Comme le système de largage a été entièrement conçu et qu'il ne reste plus qu'à l'imprimer, il est nécessaire de concevoir la carte imprimée qui va à la fois le commander et l'alimenter. Les trois électroaimants seront commandés en parallèle, afin de larguer un seul paquet à la fois. Il faut donc pouvoir arrêter l'alimentation de chacun séparément, et des interrupteurs peuvent répondre à cette exigence. Or, comme la PixHawk est capable de délivrer un courant de commande selon les ordres qu'elle reçoit, il faut mettre en place des interrupteurs capables de s'ouvrir avec ce courant. Nous comptons donc utiliser des MOSFET. Ainsi, la carte imprimée doit pouvoir accueillir ces trois composants, ainsi que l'alimentation de 12V et les trois électroaimants.

En utilisant le logiciel EasyEDA, nous avons d'abord créé le schéma suivant qui représente l'ensemble de la carte. Les pôles des résistances R1, R2 et R3 serviront à connecter les électroaimants à la carte et P1, P2 et P3 devraient accueillir les signaux de commande.

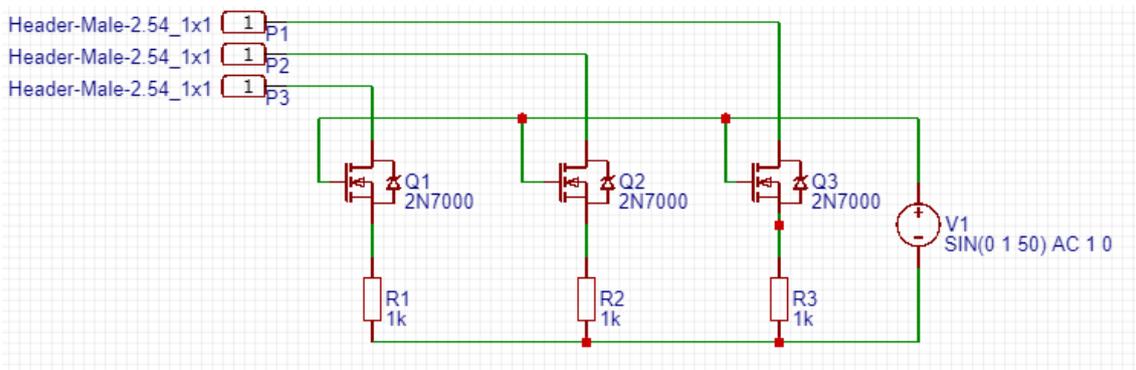


Figure 26 – Schéma électrique de la carte de commande

Avec le schéma en main, nous avons conçu la carte, qu'il est possible de voir ci-dessous. Il ne nous reste plus qu'à l'imprimer avec le matériel de l'école.

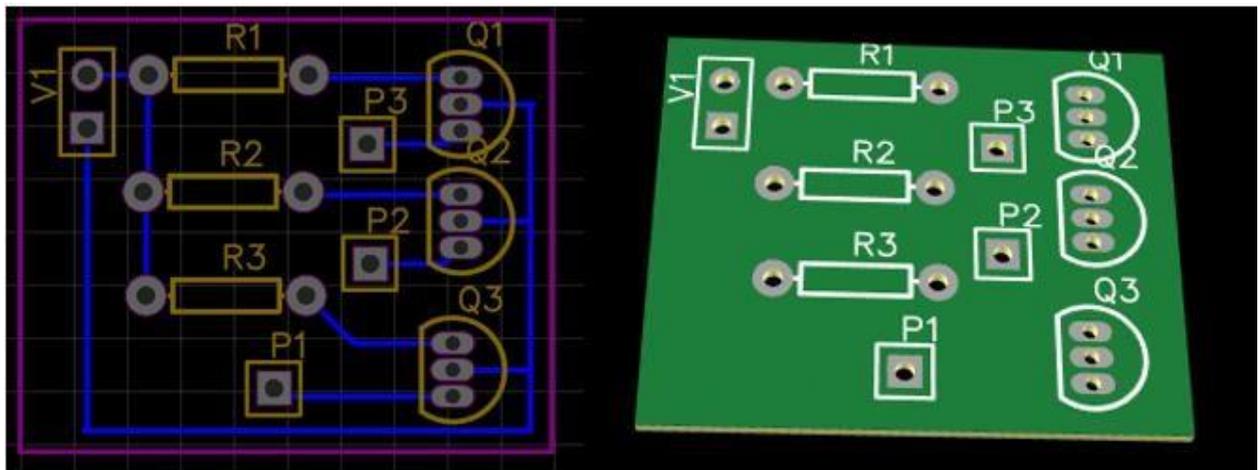


Figure 27 – Vue 3D de la carte de commande

Plus tard, en se penchant plus précisément sur cette carte commande, plusieurs erreurs se sont manifestées : nous avons tout d'abord oublié la masse dans le circuit. De plus, nous nous sommes rendu compte que la gâchette du MOSFET sur le logiciel n'était pas au bon endroit vis-à-vis de la réalité. En corrigeant ces deux erreurs, nous obtenons la carte suivante :

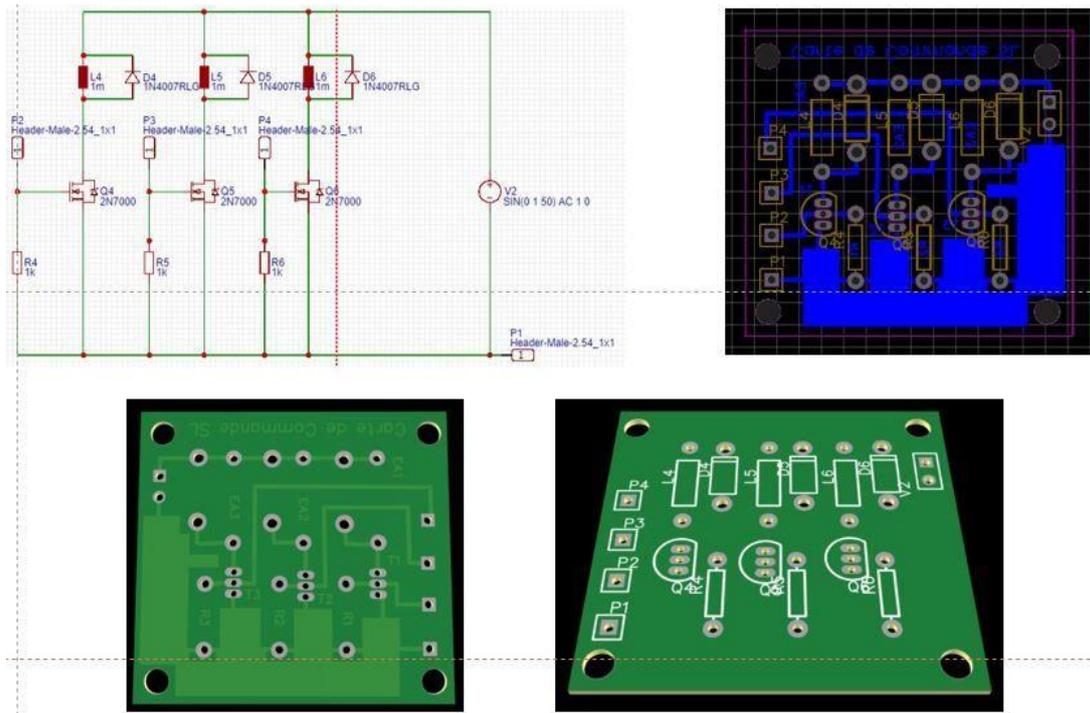


Figure 28 – Schéma électrique et visualisation de la carte de commande vérifiée

Les composants s’avérant plus gros que prévu, nous avons fait une nouvelle carte agrandie. Nous n’étions pas contraints par ses dimensions, étant donné qu’elle sera placée entre 2 pieds du drone.

Le dernier problème fut observé une fois tous les composants assemblés : la tension de sortie de la Pixhawk est de 3.2V alors que le seuil de déclenchement des MOSFET est de 3.8V. On a donc ajouté un optocoupleur, qui permet de mettre en forme le signal et d’élever la tension de commande à 5V.

Afin de fixer cette plaque de commande au drone, nous avons conçu un support en impression 3D, que nous pouvons voir sur l’image ci-dessous. Cette plaque support viendra se placer entre 2 pieds de notre drone, avec des fixations aux pieds similaires à celui de la caméra.

Enfin, des LED en série avec les électroaimants ont été intégrées pour disposer d’un aperçu visuel de l’alimentation de chacun des effecteurs.

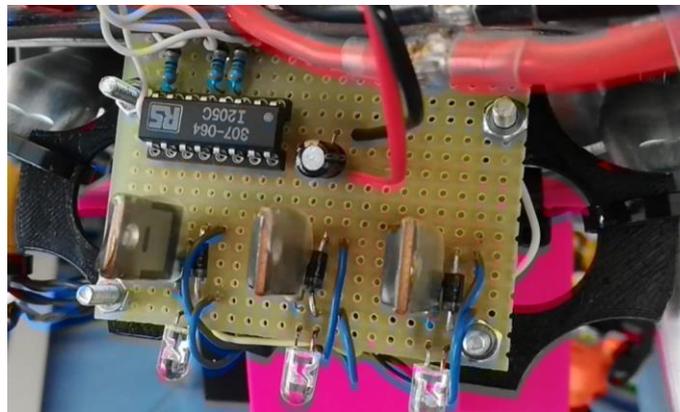


Figure 29 – Plaque de commande intégrée au drone

l'avantage de situer la position des détections dans l'image, contrairement à d'autres algorithmes qui sont uniquement capables de dire si oui ou non l'image contient un objet.

C) BASE DE DONNEES

La création d'une base de données pour entraîner le réseau de neurones a été un des gros objectifs de la partie traitement d'images. Celle-ci doit comporter plusieurs centaines d'images classifiées à la main. On a pris des photos de croix tel que celles qui devront être détectées lors du challenge sur des fonds différents et des éclairages variés.

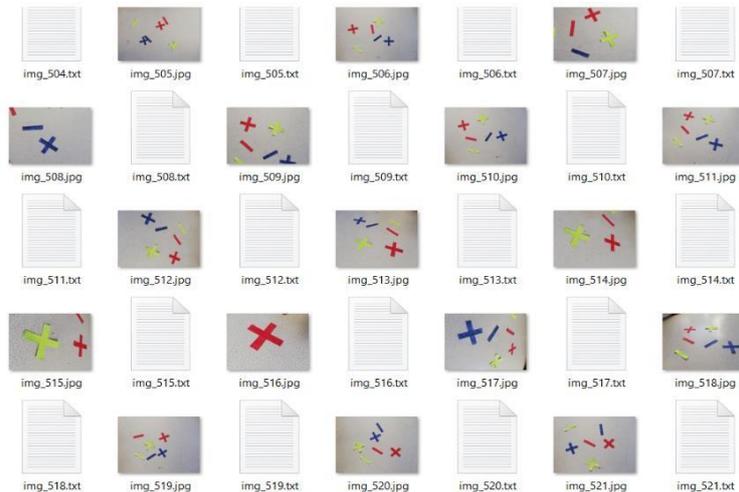


Figure 31 – Extrait de la base de données utilisée

Sur chaque image, on doit pointer la position et le type des croix présentes sur l'image avec un logiciel. Le but à long terme est d'avoir une base de données avec les images des croix de tous les essais en vol, ce qui devrait permettre d'avoir des images de croix dans des contextes variés.

D) ENTRAINEMENT

L'entraînement du réseau de neurones est une étape très longue qui utilise énormément de puissance de calcul. Elle a été réalisée sur une carte graphique très puissante (GTX1080Ti) ce qui a permis de grandement réduire les temps de calcul. Un document annexe à ce rapport explique en détail les étapes à réaliser pour entraîner un réseau de neurones.

E) RESULTATS

Une fois l'entraînement fini, on peut essayer le réseau de neurones sur des images avec un programme python. On voit le résultat sur les images suivantes :

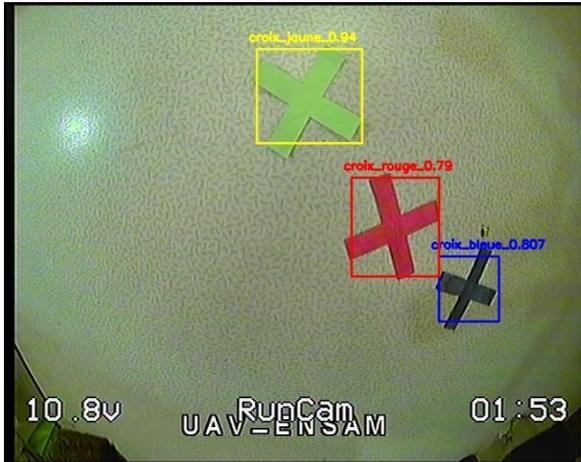


Figure 32 – Croix avec le coefficient de détection



Figure 33 – Détection dans un environnement complexe

Le réseau associe à chaque détection une catégorie (couleur de la croix), une position et un coefficient de détection qui correspond à la probabilité que l'objet soit effectivement une croix. Jusqu'à présent, on a entraîné le réseau de neurones uniquement sur des images de croix pour la plupart hors-contexte, prise avec une webcam. Or, pour que cet algorithme soit vraiment efficace, il faut qu'il soit entraîné dans le même contexte que celui dans lequel il va être utilisé. En revanche, l'algorithme actuel arrive à détecter la plupart des croix qui sont dans le même contexte que l'entraînement.

F) TRAVAIL RESTANT

On a réussi à réaliser de la détection de croix en temps réel, avec une fréquence de 2 images par seconde, ce qui est faible mais devrait être suffisant pour notre application (voir la vidéo jointe).

Il faut encore créer et programmer un algorithme de vol pour le drone qui devrait permettre d'optimiser sa trajectoire pour diminuer le temps de vol total.

IV. ESSAIS EN VOL

Cette partie est le corps même de ce projet, c'est elle qui devrait prendre le plus de temps. Le but est de mettre en pratique le travail réalisé dans les autres parties lors d'essais en vol.

A) PREPARATION DES ESSAIS

Avant les premiers essais en vol, on a réalisé une batterie de tests statiques pour garantir le bon fonctionnement du drone.

Dans un premier temps, on a effectué une mise sous tension seulement de la partie logique, autopilote et GPS. On a vérifié les connexions radio entre les différents acteurs : ordinateur, drone et la radiocommande, et l'absence d'interférences entre les différents systèmes.

Ensuite, on a commencé à tester les moteurs sans hélices pour vérifier leur sens de rotation, car les hélices sont contrarotatives. Cette étape nous a aussi permis de vérifier la réaction du drone face à un léger basculement, il corrigeait le basculement par l'accélération des moteurs du côté du basculement. Lors de cette étape qui a eu lieu en intérieur, on a eu des problèmes pour « armer » le drone. Cette étape a, en effet, plusieurs prérequis tel que l'acquisition du verrouillage satellite pour le GPS et le calibrage de la boussole. C'est pour cette raison qu'on a désactivé la vérification de certains prérequis pour les essais statiques.

On a finalement réalisé un essai statique avec les hélices pour vérifier la montée en puissance des moteurs et le comportement du drone en conditions de vol. Pour effectuer ce test, on a brimé le drone en mettant des poids sur les patins du drone pour l'empêcher de décoller et surtout l'empêcher de basculer, ce qui aurait pu casser les hélices et blesser quelqu'un.

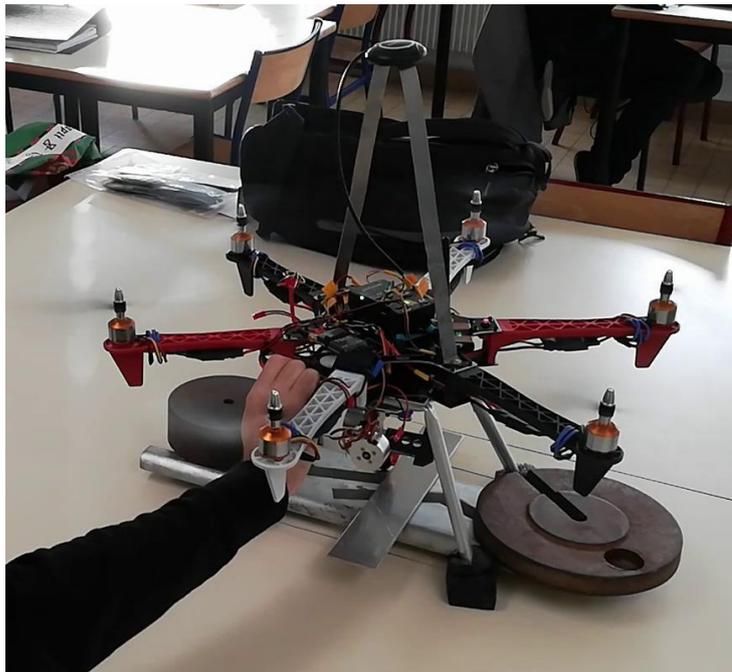


Figure 34 – Essai statique du drone assemblé

B) ESSAIS EN VOL EN INTERIEUR

Une fois les essais statiques réalisés avec succès, on est passé aux essais en vol en intérieur. On a commencé par ceux-ci pour s'affranchir des contraintes extérieures tels que le vent, la pluie...etc. Ces essais devaient nous permettre de vérifier le bon comportement en vol du drone. Le premier des tests a permis de mettre en avant plusieurs problèmes tel que l'inversion d'une commande sur la radio et la mauvaise calibration du filtre kalman.

Après plusieurs essais, on a finalement réussi à faire voler le drone. Son comportement en vol était plutôt bon. La carte de commande arrivait bien à stabiliser le drone. A ce moment, l'autopilote était en mode « stabilized », ce qui correspond à un maintien des paramètres pilote et non une stabilisation en position. Ce mode est relativement compliqué à prendre en main.



Figure 36 – Essai en intérieur



Figure 35 – Retour vidéo de la camera

On peut remarquer que le retour vidéo de la caméra est « propre » et permet d'avoir une bonne vision des croix qui étaient disposées sur le sol.

C) ESSAIS EN EXTERIEUR

Suite au succès des essais en intérieur, on a décidé de passer aux essais à l'extérieur. Le but de ces essais était de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble des fonctionnalités du drone qui n'avaient pas pu être réalisées en intérieur telles que l'acquisition GPS. Les premiers vols se sont déroulés sans problème, malgré un vent léger et des petites rafales. Le problème venait du mode de stabilisation qui demandait une grande concentration du pilote pour éviter de perdre le contrôle du drone.

C'est pourquoi on a commencé à tester d'autres modes de vol tels que « Loiter » et « Auto », ces modes correspondent respectivement à un vol stationnaire commandable et à l'exécution d'une mission prédéfinie. On a rapidement dû faire face à un problème lié à ces modes. Lorsque le drone était en vol stationnaire, on pouvait observer une légère dérive dans le temps, le drone semblait tourner autour du point de référence, ce mouvement s'amplifiait jusqu'à prendre des proportions incontrôlables. Ce problème s'appelle le « Toilet bowl » et est lié à une mauvaise calibration de la boussole du drone, ce qui l'amène à effectuer des corrections erronées en mode stationnaire et à augmenter l'amplitude de celles-ci au fur et à mesure que le drone s'éloigne du point de référence.

Une fois ce problème réglé, on a pu effectuer sans problème des vols stationnaires et des missions automatiques. On a effectué plusieurs tests dans ces modes, tels qu'un test d'autonomie et un test de suivi de trajectoire. On a trouvé que l'autonomie du drone est de 10min et on peut voir le résultat du suivi de trajectoire sur l'image ci-dessous. La trajectoire planifiée est en jaune avec les points de passage en verts. La trajectoire réelle est en violet.

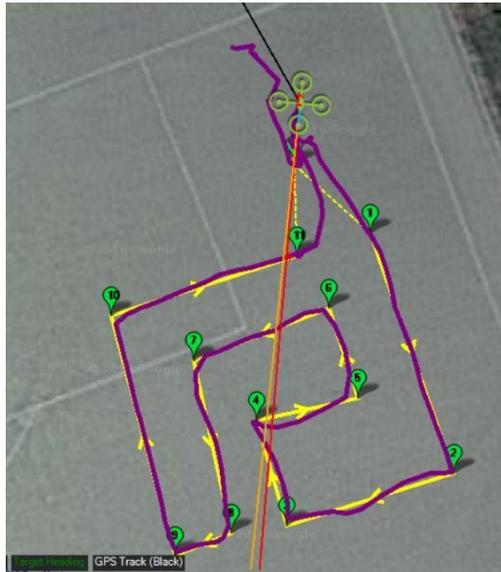


Figure 37 – Résultat du test de suivi de trajectoire

D) ENTRAÎNEMENT AUX MISSIONS

Une fois les qualifications de base remplies, on a commencé à programmer le drone sous python. On utilise une passerelle informatique pour relier le programme python qui fait tourner la librairie Dronekit et Mission Planner, ce qui permet de contrôler le drone et vérifier les paramètres avec Mission Planner pendant que la mission s'exécute sur le programme python. On a opté pour une programmation orienté objet ce qui permet d'encapsuler les fonctions de haut niveau et faciliter leur utilisation, ainsi la partie reconnaissance de forme est autonome, elle s'appelle avec une simple méthode et retourne la position de la croix si elle est détectée sur le flux vidéo.

Le pilotage du drone utilise la librairie dronekit et se base sur des fonctions condensées, telles que décollage, atterrissage, vol vers un point gps, ce qui permet une programmation simplifiée des missions par la suite. Le plus critique est de valider les méthodes et de les qualifier pour s'assurer qu'elles sont robustes. Le problème le plus récurrent qu'on a eu est celui des erreurs de transmission, si le canal de transmission est déjà occupé, l'ordre envoyé ne sera pas pris en compte. Pour résoudre le problème, il faut créer une boucle de redondance, qui envoie une information et vérifie que le paramètre a bien été changé.

E) TRAVAIL RESTANT

On a réussi à effectuer avec succès des morceaux de mission mais faire fonctionner l'ensemble d'un programme nécessite une base solide. Par exemple, lors de tests, le programme fonctionne 1 fois sur 5, car une des étapes (ici le décollage) n'est pas prise en compte par le drone. Ensuite, lorsque le problème a été résolu, la calibration des boussoles n'était plus satisfaisante et le drone se mettait en erreur. C'est pourquoi la partie mécanique du drone doit être impeccable et robuste pour limiter les sources de problème par la suite du projet.

F) CONSEILS

Les campagnes d'essai en vol sont cruciales au bon déroulement du projet et il vaut mieux commencer très tôt avec un système incomplet pour valider le bon fonctionnement des parties une par une plutôt que d'attendre le dernier moment. Les derniers mois passent très vite car la compétition arrive au retour des vacances et le temps n'est pas toujours propice aux essais en vol dans cette période.

V. PROCEDURES DE MISE EN ROUTE DU DRONE

(Voir Annexe)

A) MISE EN MARCHÉ DU DRONE

On va maintenant voir la procédure de mise en marche du drone, celle-ci doit être systématiquement utilisé avant chaque vol.

Pré-vol

Il faut vérifier dans un premier temps le bon état général du drone, notamment le serrage des vis. Il suffit de vérifier visuellement qu'aucun écrou n'est dévissé, la rigidité de l'assemblage. On a déjà remarqué que les vibrations lors d'un vol peuvent dévisser les écrous, c'est pourquoi il faut fixer toutes les pièces mobiles et mettre du frein-filet sur toutes les vis.

Il faut aussi s'assurer de la bonne fixation des différents éléments et de l'éloignement des composants aux hélices. Ainsi, même si les composants bougent, ils ne doivent pas pouvoir toucher les hélices.

Mise en route de la station au sol

Pour lancer la station au sol, il faut s'assurer que les programmes utilisés fonctionnent correctement et que les dépendances (ex : librairies python, python 2.7) soient bien installées.

Il suffit ensuite de lancer le programme test_reel.bat (voir annexes), après avoir branché les modules usb « FPV Radio Telemetry » (télémetrie 433MHz) et le module « EasyCap » (réception video). Le programme devrait lancer un programme qui va faire la passerelle entre les différents autres programmes utilisés sur l'ordinateur. Il devrait aussi lancer Mission Planner et essayer de se connecter avec le drone.

```
C:\Python27\Lib\site-packages\MAVProxy>python2 mavproxy.py --master=com3 --out=udp:127.0.0.1:14551 --out=udp:127.0.0.1:4550
Connect com3 source_system=255
Log Directory:
Telemetry log: mav.tlog
Waiting for heartbeat from com3
online system 1
STABILIZE> Mode STABILIZE
MAV> APM: Barometer calibration complete
APM: ArduCopter V3.6.5 (d37125bd)
APM: ChibiOS: d2030d88
APM: fmuv3 003B0027 30385107 31353236
APM: Frame: HEXA
fence breach
height -20
h:7FRAME_TYPE)APM: EKF2 IMU0 initial yaw alignment complete
APM: EKF2 IMU1 initial yaw alignment complete
f_RELAY_PIN3b[]?Qc-?:1COMPASS_AUAPM: EKF2 IMU0 tilt alignment complete
APM: EKF2 IMU1 tilt alignment complete
height 0
APM: ArduCopter V3.6.5 (d37125bd)
APM: ChibiOS: d2030d88
APM: fmuv3 003B0027 30385107 31353236
APM: Frame: HEXA
APM: GPS 1: detected as u-blox at 115200 baud
Flight battery 100 percent
APM: PreArm: Hardware safety switch
APM: u-blox 1 HW: 00080000 SW: ROM CORE 3.01 (107888)
```

Figure 38 – Affichage dans la console lors d'une connexion réussie

Mise en route du drone

Commencer par mettre en marche la télécommande « FlySky », (switch en haut, gaz en bas) puis brancher la batterie du drone. Ne pas oublier de sécuriser la batterie pour éviter qu'elle bouge. Le drone devrait faire une musique de mise en marche et la diode devrait clignoter rapidement en jaune, passer au rouge puis revenir à un clignotement lent en jaune. Lorsque la diode clignote lentement en jaune, Mission Planner devrait avoir réussi à se connecter et le drone devrait être prêt à être armé. S'il n'y a pas de message d'erreur sur Mission Planner, autre que « pre-arm : Hardware safety switch », on peut appuyer longtemps sur le bouton qui clignote rouge (« Hardware safety switch ») sur le drone.

Le drone devrait beeper et la LED centrale devrait devenir verte.

A ce moment, le drone est armable et prêt au vol.

B) ESSAI EN VOL « MANUEL »

On va maintenant voir comment piloter le drone manuellement et les procédures à respecter.

La télécommande Flysky



Pour armer le drone, une fois la mise en marche réussi, il suffit de maintenir la commande de lacet à droite pendant 3secondes (gaz à 0). Le drone devrait émettre un beep long, à la fin du beep, le drone est armé, on peut avoir la confirmation sur Mission Planner.

Attention au mode de vol ! Le mode stabilized correspond à un asservissement en angle du drone, ainsi si le drone est légèrement incliné, il va s'éloigner et on risque de perdre le contrôle. Ce mode est plutôt utilisé pour les essais moteurs, vérifications de la bonne programmation du firmware du drone (avec Mission Planner). Il permet de tester rapidement le killswitch, le failsafe télécommande et la réponse du drone aux commandes de roulis/tangage. Lors de vol manuel, il faut toujours être prêt à activer le killswitch, si on perd le contrôle du drone. Il vaut mieux commencer par des vols à basse altitude de l'ordre de 30cm du sol, car on perd vite le contrôle dans ce mode. On a eu un accident lors d'un essai en mode stabilized, le pilote inexpérimenté a mal jugé la puissance des gaz, le drone s'est élevé à 2m, puis par un effet de perspective, les commandes envoyées au drone ont rapproché le drone du pilote qui a dû enclencher le killswitch. Le drone a chuté de 2m et s'est écrasé, les dommages ont heureusement été très limités, mais ont bloqué les essais en vol pendant 3 mois, le temps de recevoir de nouvelles pièces.

Le mode préférentiellement utilisé est le mode Loiter, c'est un asservissement en position et en altitude. Ainsi, même si on lâche les commandes, le drone reste stabilisé. Ce mode utilise le GPS pour naviguer, il faut donc s'assurer d'avoir un lock GPS avant de pouvoir lancer ce mode. Un problème qui peut avoir lieu avec ce mode est le « Toilet Bowl », le drone est en vol stationnaire puis commence lentement à décrire des cercles autour du points de référence (point consigne), les cercles s'agrandissent jusqu'à ce que l'on perde le contrôle et que le drone s'écrase. Le problème vient d'une mauvaise calibration des compas magnétiques. Une fois la calibration faite, le problème disparaît.

Le mode Auto permet d'effectuer des missions pré-enregistrées. On place des points GPS sur l'interface de programmation de Mission Planner (attention à l'altitude par défaut de 100m !) puis, on programme le drone grâce au bouton « Ecrire PN ». Pour exécuter une mission, on décolle en Loiter, puis on passe en Auto, pour que la mission s'exécute. Attention à l'altitude de « Return To Launch (RTL) » qui est par défaut de 15m, il vaut mieux la passer à 5m maximum. À tout moment, on peut reprendre la main en passant en mode Loiter, le drone arrête de bouger et on peut le poser manuellement.

C) ESSAIS EN VOL « AUTOMATIQUE »

On va maintenant voir le déroulement d'un vol automatique guidé par un programme python.

Procédure de décollage

Lors d'un vol entièrement automatique, le drone est guidé par un programme python, qui lui envoie des consignes de positions avec des coordonnées GPS en fonctions du retour vidéo du drone.

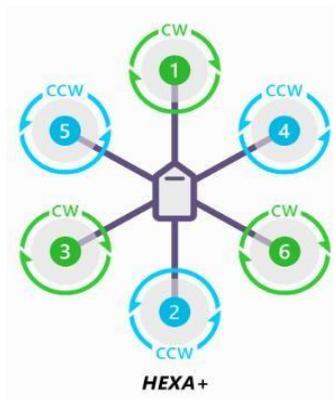
Pour lancer un vol entièrement automatique, il vaut mieux effectuer un rapide vol en mode Loiter pour vérifier le bon fonctionnement du GPS et de l'asservissement en position. Une fois posé, on peut lancer le programme python qui va se connecter au drone, changer de mode pour passer en mode « Guided » et lancer la procédure de décollage. Attention, une fois le programme lancé, le drone décollera dès que l'on montera la manette des gaz au-dessus de 0 et effectuera sa mission. Il faut donc être prêt à tout moment pour reprendre la main sur le guidage. Pour reprendre la main, il suffit de changer de mode avec le switch, par exemple en le basculant du mode Stabilized (écrasé par le mode Guided) au mode Loiter. Le drone s'arrête immédiatement, et on peut le poser de manière contrôlée.

Conseils

Avant d'effectuer des vols en mode « Guided », il vaut mieux s'assurer du bon fonctionnement du programme python à l'aide des outils de simulation. Pour lancer le simulateur, il faut lancer l'exécutable « simulation.bat » à la place de « test_reel.bat ». L'exécutable va simuler un drone virtuel, qui va pouvoir exécuter notre programme python et vérifier son bon fonctionnement sur l'interface de visualisation Mission Planner, qui sera aussi connecté au drone virtuel.

D) MAINTENANCE

Après chaque essai statique, lorsque l'on remet les hélices, il faut respecter le schéma suivant :



Il est fortement conseillé de faire un test en mode Stabilized pour vérifier le bon fonctionnement du drone lorsque le drone vole pour la première fois après le remontage des hélices.

LA COMPETITION

Ce week-end fut la conclusion brève et intense d'un an de projet. Au cours de celui-ci, beaucoup d'évènements ont eu lieu, dont la rencontre de l'équipe organisatrice de Dassault, les équipes des autres écoles et la mise à l'épreuve de notre drone dans des conditions réelles. Dans un premier temps, ce séjour en Suisse nous a permis de nous immerger subrepticement dans le monde de Dassault. En effet, nous avons vu des démonstrations de drones à l'échelle 1/5 des avions phares de Dassault : Rafale, Mirage 2000, Falcon 2000 et AlphaJet, participé à une conférence sur le Neuron et testé l'emploi de la réalité virtuelle chez Dassault. Nous avons aussi eu l'occasion d'échanger avec les membres de l'organisation, notamment Martin Pâques, l'étudiant référent, sur leurs expériences et les précédentes éditions du challenge.

Pour ce qui est de la compétition, nous avons presque autant appris qu'au cours de l'année, et plusieurs choses sont à retenir. Tout d'abord, il faut disposer du matériel adéquat pour pouvoir participer correctement au challenge. Ainsi, il est conseillé d'emporter avec soi tous les outils nécessaires (tournevis, pince coupante, ciseau, clef à laine de taille diverse, fer à souder, tige pour desserrer les hélices), mais aussi tout type d'accessoires (scotch marron et d'électricien, colle, connecteurs, bras et hélices de rechange, visserie et boulonnerie, antennes, piles pour la télécommande, parapluie, cellophane, gaine thermo-rétractable). Compte tenu de la durée des batteries (10 min environ) et de leur temps de recharge, il serait peut-être intéressant d'en acheter à l'avenir. Vis-à-vis de la caisse pour transporter le drone, la nôtre a fait l'affaire pour une édition, mais je ne pense pas qu'elle en tiendra une autre.

Ainsi, nous pensons qu'il serait intéressant d'en faire une en bois, avec les dimensions du drone et pourquoi pas des compartiments pour stocker le matériel annexe. Il serait aussi préférable que les poignées soient ergonomiques car on porte facilement le tout sur de grandes distances. Cette année, nous avons voyagé en train de Bordeaux à Paris, et notre boîte a failli être refusé par les agents de la SNCF en raison de sa taille (considérée comme du fret). Donc, avant de fabriquer la boîte, il faudra se renseigner sur les dimensions maximales qu'elle peut avoir dans un train/avion.

Chaque mission à réaliser se fait devant le jury, pour qu'il puisse juger la qualité de la réalisation, et il faut donc être sûr de soi lorsqu'on lui demande de faire la démonstration (sachant que sur la fin du week-end, c'est la course, et il y avait jusqu'à six équipes en attente de passer). Ainsi, il serait intéressant d'amener les futures cibles qu'il faut détecter afin de tester les missions avant de passer devant le jury. Un autre conseil serait de coder chaque mission avant d'aller à la compétition, afin de gagner du temps sur place et d'avoir seulement les modifications nécessaires à faire. De plus, un groupe Facebook sera normalement créé avec toutes les équipes et Dassault, et il ne faudra pas hésiter à demander de l'aide dessus ou d'en apporter, car, même si Dassault présente la compétition comme un concours entre équipes, la coopération est de mise, que ce soit durant l'année ou pendant le week-end.

Nous avons aussi remarqué que la plupart des équipes utilisaient des boucles de redondance pour être sûre que des tâches simples (comme le décollage ou le largage) étaient effectuées par le drone. En effet, personne n'utilisait de moyens de vérification des messages renvoyés par l'hexaoptère. Nous avons essayé de lire ces messages en employant la librairie mavlink de python, mais ce fut sans succès, et il serait donc intéressant de poursuivre dans cette voie-là, afin d'avoir un programme robuste, et n'utilisant pas que des boucles. Il y a aussi de l'amélioration qui peut être faite au niveau du largage, si jamais il y en a l'année prochaine, tant au niveau du système en lui-même que dans le programme. En effet, nous nous contentions de livrer les paquets dès que nous détectons la croix, mais de nombreuses équipes atterrissaient avant de larguer au moyen d'effecteurs plus élaborés que le nôtre (treuil, électroaimant plus pince ouvrante, guide ajustable). Il est donc possible d'améliorer notre système de largage, mais aussi de renforcer le programme de positionnement sur la croix. Enfin, il faut garder à l'esprit de faire simple (« Keep it simple »), car il est facile de s'égarer et de produire une solution qui ne fonctionne finalement pas. Par exemple, pour la première mission, il n'était pas forcément utile d'avoir un réseau de neurones pour la réussir, la croix était le seul objet sur l'herbe, un simple floutage et seuillage permettait de la réussir.

On peut aussi conseiller de développer plusieurs stratégies pour les missions, dans la mesure du possible avec des backup. En effet, le dernier entraînement de notre réseau de neurone n'a pas fonctionné sur les croix du challenge, on a donc dû utiliser une version antérieure. Le pré-traitement de l'image est aussi important, pour normaliser l'image et garantir que les croix sont bien visibles et non pas surexposées.

Un dernier conseil est de toujours être vigilant lors de missions autonomes, car du fait de l'effervescence lors de la compétition, certaines équipes ont tendance à être quelque peu distraites, et il faut donc que le pilote ait toujours un visuel sur le drone, avec le réflexe d'activer le killswitch si jamais.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Pour conclure, nous avons pu voir dans ce rapport l'avancée de notre équipe dans le challenge. Du point de vue mécanique et électronique, nous avons réussi à fabriquer et assembler l'ensemble. En électronique et en mécanique, nous avons atteint tous les objectifs, maintenant que le système de largage est intégré et qu'il a été testé.

Le réseau de neurones utilisé nous a permis de gagner du temps, en économisant par rapport à une solution classique, puisqu'on utilise un algorithme en mode "boîte noire". C'est une méthode innovante, YOLO (You Only Look Once), inventée en 2018. Ayant effectué divers vols manuels et automatiques, et réussi à implémenter le retour image de la caméra, nous avons pu créer une base

de données pour l'entraînement du réseau de neurones, à partir d'images aériennes. On a réussi à réaliser la première mission du challenge, en assemblant les différentes méthodes programmées sous python. On a aussi rencontré des problèmes de robustesse des solutions créées. En effet, dès que les paramètres changent, elles s'arrêtent de fonctionner et ne sont pas fiables. Finalement, on a réussi à fiabiliser la plupart des parties mais il subsiste encore quelques blocages.

Avec la compétition passée, nous nous sommes attachés à trouver nos successeurs. Nous avons déjà lancé un appel à candidature, et nous attendons actuellement de rencontrer les candidats pour pouvoir leur parler du projet et confirmer leur participation au challenge. Dans le temps qu'il nous reste, nous allons aussi leur faire une passation détaillée, afin qu'ils aient toutes les clefs en main pour réussir l'année prochaine.

ANNEXES

Annexe - Installation de l'environnement pour le fonctionnement de la station sol

Pour commencer il faut installer mavproxy avec pip (>> pip install mavproxy ;dans un shell python).

Il faut ensuite installer dronekit_sitl.

Cette vidéo résume la procédure à faire :

https://www.youtube.com/watch?v=TFDWs_DG2QY

Les programmes utilisés sont :

Sitl.bat

```
1 cd C:\Python27\Lib\site-packages\dronekit_sitl
2 python2 __main__.py copter-3.3 --home 44.802132,-0.603527,910,22
3 pause
```

Simulation.bat

```
1 start sitl.bat
2 SLEEP 10
3 start mavproxy2.bat
4 start MissionPlanner.lnk
```

Mavproxy.bat

```
1 cd C:\Python27\Lib\site-packages\MAVProxy
2 python2 mavproxy.py --master=com3 --out=udp:127.0.0.1:14551 --out=udp:127.0.0.1:14550
3 pause
```

Test_reel.bat

```
1 start mavproxy.bat
2 start MissionPlanner.lnk
```

L'organisation du dossier pour lancer les programmes :

 mavproxy.bat	15/01/2019 11:08	Fichier de comma...	1 Ko
 mavproxy2.bat	15/01/2019 11:11	Fichier de comma...	1 Ko
 MissionPlanner	18/11/2018 12:29	Raccourci	2 Ko
 simulation.bat	15/01/2019 17:32	Fichier de comma...	1 Ko
 sitl.bat	15/01/2019 10:38	Fichier de comma...	1 Ko
 test_reel.bat	16/01/2019 11:12	Fichier de comma...	1 Ko