COMPTE-RENDU

C GENIAL

PROJET FONCK

Participants :

Armand Huvelle **Idriss Pichot**

Mattéo Pépin **Virginie Zell**

En partenariat avec le Lycée Marie Laurencin de Mennecy et Fabric'INSA Toulouse

SOMMAIRE

INTRODUCTION ..... **page 3**

PROBLEMATIQUE ..... **page 7**

Le transport d'organes et ses enjeux ..... **page 7**

LA DEMARCHE ..... **page 9**

1ère Etape - Drone 1 du projet Fonck (2017)

Choix de la configuration électronique du drone ..... **page 9**

Principe d'un moteur brushless ..... **page 11**

Réalisation par étapes du drone 1 ..... **page 12**

Premiers problèmes soulevés ..... **page 14**

Conception du système de largage (2017) ..... **page 14**

Réalisation du système de largage (2018) ..... **page 15**

Problèmes rencontrés ..... **page 15**

2ème Etape - Drone 2 du projet Fonck (2018)

Conceptualisation du drone 2 ..... **page 15**

Réalisation par étapes du drone 2 ..... **page 16**

Problèmes rencontrés ..... **page 18**

3ème Etape - Drone 3 du projet Fonck (2019)

Conceptualisation du drone 3 ..... **page 18**

Réalisation par étapes du projet et du drone 3 ..... **page 20**

Conception et réalisation du système de largage (2019) ..... **page 22**

Problèmes de financement ..... **page 23**

Problèmes techniques ..... **page 23**

CONCLUSION ..... **page 25**

INTRODUCTION

Le projet Fonck est né en septembre 2018 à l'occasion de travaux personnels encadrés en classe de 1ère S.
Il a donc évolué pendant deux ans, pour parvenir à un projet plus abouti que nous avons le plaisir de vous présenter.
L'évolution du projet s'est répartie en trois grandes étapes.
- Nous avons commencé par appréhender le sujet avec la construction d'un drone ayant des capacités limitées tout en faisant nos premiers pas dans nos principales innovations et difficultés c'est à dire le transport d'équipements médicaux voire d'organes.
Cette première étape nous a donc permis de nous assurer de notre capacité à pouvoir conceptualiser, assembler et paramétrer un drone basique et de tenter d'innover un système tierce au drone en l'occurrence un système de largage.
Cette phase de notre projet a constitué notre TPE et nous a permis d'être qualifié pour la finale nationale du concours "faites de la science". Ce qui nous a particulièrement motivé à le poursuivre vers une seconde étape bien plus ambitieuse.
- En effet, nous avons décidé de réaliser un nouveau drone capable d'effectuer des missions en toute autonomie. Cette nouvelle étape a certainement été la plus importante puisqu'elle nous a demandé de maitriser la technologie du GPS et d'autres capteurs pour assurer un vol sain.
Après être parvenus à cet objectif, qui nous a emmené à la seconde place du concours "Faites de la sciences" dans la catégorie innovation au quotidien, nous avons décidé d'améliorer encore notre projet, cette fois-ci à l'occasion du concours C Génial.

Notre équipe lors du concours "faîtes de la science" Edition 2018

- Cette dernière étape consiste à sortir de notre première configuration de drone pour aller vers un multirotor plus imposant avec des technologies de pointe permettant de pousser le vol autonome précédemment appréhendé vers un vol abouti et utilisable. De plus nous avons re-conceptualisé le système de largage du premier drone ce qui a permis une très nette amélioration de ce dernier. Pour finir, nous avons décidé de pousser nos capacités afin que le drone puisse stabiliser ce qu'il transporte dans l'objectif de transférer du matériel médical voire des organes de façon saine.

Nous avons choisi ce sujet car nous sommes chacun passionnés de domaines qui sont très complémentaires dans ce projet.

Virgine Zell passionnée d'aéronautique prend des cours de pilotage d'avion car son projet d'avenir est de devenir pilote de ligne.

Mattéo Pépin s'intéresse aux drones depuis 3 ans particulièrement aux drones photos et est assez familier avec le pilotage d'un drone et les technologies photos qu'un drone peut embarquer.

Armand Huvelle est passionné de drone depuis 9 ans, et cela fait 3 ans qu'il pratique le drone en immersion. C'est une pratique qui consiste à voler à très grande vitesse avec des lunettes FPV qui lui permettent de voir ce que voit la caméra du drone en temps réel sur des drones qu'il conceptualise, assemble et paramètre lui-même.

Drone racer 5 pouces

Idriss Pichot est passionné d'aéronautique et est titulaire du BIA, brevet d'initiation à l'aéronautique qui lui a permis de connaître les principes physiques qui régissent un avion.

Ainsi chacun a pu apporter ses compétences et connaissances dans le projet, ce qui en a fait une expérience très enrichissante de collaboration.

Le projet portant sur un drone, il nous paraît essentiel de tout d'abord vous donner une définition du drone.

Dans un premier temps, nous avons rencontré un ingénieur en aéronautique, Mickaël DEL TIN (il a travaillé à la DGAEP) et nous a donné des informations utiles pour notre projet . La définition qui pour lui se rapproche le plus de la réalité et que nous avons retenue est la suivante :

- Tout appareil sans pilote embarqué est un drone même si la définition tend à évoluer vers une exclusivité aux aéronefs.

Bien que la technologie des drones soit extrêmement récente, elle a connu ses premiers pas et surtout ses premières idées au même moment que l'aviation, c'est à dire lors de la première guerre mondiale.

Kettering Bug

Les premières tentatives d'avion sans pilote se sont passées pendant la 1ère Guerre mondiale avec le Kettering Bug piloté par télégraphe sans fil mais ces projets n'ont pas abouti. Puis pendant la 2ème Guerre Mondiale et les années 50 beaucoup de recherches ont été faites pour aboutir à des projets plus ou moins efficaces. La première utilisation de drone militaire sur le terrain s'est faite dans les années 90 durant la guerre Iran-Irak.

Drone français "Neurone" sur lequel l'ingénieur Mikaël Del Tin a travaillé

Depuis, à partir des années 2000 le drone à connu un grand essor et il est décliné de façons différentes dans une grande diversité de domaines comme le domaine militaire, de loisir, de photographie ou encore des applications biologiques que nous allons aborder avec notre drone.

PROBLEMATIQUE

Nous avons donc pu remarquer que les drones avaient la capacité de palier différents problèmes dans des domaines très divers notamment le transport de colis très médiatisé. Aussi nous avons envisagé de travailler sur une technologie similaire voire un peu plus poussée pour permettre de s'affranchir du temps de transport concernant des équipements médicaux voire des organes ce qui est absolument essentiel dans ce domaine.

En effet le drone semble permettre une rapidité de la mission à la fois par sa simplicité d'utilisation, par sa quasi absence d'entretien et sa capacité, au même titre qu'un hélicoptère, à s'affranchir du trafic routier et du relief terrestre. Par conséquent la difficulté du projet réside dans la conception d'un drone fiable et capable de transférer un colis sans encombre, à l'inverse des drones livreurs de colis déjà connus.

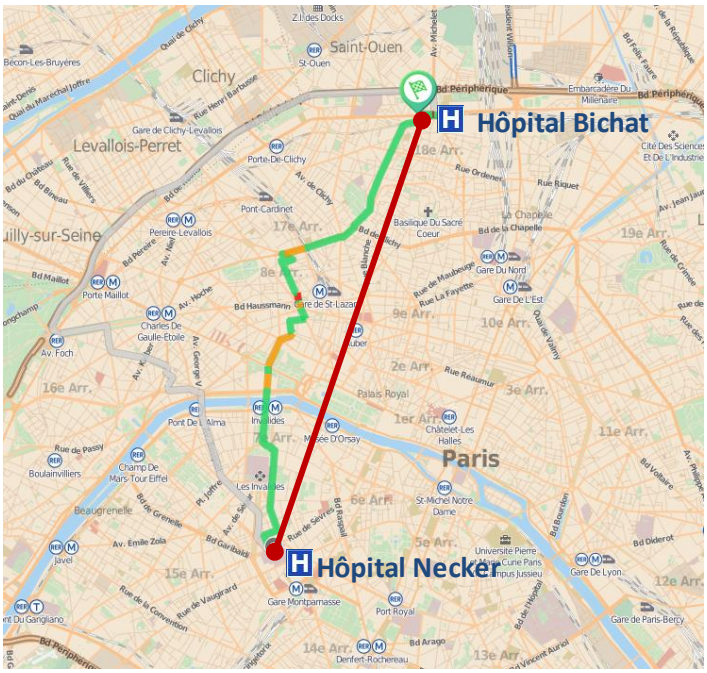
La nouveauté de ce drone se trouve donc dans **la stabilisation** de son colis afin qu'il puisse transporter tout type de matériel même fragile.

Le transport d'organes et ses enjeux

L'organe humain peut se définir comme une partie du corps humain destinée à remplir une fonction propre ou nécessaire à la vie.

Les organes n'ont pas une durée de vie très importante, un rein peut être conservé 24 h, un foie, 12 à 15 h et un cœur a une durée de vie inférieure à 10 h. Cependant, plus l'organe arrive tôt pour faire une transplantation, mieux c'est.

Les organes sont transportés de différentes manières en fonction des pays et de la distance du trajet que le transport doit effectuer. Le transport par voie terrestre a des contraintes pour des greffes.



Comparaison de l'itinéraire en drone et routier entre deux hôpitaux parisien

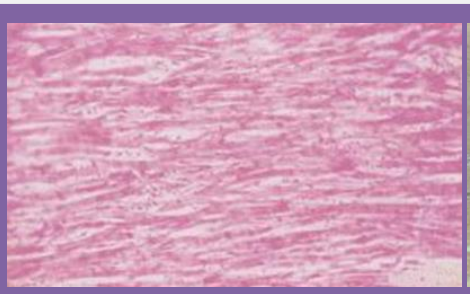
Itinéraire routier :

Distance : 8.2 km
Temps : 30 min

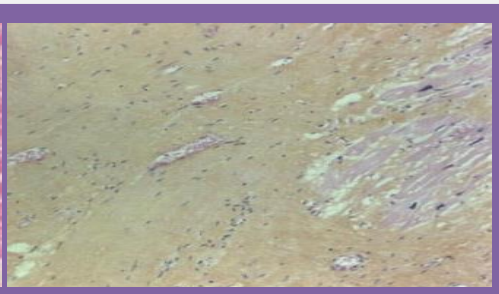
Itinéraire en drone :

Distance : 6.5 km
Temps : 8 min

Entre le moment où l'organe est prélevé sur le donneur et sa transplantation, l'organe n'est plus irrigué, il est donc privé de tout oxygène et de nutriments, c'est l'ischémie. Le but pendant le transport de l'organe est de réduire au maximum le besoin des cellules de l'organe en oxygène et nutriments afin de ne pas endommager celui-ci. Pour cela, il faut donc les conservés à 4°C car pour que les besoins énergétiques des tissues diminues surtout leurs besoins en oxygène, il faut une diminution de la température. La température idéale est de 4°C, en effet, à cette température les cellules ont besoin de 5% de la valeur de l'oxygène qu'elles utilisent à température corporelle. A une température inférieure à 4°C, les cellules de l'organe chargées d'eau gonflent et peuvent même éclater.



vue au microscope d'un tissu musculaire cardiaque normal



vue au microscope d'un tissu musculaire cardiaque nécrosé

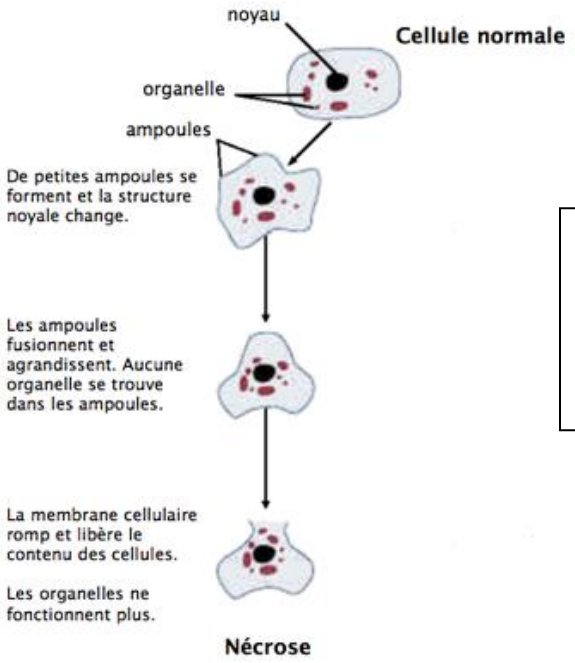


Schéma du phénomène de nécrose que l'on souhaite limiter

Sinon nous connaissons une autre possibilité pour conserver des tissus, c'est de les conserver à un froid extrême, c'est la cryobiologie pour cela ils sont congelés dans l'azote liquide à -196°C. Le but est d'éviter les dégâts lors de deux phases critiques: le refroidissement des tissus et leur réchauffement de ces derniers. Lors du refroidissement, le risque est la formation de cristaux de glace dans les cellules et hors des cellules. Ces cristaux dénaturent les membranes et les protéines cellulaires. Et lors de la décongélation, le risque est de faire exploser les cellules.

Cuve pour cryobiologie

LA DEMARCHE

1ère Etape - Drone 1 du projet Fonck (2017)

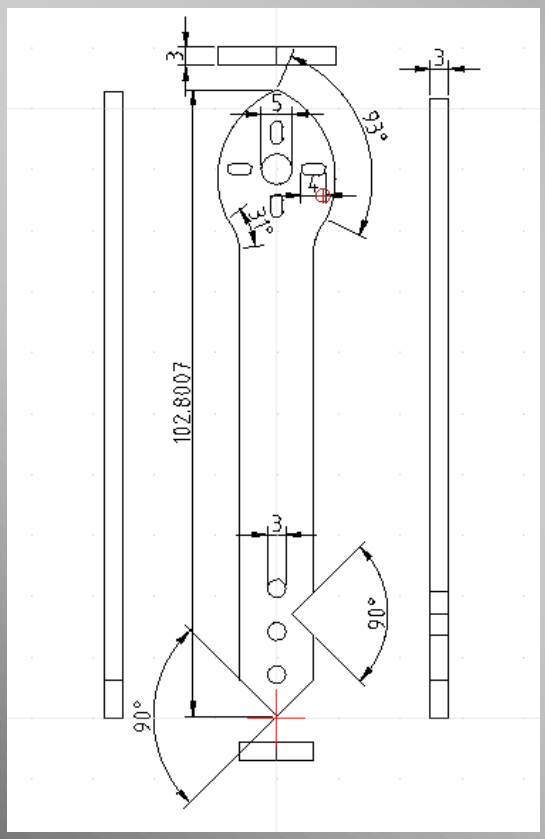
Choix de la configuration électronique du drone 1

Nos seules connaissances en matière de conception de drones étant dans le domaine des drones racer, nous avons décidé de fonder le premier drone du projet Fonck sur ces bases.

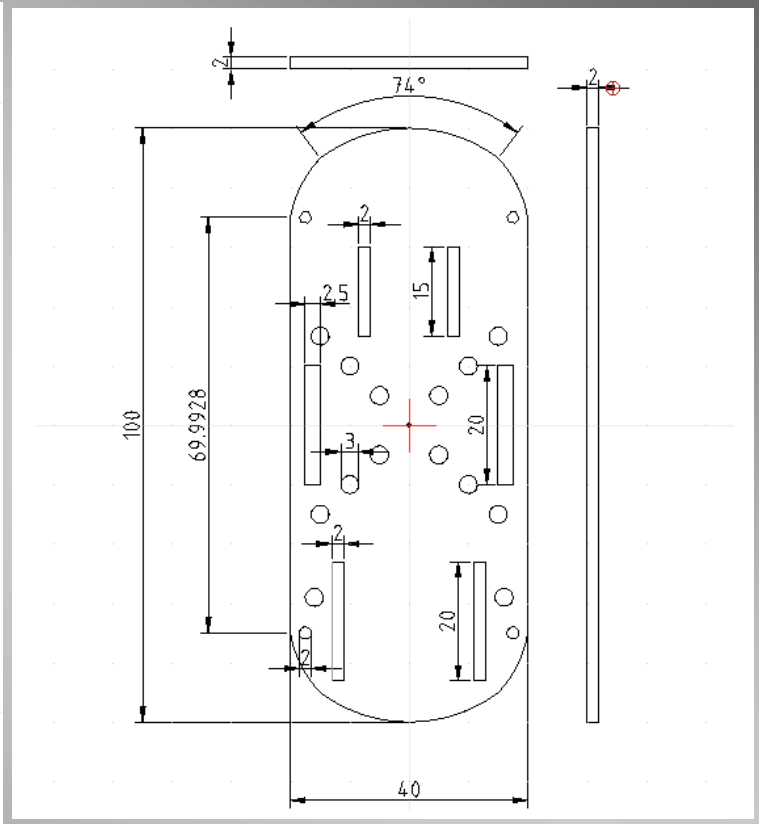
En effet un drone racer est constitué d'un contrôleur de vol, de quatre ESC, d'un récepteur radio, de 4 moteurs et d'un système vidéo lui même composé d'antennes, d'un émetteur vidéo et d'une caméra. Ce type de drone a pour vocation l'agilité, la nervosité et la vitesse du vol. Ainsi ils sont conçus en carbone dans le but d'obtenir une machine légère avec un rapport poids puissance disproportionné. A titre d'exemple une machine de 550 grammes possède des moteurs ayant la capacité de soulever à eux 4 environ 6,5 kg, ce qui permet à ce drone d'atteindre une vitesse de plus de 100 km/h en moins d'une seconde.

C'est pour cette raison qu'un système vidéo en analogique à bord du drone permettant le retour vidéo à environ 10 millisecondes près, est nécessaire pour assurer la maitrise du vol.

La structure de notre premier drone a donc été conceptualisée de la même manière que ce type de drone, à savoir que nous avons dessiné les plans sur un logiciel de construction de pièces industrielles qui se nomme QCAD pour qu'elles soient découpées au laser ce qui nous a permis d'obtenir une "frame" qui corresponde exactement à nos attentes. Ainsi la structure est de 180 mm de diagonale (moteur à moteur) calculée au plus juste pour accueillir des hélices de 4 pouces et l'ensemble de l'électronique nécessaire.



Plan d'un bras carbone sur le logiciel QCAD



Plan de la bottom plate sur le logiciel QCAD

En ce qui concerne la partie motorisation, nous avons choisi des moteurs de type 1306 de 3100 kV contrôlés par des ESC (Electronic Speed Controller) de 16 A, tous reliés à un contrôleur de vol PIKO BLX v2 avec PDB (Power Distribution Board) possédant un firmware sous betaflight.

STATIC THRUST TESTS: BROTHERHOBBY T1 1407-3600KV

Voltage: 4S / ESC: HobbyWing XR40A BLHeli R14.4 Timing = Medium-High, Damped Light, Demag Low

90m AMSL

Propeller	Thrust (g)	Load (A)	Volts (V)	Power (W)	Eff (g/W)
GF 3030BN 1.3g					
4S	150	3.0	16.5	50	3.0
	200	4.2	16.5	68	2.9
	300	6.7	16.4	110	2.7
	461	11.6	16.3	189	2.4
GF 3030BNx3 1.7g					
4S	150	2.9	16.6	48	3.1
	200	4.5	16.5	74	2.7
	300	7.0	16.4	115	2.6
	530	14.8	16.3	240	2.2
*cut from GF 5030x3					
GF 3035x3 1.3g					
4S	150	3.1	16.7	51	2.9
	200	4.4	16.6	73	2.8
	300	7.4	16.5	121	2.5
	535	14.8	16.4	242	2.2
TRK 3030x4 2.0g					
4S	150	3.3	16.6	54	2.8
	200	4.7	16.6	78	2.5
	300	7.9	16.4	129	2.3
	553	19.3	16.1	311	1.8
DYS 3030BNx3 1.7g					
4S	150	3.1	16.6	51	2.9
	200	4.2	16.6	70	2.9
	300	7.1	16.5	116	2.6
	556	16.2	16.2	263	2.1
DAL T3046BNx3 2.9g					
4S	150	3.0	16.7	50	3.0
	200	4.3	16.6	72	2.8
	300	6.9	16.5	113	2.6
	576	16.9	16.3	274	2.1
*cut from DAL T5046x3					
HQ 3030x4 2.5g					
4S	150	3.0	16.5	50	3.0
	200	4.4	16.5	73	2.7
	300	7.3	16.4	120	2.5
	580	18.7	16.1	300	1.9
RX 3040Tx3 1.0g					
4S	150	3.0	16.6	49	3.0
	200	4.2	16.5	69	2.9
	300	7.3	16.4	120	2.5
	601	19.1	16.1	306	2.0
DYS 3040BNx3 1.0g (Caution)					
4S	150	3.2	16.6	53	2.9
	200	4.5	16.5	74	2.7
	300	7.8	16.4	127	2.4
	595	20.0	16.1	321	1.9
*cut from DYS 5040x3					
GF 4045 1.5g (Caution)					
4S	150	2.4	16.5	39	3.8
	200	3.3	16.5	55	3.7
	300	5.6	16.4	92	3.3
	748	21.6	15.9	343	2.2

Caractéristiques des moteurs dans différentes configuration, ce qui nous a amené à choisir la configuration entouré en rouge car elle correspond à nos composants et permet d'exploiter les moteurs à leur meilleur performance

Principe d'un moteur brushless :

Un moteur brushless de type outrunner est particulièrement performant car il s'affranchit presque entièrement des frottements entre les pièces ce qui le rend par la même occasion très performant. Ce type de moteur de moteur est composé d'un rotor situé dans la cloche supérieur du moteur constitué d'aimants permanent. La partie principale des moteurs brushless est le stator qui est composant d'un nombre divisible par 3 d'électroaimants. Cela permet de rendre le moteur triphasé, en effet, les électroaimants sont repartie en trois groupe chacun relié par un câble. Les électroaimants de chaque groupe étant disposés en alternance cela permet d'appliquer rapidement une impulsion électrique par câble de façon consécutive ce qui entraine le rotor dans mouvement rotatif.

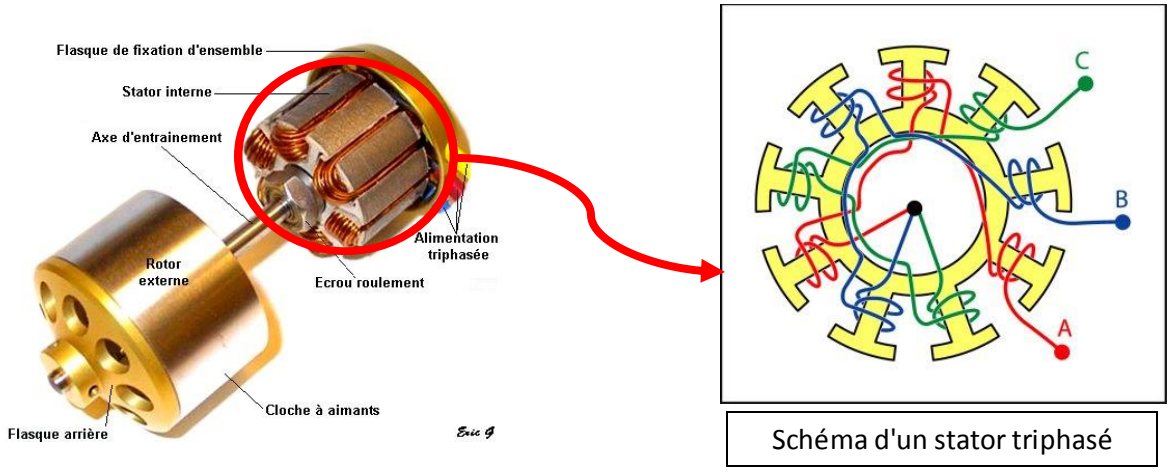
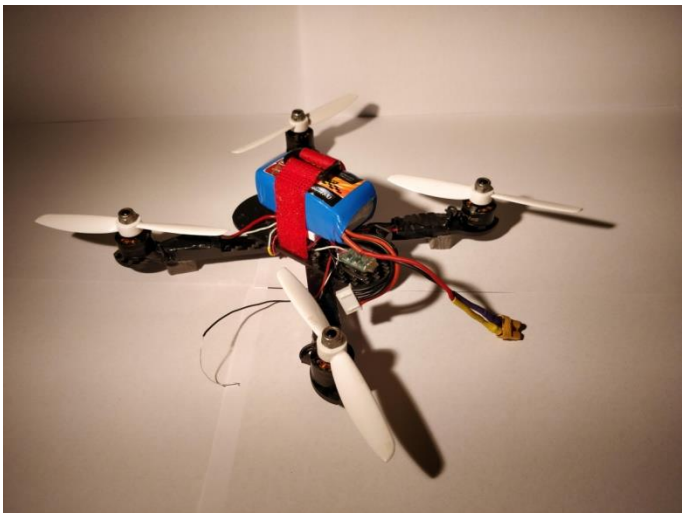


Schéma d'un stator triphasé

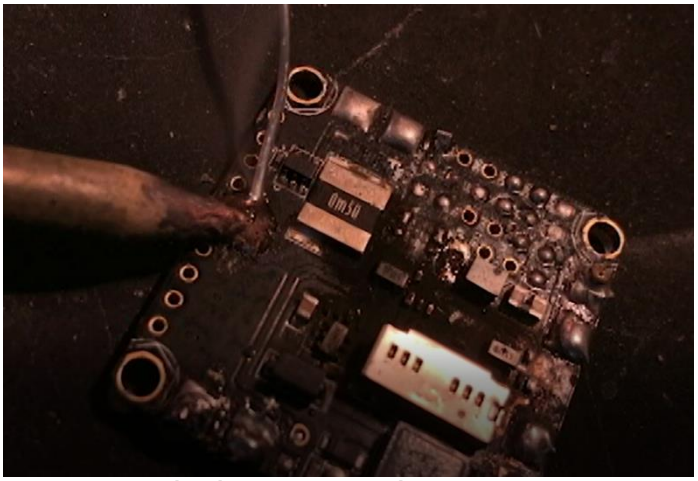
Nous pouvons noter que nous avons choisi des équipements FRSKY pour la transmission radio car cela nous permet d'utiliser le protocole SBUS qui est très rapide et s'affranchit d'avoir une connexion par channel.



Drone étape 1

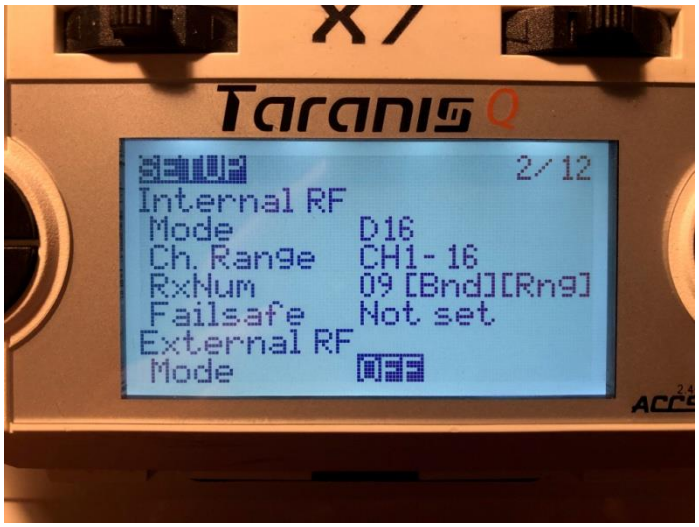
Réalisation par étapes du drone 1

- **Dessin de la structure carbone par nos soins sur le logiciel QCAD**
- **Choix et commande des pièces dans les différents pays**
- **Assemblage de la structure carbone**
- **Assemblage des composants électroniques (ESC, contrôleur de vol, moteurs et récepteur radio) par soudure à l'étain**



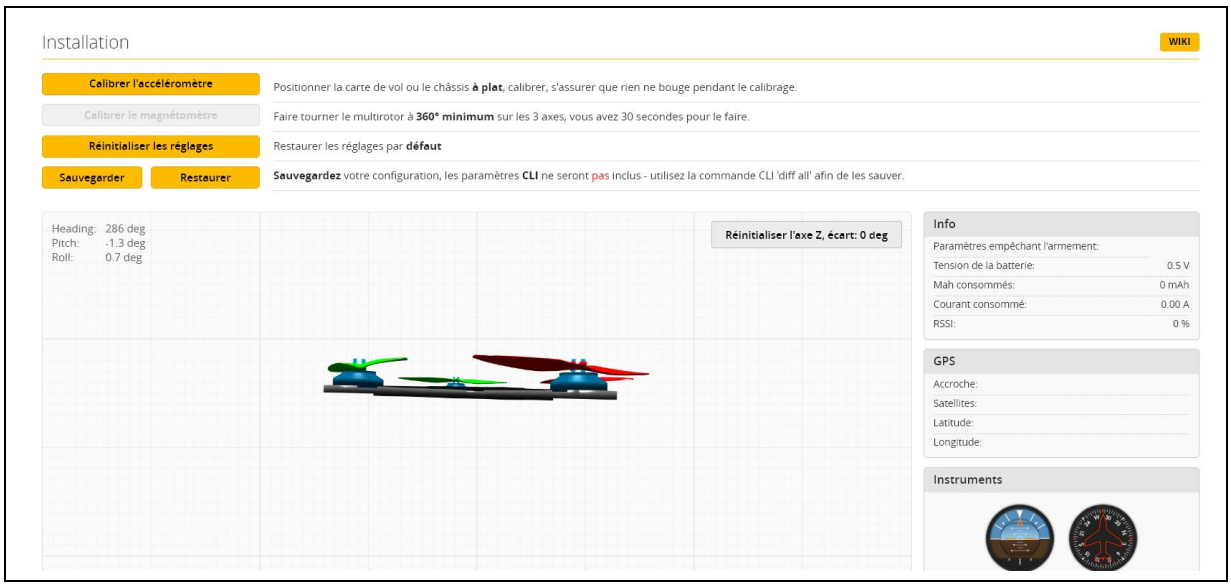
Soudure à l'étain sur contrôleur de vol

- **Appairage de la radiocommande avec le récepteur radio nécessitant le changement de firmware du récepteur radio (ce qui est une manipulation délicate car elle peut engendrer le perte du récepteur radio)**

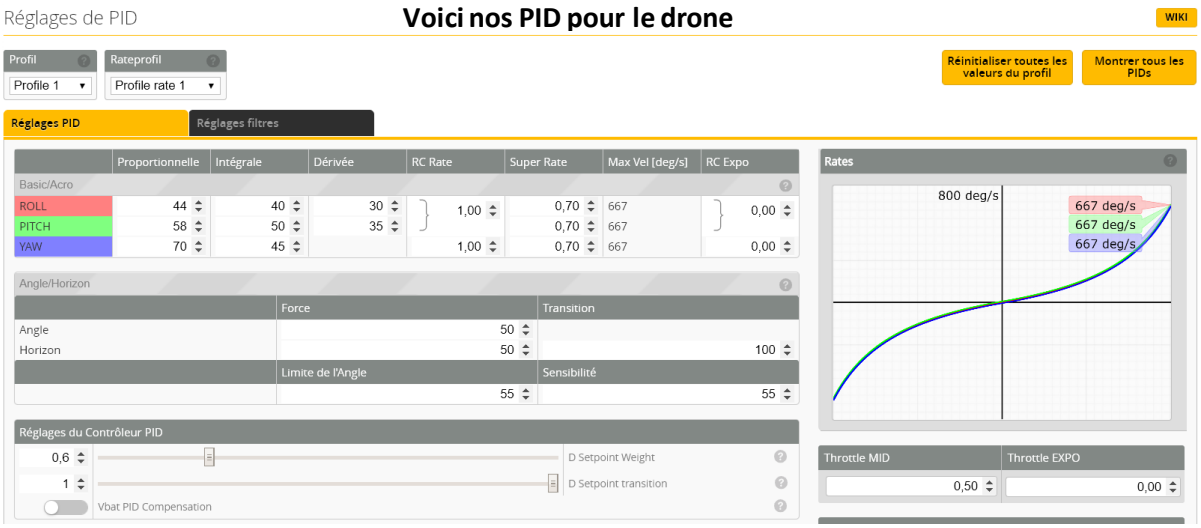


paramétrage radio pour binder le RX (récepteur radio) en Sbus de type D16 mode internationale pour avoir le maximum de channel

- **Paramétrage du drone sur l'ordinateur à l'aide du logiciel Betaflight :** ajustement des PID (Proportional Integral Derivative), test du sens des moteurs, mise en place du protocole radio SBUS et paramétrage du Failsafe (qui correspond à l'arrêt des moteurs en cas de coupure radio, ce qui permet de rendre le drone plus sécurisé).



Modélisation de la position du drone dans l'espace permettant la calibration de l'accéléromètre pour remettre l'horizon artificiel à plat



Réglage des **PID** : c'est un réglage empirique particulièrement subtil qui se décompose en trois variables qu'il faut modifier en faisant des tests et réajustements en vol.

P (proportionnal) : *Il permet de réduire les oscillations du drone mais il ne faut pas en abuser pour ne pas rendre le drone "mou" en vol.*

I (integral) : Il permet au drone de ne pas dériver sur un axe lorsque que l'on applique un coup de gaz important

D (derivative) : Il permet de ne pas faire "glisser" le drone dans le virage pour garder une certaine nervosité dans les commandes. C'est le paramètre le plus subtil.

- **Premier vol** *(pilotage par Armand).*

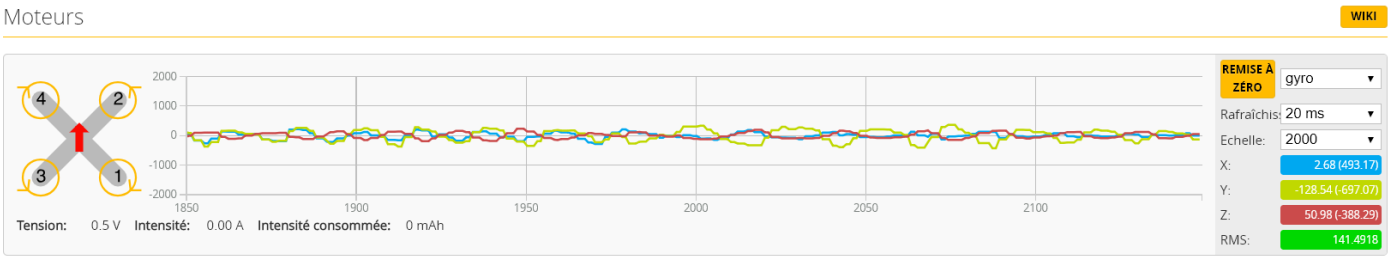
Ces étapes correspondent aux mêmes étapes qu'à la construction d'un drone racer et ne nous ont donc pas posé de problème particulier si ce n'est la reconnaissance du drone par l'ordinateur engendré par un problème de driver assez courant dans le milieu qui a nécessité quelques heures de travail supplémentaires pour le résoudre.

Premiers problèmes soulevés

C'est donc une configuration assez puissante permettant de soulever aisément les 207 grammes du drone, mais elle est alimentée par une batterie qui à l'instar du drone est compacte, ce qui ne lui permet pas de voler très longtemps (environ 4 minutes). Cette batterie est une 3S soit 11,1 volt en tension de stockage, elle possède 850 milliampères par heure avec une décharge de 520 coulons. Elle est donc capable de fournir beaucoup d' "énergie" mais dans un court laps de temps, ce qui n'est pas adapté au transport.

Nous prenons donc conscience de ce problème qu'il faudra résoudre lors de l'évolution du projet.

De plus la stabilisation du drone étant basée sur des contrôleurs de vol de drones racer qui sont donc limités volontairement en capteurs ne permet pas d'assurer un vol sain sans la présence d'un pilote aguerri. En effet les drones racer se veulent "débridés" pour que le pilote puisse avoir une entière liberté sur le vol et ainsi réaliser n'importe quelle figure à l'aide de sa machine.

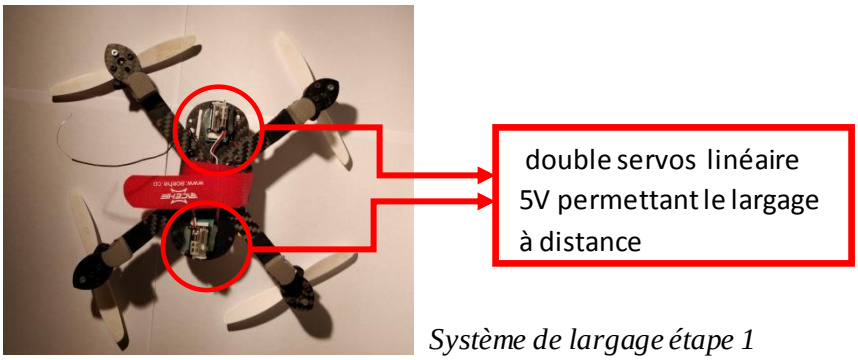


Graphique en temps réel de la position du drone dans l'espace grâce au gyroscope et de l'intensité des mouvements sur chaque axe grâce à l'accéléromètre. Le drone n'est donc en effet pas très stabilisé

Conception du système de largage (2017)

Dans un second temps, nous avons dû réfléchir à un prototype de système de largage.

Nous avons décidé d'utiliser 2 servomoteurs linéaires reliés à un nouveau récepteur radio et donc à une nouvelle radiocommande du même type que celle du drone, ce système est alimenté par une batterie 2S soit 7,4 V en tension de stockage en 350 Milliampères par heure à 30 coulons de décharge, ce qui nous permet d'avoir une batterie légère et d'avoir un système de largage indépendant du drone ce qui le rend plus fiable. Cependant la batterie ayant une tension trop forte, il nous a fallu faire chuter cette dernière à 5 V avec un BEC pour que les servomoteurs ne brûlent pas. Pour finir nous avons confectionné des crochets pouvant agripper la boîte.



Système de largage étape 1

Réalisation du système de largage (2018)

- Mesure de la distance entre les servomoteurs par rapport au colis
- Installation de l'électronique par soudure à l'étain
- Fixation des servomoteurs au pistolet à colle
- Ajustement de la course des servomoteurs par paramétrage sur la radio
- Premier test

Problèmes rencontrés

- Le drone n'étant pas stable de base, l'ajout de la boîte modifie le flux d'air créé par les hélices et le rend plus hétérogène ainsi le drone perd de façon notable en stabilité.
- Le système de largage n'est pas fiable, puisque sous le poids de la boîte et du flux d'air des hélices, le colis n'est pas systématiquement largué. En effet, il semble qu'il y ait souvent un des 2 servomoteurs qui garde son attache.

2ème Etape - Drone 2 du projet Fonck (2018)

Conceptualisation du drone 2

Lors de cette étape, nous avons décidé d'abandonner le système de largage pour y revenir dans la troisième étape et se concentrer sur l'amélioration nécessaire de la stabilisation du drone.

Nous sommes restés sur une motorisation similaire au premier drone quoiqu'un peu plus puissante puisque les moteurs sont maintenant des 1407 de 3100 kV ce qui permet de répondre plus facilement à la demande plus importante du contrôleur de vol face aux parasites météorologiques.

Ils sont contrôlés par des ESC 4 en 1 de 20 ampères, ce qui permet de rassembler l'électronique au centre de l'appareil sous une coque pour améliorer sa fiabilité.

Nous utilisons le même système radio FRSKY avec protocole SBUS car il semble avoir fait ses preuves et est fiable.

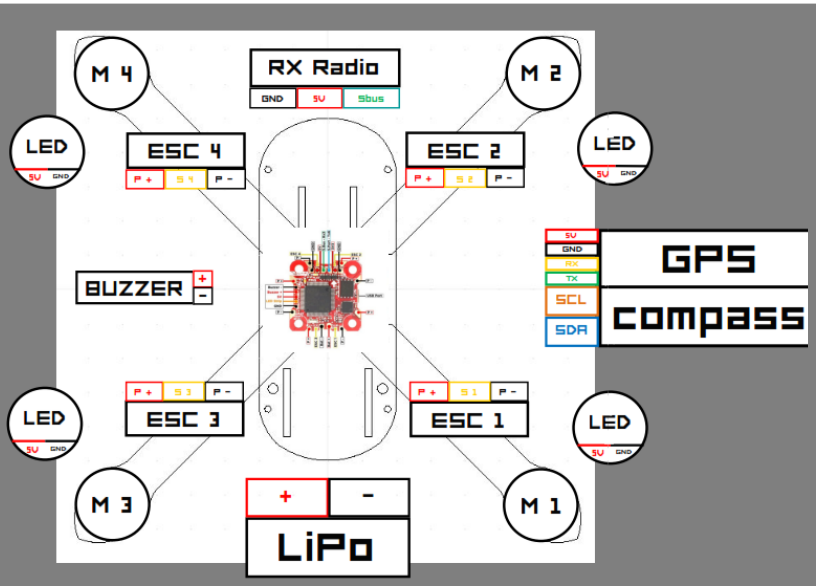


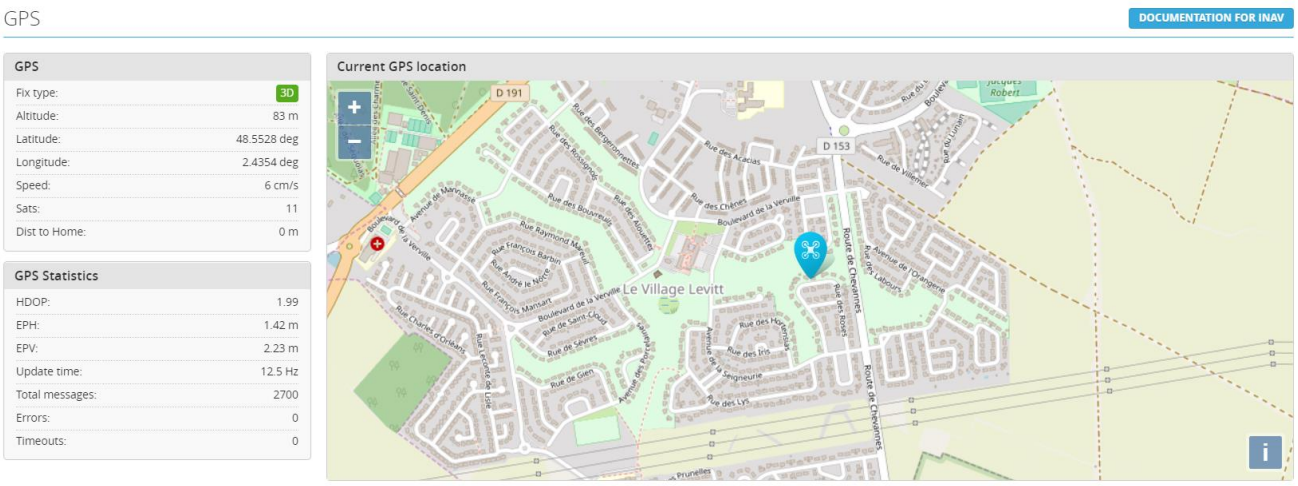
Schéma du drone 2 à partir de la frame du drone 1 que nous avons dessiné

La nouveauté de ce drone réside dans son contrôleur de vol qui est maintenant un OMNIBUS F4 possédant comme l'ancien contrôleur de vol un accéléromètre et un gyroscope et en plus un baromètre. Cette fois-ci le firmware se nomme INAV, ce qui constitue un changement conséquent puisque nous équipons notre drone d'un GPS et d'un magnétomètre ce que l'ancien firmware ne pouvait pas gérer.

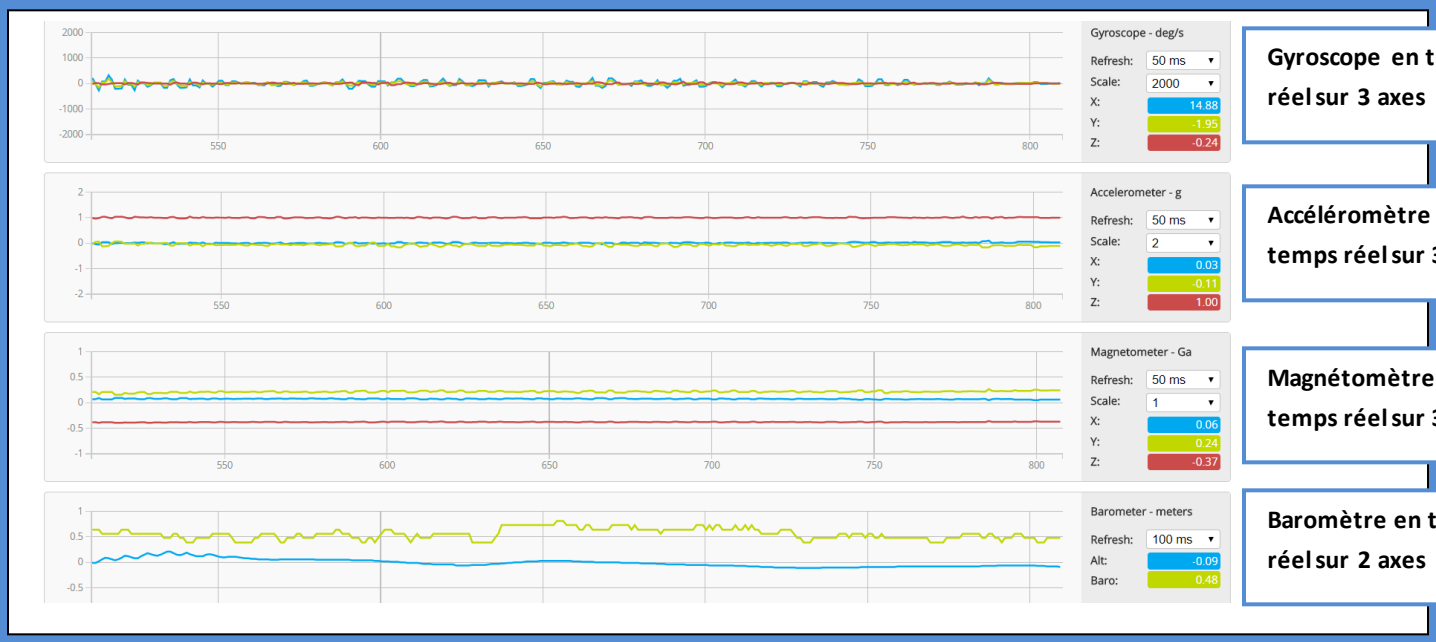
Drone étape 2

Réalisation par étapes du drone 2

- **Choix et commande des pièces dans les différents pays.**
- **Assemblage de la structure carbone.**
- **Assemblage des composants électroniques (ESC, contrôleur de vol, moteurs et récepteur radio) par soudure à l'étain.**
- **Appairage de la radiocommande avec le récepteur radio nécessitant le changement de firmware du récepteur radio (ce qui est une manipulation délicate car elle peut engendrer la perte du récepteur radio).**
- **Paramétrage du drone sur l'ordinateur à l'aide du logiciel INAV:** Affectation des différents COM Ports du contrôleur de vol, mise ne place du protocole radio SBUS, mise en place du protocole GPS...



Carte GPS sur INAV obtenu grâce au 11 satellites détectés sur le moment permettant d'appliquer un plan de vol autonome précis



Gyroscope en temps réel sur 3 axes

Accéléromètre en temps réel sur 3 axes

Magnétomètre en temps réel sur 3 axes

Baromètre en temps réel sur 2 axes

Stabilisation du drone nettement améliorée

- **Premier essai en vol** *(pilotage par Armand)*

pilotage avec lunettes FPV

Durant la réalisation de ce drone le paramétrage a été particulièrement compliqué, ce qui nous a demandé des dizaines d'heures de réglage. En effet, la stabilisation par GPS du drone s'est avérée capricieuse. Nous avons donc pris contact avec des spécialistes pour en discuter. Ces derniers nous ont beaucoup aidés, même si les problèmes n'ont

pas été complètement résolus. Nous avons donc dû changer le protocole du GPS et effectuer de très nombreux tests pour finalement rendre la stabilisation efficace.
Nous avons poursuivi nos efforts, pour qu'il soit capable d'effectuer une mission "Waypoint" en toute autonomie. Il suffit donc de brancher le drone à un ordinateur équipé du logiciel INAV, de le connecter à un minimum de 9 satellites, d'attribuer son plan de vol point par point (distance, altitude) puis de le faire décoller.
Ainsi il effectuera le plan de vol et reviendra se poser par lui-même au point de départ.

Nous pouvons noter que la mémoire du plan de vol est volatile, c'est à dire que lorsqu'on lui admet un plan de vol à travers l'ordinateur il ne faut pas le débrancher sous peine de perdre la mémoire, ainsi il ne peut retenir qu'un plan de vol à la fois.

Problèmes rencontrés

Le drone ne possède pas de problème significatif si ce n'est l'imprécision de son GPS et donc de ses vols qui peut être gênante et la fiabilité de celui-ci puisqu'il n'a pas de redondance c'est à dire que si un composant rencontre un problème technique durant le vol aucun autre ne pourra prendre le relais.

C'est un problème dont nous sommes très conscients puisque lors du transport de matériel médical voire d'organes la sécurité est primordiale. Cependant nous ne pouvons palier ce problème qu'avec des drones et systèmes bien plus imposants et extrêmement coûteux ce qui n'est pas à notre portée. Ainsi ce dernier drone permet de montrer de montrer l'efficacité de la stabilité d'un système GPS sans pouvoir réellement l'appliquer dans une situation réelle.

3ème Etape - Drone 3 du projet Fonck (2019)

Conceptualisation

Cette dernière étape a pour objectif de rassembler toutes les connaissances que nous avons pu acquérir jusqu'ici et de les pousser au maximum pour réaliser un drone abouti et se rapprochant le plus possible d'un drone utilisable en situation réelle.

Ainsi nous avons abandonné la configuration du drone racer car trop petite pour réellement transporter un colis et pas suffisamment stable au vue de l'écartement de moteur à moteur.

Le drone possède désormais une structure en plastique injecté de 500 mm de diagonale avec train d'atterrissage laissant la place pour un système de largage plus imposant.

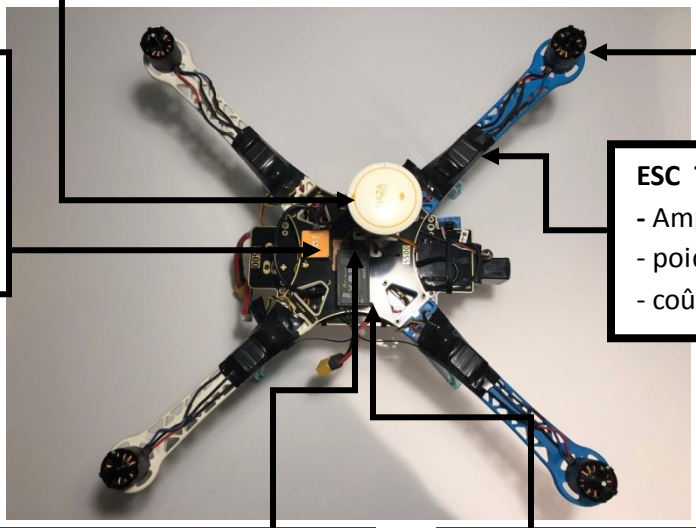
Le système de propulsion a été revu avec des moteurs de type 2216 avec 80 kV contrôlés par des ESC de 20 Ampères, ces moteurs tournent donc beaucoup moins vite que les anciens ce qui les rend moins nerveux et permet d'augmenter considérablement leur couple pour soulever plus efficacement de l'équipement. Les hélices passent de 4 à 10 pouces. La liaison radio est toujours la même, même si le récepteur radio a été amélioré pour augmenter la portée pour atteindre environ 2 km. Le système de stabilisation GPS étant une option convaincante et fiable, nous l'avons largement amélioré en optant pour un système DJI NAZA M-V2 cette fois-ci extrêmement fiable.

Description des composants du drone et de leur positionnement

GPS NAZA :
relié au contrôleur de vol
il permet la captation
de satellite pour la
triangulation de la position

T-motor 880kv 22016 :
- thrust : 1000g
- Ampère : 12A
- puissance d'entrée : 230W
- poids : 65g
- coût : 80 €

LED indicative de l'état du
système d'autopilote



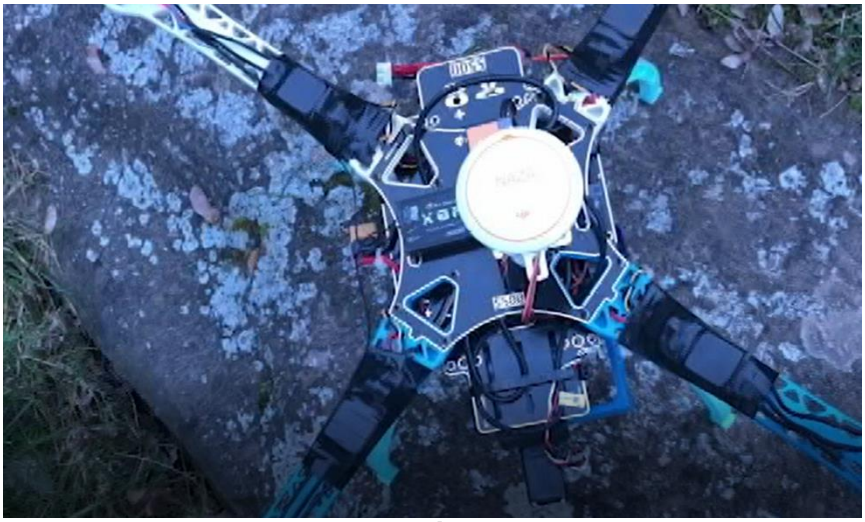
ESC T-motor :
- Ampère : 20A
- poids : 21g
- coût : 40 €

Contrôleur de vol DJI NAZA M-V2 :
contrôleur de vol relié aux 4 signaux
des 4 ESC, au GPS, à la LED
et au récepteur radio
coût du système d'autopilote
(Contrôleur de vol + GPS + LED) : 170 €

Récepteur radio X8r Frsky :
- fréquence : 5.8 GHz
- Protocole : SBUS mode D16
- Voies : 16
- poids : 12.1g
- coût : 40 €

Nous avons également augmenté la capacité de la batterie puisqu'elle est désormais de 3S soit 11,1 V en tension de stockage avec 4500 Milliampères par heure et une décharge de 35 coulons ce qui permet d'atteindre une autonomie d'environ 20 minutes, ce qui est une très nette amélioration dans le domaine du drone très exigent à ce niveau.

Drone étape 3



Drone étape 3

Réalisation par étapes du drone 3

- **Recherche de financement et de sponsors**
- **Choix et commande des pièces dans les différents pays.**

Données Moteur AIR 2216 880 kv issues du test T-motor										
Moteur	Hélice	Gaz	Voltage (V)	Couple (N*m)	Poussée (G)	Courant (A)	RPM	Puissance d'entrée (W)	Rendement (G/W)	Température (°C)
AIR 2216 880 kv	T-motor T1045	50%	16	0,07	435	3,5	6015	56	7,77	53,5°C
		55%	16	0,08	527	4,6	6620	73,6	7,16	
		60%	16	0,09	608	5,6	7113	89,6	6,79	
		65%	16	0,11	702	6,8	7563	108,8	6,45	
		75%	16	0,13	888	9,5	8545	152	5,84	
		85%	16	0,15	1076	12,3	9442	196,8	5,47	
		100%	16	0,18	1293	16,2	10464	259,2	4,99	

Caractéristiques des moteurs en 4S soit 16V en vol permettant d'estimer ces dernières en 3S soit 12V en vol. Ces moteurs sont particulièrement adaptés au drone imposant comme le nôtre car ils possèdent 880kv ce qui se traduit par un couple important permettant d'entrainer des hélices de 10 pouces et donc de créer un maximum de portance en réduisant la nervosité

- **Assemblage de la structure de plastique injecté.**
- **Assemblage des composants électroniques (ESC, contrôleur de vol, moteurs et récepteur radio) par soudure à l'étain.**
- **Appairage de la radiocommande avec le récepteur radio.**
- **Paramétrage du drone sur l'ordinateur à l'aide du logiciel NAZA assistant:** test du sens des moteurs, mise ne place du protocole radio SBUS, affectation des voies de la radio.
- **Premier vol** *(pilotage par Armand)*

Soudure à l'étain

Construction : soudure, assemblage

Paramétrage

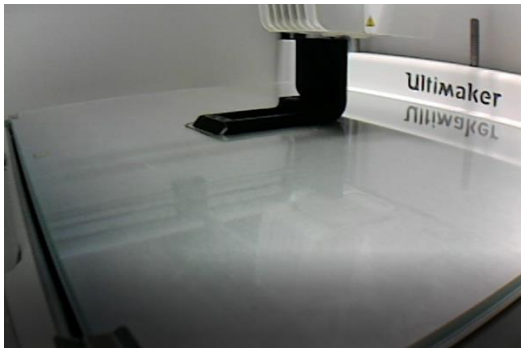
Ce drone vole de façon très saine avec une stabilisation nettement améliorée et aucun nouveau problème ne semble être posé.

Conception et réalisation du système de largage (2019)

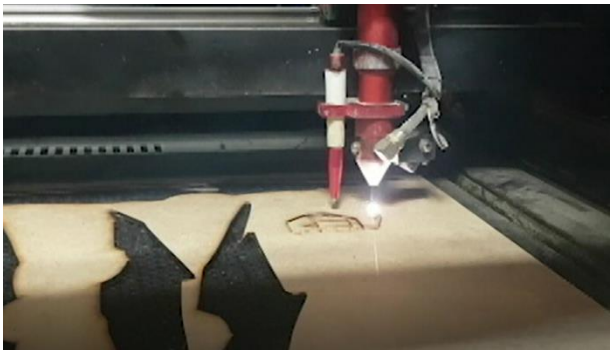
Le premier système de largage ayant été très peu satisfaisant, nous l'avons entièrement revu avec comme nouvel objectif de stabiliser le colis.
Pour obtenir un système qui correspond à nos attentes et qui soit bien fini, nous avons décidé de le réaliser **en impression 3D,** pour cela nous avons utilisé des fichiers 3D de Thinkgiverse comme base que nous avons modifiés à l'aide du logiciel CURA. Ensuite nous avons intégré deux servomoteurs rotatifs l'un permettant la stabilisation sur le roulis et l'autre sur l'assiette.
En ce qui concerne le largage à distance nous avons décidé d'utiliser une pince dont les pièces ont été **découpées au laser**, elle est articulée par un **servomoteur rotatif**. L'impression 3D et la découpe laser a pu être réalisée grâce au fablab de l'école d'ingénieurs INSA Toulouse.

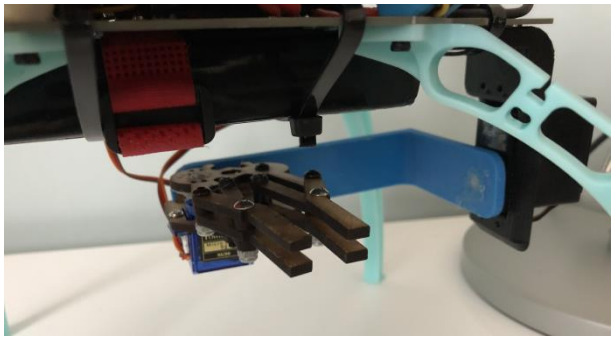
Cette fois-ci tout le système de largage est relié directement au contrôleur de vol pour que l'on puisse contrôler à la fois le drone et le système de largage avec **une seule radiocommande**.

Pour le paramétrage de ce système, nous avions envisagé d'inclure une seconde carte mère pour gérer exclusivement la stabilisation, cependant il s'est avéré que la première était capable de gérer le drone et le système de stabilisation qui nous a permis de simplifier le système donc d'embarquer moins d'électronique et d'être plus fiable.



Imprimante 3D (pièces bleue et noire)


Découpe au laser des pièces constituant la pince


La pince assemblée et montée sur le drone

Problèmes de financement

Des demandes de financement auprès de plusieurs entreprises ont été faites (DJI, Studiosport, Fnac, Drone FPV racing, FPV4drone, miniplanes, Parrot), seul Studiosport a répondu favorablement mais à l'instar des autres nous n'avons pas pu poursuivre la démarche ne pouvant leur garantir une contrepartie publicitaire puisque nous sommes qu'en première phase de sélection.

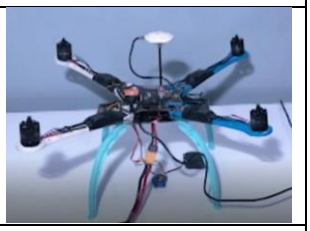
Nous avons donc fait une demande auprès du lycée qui a pu nous assurer les deux tiers du financement, le dernier tiers étant financé par "C génial".

Problèmes techniques

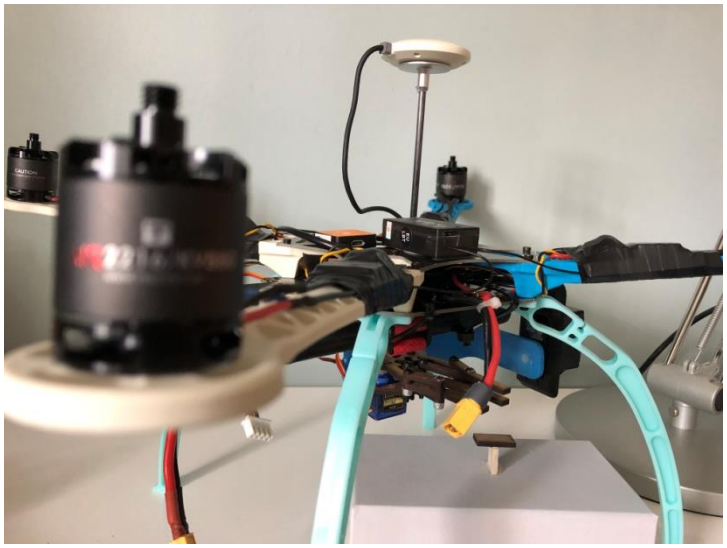
D'abord, l'articulation de la pince semble bien plus efficace que l'ancien système de largage et la stabilisation répond aux attentes, cependant cette dernière réduit considérablement le poids que peut transporter le drone sous peine de casser les articulations.

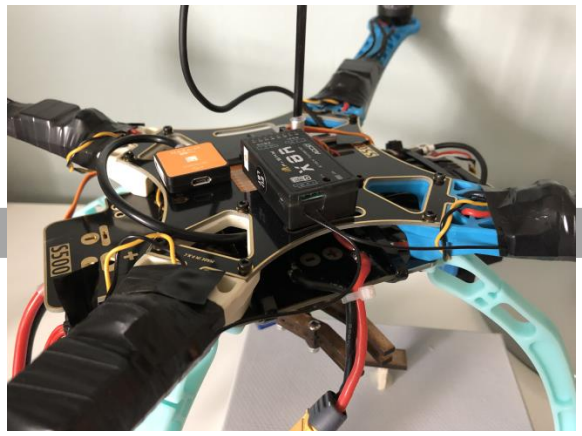
Ce dernier drone est donc particulièrement satisfaisant et illustre de façon notable l'évolution du projet Fonck.

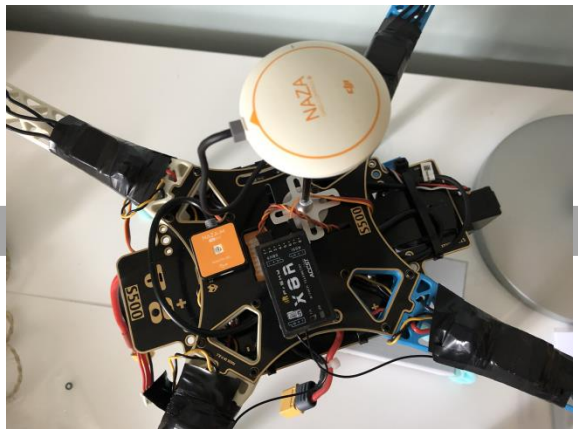
Tableau comparatif des drones

	Drone 1	**Drone 2**	**Drone 3**
Photos			
Poids *(en grammes avec batterie*	**211 g**	**307 g**	**1 264 g**
Autonomie *(en minutes)*	**5 min**	**8 min**	**25 min**
Gyroscope	**oui**	**oui**	**oui**
Accéléromètre	**oui**	**oui**	**oui**
Magnétomètre	**non**	**oui**	**oui**
Baromètre	**non**	**oui**	**oui**
GPS	**non**	**oui**	**oui**
Largage	**oui**	**non**	**Oui (stabilisé)**
Coût (en Euros) **Sans la radiocommande (150 Euros)**	**200 Euros**	**325 Euros**	**455 Euros**

Photos du projet final







CONCLUSION

Le projet Fonck existe maintenant depuis deux ans et a beaucoup évolué en se rapprochant à chaque étape de la résolution de notre problème initial qui est le transport de matériel médical et d'organes. Il semble donc en effet possible de pouvoir réaliser des transferts efficaces et fiables de nos jours.

Si nous voulions réellement intégrer un drone dans le monde professionnel, il faudrait l'augmenter significativement de taille pour pouvoir transporter des charges plus importantes et adaptées à la réalité. De plus il devrait être doté d'une redondance électronique pour chaque composant lui permettant d'acquérir une fiabilité presque sans faille et pour finir la stabilisation ne devrait plus être régie par des servomoteurs rotatifs mais par des moteurs brushless permettant de rendre cette dernière beaucoup plus robuste.

De cette façon, nous pourrions envisager à l'avenir un réseau d'hôpitaux équipés de drones de ce type, ainsi il suffirait d'installer le colis et de donner au drone le nom de l'hôpital destinataire pour qu'il réalise sa mission.

Nous sommes donc fiers de partager notre projet qui a été très enrichissant durant ces deux dernières années.