

THESEUS

DIDON-SEON Sébastien

GARCIA Baptiste

LENORMAND Flavien

Anciens membres :

MARTINELLI Lucas

LABROUSSE Axelle

TEIXEIRA Hugo

Association Estaca Space Odyssey (ESO)

2020-2023

Le projet Theseus consiste en la fabrication d'une mini-fusée de A à Z en petit groupe. Ce projet est encadré par L'ESO (Association Espace de l'ESTACA) dans le but de proposer des formations pour permettre aux membres de développer des compétences et réaliser leurs projets. Après 3 ans de travail la fusée a été finalisée et lancée durant la 60^{ème} Edition du C'Space, sur le camp de Ger, en juillet 2023.

Tout s'est déroulé comme prévu, le vol est donc nominal. La fusée a ensuite été récupérée en un seul morceau par l'équipe.



© Charles Pilon

Lancement de la minif Theseus

1. INTRODUCTION

Le projet de la mini-fusée Theseus s'inscrit dans un contexte d'éducation et de l'enseignement des techniques du spatial à travers une association étudiante.

Comprenant d'abord 4 personnes, (Axelle LABROUSSE, Lucas MARTINELLI, Hugo TEXEIRA et Sébastien DIDON), la durée du projet a entraîné un renouvellement de l'équipe, maintenant constituée de Baptiste GARCIA, Flavien LENORMAND et Sébastien DIDON-SEON. En effet, l'épidémie du COVID-19 et les multiples confinements qui en découlèrent n'ont pas facilité l'organisation du projet. Durant le premier semestre de l'année 2020-2021, nous avons suivi les diverses formations liées au projet et modélisé certaines pièces, puis au second nous avons effectué le dimensionnement de la fusée sous Stabtraj, la conception de la minuterie et la fabrication du corps de la fusée.

La réalisation du projet a continué pendant les 2 années suivantes, avec la majorité de l'intégration ainsi que la fabrication du parachute ayant lieu en 2023.

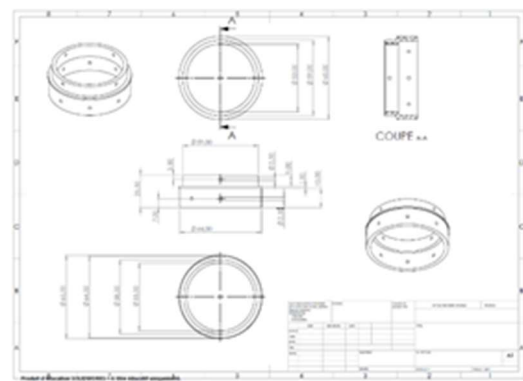
L'expérience de vérification d'apogée initialement envisagée n'a finalement pas été ajoutée.

2. DESCRIPTION MÉCANIQUE

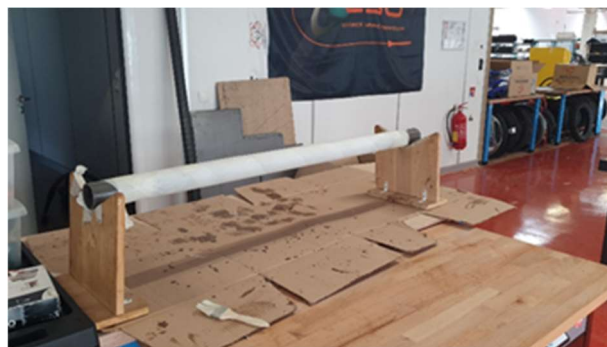
Notre fusée est constituée d'un tube en fibre de verre de 750mm de long et d'un diamètre de 65mm, ce tube est surmonté d'une coiffe ogivale d'une longueur de 250mm. Ces éléments sont reliés par une bague en aluminium usinée à l'atelier de l'ESTACA.

Le corps a été découpé en plusieurs parties reliées les unes aux autres par des bagues. Les 2 compartiments principaux contiennent la minuterie et le parachute dans l'un, le propulseur dans l'autre. Le tout est surmonté d'une coiffe en impression 3D d'une longueur de 250mm.

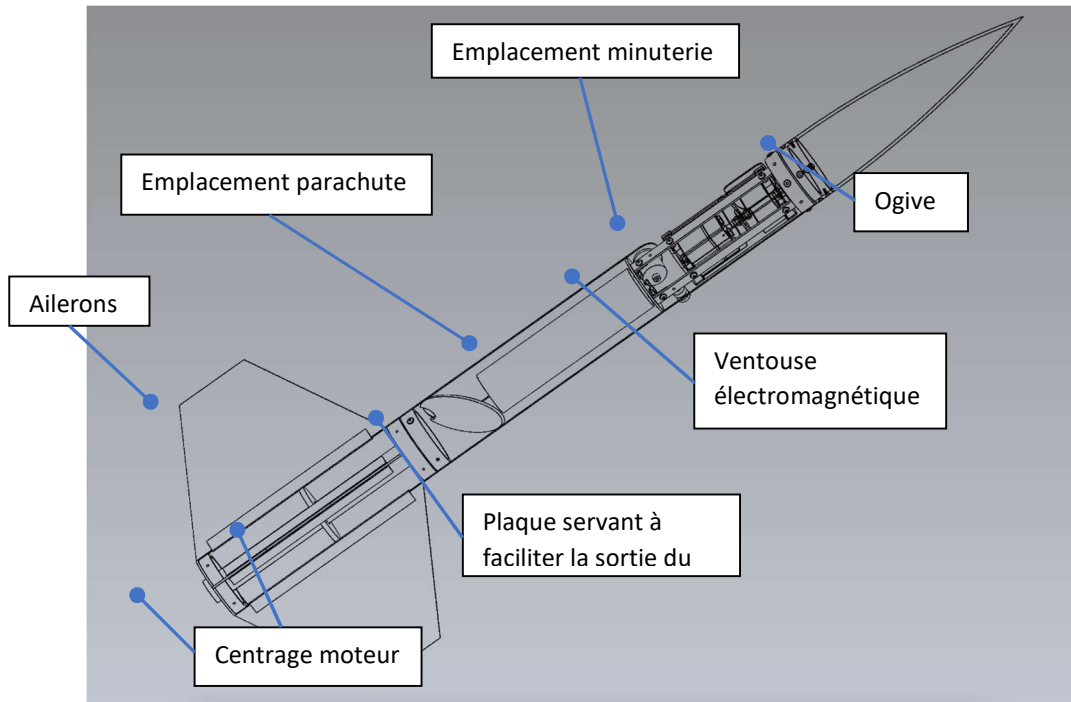
La fusée possède 3 ailerons d'une épaisseur de 2mm et une emplanture de 250mm.



Plan de la bague de fixation de l'ogive



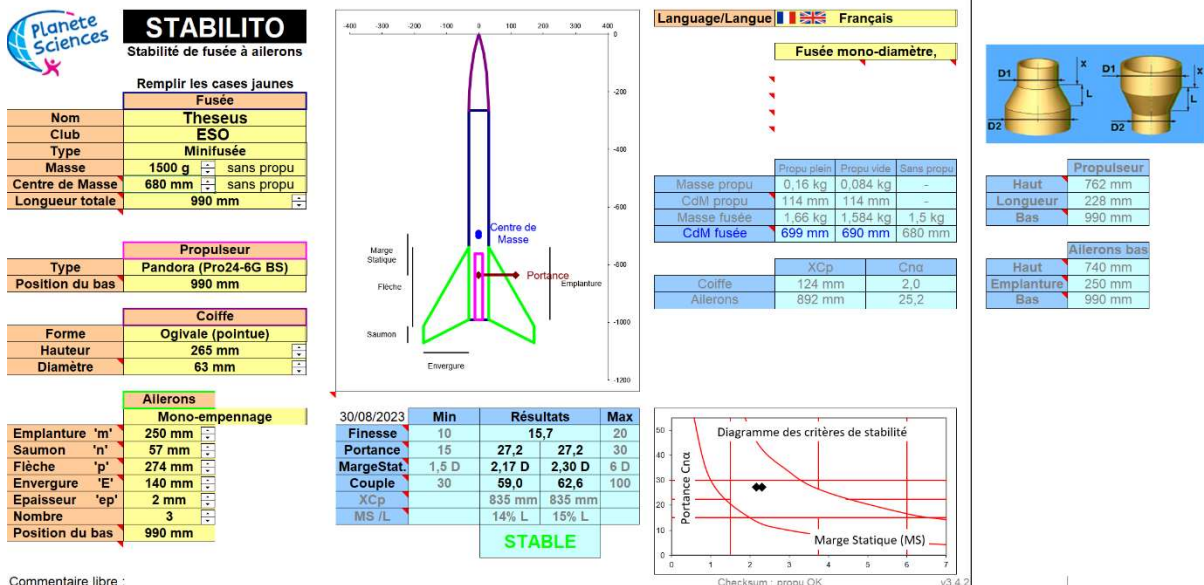
Réalisation du tube en fibre de verre



Modèle de début de projet

Voici ci-dessus la forme de la fusée en début de projet, les ailerons ont été modifiés et des dimensions ajustées mais la structure est celle du produit final.

Ci-dessous notre STABTRAJ (RCE 3) et la forme de nos ailerons visible :



Le système de récupération employé est un parachute de forme hémisphérique, le diamètre extérieur est de 600mm, la cheminée centrale a un diamètre de 60mm.

Ces dimensions ont été calculées en estimant la masse finale de la fusée, pour garantir une vitesse de descente entre 5 et 15m/s : vitesse de 10 m/s pour ces diamètres.

Après une découpe grossière de la toile de parachute, la forme finale a été dessinée, un revers a été cousu sur le pourtour et des renforcements ont été ajoutés au niveau des fixations des 6 suspentes. Des œillets ont ensuite été créés, les suspentes d'une longueur de 700mm sont rattachées par nœud de huit au parachute, puis rassemblées sur un anneau de fixation. Il est lui-même accroché au corps de la fusée par une longe d'1,50m de long. Une pièce imprimée en 3D permet le guidage des suspentes lors de l'ouverture

Le parachute sort grâce à l'ouverture d'une trappe lorsque l'apogée est atteint. La trappe est maintenue fermée par blocage mécanique en bas de la fusée et par une ventouse électromagnétique en haut. L'éjection se fait par 2 ressorts fixés autour de la ventouse dans des pièces en impression 3D creuses.

Le support de la minuterie, des batteries et de la prise jack a été imprimé en 3D.

Le support en 3D de la minuterie est maintenu dans la fusée par 2 tiges métalliques accrochées à la bague de l'ogive et par une équerre sur le corps. Une plaque fixée à 45° garantie le bon déploiement du parachute après ouverture de la trappe.

Le moteur est guidé dans la fusée par la bague inférieure de retour moteur et par une bague en impression 3D collée à l'intérieur du tube. Il est maintenu dans la fusée par une plaque métallique qui peut être dévissée pour tourner.

Les ailerons ont été découpés dans une plaque en aluminium par l'atelier d'usinage de l'ESTACA. Leur fixation sur le corps de la fusée se fait par des équerres imprimées en 3D, collées à l'époxy sur les ailerons puis sur le corps. Une bande de toile imbibée de colle epoxy est ensuite rajoutée sur les équerres pour les renforcer.

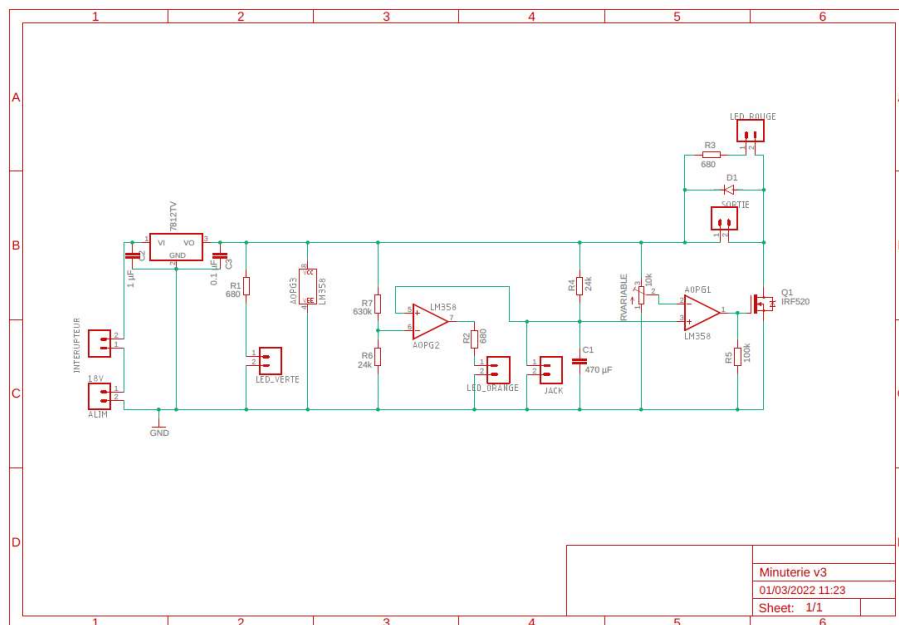
Certaines pièces sont fixées à la fusée par système vis-écrou ou vis+pièce filetée pour être démontées (bague, fixation parachute, boîtier minuterie...), d'autres sont collées.



Fixation des ailerons sur le corps de la fusée

3. DESCRIPTION ELECTRONIQUE ET INFORMATIQUE

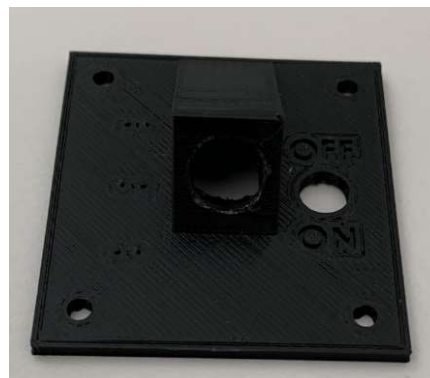
La minuterie est constituée d'une carte électronique imaginée sur EAGLE puis commandée sur internet. Elle est alimentée par 2 piles 9V et permet à la ventouse électromagnétique de libérer la trappe après un temps défini. Son design a évolué au cours du projet et elle a dû être refaite plusieurs fois, voici le schéma de la minuterie finale :



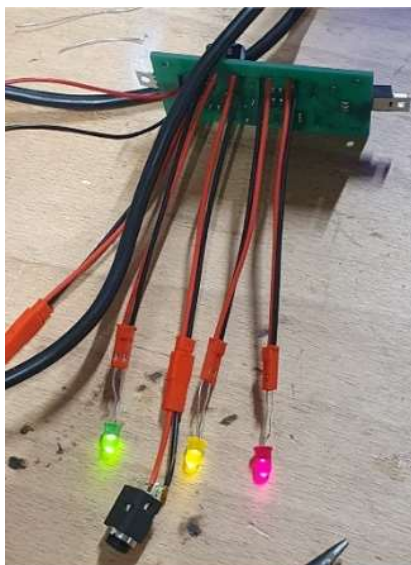
Un interrupteur gère la mise en marche de la minuterie, lorsqu'il est ON, la led verte s'allume. Rien ne se produit tant que le jack (qui ferme le circuit) est accroché. Lors du décollage, le jack se décroche, la led orange s'allume et la minuterie se met en route. Constitué d'un AOP, de plusieurs résistances, d'un condensateur et d'une résistance variable, le minuteur compare la tension du circuit avec celle issue de la résistance variable. Lorsque la tension seuil est atteinte la suite du circuit se déclenche : la led rouge s'allume et la ventouse électromagnétique se libère, le parachute est éjecté.



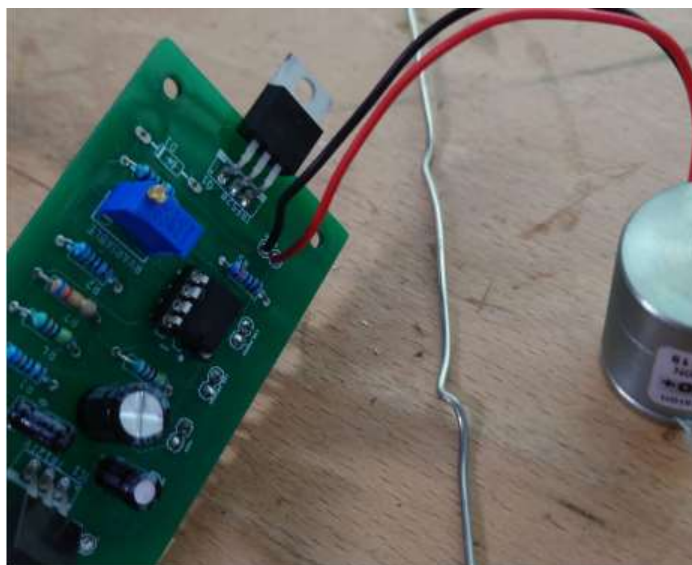
Boîtier de fixation de la minuterie



Fermeture du boîtier coté opérationnel



Test de la minuterie



Soudage de la ventouse électromagnétique

Le déploiement du parachute doit se faire juste avant ou juste après l'apogée de la fusée.

En se basant sur les données du StabTraj (cf image ci-dessous), la minuterie est fixée à 7s.



TRAJECTO

Trajectographie de fusée

Remplir les cases jaunes

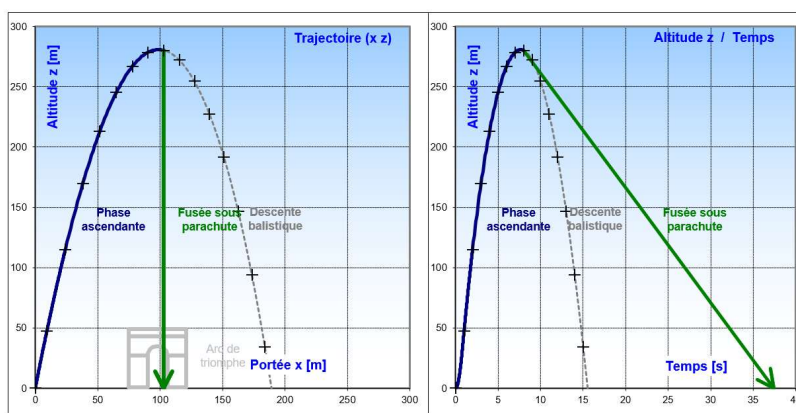
Fusée	
Nom	Theseus
Club	ESO
Masse totale	1,6599 kg
Propulseur	Pandora (Pro24-6G BS)

Trainée Aérodynamique	
Surface Réf.	0,003957 m ²
Cx	0,5

Rampe de Lancement	
Longueur	2,5 m
Élévation	80 °
Altitude	0 m

DescenteSousParachute	
Fusée	0 satellite

Masse	1,5843 kg
Dépotage	N/A
Ouverture para	8 s
Surface para	0,28 m ²
Cx parachute	1
Vitesse du vent	5 m/s
Vitesse descente	9,5 m/s
Durée descente	29 s
Durée du vol	37 s
Déport latéral	± 147 m



30/08/2023	Temps	Altitude z	Portée x	Vitesse	Accélération	Efforts
Sortie de Rampe				23,2 m/s		
Vit max & Acc max				76 m/s	135 m/s ²	
Culmination, Apogée	7,6 s	281 m	98 m	13 m/s		
Ouverture parachute fusée	8,0 s	280 m	103 m	13 m/s		28,4 N
Impact balistique	15,6 s	~0 m	190 m	68,1 m/s		3678 J

Pour localiser la fusée	
Couleur fuselage/coiffe	Bleu/Blanc
Couleur parachute fusée	Gris

4. DEROULEMENT DU VOL

Le vol a eu lieu le mercredi 19 juillet 2023 à vers 15h10.

Le ciel était couvert mais il n'y avait pas de pluie ni de vent.

La trajectoire de la fusée était stable, malgré une ouverture du parachute prévue avant l'apogée (7s), il s'est déployé dans la descente de la fusée. C'est un vol nominal

La récupération s'est faite en fin d'après-midi, pas de dégât à déclarer si ce n'est une fragilisation de la fixation au niveau d'une bague et d'un aileron.



Mise en rampe



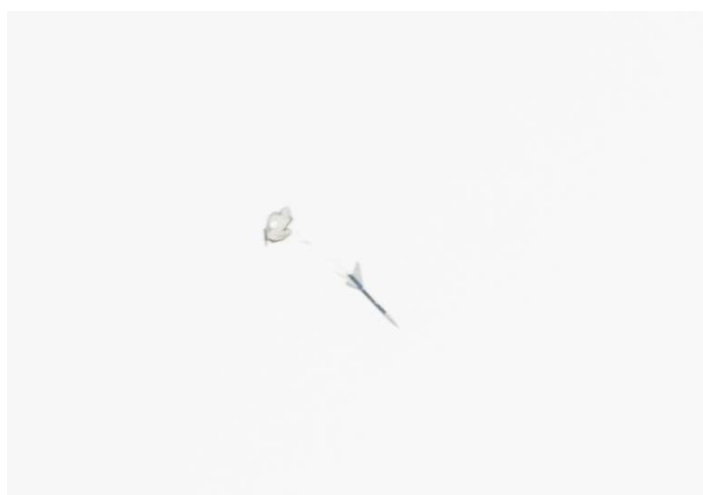
Prêt au décollage



3, 2, Unité, Mise à feu, Décollage !

Chronologie de vol :

Quand ?	Où ?	Qui ?	Quoi ?	Matériel
T-30 min	Tente	Baptiste	Changer pile	
	Tente	Baptiste	Plier le parachute	
T-20 min	Zone rampe	Baptiste / Sébastien/ accompagnateur	Rejoindre la zone rampe	Scotch /tournevis clé /papier
T-15 min	Zone rampe	Baptiste + Sébastien	Mettre la fusée en rampe	
	Zone rampe	Baptiste	Attacher jack et vérifier qu'il s'arrache facilement quand la fusée sort de la rampe	
T-10 min	Zone rampe	Baptiste	Remettre en place le jack	
	Zone rampe	Baptiste	Mettre interrupteur sur ON	
	Zone rampe	Baptiste	Verif que la led verte est allumée	
		Baptiste	Laisser tournevis + clé sur le pas de tir	
T-5min	Pupitre	Baptiste +Sébastien	Rejoindre le pupitre et attendre les indications du pyro	
T-0 min	Pupitre	Baptiste + Sébastien	Appuyer sur le bouton	



Ouverture parachute



Récupération

5. CONCLUSION

Ce projet de mini-fusée nous a permis d'imaginer et fabriquer une fusée d'environ 1m de long, de A à Z avec un accompagnement par l'association ESO. D'un point de vue mécanique la fusée est un tube en fibre de verre sur lequel sont fixés les éléments internes et externes (ailerons). La minuterie est gérée par une carte électronique qui éjecte la trappe parachute après un temps défini en libérant une ventouse électromagnétique.

Les restrictions liées au covid ont entravé les débuts du projet, entraînant des retards lors des phases de conception et premières réalisations. Reporté 2 fois, ce projet prévu en 1 an aura pris 3 ans à se concrétiser et la fusée ne contient pas d'expérience. Cependant il est arrivé à son terme et a effectué un vol nominal en juillet 2023.

La fabrication d'une mini-fusée nécessite des compétences à la fois techniques et d'organisation que nous avons dû apprendre et développer : conception mécanique, CAO, impression 3D, électronique (la minuterie a été refaite entièrement en 2023), couture, planification, communication interne et avec les responsables de projet...

Pendant toute la durée du projet, l'entente entre les membres successifs est restée très bonne et l'esprit d'équipe a permis de persévérer malgré les difficultés. L'accompagnement par les responsables minifs et les bénévoles durant le C'Space a également aidé la finalisation du projet Theseus.

Pour les années à venir, chacun des membres aura conscience de l'investissement réellement nécessaire pour mener de tels projets à bien dans le temps imparti, et sera plus à même de s'organiser et planifier les différentes étapes du projet.

L'année prochaine, nous aimerions participer à un projet de fusée expérimentale, en utilisant notre bagage appris à travers cette mini-fusée pour anticiper les problèmes éventuels.



Equipe mini-fusées ESO au C'Space 2023