

DOSSIER DE FIN DE PROJET

PROJET FUSEE « NANOSPACE »

MEMBRES DU PROJET :

-AUDOIN Clarisse
-BASTIEN Ludovic
- CÁRDENAS SÁNCHEZ José Antonio

- DEMARCQ Iloé
- KUMAR GUPTA Abhishek
-MARIE François

NANTRAL AEROSPACE ASSOCIATION (NASA), ANNEE 2023
École Centrale de Nantes

Résumé :

Le projet NANOSPACE de l'association a eu pour but de créer une mini-fusée expérimentale embarquant trois caméras gérée par un système électronique. Le vol a été nominal, avec une ouverture de parachute sans problèmes et un bon déroulement. Cependant, suite à certains problèmes durant les phases finales de la conception de la fusée, les caméras n'ont pas pu être fonctionnelles le jour du lancement.



1 - Présentation générale :

L'association « Nantral Aerospace Association » est une association étudiant loi 1901 affilié à l'École Centrale de Nantes. Depuis sa création en 2019 son objectif est d'envoyer pendant l'évènement du C'Space une micro-fusée, ou une fusée expérimentale. Pour la plupart des membres actifs (tous des étudiants dans l'école) cette association est vue comme un moyen très concret d'obtenir des compétences réelles et de voir se concrétiser certaines compétences théoriques vues en cours.

Dû à ses trop petits effectifs en 2019, et à la crise du Covid les années suivantes, les activités de l'association n'ont pas permis la création complète d'un projet à temps pour le C'Space jusqu'à cette année, où la reprise des activités étudiantes et un nombre suffisant de membres nous a permis d'aboutir à un projet de mini-fusée.

La réalisation de ce projet s'est vue marqué d'un relatif faible nombre de personnes actives sur ce dernier. De septembre à janvier, nous avons pu travailler en groupe de 3 ou 4 répartis en différentes fonction tel que la réalisation du parachute, la conception de la structure, et l'électronique et programmation. Mais après les départs en stage obligatoire aux alentours de janvier, nous nous sommes retrouvés à une poignée de membres actifs, ce qui se fera sentir sur les dernières étapes de la conception de la fusée.

Durant la première période, il a été décidé de créer une mini-fusée pour des question de simplicité (et aussi au regard du fait qu'il s'agit de notre premier projet). Les expérimentations embarquées ont été aussi choisis pour leurs relatives simplicités ; trois cameras reliés à des Raspberry-Pi, filmant trois angles différents de la fusée. Ces 3 angles, seront plus tard choisis pour pouvoir inspecter le comportement de la fusée, plus que pour avoir « de belles images ».

2 – Description mécanique

Structure générale :

La structure a été le premier élément à avoir été conçu. Les autres éléments de conception viendront donc s'adapter à ce dernier. C'est dû au fait que la structure de la mini-fusée « Nanospace » est partie sur la base des projets inaboutis des années précédentes. La base de la structure est donc un tube en PVC conventionnel de 80mm de diamètre extérieur et d'environ 1 mètre 20 de haut, ce qui donne une structure en peau porteuse. Différents étages (imprimés en 3D en PLA) pour soutenir des éléments comme des batteries ou des cartes électroniques seront par la suite vissés directement sur le tube.

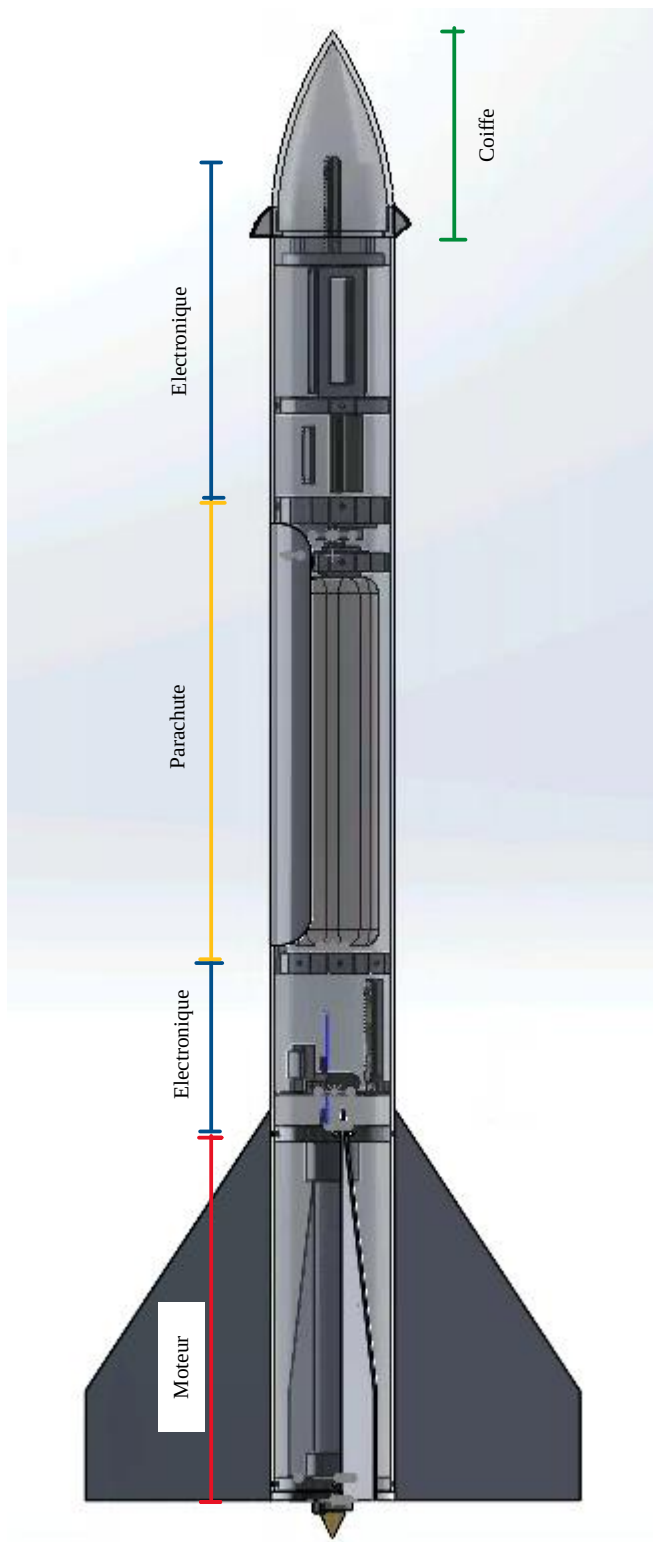


Fig 1. Vue frontale de la fusée avec des secteurs

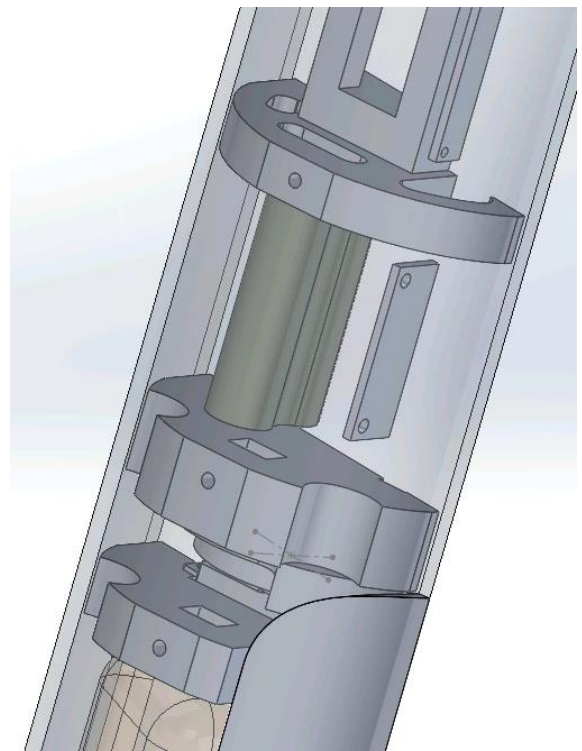


Fig 2. Vue zoomée des étages

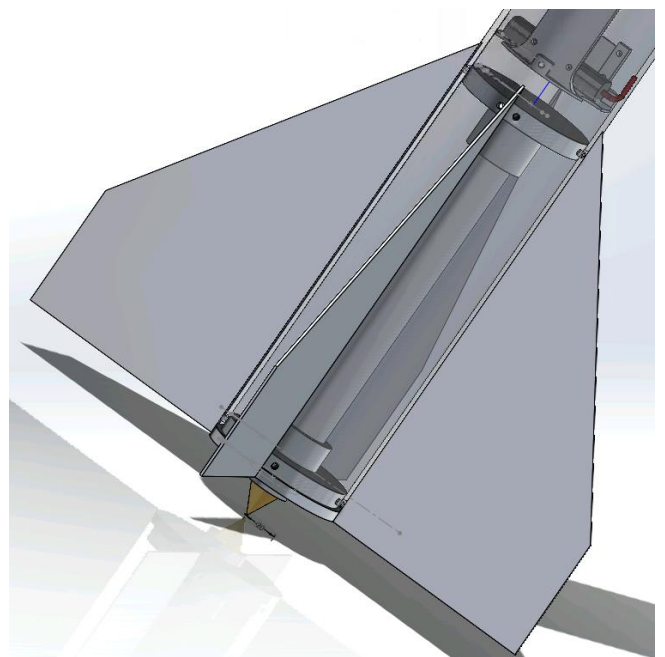


Fig 3. Secteur du moteur avec des ailerons

Les autres éléments structuraux et éléments du fuselage, comme la coiffe, la porte du parachute et son mécanisme seront aussi imprimés en PLA et fixé directement sur le tube. Le logement moteur quant à lui sera extrudé en 2 parties à partir d'un bloc d'aluminium massif qui sera inséré à la base du tube, et qui servira par la suite à solidement fixer les ailerons.

Quand aux ailerons, ils sont aussi en aluminium, simplement découpe dans une plaque de 2mm d'épaisseur (voir schémas).

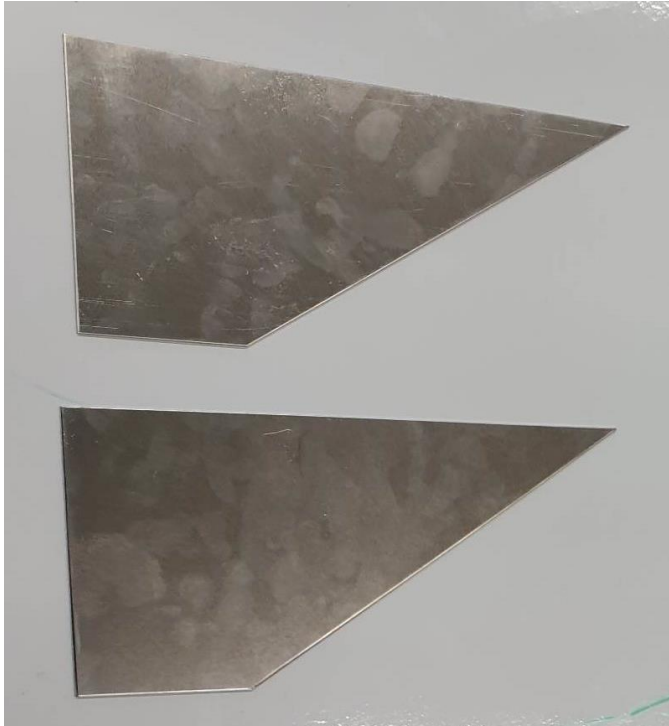


Fig 4. Ailerons de la fusée



Fig 5. Pièce inférieure du logement-moteur visée au tube de la fusée

Le système de récupération (par déploiement de parachute) est sans doute la partie la plus importante : son mécanisme, relativement simple est composé d'un loquet cylindrique pouvant pivoter sur lui-même (grâce à un servomoteur orienté verticalement) et pouvant libérer sur commande la porte, qui se séparera entièrement de la fusée, juste attaché à un fil, et tirant dans la chute le parachute pour son bon déploiement.

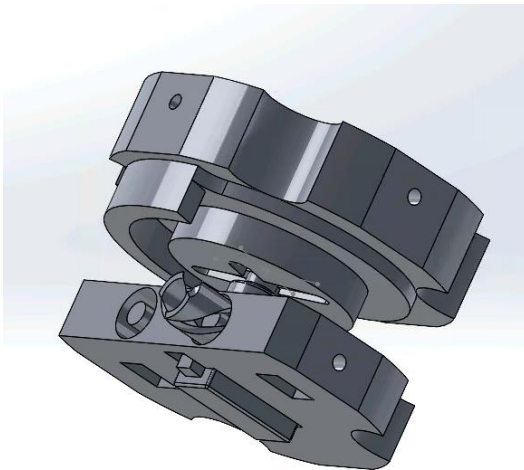


Fig 6. Mécanisme d'ouverture de la porte pour le parachute

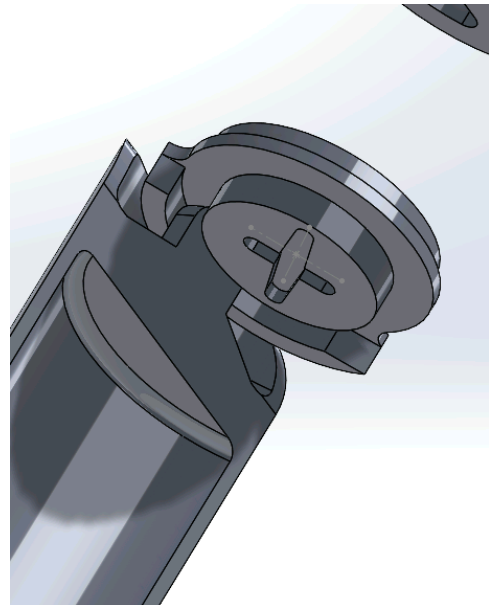


Fig 7. Vue alterne du mécanisme avec la porte

Le parachute possède de grandes dimensions (0.95 mètre carré en croix) afin de permettre une descente à moins de 7 mètres par secondes, largement suffisant pour la sauvegarde de la fusée à son atterrissage.



STABILITO

Stabilité de fusée à ailerons

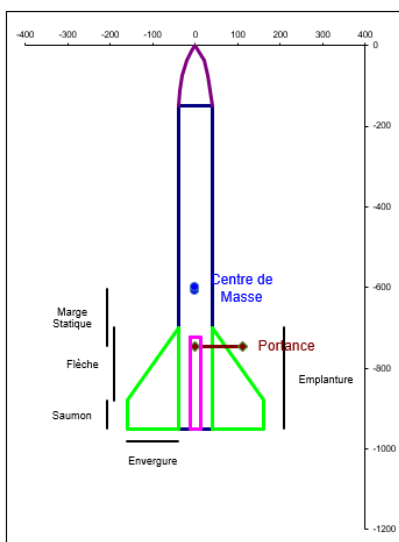
Remplir les cases jaunes

Fusée		
Nom	Ma fusée	
Club	Mon club	
Type	Minifusée	
Masse	2000 g	sans propu
Centre de Masse	590 mm	sans propu
Longueur totale	950 mm	

Propulseur		
Type	Pandora (Pro24-6G BS)	
Position du bas	950 mm	

Coiffe		
Forme	Ogivale (pointue)	
Hauteur	150 mm	
Diamètre	80 mm	

Ailerons		
Mono-empennage		
Emplanture 'm'	250 mm	
Saumon 'n'	70 mm	
Flèche 'p'	180 mm	
Envergure 'E'	120 mm	
Epaisseur 'ep'	2 mm	
Nombre	4	
Position du bas	950 mm	



31/08/2023	Min	Résultats	Max
Finesse	10	11.9	20
Portance	15	21.0	30
MargeStat.	1.5 D	1.72 D	1.83 D
Couple	30	36.2	38.3
XCp		746 mm	746 mm
MS / L		15% L	15% L

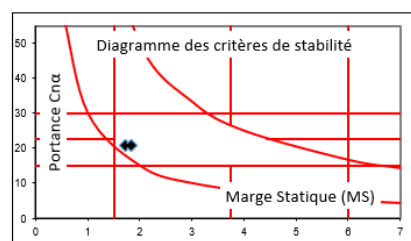
STABLE

Language/Langue Français

Fusée mono-diamètre,

	Propu plein	Propu vide	Sans propu
Masse propu	0.16 kg	0.084 kg	-
CdM propu	114 mm	114 mm	-
Masse fusée	2.16 kg	2.084 kg	2 kg
CdM fusée	608 mm	600 mm	590 mm

	XCp	Cnq
Coiffe	70 mm	2.0
Ailerons	817 mm	19.0



Checksum : propu OK

v3.4.2

Commentaire libre :

Fig 8. Feuille Stabilito du StabTraj de la fusée

3 - Description électronique et informatique :

Montage Electronique :

L'électronique est relativement simple : 2 systèmes distincts, commandés par un module principal (une carte Arduino) activé par interrupteur, active séparément via un minuteur le mécanisme d'ouverture de la porte, et l'enregistrement des 3 caméras. Il est à noter que chaque modules (celui des caméras, et celui de la porte) possède leur propre batterie. Seule la batterie du module de la porte est partagée avec la carte Arduino.

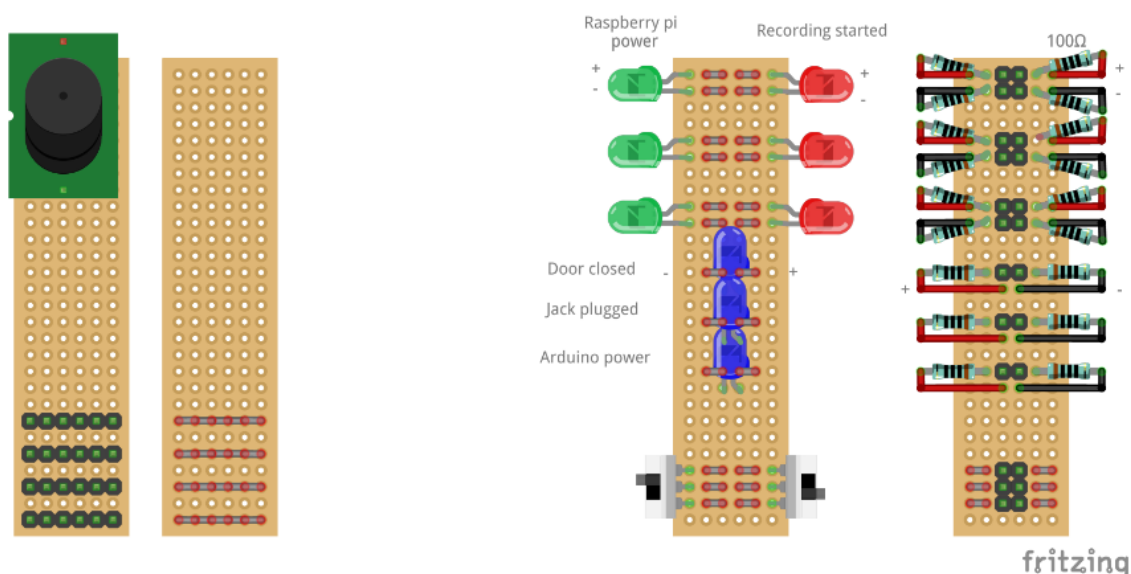


Fig 9. Distribution cartes PCB utilisées

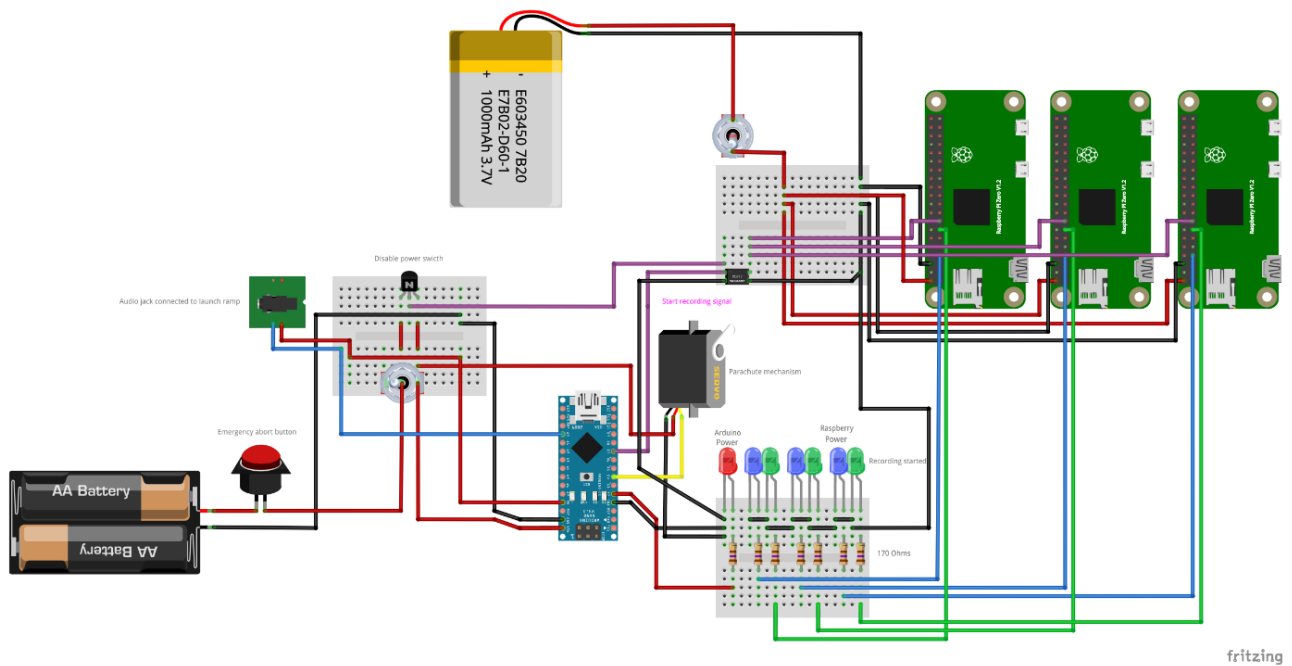


Fig 10. Schéma de câblage électronique

Informatique :

Suite à des problèmes de retard de projet, ainsi que des problèmes techniques sur les cartes Raspberry-Pi, Les cameras n'ont malheureusement pas pu être fonctionnelles (et codés correctement) le jour du lancement. Il n'y a eu donc que le code de la carte principale Arduino qui a pu être implémenté entièrement et fonctionnelle.

Le Code principal, détecte la présence d'un câble Jack branché à la fusée et lors de son arrachage au décollage, lance un minuteur, calculé en amont pour finir à l'apogée de la trajectoire de la fusée, et activer le déploiement du parachute (via un quart de tour du servomoteur enlevant le loquer, voir la description du mécanisme de la porte).

4 - Expérience

Le but de l'expérimentation était au départ de filmer le déroulement du vol sous différents angles différents. Il a été décidé de placer trois caméras sous trois angles et positions clairement définis afin de pouvoir analyser le comportement de la fusée elle-même, en particulier sa déformation durant le vol :

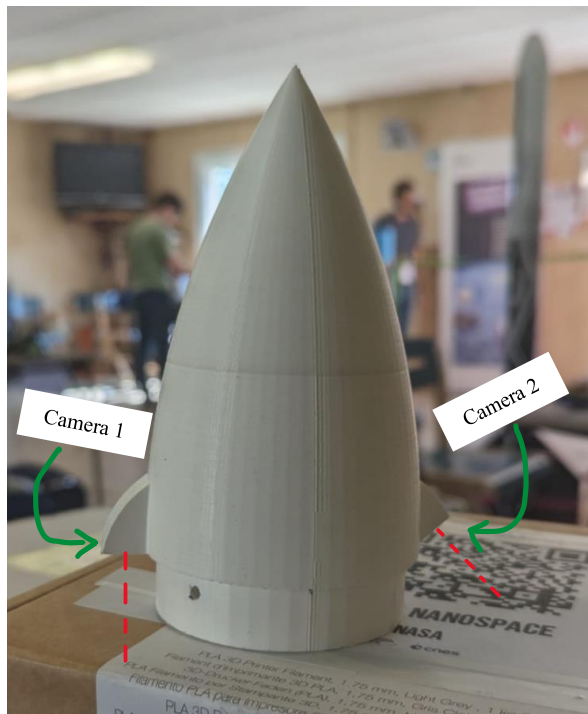


Fig 11. Position des caméras 1 et 2

- La première, placée sur la coiffe de manière à filmer à 90° vers le bas, l'objectif étant de filmer le moteur, et d'avoir une vue sur toute la longueur de la fusée pour observer d'éventuelles déformations de la peau porteuse.
- Le deuxième placé sur la coiffe de manière à filmer dans l'alignement de la trappe à parachute, à 45° vers le bas, afin d'avoir un certain recul pour filmer le déploiement du parachute, et d'éventuel problèmes
- La troisième caméra, placée à côté de la trappe du parachute en position verticale pour filmer le déploiement et éjection de la porte, depuis le point de vue de la trappe

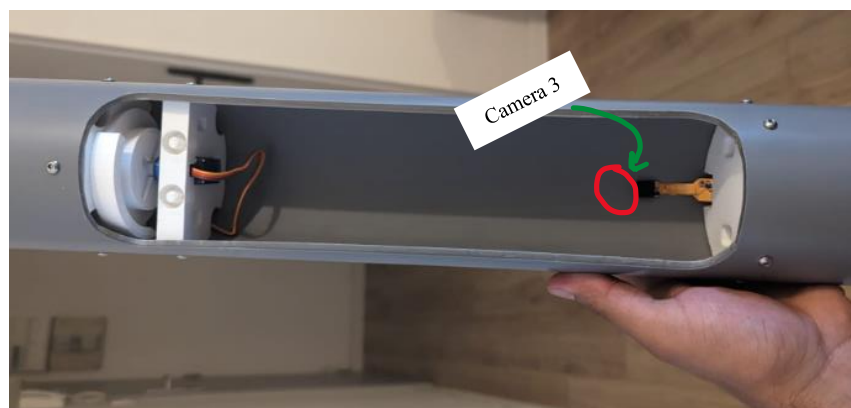


Fig 12. Position de la caméra 3

5 – Déroulement du vol

- Après finalisation et contrôle de vérification de la fusée, la fenêtre de tir a été placée dans la journée du 18 juillet.
- Pour la fenêtre de tir, la météo était très calme, avec très peu de vent, et un ciel légèrement couvert.
- La trajectoire s'est déroulé comme initialement prévu, avec une apogée vers les 160 mètres d'altitude, et à T+11s environ.
- Le déploiement du parachute s'est fait sans problèmes, avec une ouverture de la trappe comme prévu.
- Due à la grande taille du parachute, la retombée s'est faite assez lentement, et la fusée, rapidement récupéré n'as souffert d'aucun dommage due à atterrissage.



TRAJECTO

Trajectographie de fusée

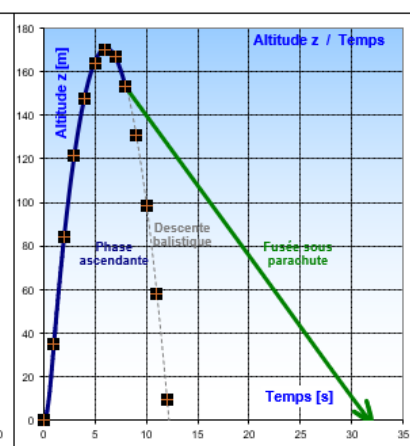
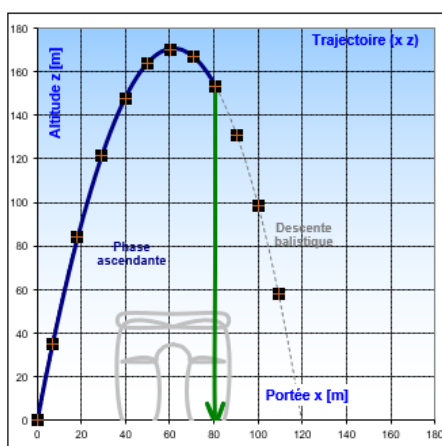
Remplir les cases jaunes

Fusée	
Nom	Ma fusée
Club	Mon club
Masse totale	2.1599 kg
Propulseur	Pandora (Pro24-6G BS)

Trainée Aérodynamique	
Surface Réf.	0.005987 m²
Cx	0.5

Rampe de Lancement	
Longueur	2.5 m
Élévation	80 °
Altitude	0 m

Descente Sous Parachute	
Fusée	0 satellite
Masse	2.0843 kg
Dépotage	N/A
Ouverture para	8 s
Surface para	0.80 m²
Cx parachute	1
Vitesse du vent	5 m/s
Vitesse descente	6.5 m/s
Durée descente	24 s
Durée du vol	32 s
Déport latéral	± 119 m



31/08/2023						
	Temps	Altitude z	Portée x	Vitesse	Accélération	Efforts
Sortie de Rampe				19.7 m/s		
Vit max & Acc max				56 m/s	102 m/s²	
Culmination, Apogée	6.1 s	170 m	61 m	10 m/s		
Ouverture parachute fusée	8.0 s	153 m	81 m	21 m/s		208.6 N
Impact balistique	12.2 s	~0 m	120 m	54.6 m/s		3103 J

Pour localiser la fusée	
Couleur fuselage/coiffe	Brun/Orange...
Couleur parachute fusée	Rouge...

Commentaire libre :

propu OK
v3.4.2

Fig 13. Feuille Trajecto du StabTraj de la fusée

6 – Résultat

Suite aux problèmes des expériences, les camera n'ont pas pu fonctionner durant le vol, nous privant d'images à analyser. Nous nous sommes donc contentés de procéder a une analyse visuelle de la fusée pour tenter d'observer d'éventuelles déformations due au vol.

Suite à l'absence de tout dommages et déformations sur le fuselage, nous pouvons donc répondre assez sommairement que le système en peau porteuse en PVC choisie s'est montré particulièrement robuste à toute déformations, en plus d'avoir réussi à correctement protéger les pièces et composants internes.



Fig 14. État dans lequel la fusée a été trouvée après atterrissage

7 – Conclusion

En récapitulant, le projet NANOSPACE de notre association visait à développer une mini-fusée expérimentale équipée de trois caméras, contrôlées par un système électronique. Bien que le vol ait été globalement nominal, avec un déploiement réussi du parachute et un déroulement satisfaisant, des problèmes survenus lors des phases finales de la conception ont empêché les caméras de fonctionner lors du lancement.

Parmi les erreurs identifiées, nous avons noté que la position du commutateur de verrouillage de la fusée aurait dû être horizontale (et pas verticale). Le mécanisme de

verrouillage de la porte aurait dû permettre un verrouillage des deux côtés, empêchant tout mouvement du treuil une fois verrouillé (on a eu des problèmes pour que la porte ne se bouge pas des côtés une fois fermée la porte). De plus, nous avons réalisé que le recours exclusif à l'Arduino UNO aurait pu être plus judicieux que l'utilisation du Raspberry Pi, vu qu'on avait un peu de maîtrise de ce premier et pas du tout de ce dernier.

En termes d'améliorations, plusieurs pistes sont envisageables. Nous pourrions repositionner les caméras pour optimiser leur fonctionnement. L'impression 3D d'un support pour la fusée est une option à explorer. En outre, nous pourrions rechercher un servomoteur avec un couple plus élevé ou un mécanisme de verrouillage plus optimisé, réduisant la pression induite par le ressort, même que le servo devait surmonter. L'exploration de nouveaux matériaux plastiques/composites pour le tube de la fusée pourrait également être fructueuse.

Nous envisageons de rendre le design plus modulaire, peut-être avec des étages coulissants ou en évitant de tout fixer directement au tube principal, en utilisant des mini-tubes ou des éléments coulissants. Si une séparation en deux étages s'avère nécessaire pour l'électronique, nous veillerons à minimiser le nombre de câbles traversant les étages. Une idée intéressante serait d'isoler complètement un Arduino avec les capteurs dans un étage distinct d'un autre Arduino utilisé pour d'autres fonctions.

En ce qui concerne les expériences à venir, nous suggérons l'intégration de capteurs supplémentaires tels que l'accéléromètre, la température, l'humidité, la pression atmosphérique, et l'altimètre. En ce qui concerne les enregistrements visuels, l'idée serait d'optimiser l'utilisation des caméras en fonction de la durée du vol.

En somme, le projet NANOSPACE a été une expérience riche en enseignements. Nous avons réussi à mener à bien le vol expérimental malgré les difficultés, ce qui démontre notre engagement et nos compétences. Les défis rencontrés nous ont permis de mieux cerner les domaines à améliorer. En vue des prochaines années, nous sommes enthousiastes à l'idée d'explorer de nouvelles technologies et d'affiner nos méthodes pour des résultats encore plus prometteurs.