



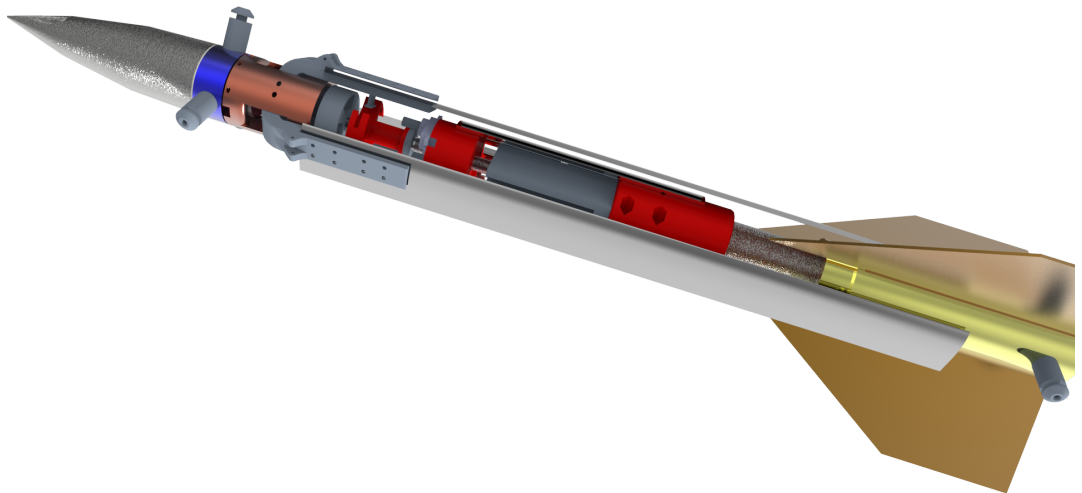
MF51 Meeleycopter

Table des matières

Table des matières	1
1 Introduction	1
2 Description	2
2.1 Electronique	3
2.2 Mécanisme d'ouverture du rotor	4
2.3 Strabtraj	4
3 Campagne C'Space 2021	6
3.1 Qualification	6
3.2 Vol de la fusée et étude du vol	7
4 Conclusion	9
5 Remerciements	10

Résumé

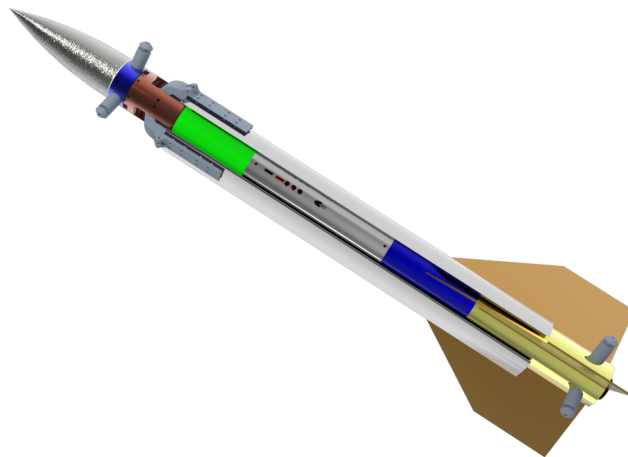
Ce rapport fait suite à la campagne du C'Space 2021 où la minifusée MF-51 a effectué un vol balistique. Dans ce rapport nous rappelons quelques détails sur la fusée ainsi que des hypothèses expliquant le mauvais fonctionnement du système de récupéra-



tion.

1.Introduction

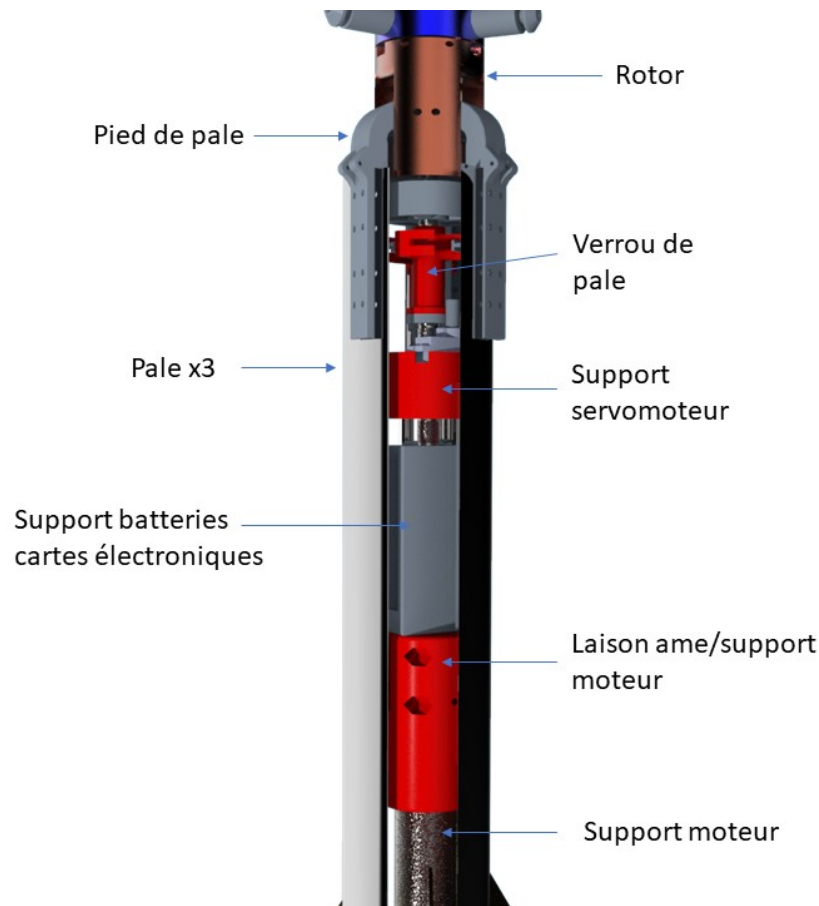
Ce projet débuté en septembre 2019 a vu son vol reporté au C'Space 2020 car les pales ont compliqué la partie réalisation. La fusée MF-51 a volé la semaine du C'Space 2021 à Tarbes. Dans ce rapport nous rappelons le descriptif de la fusée ainsi qu'une analyse de vol de celle-ci suite à son vol balistique.



2.Description

La Meeleycopter est une fusée construite dans le cadre de l'association Space'Tech Orléans, le projet consiste en l'utilisation du phénomène d'autorotation comme moyen de récupération. L'expérience de la fusée est donc son mécanisme de récupération.

Au fil des années, les membres du projets ont changé. On peut retenir pour l'année 2021 Alexandre Coudray, Stéphane Dulac et Ines Vermeire. La reprise d'effort est assurée par une ame centrale en aluminium dans laquelle des gorges sont usinées pour recevoir des segments ainsi permettant le support des éléments internes de la fusée. La peau est en PLA et permet un bon écoulement aérodynamique autour des étages montés sur l'axe en aluminium ainsi qu'un accès visuel aux LEDs et aux interrupteurs. Le tube recevant le moteur est en aluminium pour décaler le centre de gravité vers le bas tout en assurant la stabilité de la fusée vérifiée avec le StabTraj. Les pales sont reliées au rotor via des axes montés sur des bagues en laiton. Les pales sont en fibre de verre enveloppant une ame de pale imprimée en PLA. Le restant des pièces est fait à l'imprimante 3D en PLA.

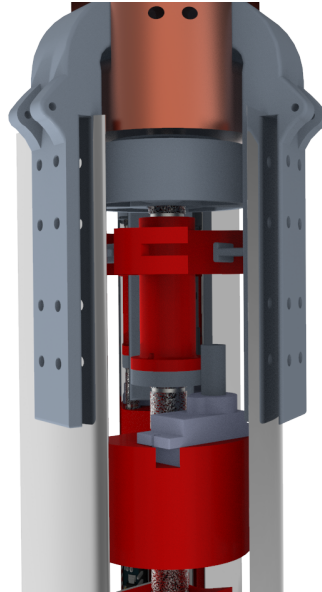


2.1 Electronique

Dans l'été 2020, un code est implémenté dans une Arduino Nano et le circuit est monté sur une plaque de test avec les interrupteurs, le jack, les leds et le servomoteur. Depuis la rentrée scolaire 2020 les composants sont en cours de soudage sur PCB pour l'intégration dans la fusée. Deux piles (AA ou CR2 en cours de décision) alimente un hacheur pour alimenter l'Arduino en 5V continu. La carte Arduino, le hacheur et les batteries partagent un support commun pour répartir les composants sur une surface optimale. C'est une des contraintes d'un axe central. Une fois le fonctionnement validé, la plaque de test est remplacée par un PCB sur lequel sont soudés les éléments.

La séquence d'ouverture du parachute est réalisée par la carte Arduino. Lorsque le câble jack se détache, un décompte précède l'ouverture du rotor avec l'actionnement du servomoteur. l'action des interrupteurs et l'allumage des LEDs est également gérée par l'Arduino.

2.2 Mécanisme d'ouverture du rotor



Une pièce en rotation sur l'axe longitudinal de la fusée assure le rôle de verrouillage des pales de la fusée lors de sa phase ascendente. Une fois libérées, les pales s'orientent perpendiculairement à l'axe de la fusée grâce à un ressort pré-contraint pour aider au déploiement des pales et à la création d'une situation de vol instable qui aide la fusée à basculer ailerons vers le bas. L'entraînement de la pièce de verrou se fait par deux roues dentées augmentant le couple du servo moteur.

2.3 Strabtraj

Le StabTraj a été validé lors de la RCE 2 de février 2020, les petites modifications apportées depuis ont changé la position du centre de masse mais pas de manière significative. Pas de changements majeurs donc dans le StabTraj.

Les ailerons sont en PLA et imprimé, il y en a 3 disposés à 120° . La liaison aileron/corps de la fusée se fait par un montage de type "pied de sapin" sous la forme d'un rail. On aperçoit les guides pour le rail de lancement. Du fait des pales, le guide doit être excentré ce qui perturbe l'écoulement aérodynamique, pour équilibrer cette perturbation 3 guides sont placés à 120° .

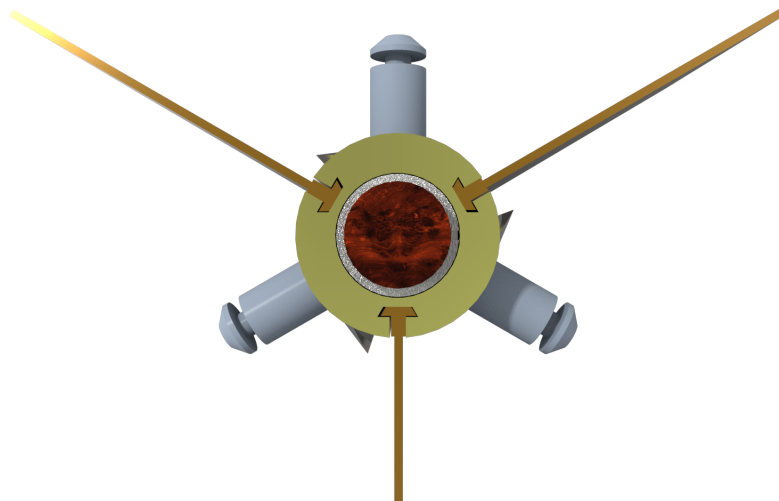


FIGURE 2.1 – Electronique après vol

3. Campagne C'Space 2021

L'expérience de cette minifusée est son système de rotation. A la place du classique parachute, le phénomène d'autorotation permet de ralentir la fusée jusqu'à une vitesse limite conforme au cahier des charges.

3.1 Qualification

La fusée présentée lors des qualification de vol le mercredi 14 juillet s'est vue recalée à cause de ressorts de rappel des pales en position horizontale. Ces ressort étaient dimensionné pour contrer les efforts aérodynamiques à l'apogée d'après la vitesse horizontale calculée par le StabTraj avec les conditions initiales de vitesse et d'angle au décollage. La fusée ayant tendance à se coucher pendant le vol, les pales risquaient de rester plaquées le long du corps de la fusée. Pour y remédier des ressorts plus raides sont installés mais le mécanisme de verouillage des pales ne pouvait pas permettre la bonne libération de pale. Le couple au niveau du servo-moteur n'est pas suffisant pour le déploiement du rotor. Gardant les nouveaux ressorts plus raides, un nouveau système de verrouillage de pales est installé dans les derniers jours de la campagne. Celui-ci consiste en un MOSFET commandé par l'Arduino permettant la chauffe d'une résistance électrique. Cette résistance est à l'extérieur de la fusée et un fil de pêche fin enroule les pales en position fermées et le fil passe dans la résistance. l'ajout d'une pile 9V pour le nouveau besoin de puissance est nécessaire. Celle-ci est placée à l'emplacement de l'ancien système mécanique d'ouverture du rotor. Les essais au sol montrent que ce mécanisme fonctionne, les pales se déploient au moment désiré. La fusée est qualifiée pour le vol et est finalement lancée au dernier moment avant la cloture des lancements des mini-fusées.

Malheureusement il n'y a pas de photos du nouveau système, il s'agit tout simple-

ment d'une bobine résistive avec un fil de pêche passant au travers.

3.2 Vol de la fusée et étude du vol

La fusée est lancée le vendredi après-midi de la semaine du C'Space par une météo propice au lancement.

La fusée a quitté son pas de tir. Une fois à l'apogée les pales ne se sont pas déployées ainsi la fusée a continué sa trajectoire balistique. La portée balistique était juste car la fusée a atterri proche d'un champ de fougères. Cette portée serait réduite si le rotor s'était déployé à l'apogée.

La figure 3.1 montre que l'électronique est fonctionnelle après le crash moyennant un shunt au niveau de l'interrupteur de mise en énergie (l'interrupteur n'a pas survécu au crash étant sur la peau).

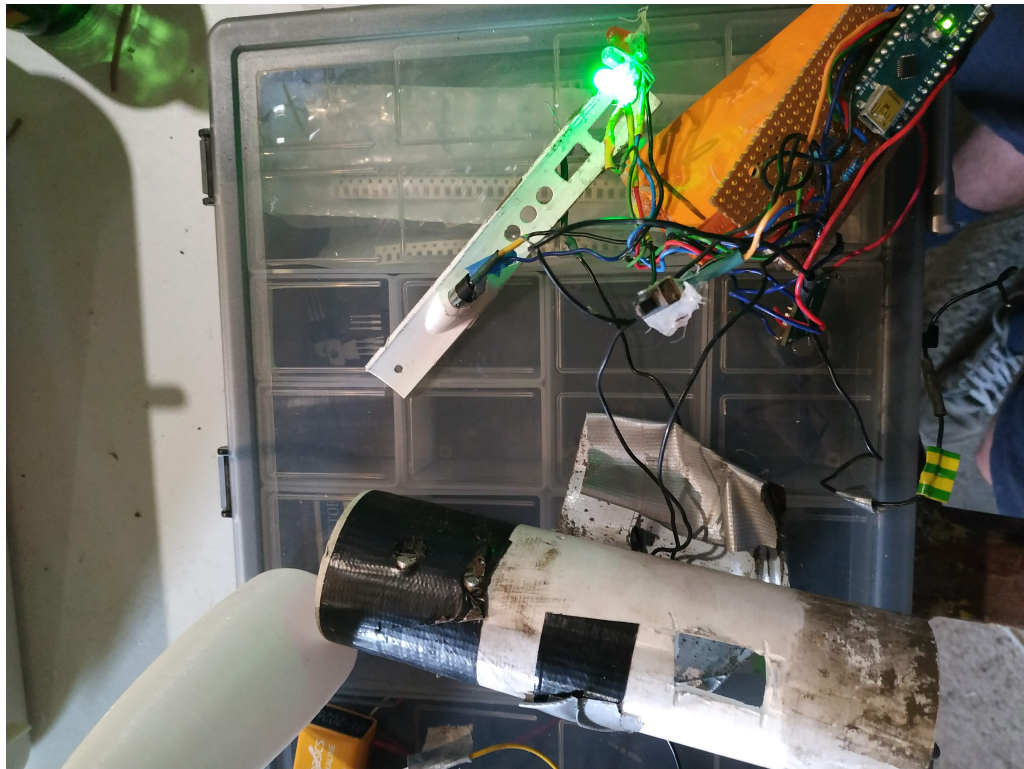


FIGURE 3.1 – Electronique après vol

‘ La figure 3.2 montre que l'électronique est encore allumée au moment de la sortie de rampe car la LED verte est visible. De ces deux figures, il semble que le défaut d'ouverture du rotor ne vienne pas de l'électronique. Ainsi une hypothèse



FIGURE 3.2 – Fusée en sortie de rampe

thermique est proposée. Les essais au sol de la resistance ont prouvé que la puissance thermique était suffisante pour faire fondre le fil de pêche. Or en vol, la résistance subie une convection plus importante qu'au sol du fait de la convection forcée en vol. Ainsi la température du fil de pêche est plus faible en vol qu'au sol ce qui pourrait expliquer que le fil n'ai pas fondu.

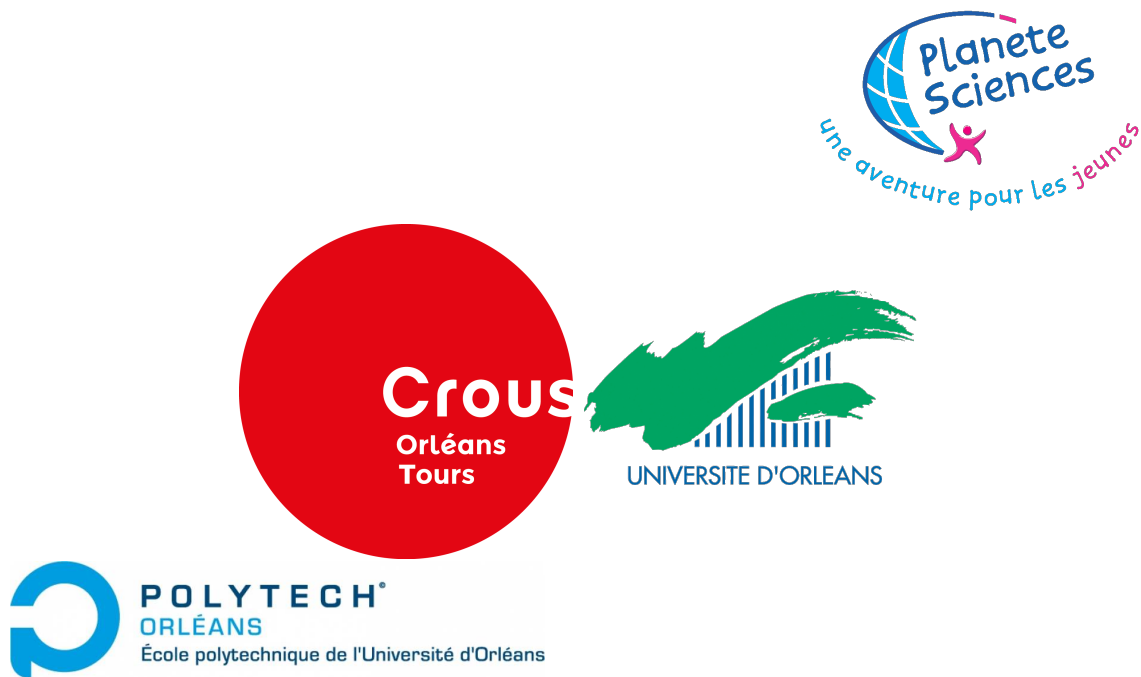
4. Conclusion

La fusée présentée pour les qualifications ne remplissait pas les conditions pour être lancée. Pour palier à ça, différentes modifications sont appliquées pour assurer l'ouverture du rotor à l'apogée. L'ajout de ressorts plus raides entraînent le changement de mécanisme d'ouverture de rotor pour un mécanisme non plus mécanique mais thermique avec la fonte d'un fil de pêche.

Le nouveau mécanisme a été validé au sol cependant le fil de pêche n'a pas fondu en vol possiblement à cause de la convection forcée qu'a subit la résistance pendant le vol. Le phénomène d'autorotation n'a donc pas pu être testé.

Le lancement s'est soldé par un échec, cependant, il sera proposé pour la campagne de lancement 2022 une Meeleycopter 2.0 avec un mécanisme de maintien du rotor capable de libérer les pales avec des ressorts qui assurent le déploiement des pales dans le cas où la fusée à une grande vitesse horizontale lors de l'apogée (fusée couchée). Pour ce faire, la CAO sera revue pour obtenir un diamètre de fusée plus grand permettant l'ajout d'un servo-moteur plus coupleux et plus globalement faciliter l'intégration des différents sous-ensemble. De ce fait, la fusée sera plus longue pour respecter la finesse imposée par le cahier des charges. La méthodologie de fabrication des pales en composite sera de nouveau appliquée pour la nouvelle fusée.

5. Remerciements



Merci à Planète Sciences pour le suivi, les conseils, les discussions ainsi que la merveilleuse (et éreintante !) semaine du C'Space. Une expérience inoubliable que j'ai envi de refaire ! Merci à Stéphane Dulac pour m'avoir aidé dans la finition de la fusée pendant notre stage de fin d'étude à Toulouse ainsi que pendant la semaine de lancement. Merci à Aymerick Bats et ses parents pour nous avoir accueilli pendant la campagne. Merci à Space'Tech, les membres du projet MF51, mon association d'école pour ses membres et son cadre associatif agréable.