



RAPPORT FIN DE PROJET

Projet AMON

Aeroipsa

63 bis boulevard de brandebourg
94200 Ivry sur seine

Introduction

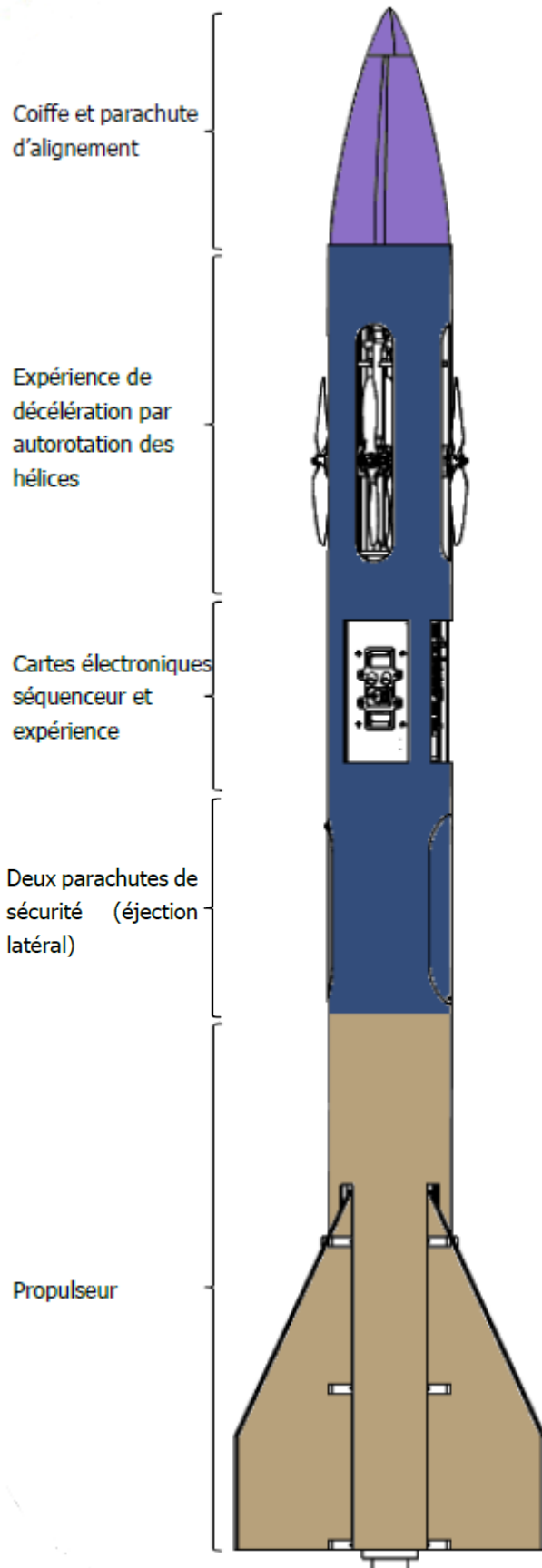
Le projet Amon, est un une fusée expérimental qui a pour but de mesurer la réduction de vitesse lors de la phase de descente de notre véhicule grâce à l'autorotation de nos hélices.

Pour cela, le module est équipé de moteur de type brushless (plus de détail dans la partie expérience).

Ce projet a été porte par Arthur Touati et Antoine Madeleine, les deux chefs de projets rattaché à ce projet, ainsi que nos responsables de module, Carla Brouillon, Ethan Malaval et Leo Peccavet et nos membres les plus volontaires : Leo Da-silva, Leane Detourniere, Emile Du-buisson-de-courson et Sarah Schlernitzauer.

Ce projet a été réalisé en deux ans du a de nombreuse contrainte technique et nous sommes tous fier d'avoir réussi à lancer malgré les nombreuses erreur et soucis technique.

Vue globale de la fusée



La fusée se compose (de bas en haut) de quatre ailerons, deux parachutes de sécurité avec des trappes latérales. Le module électronique, composé des alimentation, cartes séquenceur et cartes expérience et platine jack. Le module expérience composé des quatre bras avec huit hélices ainsi qu'un système d'ouverture. Enfin tout en haut de la fusée un parachute d'alignement en coiffe.

Module poussé

Le module poussé est le module qui retient les quatre ailerons ainsi que le propulseur. Il est situé en bas de la fusée, la reprise de poussé du propulseur se fait par la bague du haut, une bague en Delrin de 13mm d'épaisseur. Le reste des bagues pour le maintien des ailerons et du propulseur se fait par des bagues en Delrin de 10mm d'épaisseur. L'ensemble des bagues sont liées entre elles par quatre carrés en acier laminé de 6mm ce qui forme un treillis sur toute la longueur de la fusée.

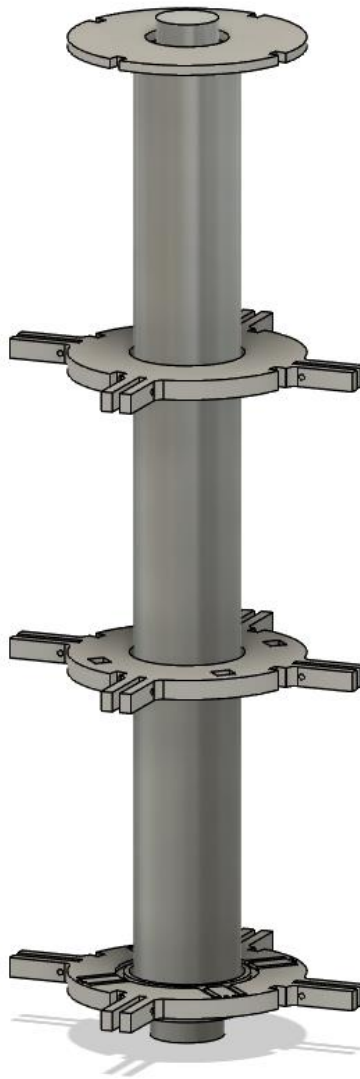


Figure 1 : Module poussé

Sur les deux bagues du bas on peut voir des découpes, celle-ci servais à accueillir des trains d'atterrissage rétractable, expérience abandonnée au cours du projet car cela apportait assez peu au projet qui étaient déjà assez complexe.

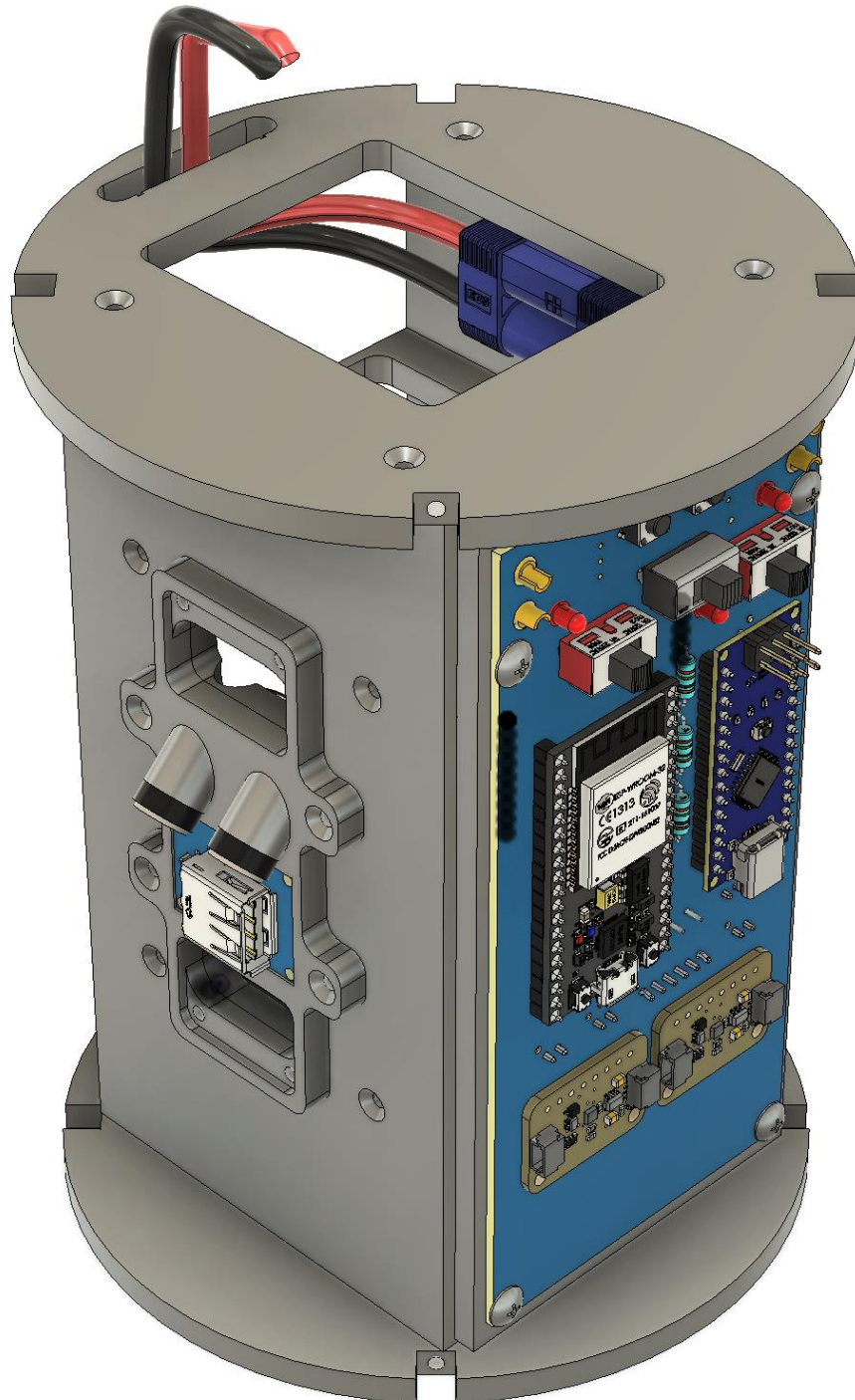
Ce module n'a pas posé de problème particulier et as remplis ces fonctions lors du vol. La bague du bas a accueilli un patin (passage de cage à patin car trop d'élément qui sortaient de la fusée). Le module est intact après le vol, les ailerons aussi.

Nous allons, pour finir faire un tableau récapitulatif des avantages et inconvénients de ce module :

Avantage	Inconvénient
- Simple - Résistant - Maintien du propulseur et des ailerons - Reprise de poussé par le haut ou le bas	- Usinage des bagues en Delrin - Ouverture large au niveau des ailerons à camoufler / boucher (cache en impression 3D par exemple) - Possible torsion au niveau des barres du treillis pouvant désaligner les trous du propulseur / ailerons

Module contrôle

Le module contrôle comporte l'entièreté de l'électronique de notre module (incluant donc notre séquenceur ainsi que l'électronique de notre expérience).



Chaque carte (séquenceur et expérience) est complètement isolée (seul le GND est commun) avec chacun son propre déclencheur et son propre capteur de pression.

Cela permet l'indépendance de chaque carte et que si une des cartes et un souci, d'éviter d'impacter l'autre.

Le module contrôle comporte également nos alimentations :

- ❖ 2 et 4 piles 9V pour les cartes séquenceur et expérience
- ❖ 1 lipo 6S pour notre expérience

Le module a pu assurer sa mission malgré les changements effectué sur l'expérience mais de nombreuses erreurs de design, et de réflexion sur celui-ci nous ont démontré que nous aurions pu mieux le penser et faire une architecture plus modulaire et accessible.

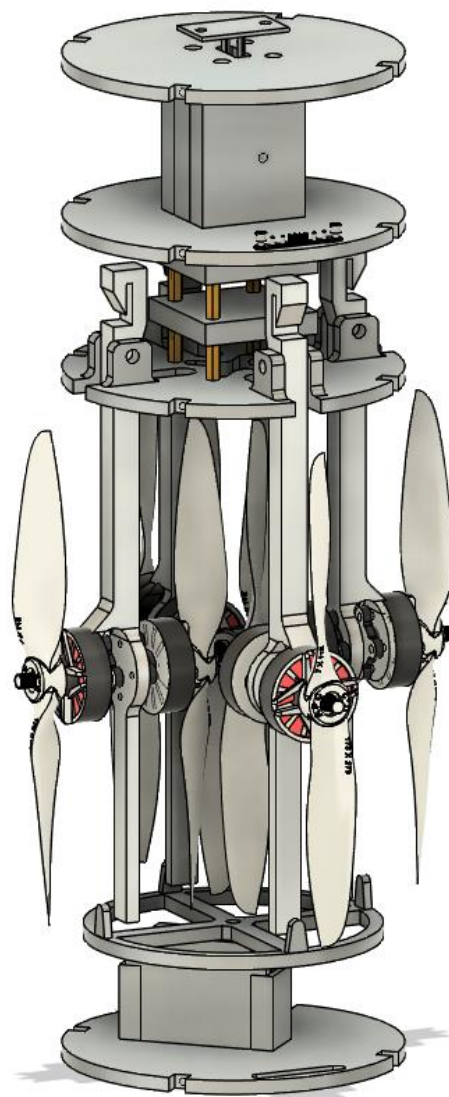
Nous allons, pour finir faire un tableau récapitulatif des avantages et inconvénients de ce module :

Avantage	Inconvénient
- Résistant - Maintien de l'entièreté de l'électronique - Efficace	- Problème de design - Complexité a connecté les différents connecteurs - Une fois connecter, les batteries ne sont plus accessibles

Module expérience

MECANIQUE

Le module expérience a pour but de retenir les quatre bras des rotors avant leurs déploiement et ensuite de les déployer et de retenir la force qu'ils vont exercer sur la fusée. Pour se faire nous avons conçu des bras en impression carbone, utilisé une bague de rétention montée sur un servo-moteur pour les maintenir en place et une bague imprimer en PETG pour encaisser la force transmise par les hélices.



Sur cette image on peut voir le block contrôle dans son intégralité. De bas en haut on peut voir la bague du servo-moteur, le servo-moteur de rétention des bras du drone, la bague de de rétention qui vient se fixer sur le servo-moteur. Cette bague a été modifiée pour élargir les empreintes qui retiennent les bras car avec les vibrations ils auraient pu se libérer. Ensuite nous avons les quatre bras avec les huit rotors les bras étaient bien mais il manquait de praticité pour visser les rotors l'un contre l'autre (un moteur de drone se visse par l'arrière).

Ensuite nous avons la bague de rétention des bras que nous avons dû réépaissir plusieurs fois. Surtout au niveau des accroche des bras, on aurait dû surdimensionner cette pièce un peu plus car elle a tenu la force des hélices en autorotation mais on ne sait pas si cela aurait fonctionner avec des hélices tournantes (qui auraient généré plus de forces). Au milieu du haut des quatre bras on voit les deux ESC qui ont été déplacé à l'étage du dessus (contre le l'électro-aimant, une meilleure place serait à trouver). Dans notre cas nous avons aussi dû utiliser des connecteurs entre l'ESC et les moteurs pour pouvoir brancher les câbles au bras en montant la fusée (les bras dépassent de la fusée ils devaient être monté après). La fente que l'on peut voir dans les bras servaient à mettre des élastiques pour pouvoir enclencher le mouvement de sortie des bras, le déploiement complet est ensuite assuré par le vent relatif ainsi que la poussée des rotors en fonctionnement. Nous avons ensuite une bague qui tient l'électro-aimant et une bague en Delrin qui tient la force de traction du parachute sur l'électro-aimant.



Type d'électro-aimant utilisé

Le système de retenu / langage parachute étaient assez bien. Pour la coiffe, qui étaient en deux partie (coupé dans la longueur) un simple servo-moteur avec un crochet à été utilisé, simple mais fonctionnel. Seul défaut quand la sangle c'est tendu elle a arraché la partie fix de la coiffe. Deux partie mobile attaché au parachute ou une partie fix plus petite que la moitié et une partie mobile plus grosse éviteraient surement l'arrachement.

Avantage	Inconvénient
- Assez simple - Pas très coûteux - Efficace	- Intégration électronique - Complexité de montage / démontage de la fusée - Ouverture dans le tube en vol (hélices qui dépassent du tube)

ELECTRONIQUE

Pour la partie électronique de notre expérience, nous avons utilisé deux ESC 4 en 1 de chez T-motor ainsi que 8 moteurs F90 2806.5 1300 KV (également de chez T-motor).

Nous avons utilisé une architecture en X8 (quatre bras avec un moteur au-dessus et en dessous).

Du a l'absence de BMS, nous n'avons pas pu utiliser l'électronique de puissance de notre fusée, cela a donc été purement cosmétique électroniquement parlant mais lors de test au sol, cela fonctionnait sans problèmes.



Déroulement du vol

VOL THEORIQUE

Le vol s'est déroulé en plusieurs étapes. Pendant la phase de propulsion et de montée la fusée n'a rien fait. Une fois l'apogée atteint la fusée déploie un parachute d'alignement par la coiffe. 16 s après nous considérons la fusée ainsi que sa vitesse comme stabilisé (aux alentours des 21 m/s selon le Stabtraj) nous pouvons donc déployer notre expérience. Les bras des rotors se déploient, les hélices peuvent se mettre à tourner pour à leurs tours ralentir la fusée à une vitesse que l'on ne connaît pas qui sera le résultat de notre expérience. Après 18 s on considère que la vitesse est également stabilisée et que l'expérience est donc également stabilisée on peut donc déployer les parachutes de sécurité pour faire atterrie la fusée à une vitesse plus raisonnable aux alentours de 11 m/s. Pendant tout le vol la fusée enregistre les données de pression convertie en altitude.

Résumé du déroulement du vol :

- 0s Décollage
 - Fusée inactive
 - 0 m
- 14s Apogée
 - Ouverture du parachute d'alignement
 - Vitesse de descente 21m/s
 - 1048 m
- 30s (+16s) Fin stabilisation sous parachute d'alignement
 - Ouverture bras rotors expérience
 - Vitesse de descente < 21m/s
 - 712m
- 48s (+18s) Fin expérience
 - Ouverture parachute de sécurité
 - Vitesse de descente 11m/s
 - > 334 m (dépend de la vitesse de descente sous expérience)
- < 110s Atterrissage

VOL REEL :

Nous allons reprendre les étapes ci-dessous et dire si elle se sont passé comme prévu ou non.

Le décollage s'est bien passé, les patins ainsi que les câbles jacks ont rempli leurs rôles. La fusée était stable durant la phase d'ascension. Le parachute d'alignement s'est ouvert tard (après l'apogée).



Photo de la fusée avant ouverture du parachute d'alignement

Le parachute c'est ouvert et à résister à la survitesse (la fusée avait pris surement plus de 21m/s, vitesse prévue à l'apogée).

Les hélices ont résisté et les bras se sont ouvert, l'expérience a donc fonctionner.

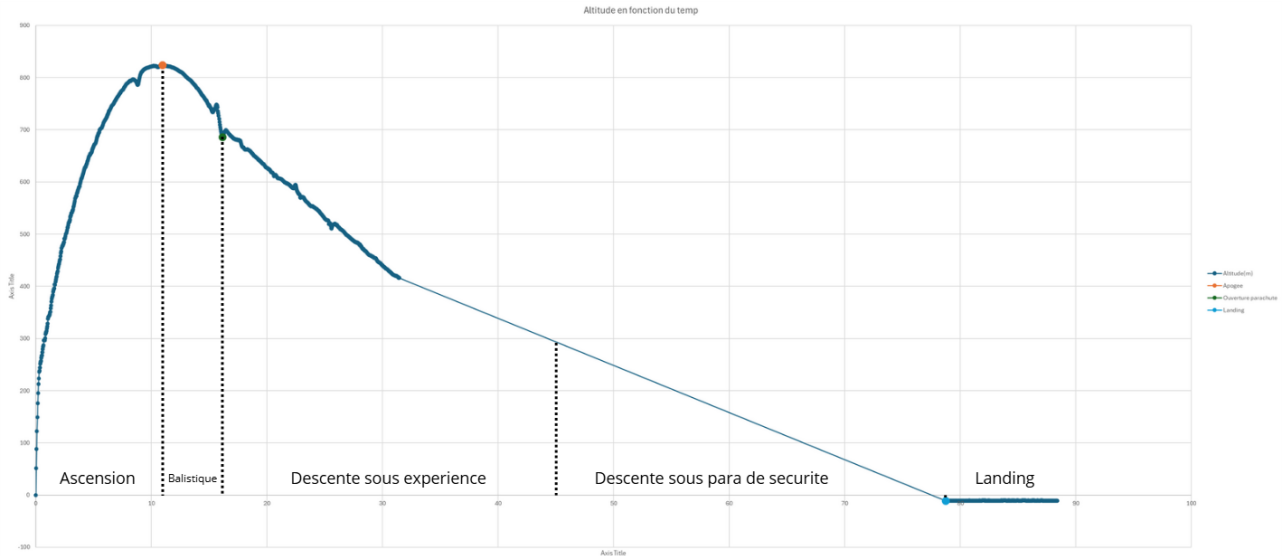
Les parachutes de sécurité se sont ouverts néanmoins ils n'ont pas complètement rempli leurs rôles. En effet un d'eux s'est enroulé autour de la sangle du parachute d'alignement ce qui a limité son effet et le second ne s'est pas déployer / déplier car nous l'avons retrouvé encore en accordéon. La fusée est néanmoins retombée à moins de 20 m/s ce qui en fait un vol réussi.

Les principales erreurs sur la conception des parachutes ont été de mettre deux parachutes de sécurité (deux parachute dos à dos peuvent s'emmêler et si i les déploie se gêner dans leur ouverture réduisant leurs efficacité) ainsi que de mettre la même longueur de sangle à tous les parachutes il aurait fallu idéalement soit un parachute d'alignement avec une petite sangle et un seul parachute de sécurité avec une grande sangle soit l'inverse.

Nous avons retrouvé la fusée intacte avec seulement quelque pièces cassé (trappe, coiffe, hélices) du a l'atterrissage.

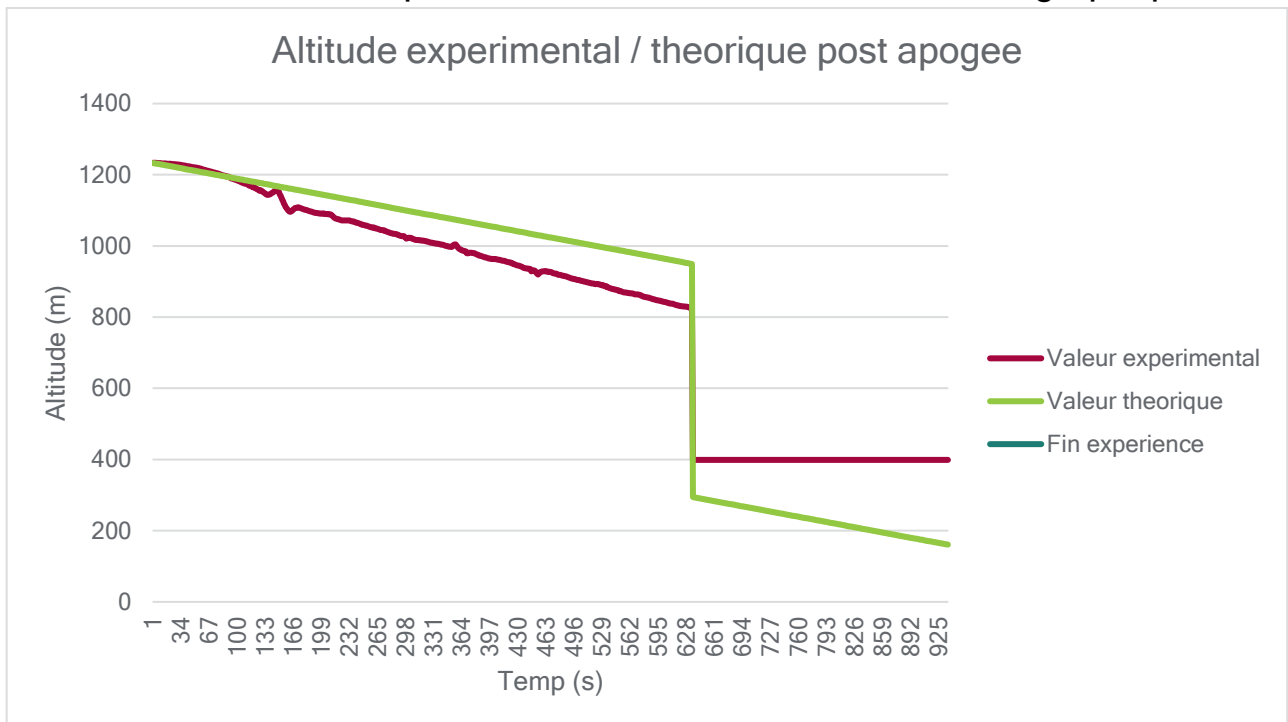
Résultat

Grace aux données stocker sur la carte SD, nous obtenons après post traitement cette courbe :



Comme nous pouvons le constater, nous avons perdu une partie de nos données suite a une erreur de mémoire RAM qui a reset la carte responsable de récupérer nos données.

Si nous zoomons sur la partie intéressante, nous obtenons ce graphique :



Avec comparaison avec la valeur théorique, nous pouvons constater que malgré la perte de certaine de nos données, nous observons une descente d'altitude plus prononcé que prévus. Cela montre deux choses : l'auto-rotation

a fonctionné mais a eu un impact moindre que prévus (ce qui était prévisible car nous n'avions pas de système actif pour réduire la vitesse). Lorsque nous observons la vitesse, nous arrivons également à ce même constat



Également, nous observons des changements brusque de vitesse (du a un manque de filtrage sur notre capteur et aux incertitudes de mesures)

Si le projet était à refaire

AERODYNAMIQUE

L'aérodynamique globale de la fusée était mauvais et cela a sûrement diminuer un peu l'altitude à l'apogée. Il serait à améliorer en réduisant au maximum le nombre de trous dans le tube

ELECTRONIQUE

Pour l'électronique il faut absolument penser à mettre un BMS sur la batterie ainsi qu'un GPS (pour contrôler de ne pas sortir du gabarie de vol) et un contrôleur de vol (pour drone) car l'effet pendule sur le quelle on s'appuyait n'est pas viable pour les drones ([Vidéo](#)).

De manière plus général penser à prendre des cartes électroniques en rechange et ne pas faire les mises à jour Arduino, logiciel ou des bibliothèques au C'Space !

MECANIQUE

Améliorer l'aérodynamique, régler le problème de parachute explique dans ce rapport, repenser l'intégration électrique (les batteries étant grosse et lourdes et les ESC prenant de la place à un endroit où il n'y en a pas beaucoup). Revoir la coiffe (pour pas que la partie fix s'arrache). Renforcer la bague de retenue des bras.

Conclusion

Pour conclure, malgré les nombreuses erreurs rencontrées, nous avons pu réaliser une expérience (moindre que prévus mais tous de même présente) qui montre qu'expérimentalement, notre système fonctionne.

Pour s'assurer de cela, il faudrait revoir une grande partie de la conception et régler les différents problèmes rencontrés mais cela reste malgré tout possible.

En temps que chef de projet sur ce projet, je voulais remercier notre équipe qui nous ont suivi ces deux ans malgré les difficultés, les obstacles, les moments difficiles et le stress. Merci d'avoir été au bout du projet !

Ce projet, en dehors du fait d'avoir réussi malgré les erreurs, est une leçon de vie pour nous même et nos membres et cela renforce nos connaissances et notre motivation sur nos futurs projets.

En temp que chef de projet, Amon a été pour moi symbole de renouveau après les nombreux échecs rencontrés sur Stratodrop et m'a permis d'apprendre et de grandir avec nos membres.

Contact :

Chef de projet : arthur.touati@ipsa.fr

Co Chef de projet : antoine.madeleine@ipsa.fr