
Document de fin de projet
ARCTURUS



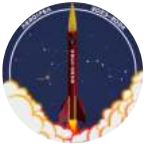
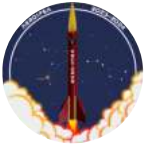


Table des matières

Présentation du projet.....	3
Choix du type de fusée	3
Objectifs fixés (détail de la procédure idéale)	3
Expériences à réaliser.....	4
Esquisse de projet.....	5
Répartition des membres	5
Choix des matériaux	5
Étude des dimensions et de la stabilité globale.....	5
Choix du propulseur	6
Esquisse de budget.....	7
Conception.....	10
Définition du bloc électronique	10
Modélisations des cartes électroniques	11
Modélisations 3D des principaux composants	14
Mises à jour du strabtraj et modifications	16
Construction	17
Pièces mécaniques (fuselage, ailerons, coiffe)	17
Pièces électroniques (cartes et intégration)	21
Vol et résultats	22
Vol d'Arcturus	22
Résultats et traitement des données	23
Conclusion et remerciements	25



Présentation du projet

Choix du type de fusée

ARCTURUS est un projet étudiant type “minif” débuté en 2023 par Lucas PICHON pour un début de conception en septembre 2023 et un lancement final en juillet 2024 au C’Space 2024.

Le projet compte 9 membres :

- Victor BERSON
- Sylvain CHRISTOPHE
- Pablo GEZAULT
- Tanguy HOERNE
- Mahmoud MOHAMED
- Mathis PARDÉ
- Florian STANILEWICZ
- Klavdi N-KAYILOU
- Lucas PICHON (Chef de projet)

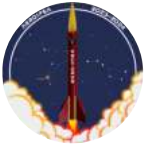
Nous nous sommes donné comme missions dans cette minif :

- De stabiliser une caméra à partir de la fin de l'apogée jusqu'à l'atterrissage en utilisant un gyroscope piloté par Arduino et en concevant le système moteurs-caméra sur deux axes,
- D'installer un module de télémétrie embarqué,
- D'apporter une signalétique lumineuse supplémentaire en utilisant (en plus des LED sur les PCB) des bandeaux LED fixés dans la fusée.

Objectifs fixés (détail de la procédure idéale)

Objectifs à atteindre lors du lancement (pour la fusée) :

- ✓ Configuration de la caméra embarquée et du bloc électronique (capteurs) avant lancement ;
- ✓ Décollage le plus vertical possible ;
- ✓ Stabilisation de la caméra post-combustion intégrale du moteur (mission principale);
- ✓ Acquisition des données pendant le vol et envoi télémétrie au sol ;
- ✓ Ouverture du parachute au début de la descente pour un retour freiné et amorti ;
- ✓ Recueillir les fichiers data de la caméra, du gyroscope/accéléromètre après atterrissage et comparer avec données télémétrie.



Expériences à réaliser

En ayant fixé nos objectifs, nous pouvons désormais détailler toutes les sous-expériences à réaliser pendant le lancement, jusqu'à l'atterrissage de la fusée :

- Caméra embarquée stabilisée par gyroscope
- Mesure de l'altitude (altimètre ou un capteur de pression pour mesurer la pression atmosphérique)
- Mesure de la vitesse (accéléromètre ou gyroscope)
- Contrôle de température (capteurs de température et un système de régulation de la température pour contrôler la température autour du propulseur)
- Paramétrage de la signalétique lumineuse (bandeaux LED)

Autre idée (en réflexion actuellement) :

- Ajouter une seconde caméra fixe afin de comparer les deux points de vue. Une étude plus approfondie liée à la masse et au centre de masse est nécessaire avant prise de décision.

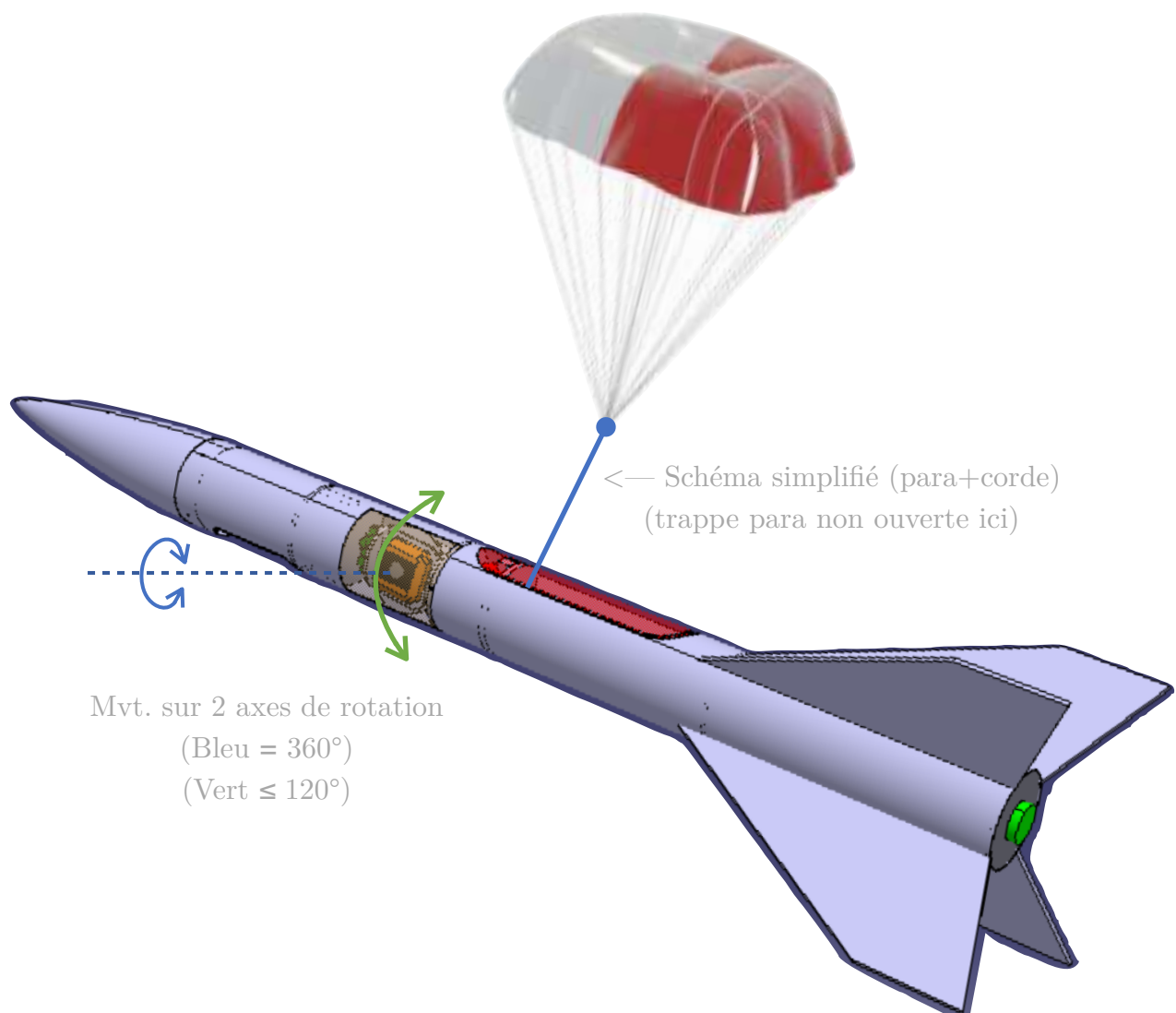
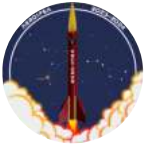


Figure 1 : Détail de l'expérience principale (post-combustion du moteur)



Esquisse de projet

Répartition des membres

Afin de réaliser la fusée **ARCTURUS**, nous décomposons la fusée en différents pôles :

- Pôle Structure globale (CATIA + réalisation + parachute) : 4 membres
- Pôle Electronique : cartes séquenceur, expérience, carte de contrôle (interrupteurs et écran LCD) et télémétrie : 5 membres

Soit donc 9 membres dont le chef de projet pour la réalisation de la fusée.

À noter que la composition des pôles est à titre indicatif, car le but étant de faire découvrir le plus de choses possible à l'ensemble des membres.

Choix des matériaux

Pour notre minif, nous avons choisi de la réaliser en fibre de verre pour sa structure et ses ailerons. Un objectif : une masse réduite pour une très grande résistance, sans interférer avec la liaison télémétrie air/sol.

La structure interne (bagues et différents supports) sera fixée dans le tube avec vis ou résine suivant le bloc en question.

À noter que nous devons faire attention à l'orientation et au positionnement des maillages des fibres pour s'assurer de la meilleure résistance possible de la fusée.

Étude des dimensions et de la stabilité globale

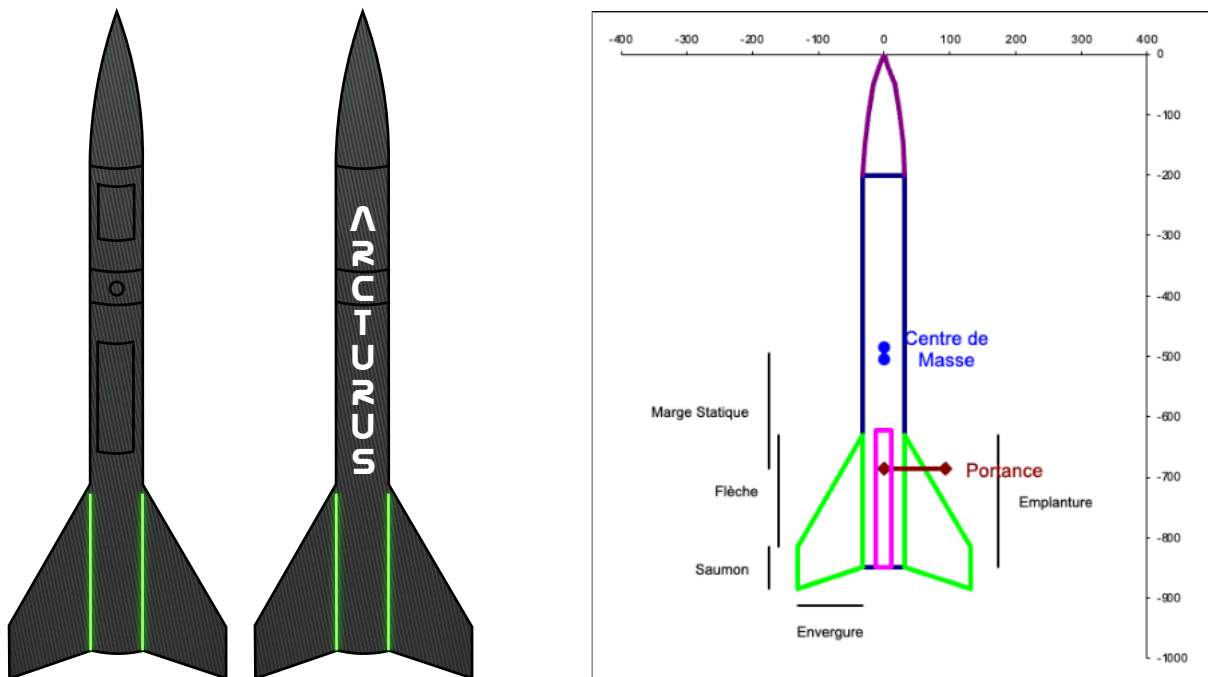
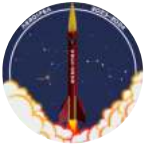


Figure 2 : Schéma de la fusée avec visuel (strabtraj)



Choix du propulseur

Propulseur choisi : Pandora

Par nos choix dimensionnels, et estimant la masse totale à vide, nous optons pour le propulseur Pandora. Il nous offre les capacités suivantes :

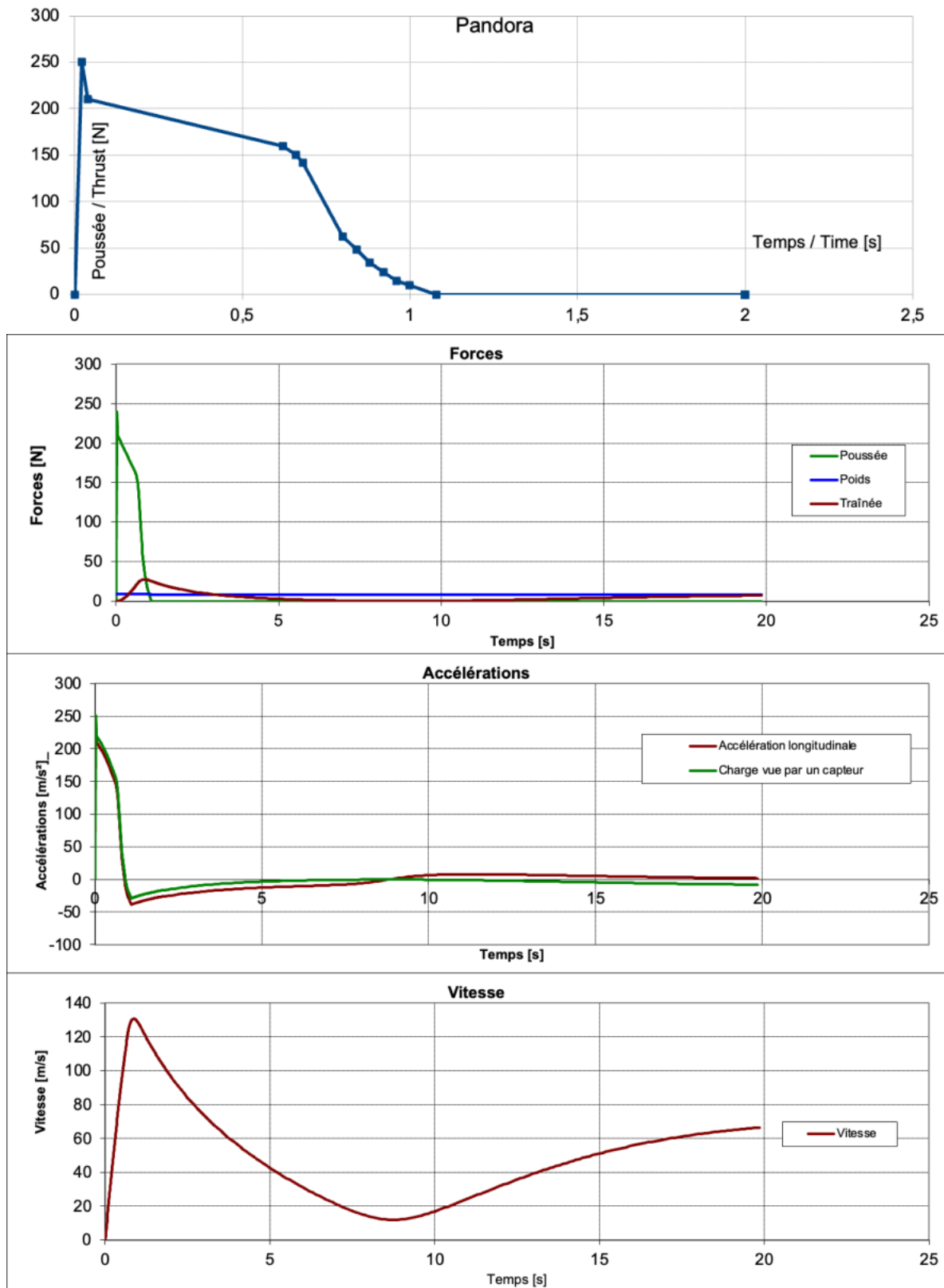
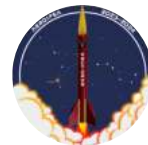


Figure 3 : Données du propulseur Pro24-5G (Pandora)



Pour plus de compléments sur la stabilité actuelle de notre fusée, voir le strabtraj sur SCAE :



TRAJECTO

Trajectographie de fusée

Remplir les cases jaunes

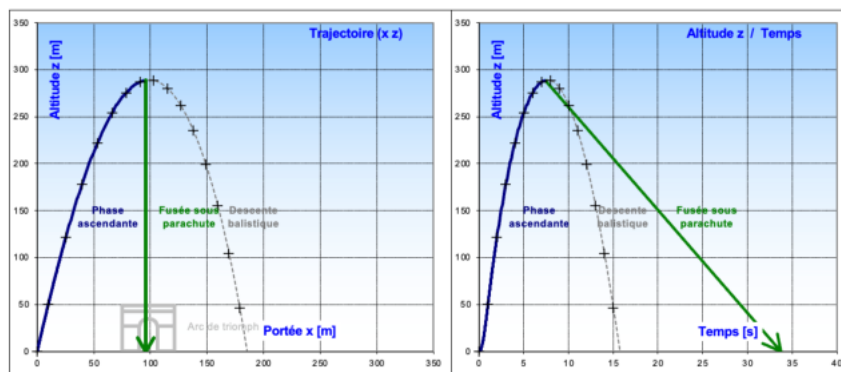
Nom	Fusée
Club	Carbone Edition
Masse totale	1,5599 kg
Propulseur	Pandora

Surface Réf.	0,004417 m ²
Cx	0,6

Longueur	2,5 m
Élévation	80 °
Altitude	0 m

Masse	1,4843 kg
Dépotage	autre
Ouverture para	7,4 s
Surface para	0,20 m ²
Cx parachute	1
Vitesse du vent	5 m/s
Vitesse descente	11,0 m/s
Durée descente	26 s
Durée du vol	34 s
Déport latéral	± 132 m

DescenteSousParachute	Fusée	0 satellite
Masse	1,4843 kg	
Dépotage	autre	
Ouverture para	7,4 s	
Surface para	0,20 m ²	
Cx parachute	1	
Vitesse du vent	5 m/s	
Vitesse descente	11,0 m/s	
Durée descente	26 s	
Durée du vol	34 s	
Déport latéral	± 132 m	

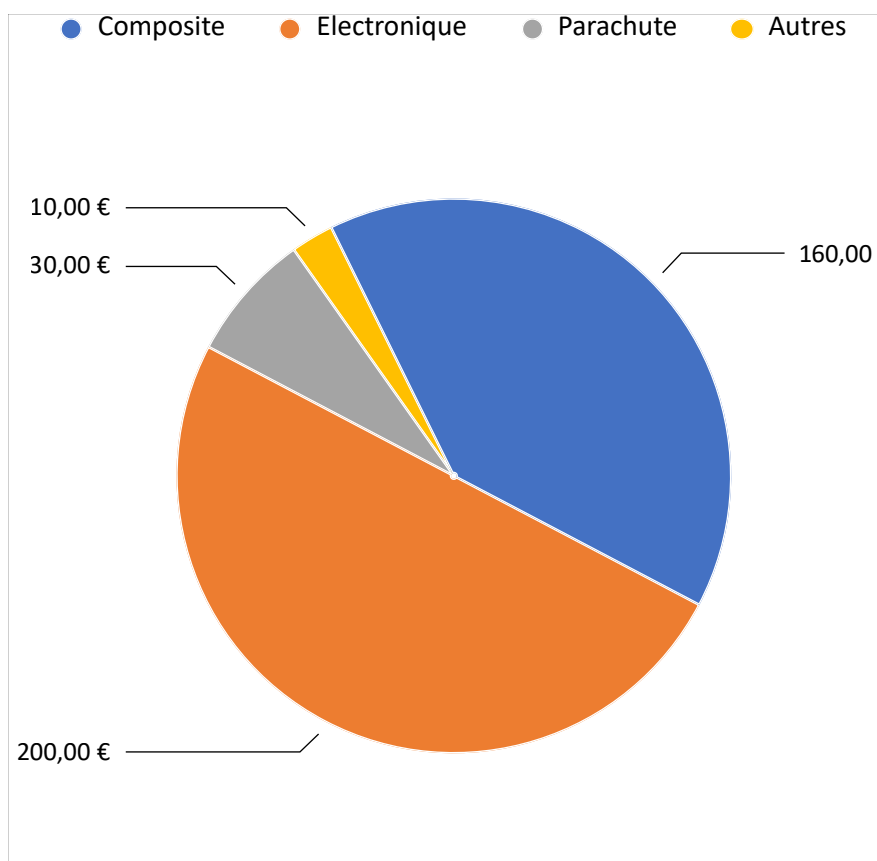


30/11/2023	Temps	Altitude z	Portée x	Vitesse	Accélération	Efforts
Sortie de Rampe				23,6 m/s	144 m/s ²	
Vit max & Acc max				81 m/s	144 m/s ²	
Culmination, Apogée	7,6 s	289 m	98 m	12 m/s		
Ouverture parachute fusée	7,4 s	289 m	96 m	12 m/s		18,4 N
Impact balistique	15,8 s	~0 m	186 m	65,7 m/s		3206 J

Couleur fuselage/coiffe	Pour localiser la fusée
Couleur parachute fusée	À définir (noir 90%+blanc)
	~ Rouge

Esquisse de budget

En prévision des différents matériaux et composants choisis, nous estimons notre budget à 400 €, suivant les parties suivantes :





Voici la première esquisse de budget pour se donner un ordre d'idée du budget pour ce projet, avec la liste non-exhaustive des composants nécessaires à la réalisation de la fusée. Ceci a été redéfini avec l'ensemble des membres lors de la phase de conception.

Nom du composant	Plateforme	Masse	Prix
Structure		820 g	158,00 €
Fibre de carbone/verre	R&G	700 g	150,00 €
Accroche para	Leroy Merlin	10 g	4,00 €
Accroche propu	Leroy Merlin	10 g	4,00 €
Pièces 3D	Ø	100 g	0,00 €
Electronique		643 g	185,63 €
2 Arduino nano	Amazon	20 g	16,99 €
Cartes PCB	EasyEDA	150 g	20,00 €
Moteur parachute	Gotronic	0 g	0,00 €
Moteur expérience	Gotronic	0 g	0,00 €
MPU 6050	Gotronic	0 g	3,90 €
BMP 280	Gotronic	3 g	7,60 €
Convertisseurs	RS	0 g	10,00 €
Condensateurs	Ø	0 g	0,00 €
LED	Amazon	0 g	12,99 €
Bandeaux LED	Amazon	400 g	37,98 €
Interrupteurs	RS	0 g	
Piles rechargeables	Amazon	0 g	26,99 €
Module Micro SD	Gotronic	20 g	7,38 €
Micro SD	Amazon	0 g	9,30 €
Buzzer	Ø	0 g	0,00 €
Ecran OLED	Gotronic	50 g	12,50 €
Module Télem	Ø	0 g	20,00 €
Parachute		0 g	28,00 €
Toile	Ø	0 g	10,00 €
Emarillon	Leroy Merlin	0 g	8,00 €
Sangle	Leroy Merlin	0 g	10,00 €
Anti-torche	Ø	0 g	0,00 €
Autre/Asso		0 g	23,98 €
GoPro Asso	Ø	0 g	0,00 €
Breadboard	Amazon	0 g	12,99 €
Câbles	Amazon	0 g	10,99 €

Tableau : Définition du budget par rapport aux composants et leur masse

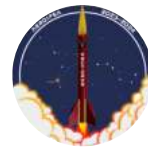


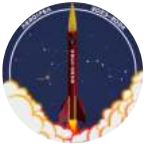
Diagramme de Gantt

Nous pouvons réaliser un diagramme de Gantt (planning prévisionnel) de notre projet. Certains pôles et composants étant quasiment terminés, nous divisons l'avancée de chaque partie en 3 (voir légendes).

	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
Conception 3D (CATIA)											
Conception Cartes PCB											
Commande des capteurs											
Fabrication du tube											
Conception code séquenceur											
Conception code expérience											
Fabrication des structures internes (Fibre de verre/delrin)											
Fabrication de la coiffe											
Test du bloc Electronique											
Impression des pièces 3D											
Fabrication des parachutes											
Fabrication des ailerons											
Télémetrie											
Peinture											
Assemblage											

Dates importantes	RCE1	Doc finie	RCE2	Strabtraj	RCE3	C'SPACE
-------------------	------	-----------	------	-----------	------	---------

	100 %	(Prêt)
	1-99 %	(En cours)
	0 %	(À définir)



Conception

Définition du bloc électronique

3 cartes pour la fusée :

- Séquenceur/Interface [1] : Interrupteurs, bandeau LED séquenceur, LED pour contrôle témoin de toutes les cartes et buzzer, arduino nano, servomoteur parachute
- Expérience [2] : Arduino nano, moteurs stabilisation caméra, gyroscope, bandeaux LED, carte SD
- Télémétrie [3] : Arduino nano, capteur IMU+gyroscope, module GPS et télémétrie, carte SD

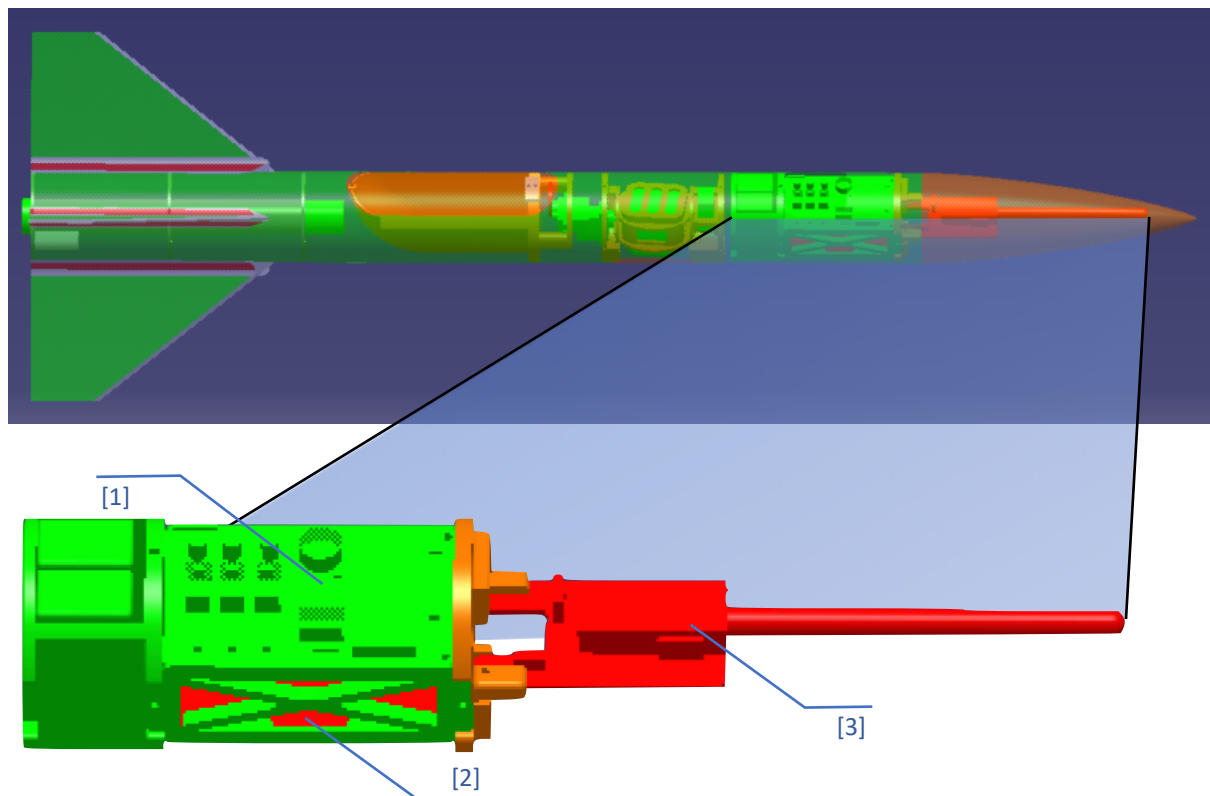


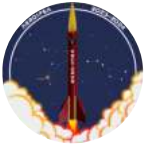
Figure 4 : Module électronique

Tout le module est alimenté par 3 batteries rechargeables 9V, une pour chaque carte avec un connecteur MOLEX micro fit 3.0 simplifiant les connections des batteries à chaque fois que nous souhaitons les recharger.

Également, la sécurité évite un éventuel débranchement lors du décollage.

Deux piles sont placées dans le compartiment prévu en dessous des cartes [1] et [2] et la troisième est coincée entre la PCB [3] et la bague en orange.

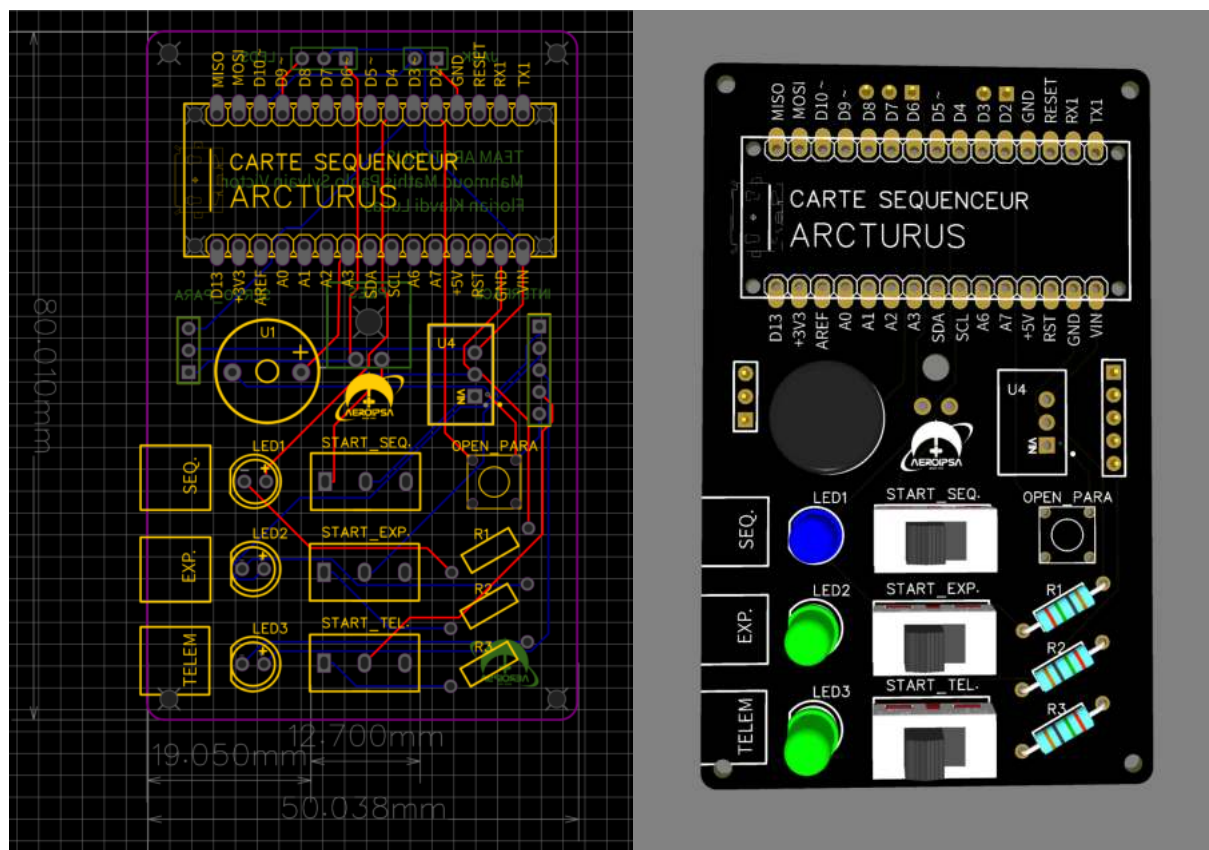
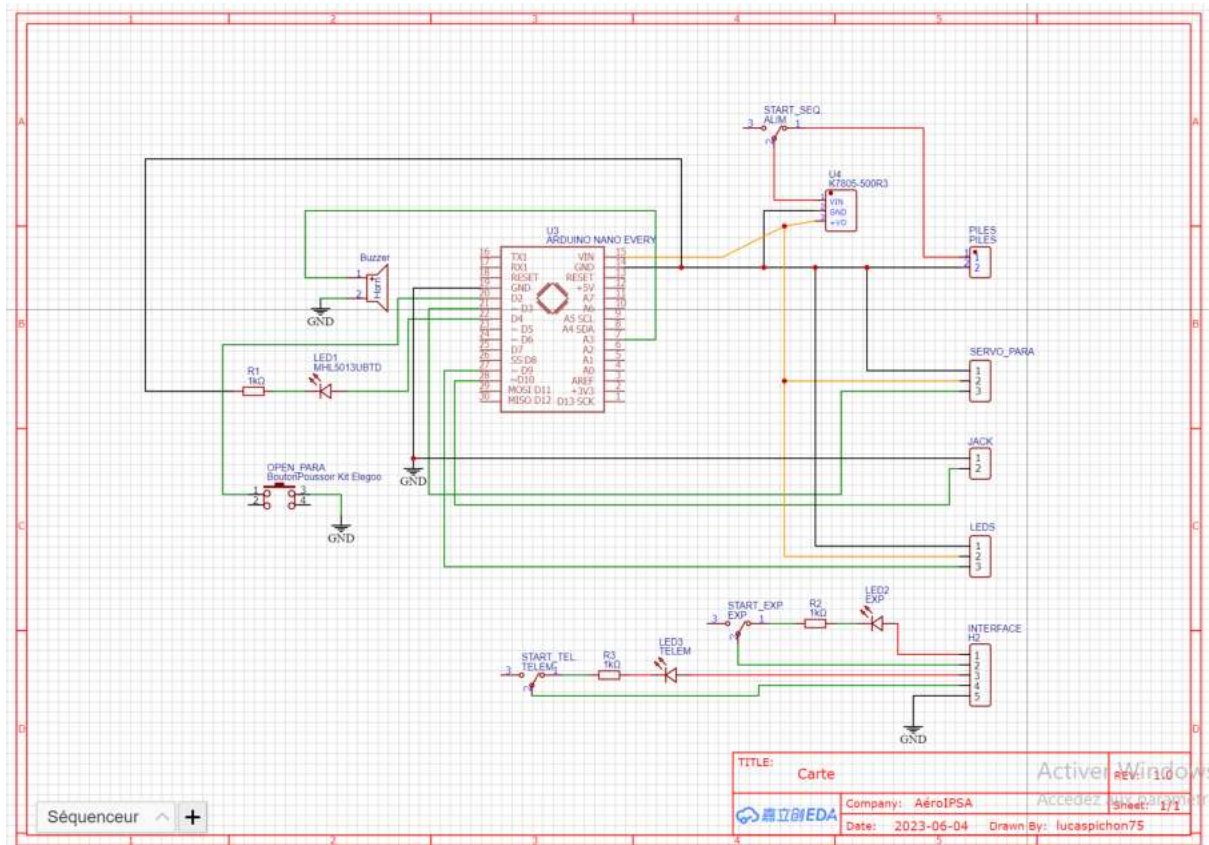


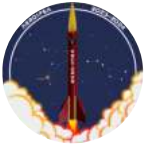


Modélisations des cartes électroniques

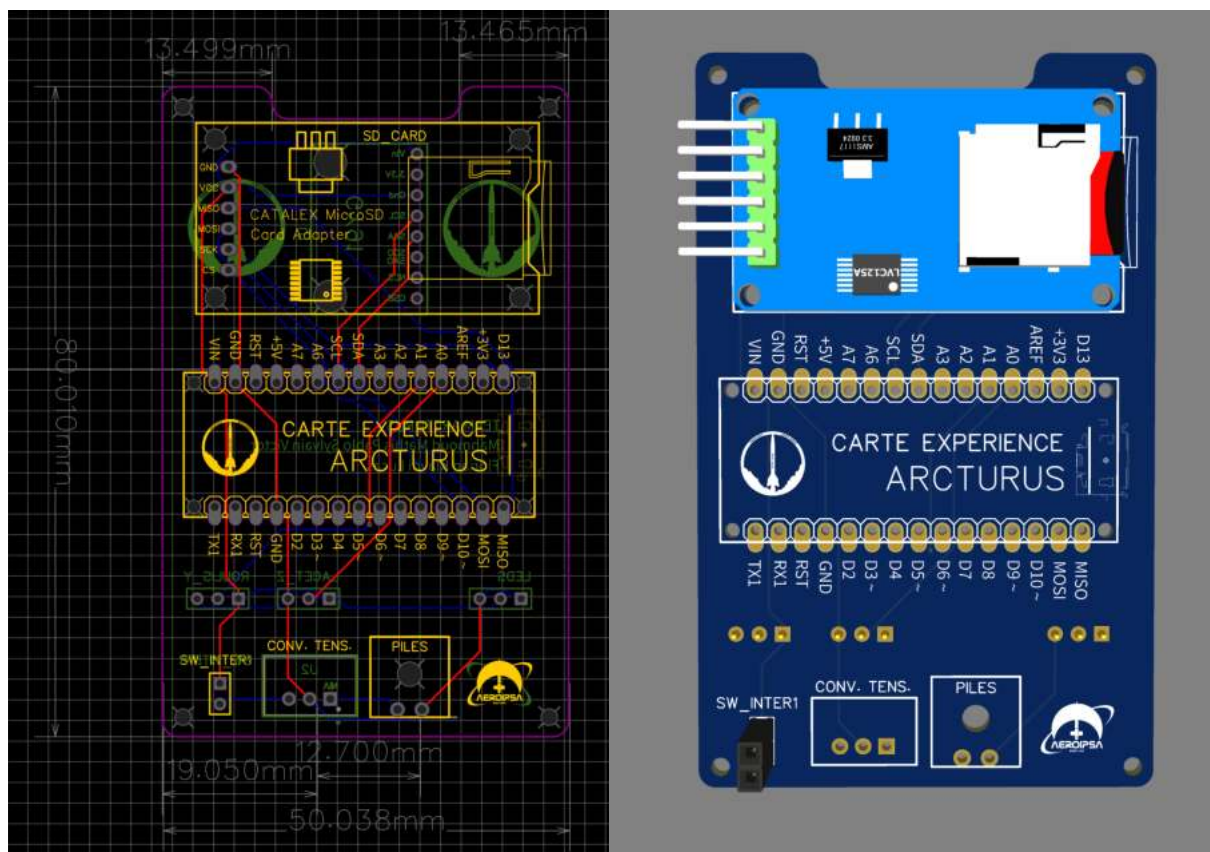
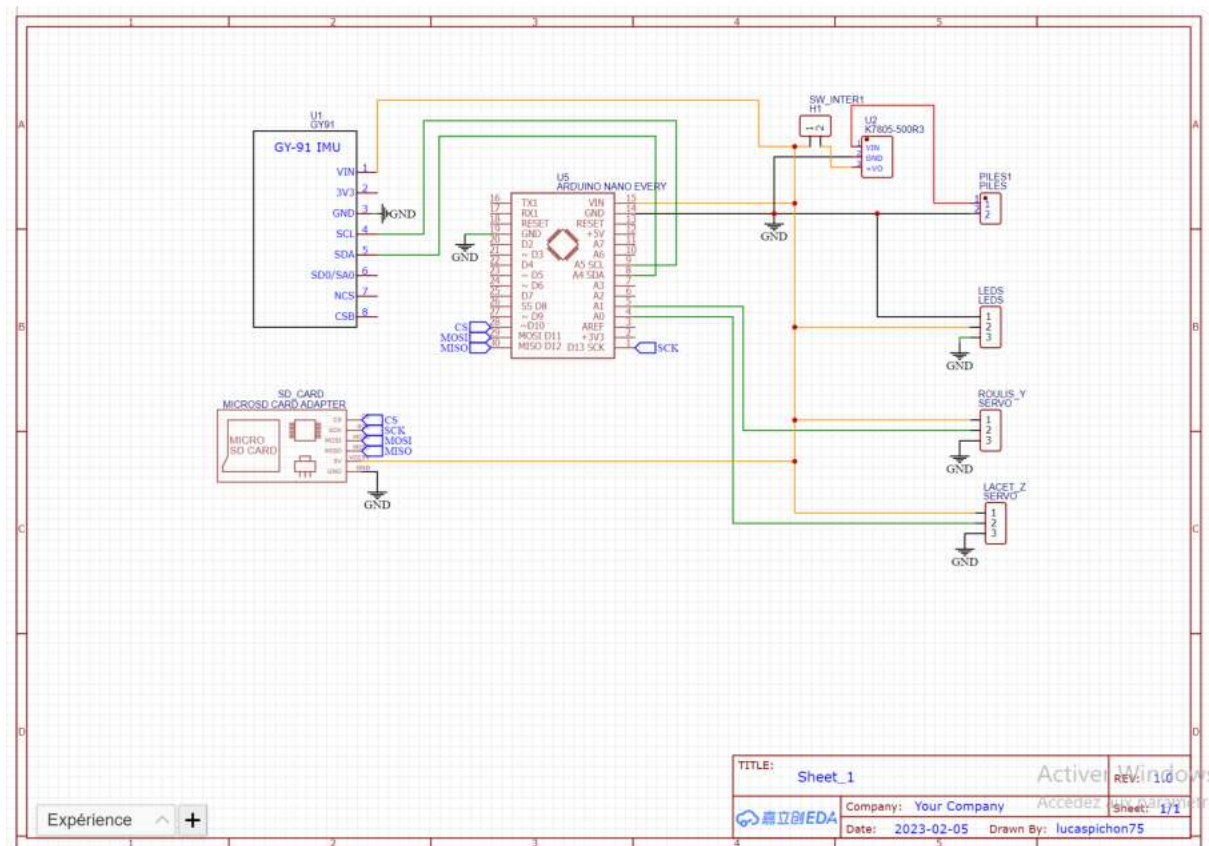
Voici les 3 PCB de la fusée :

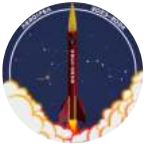
1. PCB séquenceur (ouverture para) avec interface (interrupteurs et LED des autres PCB non connectés au schéma électronique du séquenceur)



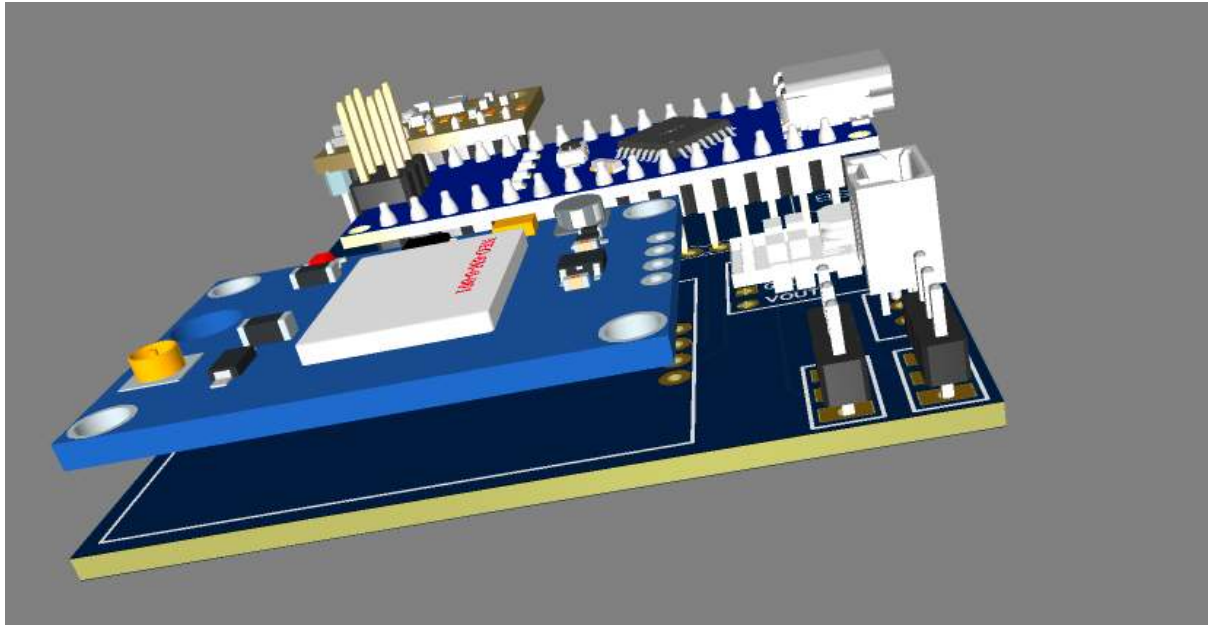


2. PCB Expérience (composants : GY-91 composé d'un MPU9250 et d'un BMP280, 2 servos, carte SD, régulateur de tension et ports pour connexions inter-cartes et alimentation)

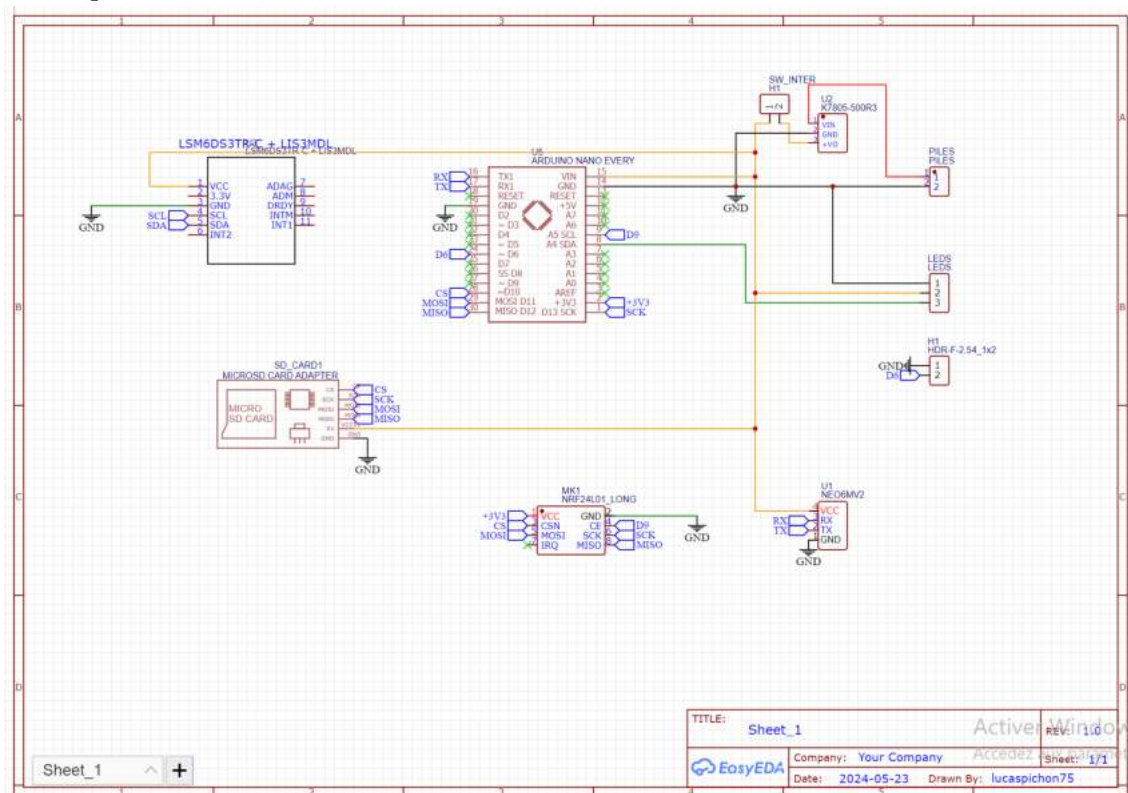




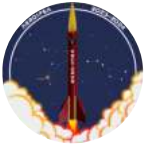
3. PCB Télémétrie (Composée initialement d'un module HC-12 (433MHz) | module courant, distance < 1km (SERIAL), Arduino nano, alimentation (pile 9V)... comme ci-dessous :



La seconde version s'est basée sur un autre module de télémétrie déjà utilisé en FuseX : nrf24l01+pa+lna en 2.4GHz pour ne pas dépasser le seuil maxi de la fréquence, ce qui était le cas du premier.



Malheureusement, lors du C'Space le module de la carte a grillé (le quartz était abîmé et le port d'antenne décoloré suite à une potentielle surchauffe). Impossible d'installer la telem pour le vol.



Modélisations 3D des principaux composants

Dans une optique d'une évolution technique et d'innovation, nous avons essayé de changer la forme de la cage du parachute. Initialement, nous constituons notre bloc d'une bague supérieure pour la fixation du parachute et d'une seconde pour maintenir des parois verticales pour guider le déploiement du parachute.

L'amélioration apportée ici est d'une part la forme arrondie du bas du bloc permettant un glissement du parachute et d'autre part de supprimer la bague inférieure.

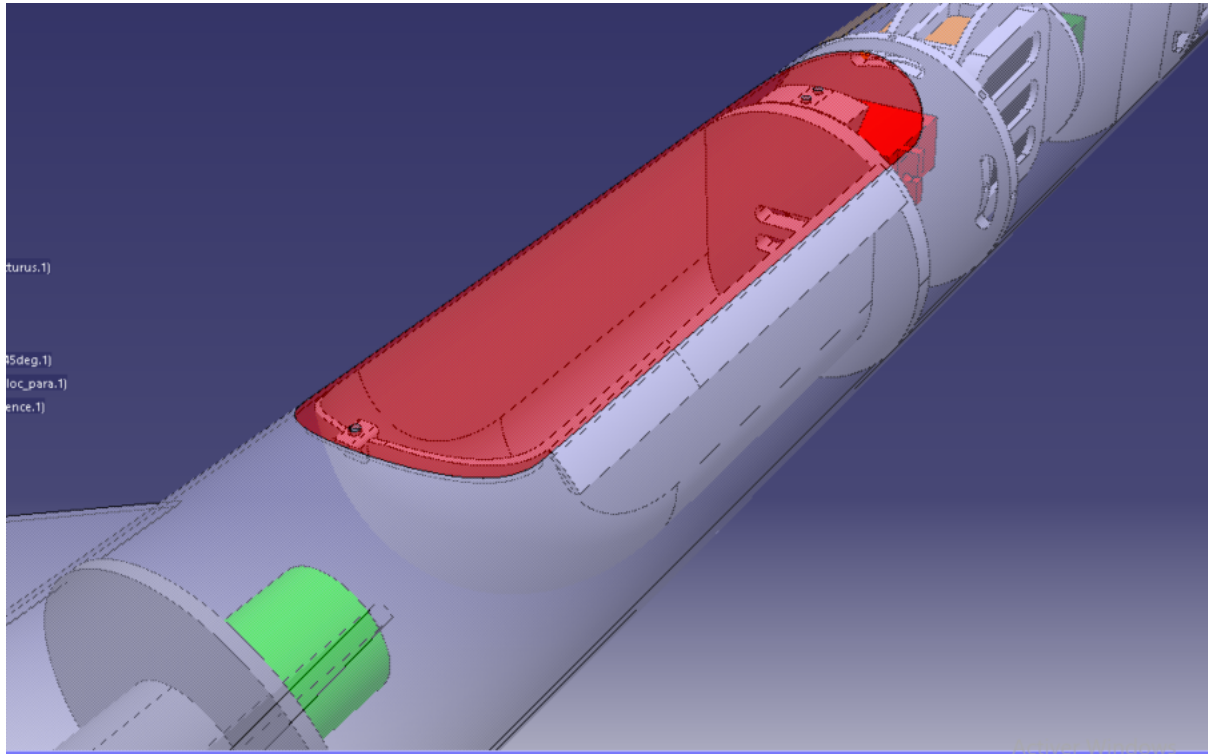


Figure 5 : Bloc parachute

Mais, lors des tests d'intégration, nous avons remarqué que ce bloc bougeait vers l'intérieur lors de la fermeture avec le parachute plié. C'est pourquoi, nous avons ajouté une bague en PLA remplie à 40% pour à la fois éviter que le bloc s'enfonce dans la fusée mais également de fixer un patin. La taille de la bague inférieure a donc été réduite par 3 par rapport à un bloc conventionnel.

Le second bloc est l'expérience de la caméra stabilisée par gyroscope.

Avec un diamètre interne de 63mm, nous avons dû essayer de compacter au mieux un système composé d'un moteur pour stabiliser les mouvements de roulis (représenté en bleu sur la figure suivante), ainsi qu'un second sur le lacet de la fusée (représenté en vert).

Le servo rouge est celui de l'ouverture du parachute et se chevauche avec le bleu pour gagner davantage de place.

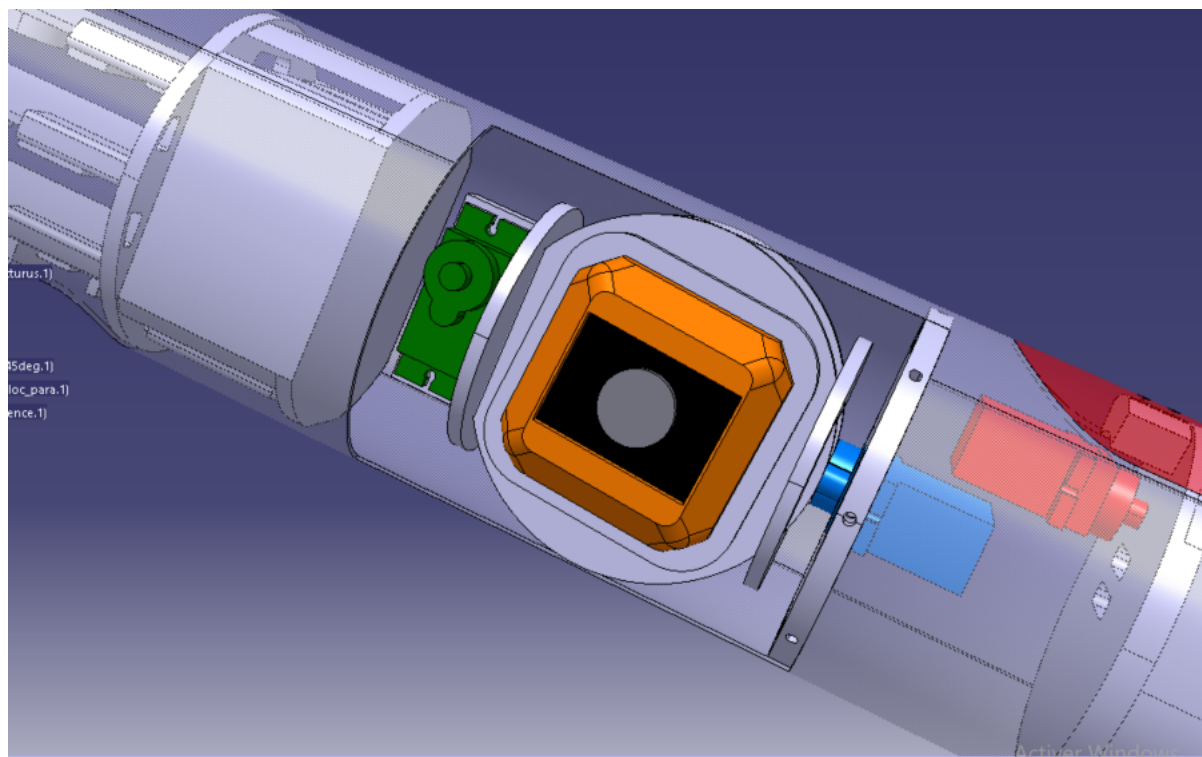
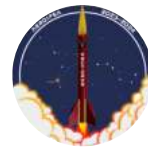


Figure 6 : Bloc expérience (caméra et système giratoire)

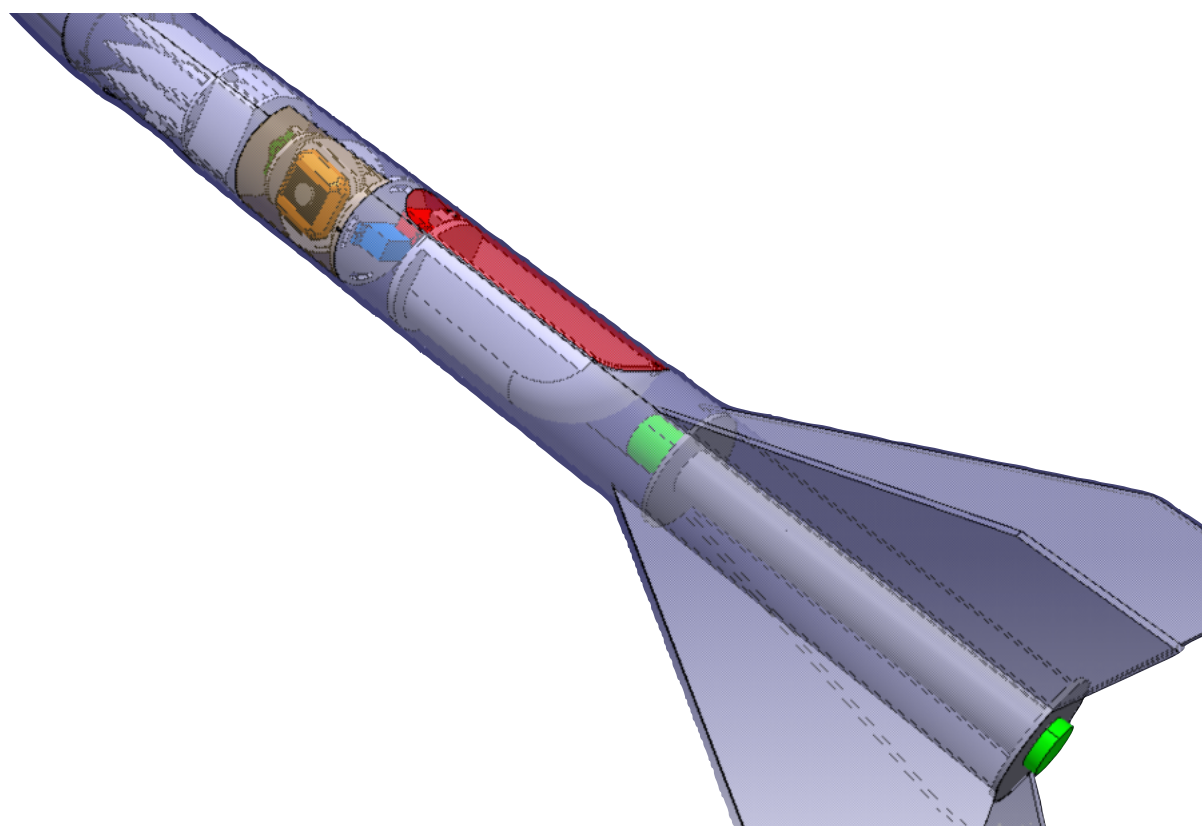
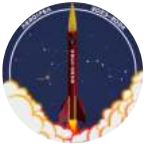


Figure 7 : Vue globale des principaux blocs



Mises à jour du strabtraj et modifications

À la fin de la modélisation, nous avons re-testé plusieurs formes d'ailerons afin de réduire la masse du bloc propulseur et déplacer le centre de masse de quelques millimètres pour être sûr de se trouver bien au centre de la zone de stabilité.

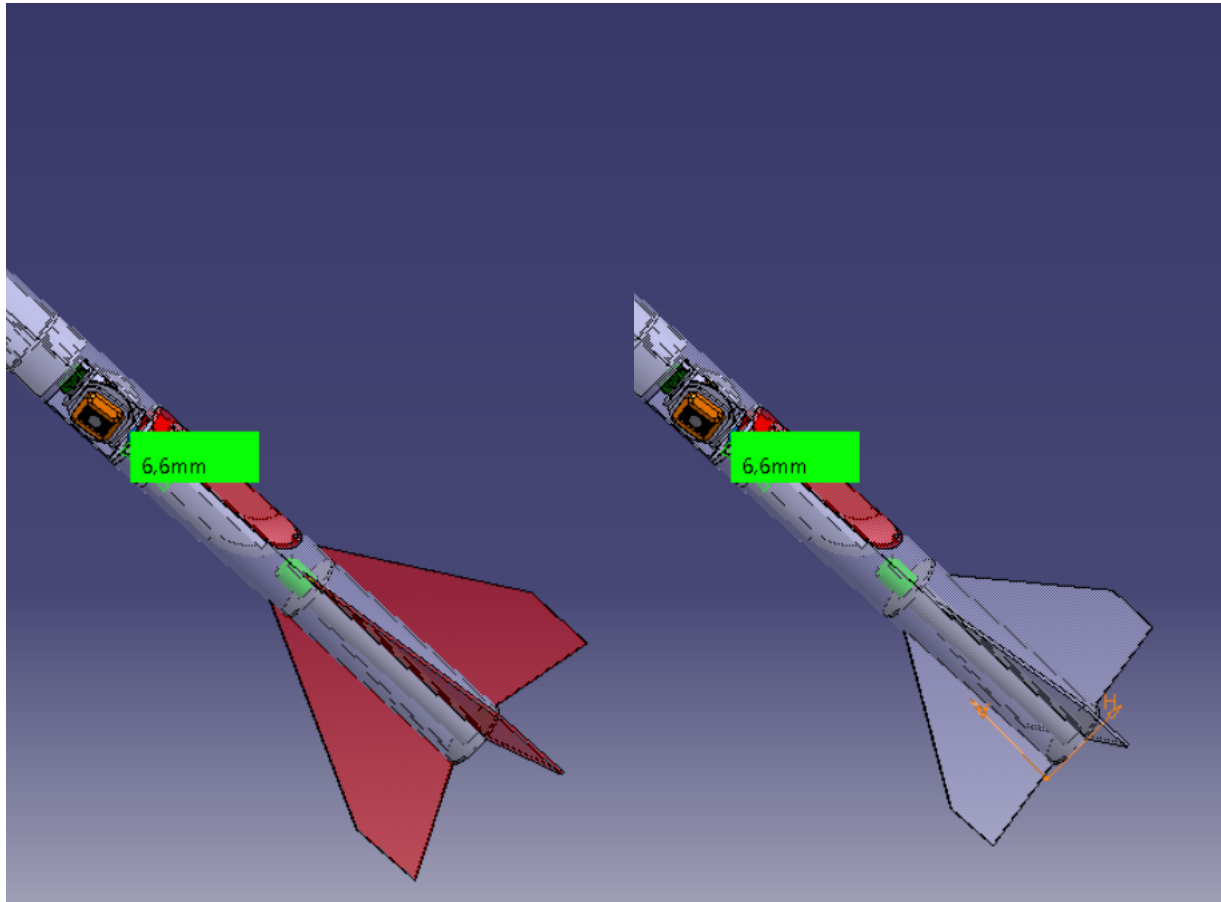
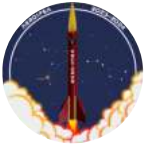


Figure 8 : Comparaison entre deux formes d'ailerons

En comparant l'ancienne version (en rouge) et la nouvelle adoptée post-analyse, nous obtenons -200.64g sur les 4 ailerons ce qui n'est vraiment pas négligeable.

Cette diminution de masse nous permet d'augmenter notre altitude max à +300m au lieu des 276 annoncés initialement. LA seule contrainte imposée qui pouvait nous porter préjudice lors des contrôles était la portée balistique en étant trop léger, mais nous arrivons à 198m, qui est conforme au cahier des charges.



Construction

Pièces mécaniques (fuselage, ailerons, coiffe)

- **Fuselage**

Le fuselage de la mini-fusée est entièrement en fibre de verre (163g/cm^2), avec un diamètre interne de 63 mm par choix du matériau servant de moule.

Ici, nous avons opté pour un tube en PVC chez Leroy Merlin déjà poncé.

L'objectif étant de faire une structure en peau porteuse sans être trop lourde. L'épaisseur nous offrant ce compromis est entre 1 mm (rigidité assez faible) et 2.0 (rigidité optimale mais tube lourd).

Avec 5 couches successives, nous pensons arriver au centre de cette intervalle ($\sim 1.5\text{mm}$).

La fabrication se déroule en plusieurs étapes :

- La préparation de la surface : ponçage du tube à la main puis nettoyage de la surface avec de l'acétone. L'utilisation de Semiperm pour faciliter le démoulage est primordiale pour éviter que la résine n'accroche au tube PVC servant de moule. C'est pourquoi en appliquant à 2-3 min. d'intervalle, le semiperm sur le tube pour laisser le produit agir (en portant des masques car très toxique). Une fois le semiperm appliqué plusieurs fois, nous pouvons commencer la fabrication de la résine.
- La fabrication du tube en fibre de verre : en appliquant dans le sens des fibres la résine sur la fibre, nous faisons nos 5 tours pour obtenir l'épaisseur souhaitée. Il faut également faire attention à l'état de la résine et également porter les EPI adéquates. Du tissu d'arrachage est appliqué sur l'entièreté du tube pour absorber l'excédent de résine.
- Le démoulage du tube : après 24h d'attente, on retire le tissu d'arrachage puis on tire dans des sens opposés les deux tubes. (Un choc thermique négatif aide au démoulage)

- **Ailerons**

Les ailerons sont fabriqués à partir d'une plaque de fibre de verre achetée dans le commerce dans laquelle on peut découper nos 4 ailerons aux dimensions souhaitées.

Un ponçage pour uniformiser les 4 est primordial pour obtenir 4 ailerons identiques.

Pour notre mini-fusée Arcturus, nous avons opté pour un collage résine des ailerons sur le tube sans découper de fentes. L'avantage est de moins fragiliser le tube, mais un inconvénient est de devoir renforcer les ailerons sur le tube en ajoutant des renforts en composite sous forme de couches de fibre de verre.

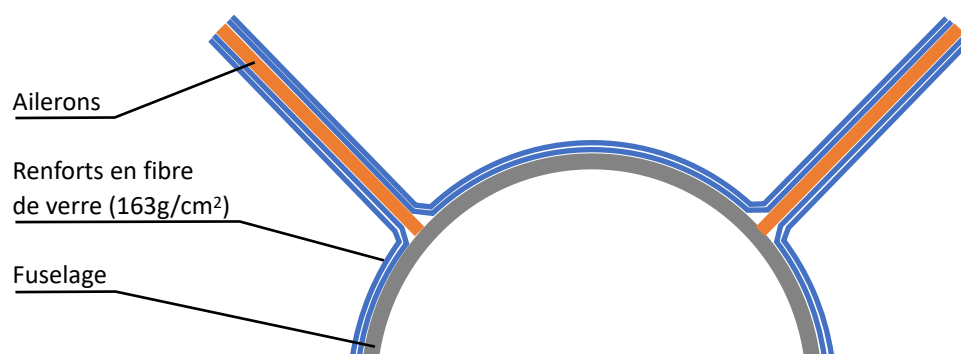


Figure 9 : Fixation et renfort des ailerons

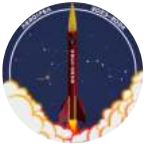


Figure 10 : Ailerons avec leurs renforts en fibre de verre

Nous retrouvons bien sur cette image les ailerons en noir et les renforts couvrant deux ailerons et la partie du tube les joignant.

Il ne reste plus qu'à supprimer l'excédant de fibre sur les bords et poncer pour obtenir des surfaces les plus lisses possible afin d'enlever le surplus de résine sans attaquer la fibre

- **Coiffe**

Nous avons choisi de réaliser notre coiffe en fibre de verre pour le défi technique et changer de la traditionnelle coiffe en PLA.

Pour cela, nous avons quand même besoin d'un moule (imprimé en PLA) et de fibre. La fibre composite utilisée est la même que précédemment : fibre de verre ($163\text{g}/\text{cm}^2$).

La fibre est découpée comme ci-dessous pour un assemblage par deux morceaux pour chaque couche.

Il est nécessaire d'ajouter un démoulant entre le moule et la première couche de fibre/résine.

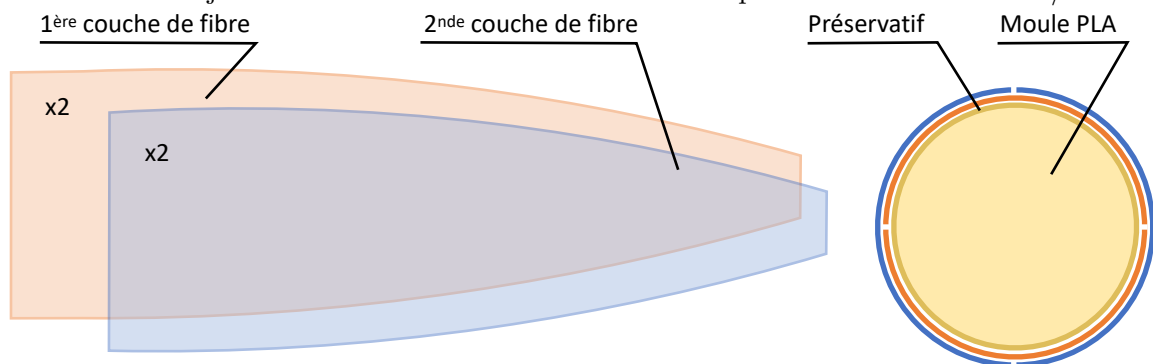
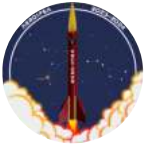


Figure 11 : Définition des couches de la coiffe

Plusieurs possibilités : la plus complexe avec le semiperm très toxique, la traditionnelle avec une graisse ou alors une autre technique avec un préservatif (lubrifié dans l'emballage) ce qui permet de gagner du temps sans avoir de produit dangereux à gérer. Nous avons opté pour la dernière. Ici, nous avons en première couche, les morceaux de fibre bleu et orange, puis on tourne à 90° la coiffe pour commencer la seconde couche et ainsi de suite jusqu'à l'épaisseur souhaitée.



Une particularité de la coiffe d'Arcturus est sa fabrication en un seul morceau ; c'est-à-dire que pour l'assemblage il faut que la coiffe soit fixée au tube. C'est pourquoi, nous avons choisi de faire un moule plus fin (en terme de diamètre) pour avoir plusieurs couches rentrant dans le tube ; et les suivantes pour faire la jonction avec le diamètre externe du fuselage. Pour mieux comprendre, voici le schéma suivant avec en gris le fuselage, en jaune le moule en PLA, en orange les couches internes et en bleu les couches externes.

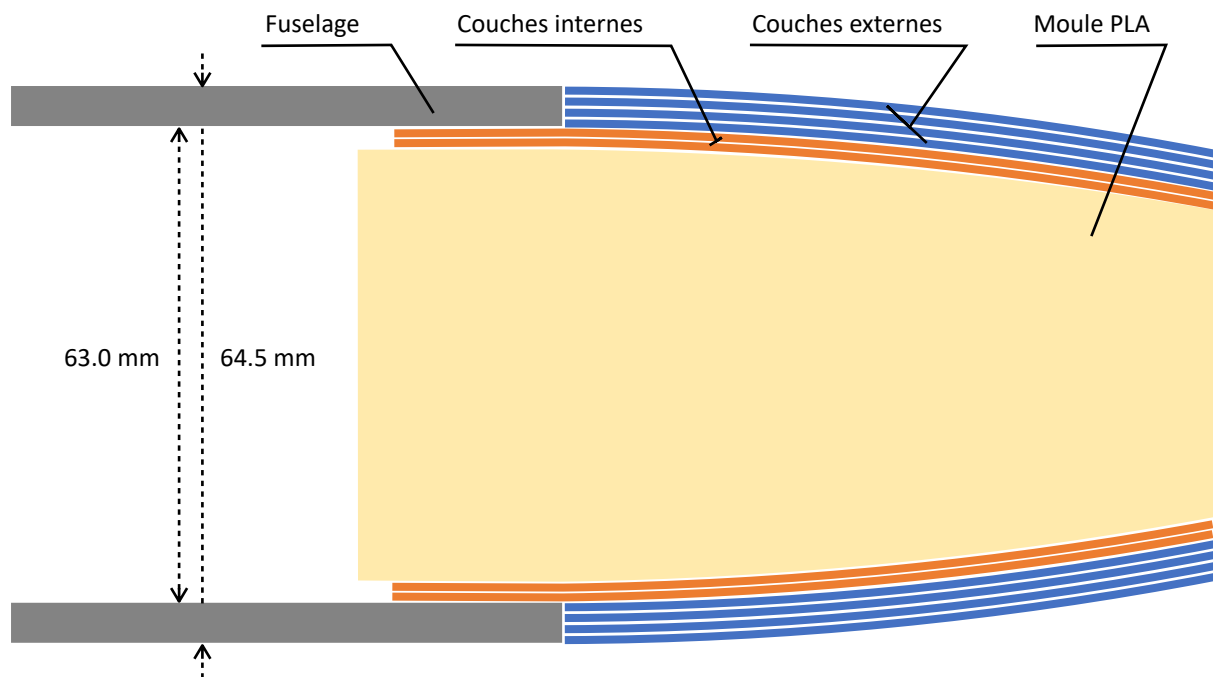


Figure 12 : Nombre de couches et positionnement par rapport au fuselage

Pour la fabrication, nous devons préparer 4 morceaux de fibre type "orange" (avec l'excédant qui rentre dans le tube : 2cm pour Arcturus) et 8 morceaux de fibre type "bleu".

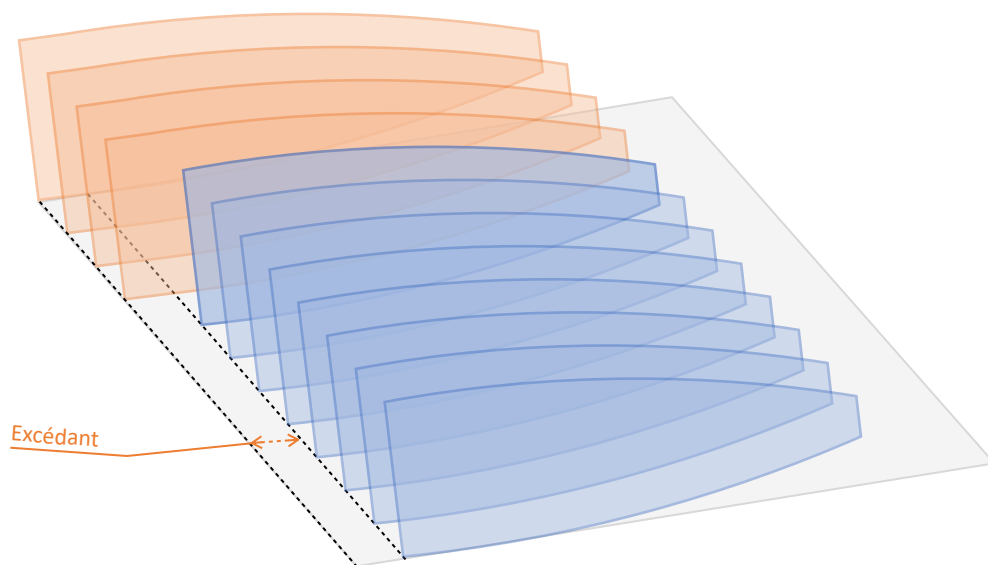
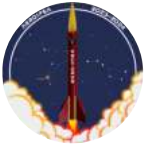


Figure 13 : Définition de l'excédant de la coiffe



Si cette technique est réutilisée par la suite, nous préconisons d'augmenter le nombre de couches oranges (au moins 3) car nous avons dû poncer pour que les couches bleues atteignent le fuselage et avec seulement 2 couches pour Arcturus, le ponçage a fragilisé la seconde couche orange.

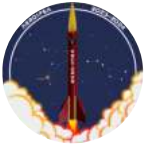
À noter qu'avec la forme des fibres, il est quasiment impossible de faire une pointe suffisamment rigide et effilée avec 6 couches de fibre ; en plus d'un démoulage complexe à réaliser. C'est pourquoi nous choisissons de réaliser la pointe en résine.

En imprimant un moule positif et en y insérant la coiffe, nous pouvons verser de la résine de sorte qu'elle dépasse le niveau de fibre de plusieurs millimètres (ici 9mm).



Figure 14 : Fabrication de la pointe de la coiffe

Enfin se conclue la fabrication des autres petites pièces mécaniques telles que les bagues du bloc propu (usinées à la perceuse colonne) et du tube porte-moteur identique au fuselage mais sans semiperm, remplacé par un film plastique pour protéger le moule en PLA.



Pièces électroniques (cartes et intégration)

- **Cartes électroniques**

Les cartes électroniques ont été conçues sur EasyEDA et commandées via JLCPCB. Chaque composant et câble a été soudé et serti à la main (et à l'aide d'outils bien sûr) et chaque connection a été testée pour éviter tout faux contact.

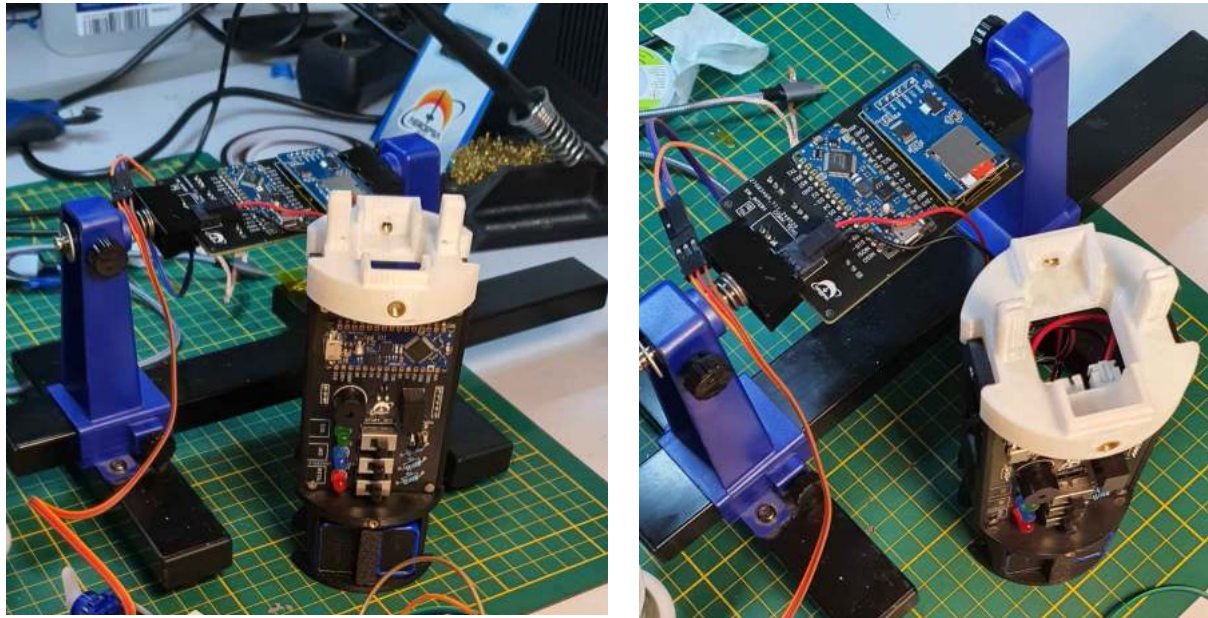


Figure 15 : Vérification des PCB du bloc électronique

- **Intégration électronique**

Une fois les vérifications techniques terminées, nous pouvons intégrer le bloc dans la fusée. Nous avons réussi à connecter aisément les composants se trouvant en dessous du bloc dans le corps de la fusée avec le bloc électronique en utilisant des connecteurs “plug-n-play”. Le défaut du modèle choisi est sa grosseur pour une minif, et il serait judicieux de choisir de plus petits connecteurs dans un espace réduit.

Une fois tous les connecteurs branchés, il était facile d'accéder au bloc électronique en retirant la coiffe vissée au fuselage par deux vis M4 Torx.

Les indications lumineuse et sonore étaient optimales en rampe lors de la chrono et même visible pendant le vol.

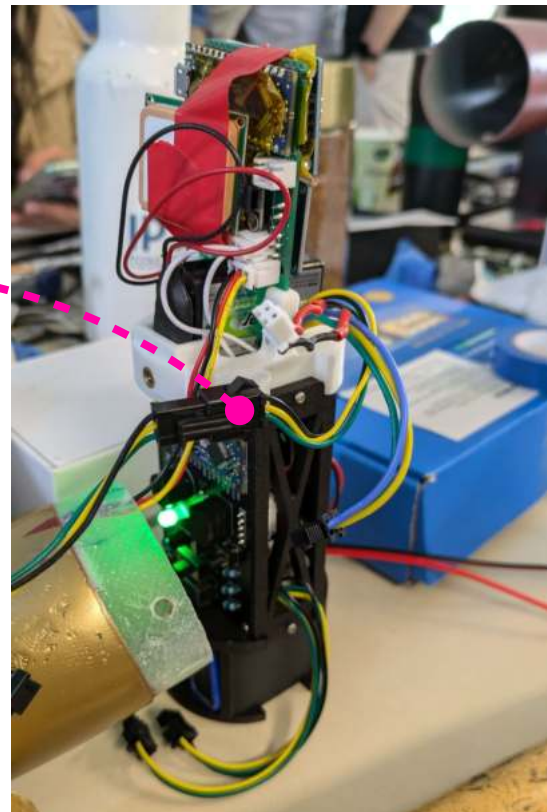
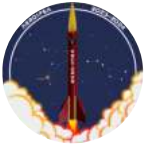


Figure 16 : Bloc électronique complet



Vol et résultats

Vol d'Arcturus

À la suite de la qualification d'Arcturus le mercredi 10 juillet en fin d'après-midi, la fusée est appelée en Tente Club (zone de lancement) le jeudi 11.

C'est donc dès 8h30 qu'Arcturus arrive dans la Tente Club avec les autres projets d'AéroIPSA (SP-01, Éole et Horus) et des autres clubs.



Figure 17 : Arcturus en Tente Club (ZAS)

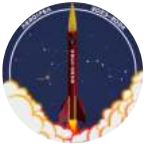
Après l'enregistrement d'arrivée, nous démarrons la chronologie (étapes de préparation pré-lancement). Après cela nous étions prêts pour le lancement.

Mais après de nombreux changements dans l'ordre de passage des fusées, et après 9h d'attente, nous sommes appelés par la Tente Jupiter pour nous diriger vers le pas de tir Minif.

On lance la chronologie "rampe" vers 17h25 et à 17h36 :

"Attention pour le décompte final,
10... 9... 8... 7... 6... 5... 4... 3... 2... unité...
MISE À FEU !!!"

9 secondes plus tard, le parachute est déployé et dans les 33 secondes suivantes, la fusée atterri en entier pour aboutir sur un vol nominal à 17h37.



Résultats et traitement des données

- **Carte Séquenceur**

Les résultats de la carte séquenceur sont uniquement visuelles. La mission de la carte étant d'ouvrir la trappe du parachute et d'afficher l'état d'ouverture à l'aide de bandeaux LED.

Nous avons observé lors de la descente :



Figure 18 : Images de la redescende de la fusée

C'est donc positif pour la carte séquenceur.

- **Carte Expérience**

La mission de la carte était de piloter la caméra pour la stabiliser sur 1 axe (le second bloqué pour passer les contrôles) et d'enregistrer l'altitude via un IMU (MPU+BMP).

La première mission n'a pas pu être vérifiée par l'absence de vidéo du vol sur la carte SD (possibilité d'un démarrage-stop de l'enregistrement de la vidéo lors de l'appui sur le bouton) mais la caméra était tournée de $+20^\circ$ dans le référentiel caméra-onboard.

NB : un choc n'aurait pas pu déplacer d'autant la caméra en sachant que dans la position retrouvée, si le moteur n'avait rien fait, l'angle serait positif dans le sens trigonométrique.

Les données de l'IMU ont été traitées, ce qui nous donne ceci :

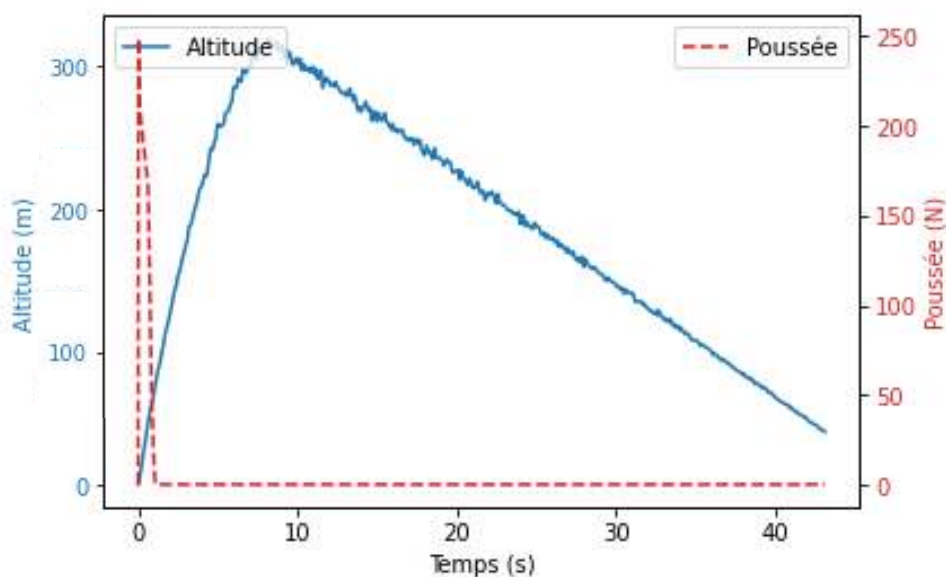


Figure 19 : Altitude de la fusée en fonction du temps



• Carte Télémétrie

Enfin, pour la dernière carte l'expérience principale était l'enregistrement des données GPS. La seconde prévue était l'envoi des données par télémétrie sauf qu'un des modules a cessé de fonctionner lors du C'Space (quartz de la carte abîmé).

Nous allons donc nous concentrer sur l'acquisition des données GPS pendant le vol.

t (s)	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Nb. Satellites
0	43°13'12.15"N	0° 3'6.73"O	0	3
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	43°13'9.72"N	0° 3'7.15"O	290	4
7	43°13'9.18"N	0° 3'7.24"O	303	4
8	43°13'8.95"N	0° 3'7.22"O	307	4
9	43°13'8.65"N	0° 3'7.28"O	300	5
...	...	...	...	...
43 (Arcturus)	43°13'6.00"N	0° 3'3.00"O	0	3

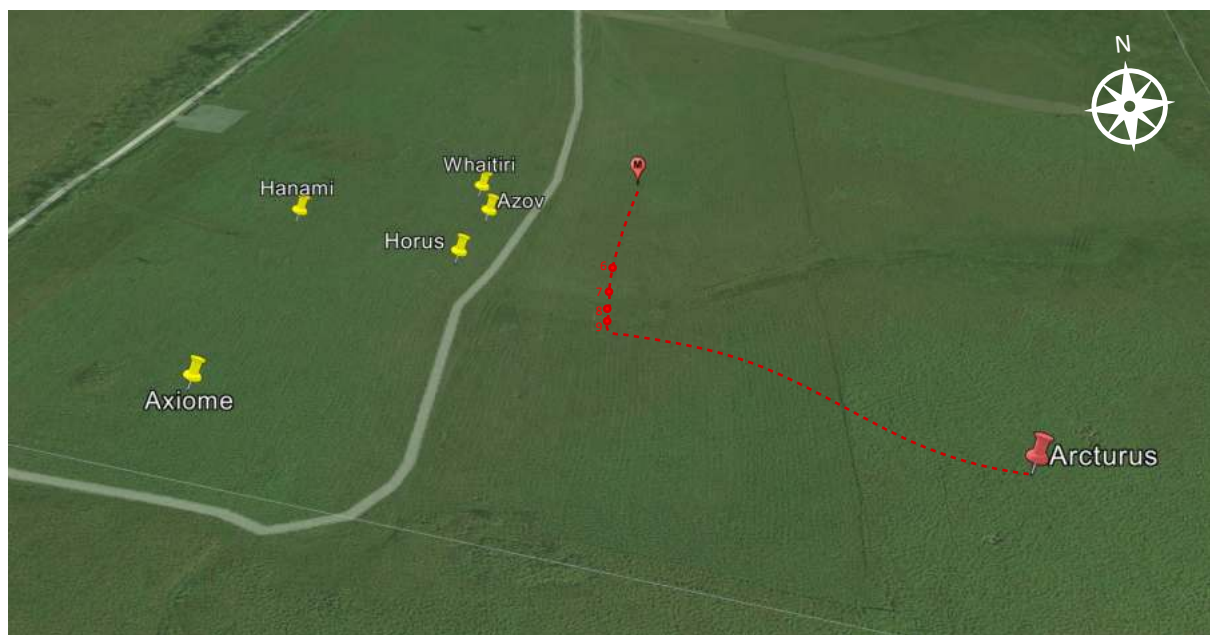


Figure 20 : Coordonnées GPS des lieux d'atterrissage d'Arcturus et de précédentes minifs

D'après les coordonnées GPS, le lancement a eu lieu au “” nommé M et a atterri au “”. En comparant par rapport à Horus et Whaitiri (lancements 2024) ainsi qu'à Axiome et Hanami (lancements 2023) et à Azov (lancement 2022), on remarque que la zone d'atterrissage n'est pas du tout la même.

À noter que la météo au moment du lancement était entrain de devenir orageuse avec des vents plus violents qu'à l'ordinaire venant de l'ouest vers l'est.

Ainsi, nous avons retrouvé la fusée dans une zone plus éloignée que celle d'Horus, lancée le même jour mais avec une météo moins imprévisible.

Conclusion et remerciements

La mini-fusée [MF06] Arcturus du club AéroIPSA a décollé à 17h36 le 11 juillet 2024 à Tarbes et a effectué un vol nominal.

La fusée a été retrouvée en un seul morceau en état de fonctionnement sans une égratignure. Avec des problèmes techniques sur la caméra, l'expérience n'a pas été validée à 100 % et donc la fiabilité de notre solution technique n'a pas pu être approuvée.

Cependant, la corrélation des données GPS de vol et celles enregistrées lors de la recherche dans le champ sont identiques.

Je souhaite remercier en tant que chef de projet — Lucas PICHON — tous mes membres présents sur le projet tout au long de l'année et de leur dévouement au projet sans qui la réalisation globale n'aurait pas été possible.

Je remercie également Planète Sciences qui nous a accompagné lors des RCE, lors de la qualification finale et du lancement, ainsi que de la participation du 1^{er} RHP de Tarbes et du CNES pour l'organisation du C'Space 2024 qui fût fort en émotions.

Je remercie enfin l'association AéroIPSA pour l'ensemble de l'année, de la gestion des projets à la pérennisation de l'asso ; ainsi qu'à l'IPSA, notre école nous faisant confiance dans l'élaboration de nos projets étudiants.

