

Rapport de vol

MF39 VélocityRaptor



Margot HUBERT - Florian HAVARD - Camille DOMBLIDES
Lou-Anne GUYOT - Flavien GUÉRIN

Année 2024/2025



SOMMAIRE

1	Introduction	3
2	Mécanique de la fusée	4
2.1	Structure externe.....	4
2.1.1	Peau	4
2.1.2	Ogive.....	4
2.1.3	Ailerons.....	4
2.1.4	Calculs de la flèche	5
2.2	Structure interne.....	6
2.2.1	Emplacement électronique	7
2.2.2	Récupération	7
2.2.3	Emplacement moteur	8
2.3	Problèmes rencontrés	8
2.4	Designs non retenus.....	9
3	Électronique.....	9
3.1	Présentation	9
3.2	Prérequis C-Space.....	9
3.3	Choix de conception.....	10
3.4	Fonctionnement.....	10
4	Expérience	10
4.1	Présentation	10
4.2	Calculs de vitesse	11
4.2.1	StabTraj.....	11
4.2.2	Pitot	11
4.2.3	Centrale inertielle	11
5	Organisation	12
6	C'Space et Vol	12
7	Conclusion.....	13
8	Bibliographie.....	14
9	Annexes	15

1 Introduction

L'association Estaca Space Odyssey est la seule association étudiante de l'Estaca qui propose des projets à thématique spatiale. Tous les engins spatiaux y sont étudiés à travers différents pôles que sont les Minifs, les FusEx, les Cansats, les Ballons sondes, et même un projet de création d'un moteur : NAGA. Fondée en 1992 elle comporte aujourd'hui environ 200 membres, 140 sur le campus de SQY et 60 sur le campus de Laval.

Chaque année, les 1A et 2A découvrent l'univers du spatial au travers du pôle Mini-fusées de l'ESO. A la fin de l'année, chaque groupe peut prétendre à une tentative de vol lors du C'Space, un évènement organisé par PlanetScience et le CNES. Le nombre de nouveaux membres augmentant et le nombre de places à cet évènement étant limité, l'ESO a pris des dispositions pour que cette année, chaque projet ait une chance de pouvoir être lancé. Notre projet ainsi que le projet Providence ont été présélectionnés pour participer au C'Space et ainsi pouvoir profiter de la réunion interclubs spatiaux et des professionnels du domaine.

Le projet *Velocity Raptor* vise à concevoir une mini-fusée équipée d'un système de mesure de la vitesse basé sur le principe du tube Pitot, afin de collecter des données précises pendant le vol. Ce projet, bien que pédagogique, a nécessité une approche rigoureuse mêlant modélisation, conception, réalisation et tests, le tout dans un budget maximal de 70€.

Ce rapport a pour but d'exposer clairement et dans le détail le travail qui a été fourni par notre équipe au cours de l'année en passant par les choix de modélisation, retenues ou non, et de réalisation de la manière la plus exhaustive et pertinente possible.

2 Mécanique de la fusée

2.1 Structure externe

2.1.1 Peau

La longueur de la peau a été déterminée en fonction des éléments constituant l'intérieur de la fusée, afin de garantir une intégration optimale. Après concertation, nous avons opté pour un tube de 840 mm de long, le diamètre de celui-ci ayant été fixé à 62,6 mm après la réalisation de la peau en fibre de verre. En effet, nous avons choisi de fabriquer le tube nous-mêmes plutôt que d'en utiliser un standard en PVC. Cependant, cette méthode artisanale a engendré certaines irrégularités, notamment sur le diamètre intérieur. Nous avons donc imprimé une pièce aux dimensions du diamètre mesuré afin de vérifier qu'elle coulissait correctement sur toute la longueur du tube. De même, la longueur a été précisément mesurée une fois la fabrication terminée, ce qui nous a permis d'adapter toute la CAO en conséquence, notamment celle de partie interne.

La trappe a été modélisée de sorte que le centre de gravité coïncide avec le point d'attache du parachute. Elle a été découpée directement dans la peau de la fusée avec une Dremel.

2.1.2 Ogive

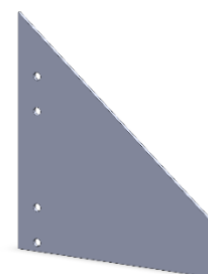


Ogive

L'ogive, quant à elle, a été conçue pour s'insérer parfaitement dans le tube, tout en étant compatible avec le rail, qui permet entre autres de bloquer sa rotation. Sa pointe a été modifiée pour permettre une mesure de pression dans l'axe longitudinal. En effet notre expérience nécessite de mesurer la pression totale (dynamique + statique) à l'avant de la fusée. Pour cela, la pointe est légèrement allongée et percée d'un trou. De plus, cette pièce est vouée à être transportée en voiture et exposée au soleil. Le PLA craint les écarts de température et se déforme à partir d'environ 50°C. Nous avons donc opté pour du PETG, un peu plus compliqué à imprimer mais résistant aux UV et à des températures jusqu'à 70°C.

2.1.3 Ailerons

Pour les ailerons, nous avons d'abord défini leur forme générale, puis réalisé une modélisation facilement modifiable. Le dimensionnement des ailerons est en effet un facteur essentiel pour garantir la stabilité de la fusée. Il a donc été nécessaire d'ajuster leurs dimensions au fur et à mesure de l'avancement du projet. Nous avons choisi de les fabriquer en aluminium, un matériau à la fois léger et très résistant, permettant d'obtenir des ailerons fins mais sans risque de déformation ni de casse.



Aileron

Enfin les supports ailerons ont été conçus pour garantir un espacement régulier et symétrique entre eux. Un soin particulier a été apporté à leur robustesse : des congés ont été ajoutés aux zones où des angles abrupts étaient présents afin de mieux répartir les efforts et d'éviter les risques de fissures ou de ruptures. Ils ont été imprimés en PETG pour les mêmes raisons que ci-dessus.

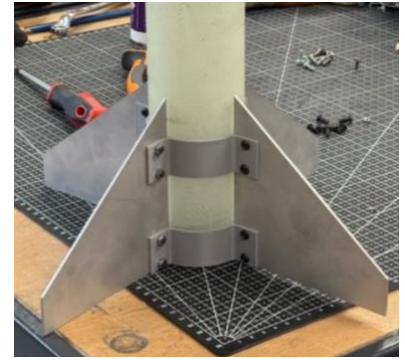


Photo des supports ailerons et ailerons

2.1.4 Calculs de la flèche

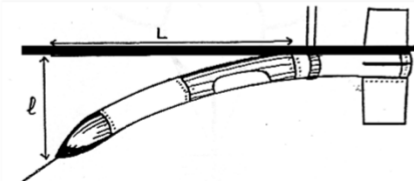
Règle : La flèche statique de la fusée doit être inférieure à 1% (entre l'extrémité supérieure de la fixation des ailerons sur le corps de la fusée et le bas de l'ogive).

La flèche dynamique de la fusée sous un chargement de 250g appliqué à la base de l'ogive doit être inférieure à 2%.

Contrôle : La flèche est le rapport exprimé en pourcentage de la déformation mesurée à l'aide d'un réglet sur la longueur de contrôle ($f = \text{def_mesurée} / (L^5 - l^6)$).

Pour la flèche statique, la fusée est maintenue à l'horizontale à l'aide d'une sangle au sommet des ailerons sous un objet droit (règle de maçon par exemple).

Pour la flèche dynamique, la procédure est la même sauf qu'en plus une masse est suspendue à la base de l'ogive.



$\text{Flèche} = < 1\% (=0.01)$

La flèche est mesurée sur les quatre cotés de la fusée.

Extrait du cahier des charges CNES

Données techniques :

Longueur suspendue	$L = 740 \text{ mm}$
Diamètre extérieur du tube	$D_e = 67.5 \text{ mm}$
Diamètre intérieur du tube	$D_i = 62.6 \text{ mm}$
Masse de la fusée	$m = 1.37 \text{ kg}$
Masse suspendue	$m_s = 0.250 \text{ kg}$
Module d'élasticité fibre de verre + résine	$E = 20 \times 10^9 \text{ Pa}$
Moment d'inertie	$I = \frac{\pi}{64} (D_e^4 - D_i^4) \approx 3.79 \times 10^{-9} \text{ m}^4$
Poids réparti	$q = \frac{ma}{L} \approx 18.17 \text{ N.m}^{-1}$
Force ponctuelle	$F = m_s g = 2.45 \text{ N}$

Test de flèche statique

$$f_{\text{statique}} = \frac{qL^4}{8EI}$$

$$f_{\text{statique}} = \frac{18.17 \cdot (0.740)^4}{8 \cdot 20 \cdot 10^9 \cdot 3.79 \cdot 10^{-9}} = 5.57 \text{ mm}$$

$$\frac{f}{L} = \frac{5.57}{740} = 0.75\%$$

Test de flèche dynamique

$$f_{\text{masse}} = \frac{FL^3}{3EI} \quad f_{\text{total}} = f_{\text{statique}} + f_{\text{masse}}$$

$$f_{\text{masse}} = \frac{2.45 \cdot (0.740)^3}{3 \cdot 20 \cdot 10^9 \cdot 3.79 \cdot 10^{-9}} = 2.96 \text{ mm}$$

$$f_{\text{total}} = 5.57 + 2.96 = 8.53 \text{ mm}$$

$$\frac{f_{\text{total}}}{L} = \frac{8.53}{740} = 1.15\%$$

On a donc un test statique réussi ($0.75\% < 1\%$) mais avec peu de marge.

Le test de flèche dynamique est aussi réussi ($1.15\% < 2\%$) avec bien plus de marge.

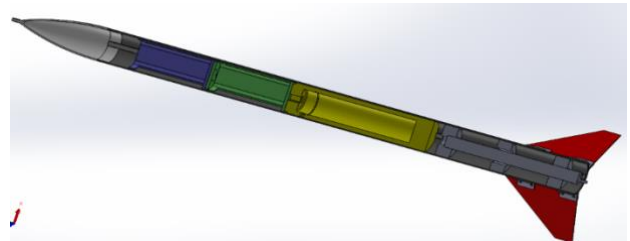
En conclusion, il va falloir que nous testions avec attention la flèche statique et réajustions la répartition des masses en cas de dépassement de la limite.

2.2 Structure interne

Contrairement à d'autres groupes, nous avons choisi de réaliser une structure interne pleine. Nous trouvons intéressant de se démarquer des autres fusées et d'observer les changements qu'une telle structure pouvait apporter.

La fusée est divisée en trois parties :

- Deux compartiments électroniques
- Un compartiment pour le parachute
- Une zone pour le moteur



Vue d'ensemble de la mini-fusée (SolidWorks)

Les compartiments sont vissés non seulement entre eux, mais aussi sur la peau ce qui facilite le montage et la maintenance, et libère l'axe central pour le câblage et la récupération. Nous pouvons, jusqu'à l'assemblage final avant le lancement, accéder à l'entièreté du contenu de la fusée en faisant coulisser la structure le long du tube.

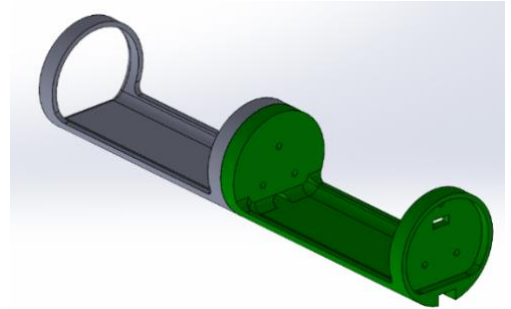
Les pièces sont imprimées en PLA au Fablab, ce qui permet une grande liberté de forme, une réduction de poids, et l'intégration directe de fonctions mécaniques (trous, logements, inserts). Des renforts ont été ajoutés pour améliorer la tenue mécanique.

2.2.1 Emplacement électronique

La partie électronique est composée de deux pièces quasiment identiques emboîtées et fixées entre elles avec des inserts. Nous avons réalisé cette pièce en deux morceaux non seulement pour que la taille soit adaptée à l'imprimante, permettant ainsi l'impression, mais aussi pour s'assurer de la solidité du montage : une pièce plus longue aurait été plus fragile.

Les parties planes servent à accueillir tous les composants électroniques de la fusée (minuterie et expérience) et permettent plusieurs moyens de fixation. Celui que nous avons choisi est la visserie.

L'ouverture reliant les deux pièces permet le passage de fils. La forme cylindrique des pièces permet d'assurer un maintien dans le tube principal, en plus de la fixation de celles-ci sur le rail.



Vue du module dédié à l'électronique

2.2.2 Récupération

Le compartiment accueillant le parachute est la pièce la plus complexe de la structure interne. Il a plusieurs fonctions :

- Stocker le parachute de manière compacte,
- Offrir un point de fixation solide pour le parachute,
- Intégrer un système d'ouverture de trappe via servomoteur.



Module de récupération

Une fente est prévue dans la paroi pour le passage du bras du servomoteur, permettant à celui-ci d'actionner l'ouverture. Elle est renforcée au niveau de l'attache du parachute pour éviter les casses lors du déclenchement du système de récupération : nous avons ajouté de la matière sur une épaisseur de 1cm, et une plaque percée, placée à l'extérieur du module, sert à la répartition de l'effort.



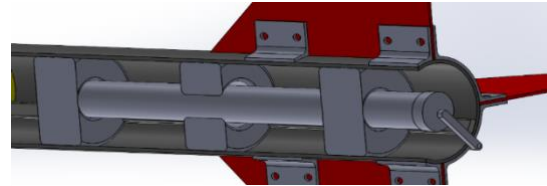
Vue de l'arrière du module

2.2.3 Emplacement moteur

Le moteur utilisé est un Pandora (Pro 24-6G), fixé à l'aide de trois bagues en bois de hêtre réalisées sur mesure, et un dispositif de verrouillage mécanique.

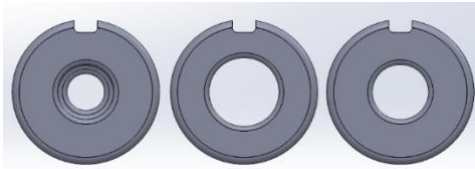
Ces bagues assurent :

- Un centrage parfait du moteur,
- Une répartition homogène des efforts,
- Une bonne résistance thermique.



Vue en coupe du module moteur

Ce choix de matériau pour les bagues provient de sa facilité d'usinage et son bon comportement mécanique sous l'effet de la poussée. Elles sont vissées dans la structure afin d'assurer la stabilité du moteur. Les trois bagues ont des caractéristiques différentes pour permettre le meilleur maintien : La bague du fond a un appui contre lequel vient se caler le moteur. Celle du milieu possède un trou un peu plus large afin d'offrir un jeu qui garantit le passage du moteur dans les trois bagues.



Vue d'ensemble des trois bagues

Le système de maintien est complété par une pièce plate métallique fixée au niveau des support d'aileron. Elle vient appuyer directement sur l'extrémité du moteur, bloquant ainsi la translation.

2.3 Problèmes rencontrés

Au cours de la fabrication des différents composants de la fusée, nous avons rencontré plusieurs obstacles qui nous ont poussés à adapter notre démarche.

- Impression 3D : Certaines zones imprimées étaient fragiles, et des pièces se sont cassées. Nous avons renforcé localement les parois (congs, remplissage, géométrie).
- Ajustement des pièces : L'emboîtement des modules internes a nécessité des ajustements fins pour corriger les imprécisions d'impression (tolérances, retraits de matière).
- Réalisation du tube : Après le démoulage du tube, nous avons adapté les structures internes comme externes afin de s'adapter aux irrégularités de diamètre.

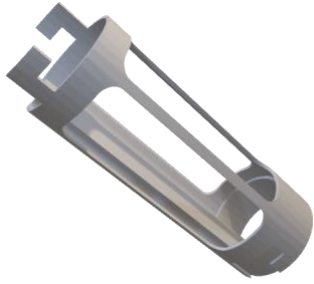


Composante électronique



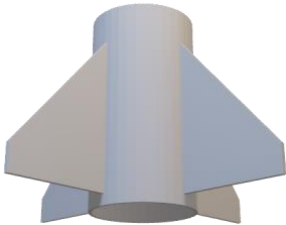
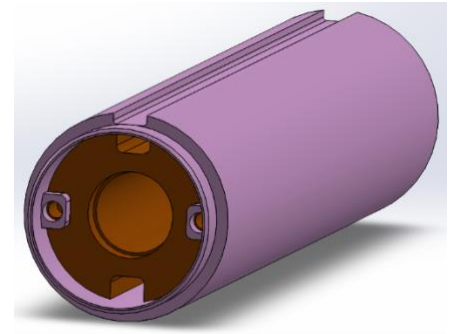
Ogive

2.4 Designs non retenus



Ce design est la première version de la structure interne par étages. Nous ne l'avons pas gardé à cause de son manque de solidité et les barres de soutien encombraient le passage des mains. Le système d'attaches inter-étages n'était pas assez rigide et ne fixait pas bien les modules entre eux.

Ce design est une idée que nous avons eu en début d'année pour le module du moteur. Il nous permettait d'interchanger les moteurs utilisés pour la campagne ESO et celui du C'Space, en fonction de la campagne de lancement suivie. Nous avons plus tard opté pour un système plus simple et adapté au moteur Pandora.



Nous avons également pensé initialement à un système d'ailerons en une seule pièce imprimée en 3D. Lors de la RCE2 il nous a été déconseillé de faire ça, les moteurs fournis par Planète Sciences étant trop puissants, les ailerons n'auraient pas résisté à de telles forces.

3 Électronique

3.1 Présentation

Concernant la partie électronique de la fusée, l'objectif est de fournir un système d'éjection du parachute et de minuterie le plus fiable possible. Cette fiabilité passe par un système simplifié pour éviter les erreurs et faciliter la compréhension par tous les membres de l'équipe. Pour la préserver, nous avons également fait le choix de séparer la minuterie et l'expérience afin d'éviter des erreurs de minuterie en cas d'erreur du circuit de l'expérience. Cette dissociation des circuits passe notamment par l'utilisation de 2 piles 9V différentes, une pour la minuterie et une pour l'expérience.

3.2 Prérequis C-Space

Dans le cadre de la campagne de lancement C-Space, il est imposé que figurent sur la fusée des indicateurs visuels permettant de distinguer les différents états de la fusée : marche/arrêt, position de sécurité/position de vol, etc. De plus, tous les éléments de commandes doivent être accessibles lorsque la fusée est sur rampe. Enfin, une autonomie de l'alimentation électrique d'au moins 15 min est demandée, puisqu'il pourrait arriver que la fusée reste un long moment sur la rampe avant de décoller.

3.3 Choix de conception

Pour la conception de la minuterie nous avons choisi l'utilisation d'une carte Arduino Nano qui a l'avantage d'être petite et facilement programmable. De plus cette carte est très utilisée et bénéficie donc d'une grande librairie et de nombreux outils pour apprendre son utilisation. La minuterie est codée en C++, ce langage étant directement supporté par la carte Arduino et faisant partie de notre éventail de connaissance. Pour supporter l'Arduino Nano ainsi que le reste du circuit électrique, une PCB (Printed Circuit Board) (ou circuit imprimé) a été réalisée pour faciliter le montage et limiter les fils au sein de la fusée. La taille de la PCB figure notamment parmi les enjeux autour de l'électronique. Elle doit être la plus petite et compacte possible tout en restant simple et facile à monter/démonter.

3.4 Fonctionnement

Pour cette partie, veuillez-vous référer à l'annexe : *Montage de la minuterie*.

En ce qui concerne les entrées du circuit, il n'y en a que deux : l'alimentation et une autre qui permet de détecter le décollage. Avant le décollage, un câble jack est branché à la prise associée sur la fusée et fixé à la rampe de lancement. Ce câble jack se comporte alors comme un fil électrique et laisse passer le courant. Lors du décollage, le câble est arraché de la prise et coupe le courant, le compte à rebours commence. Cependant, la carte programmable mesure les tensions et la laisser flottante (non connectée) peut entraîner la détection de tensions parasites aléatoires. Ceci pourrait empêcher le bon fonctionnement du système. Pour ces raisons, nous avons utilisé un système "Pull down", qui permet lorsque le jack est débranché, de laisser le pin connecté à la masse.

4 Expérience

4.1 Présentation

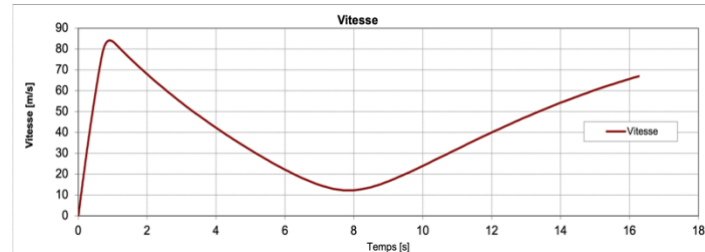
Le but du projet, en plus de proposer une expérience de structure interne non conventionnelle (usuellement un triplet de profilés en aluminium pour maintenir les éléments), était de mesurer la fiabilité des modélisations, notamment celle du StabTraj, un logiciel de simulation de trajectoire (entre autres) développé par Planète Sciences. Nous souhaitions proposer une expérience originale de mesure de vitesse, avec la création d'un système type Pitot à l'échelle de la fusée. Nous plaçons différents points de mesure de pressions à des endroits stratégiques afin de calculer la vitesse et la sauvegarder dans un fichier embarqué sur une carte microSD. Pour plus de pertinence, nous avons envisagé d'intégrer un accéléromètre pour pouvoir avoir trois vitesses différentes : Pitot, centrale inertielle, simulation. Cette comparaison permet de vérifier la cohérence entre simulation, mesure inertielle et mesure aérodynamique.

4.2 Calculs de vitesse

Voyons dans le détail comment nous pouvons prédire/mesurer les vitesses.

4.2.1 StabTraj

Le StabTraj est conçu pour accompagner les étudiants dans leur projet en fournissant quantité d'informations utiles au dimensionnement de la fusée. Il permet principalement de contrôler la stabilité, une fois les masses, les dimensions, et la position des ailerons, du moteur et du centre de masse. En ayant renseigné la motorisation de la fusée, StabTraj, disposant des caractéristiques de chaque moteur, connaît la masse et la poussée de ce dernier en fonction du temps : Il donne alors la vitesse en fonction du temps.



Vitesse en fonction du temps

4.2.2 Pitot

De nombreuses expériences embarquant un tube Pitot ont déjà été menées au C'Space. Pour ne pas « simplement » brancher un tube à notre fusée et relever la vitesse, nous avons souhaité revenir au principe fondamental sur lequel repose ce système utilisé très largement dans l'aviation actuelle : estimer la vitesse avec la différence (ou dans notre cas le rapport) entre pression totale et pression statique

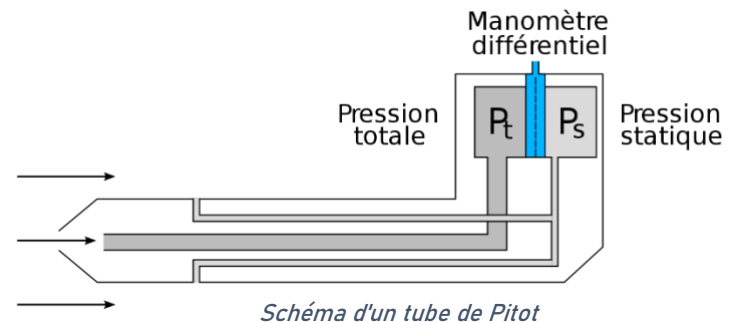


Schéma d'un tube de Pitot

$$\frac{p_t}{p_s} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \rightarrow M = \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{p_t}{p_s}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1\right]} \xrightarrow[\text{V=M.a}]{\text{Par définition}} V = \sqrt{\frac{2\gamma RT}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{p_t}{p_s}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1\right]}$$

p_t : pression totale, p_s : pression statique, M : nombre de Mach,
 γ : rapport des capacités calorifiques $\frac{c_p}{c_v}$, a : célérité du son (proportionnelle à $\sqrt{\gamma RT}$)

4.2.3 Centrale inertielle

Une centrale inertielle embarquée mesure les accélérations sur trois axes à l'aide d'un accéléromètre MEMS (*Microelectromechanical systems*). En intégrant l'accélération sur l'axe longitudinal au cours du temps et en ayant comme conditions initiales $v=0$ m/s et $a=0$ m/s², nous obtenons une estimation de la vitesse. Cette méthode présente l'avantage de fournir une vitesse instantanée, mais elle est sensible au bruit et à la dérive temporelle. Il faut donc faire un compromis entre précision de l'accéléromètre et coût.

5 Organisation

Le projet s'est déroulé sur l'ensemble de l'année, découpé en plusieurs phases successives.

Afin de répartir efficacement les tâches, l'équipe a été organisée en 4 sous-groupes de 1 à 2 personnes, chacun responsable d'un pôle.

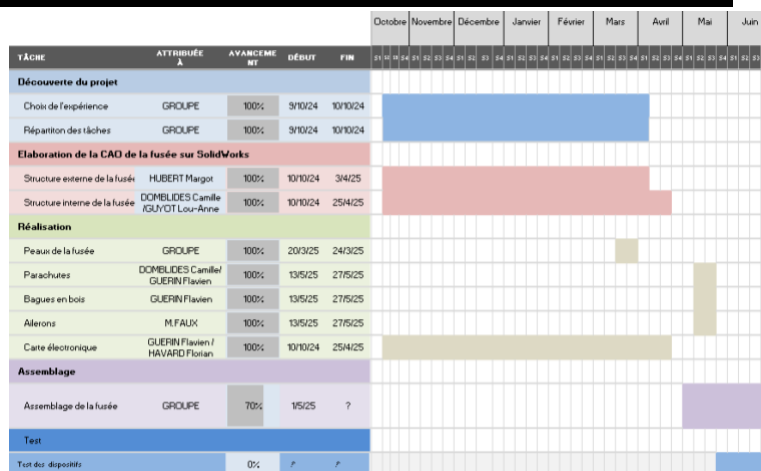


Diagramme de Gantt : organisation du projet

6 C'Space et Vol

A notre arrivée au C'Space, notre fusée était presque prête. En effet, après un vol simulé de test dès le début du séjour, il ne nous restait qu'à améliorer l'éjection de la trappe, changer le système d'accroche pour un lancement sur rail, et intégrer l'expérience. Malheureusement par manque de temps et d'implication, cette dernière n'a pu être préparée qu'au stade de prototype malgré sa simplicité technique. Nous avons le code, la carte et les capteurs, mais aucun test, même sur breadboard, n'avait pu être mené. Sur les conseils d'un bénévole et après mûre réflexion nous avons jugé qu'il était plus prudent de perfectionner la fusée et le système de récupération en dépit de l'expérience, qui a donc été abandonnée. Nous sommes alors allés faire qualifier notre dernière version de la fusée, avec une trappe qui s'éjecte franchement et un pliage de parachute optimisé. Nous avons également pu rédiger une chronologie, une première pour nous (voir Annexe). Avec tous ces éléments nous avons été parmi les premiers qualifiés, dès le lundi. Notre chronologie prévoyait un changement de batterie avant le vol, nous avons donc pris de l'avance et fait ce changement dès le lundi soir. Cette soirée fut des plus frustrantes car le système d'éjection a décidé de complètement planter, le microcontrôleur n'en faisait qu'à sa tête et plusieurs faux contacts ont été décelés (on rappelle qu'on était qualifiés et qu'on devait voler le lendemain). Nous avons dû refaire toutes les soudures, changer de carte Arduino, recoller toute l'électronique pour finalement refaire fonctionner le tout. Nous sommes allés informer les organisateurs de cet incident et ils ont décidé de nous refaire passer un test de vol simulé le lendemain matin, sans nous faire perdre notre place pour l'après-midi. Le vol simulé s'est finalement très bien passé, et nous avons pu faire voler le projet :



« pour le projet VelocityRaptor, le vol est NOMINAL ! »



7 Conclusion

Ce projet a été très formateur pour notre équipe. Malgré nos connaissances pratiques limitées dans certains domaines techniques, nous avons réussi à concevoir et réaliser Velocity Raptor, une mini fusée expérimentale dédiée à la mesure de la vitesse.

Ce travail nous a permis de confronter nos connaissances théoriques à une application concrète, et de comprendre à quel point les obstacles pratiques peuvent ralentir la mise en œuvre d'une idée. Qu'il s'agisse d'un ajustement mécanique difficile ou d'une incompatibilité électronique, nous avons dû faire face à de nombreux défis. Cela nous a poussé à développer des solutions concrètes, à acquérir de nouvelles compétences techniques, et surtout à raisonner comme de véritables ingénieurs.

L'organisation du projet a elle aussi été instructive. Nous avons structuré notre équipe à la manière d'un bureau d'études, avec une division claire entre la partie mécanique et la partie électronique. Cette séparation nous a obligés à organiser de nombreuses réunions pour assurer une bonne communication et une parfaite intégration entre les deux volets du projet. Nous avons ainsi pris conscience que chaque composant, qu'il soit logiciel, matériel, ou structurel, influence l'ensemble du système.

Cette expérience nous motive fortement à aller plus loin : faire partie d'une équipe FusEx en 3A, enrichir nos compétences, et surtout partager ce que nous avons appris avec d'autres passionnés. Grâce à ce projet, nous avons non seulement gagné en savoir-faire, mais aussi en confiance et en rigueur dans notre démarche d'ingénierie.

8 Bibliographie

- **Structure :**

<https://www.sunlu.com/fr-fr/blogs/products-knowledge/the-ultimate-guide-to-petg-filament>

<https://www.filimprimante3d.fr/pages/filament-pla-vs-filament-pet-g-lequel-choisir>

- **Expérience :**

<https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Tube-de-Pitot.html>

<https://docs.arduino.cc/learn/communication/wire/>

<https://forum.fritzing.org/t/i-need-help-about-how-to-make-a-pitot-tube/26809/6>

- **Parachute :**

SharePoint ESO : « formation parachute » et « parachute »

- **Elec :**

Documents de référence

Archives de Planète Sciences

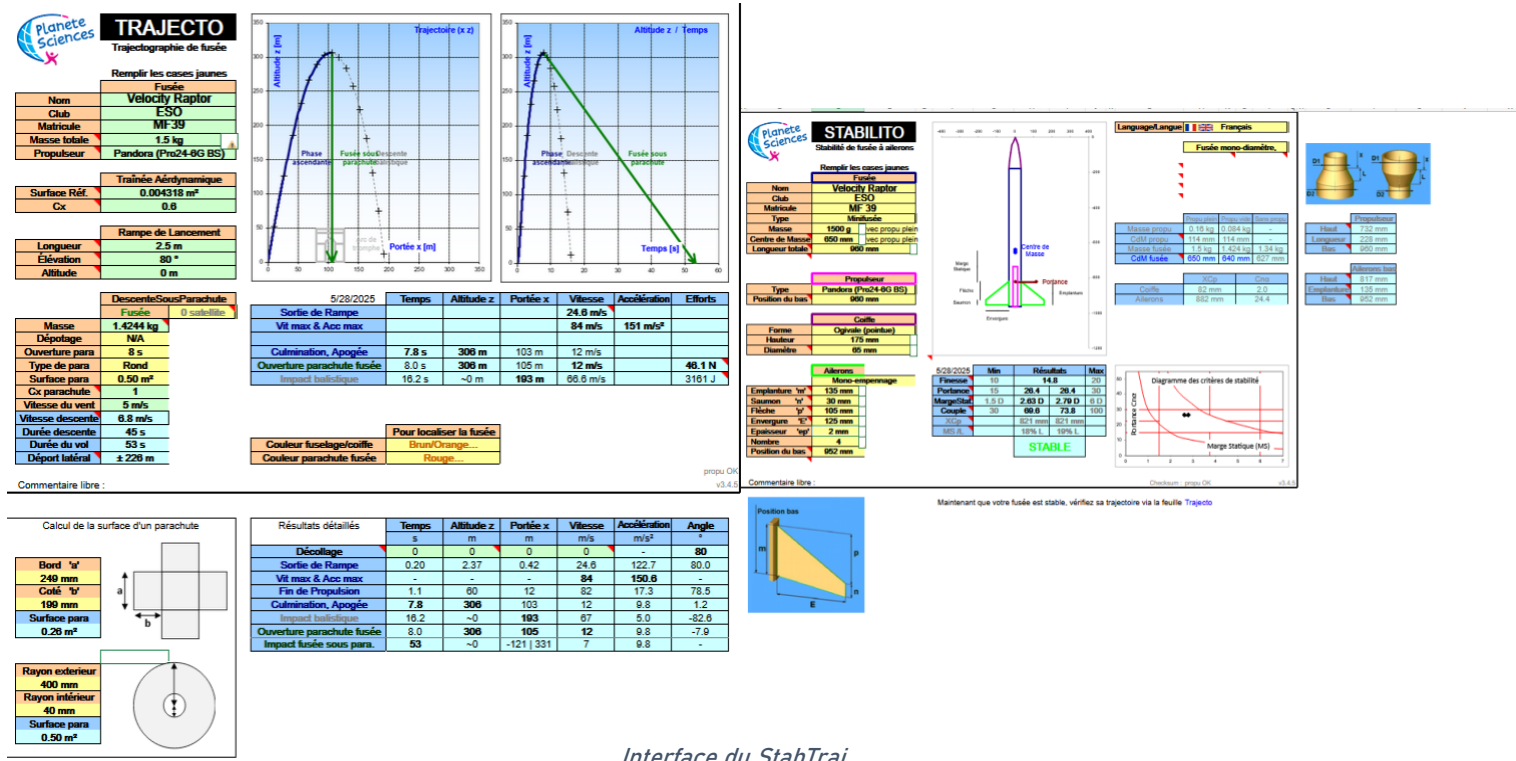
Cahier des charges

- **Bagues :**

<https://bois360.com/guide-pratiques/les-bois-faciles-a-travailler-en-menuiserie-et-en-amenagement/>

<https://preferezlesboisdefrance.fr/essence/hetre/>

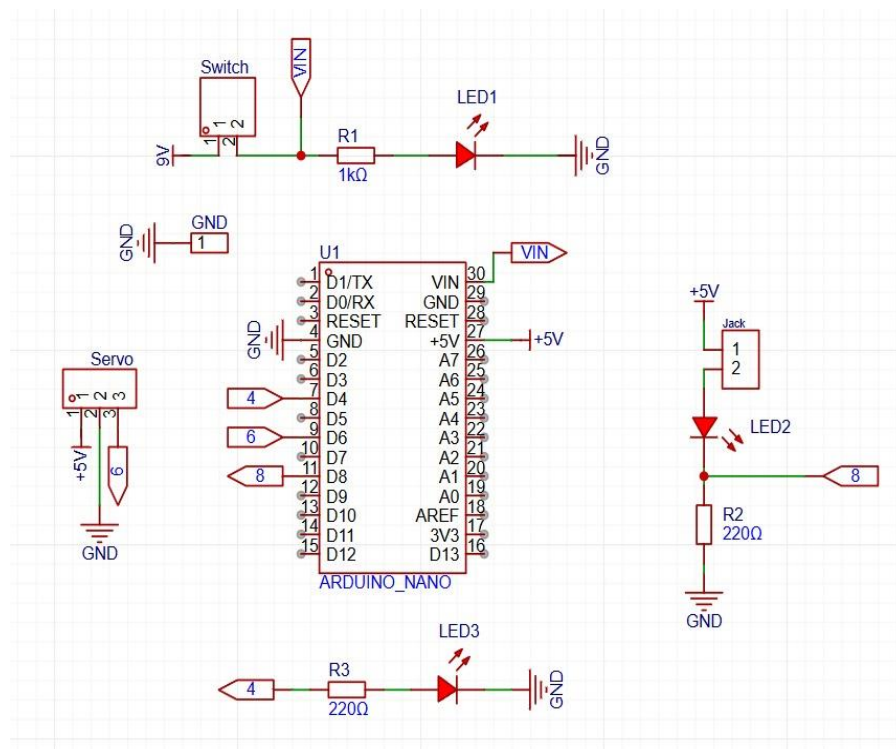
9 Annexes



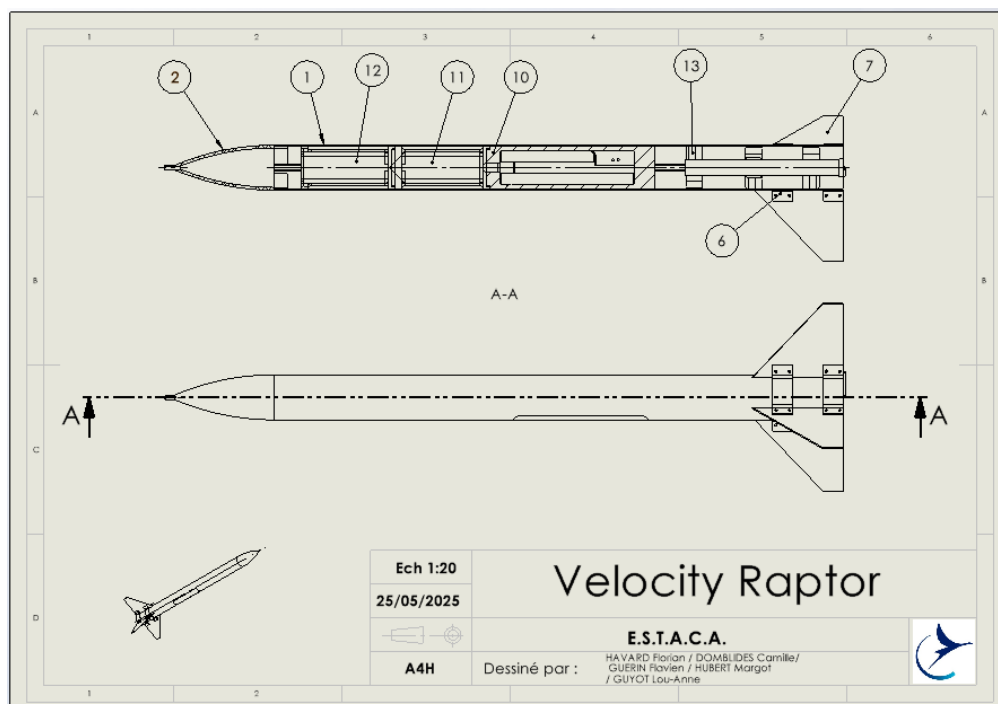
Interface du StabTraj



Parachute en croix



Montage de la minuterie



Mise en plan de Velocity Raptor

Décompte	Durée	Lieu	Opérateur	Operation	Séquence	Validée
T-2h00min00s	10min	Base vie	Florian	Changement batterie minuterie		
T-1h49min	3min	Base vie	Florian	Inspecter parachute (oeuillets, suspentes, nœuds)		
T-1h46min	3min	Base vie	Florian	Inspecter minuterie (cables, diodes, servomoteur)		
T-1h43min	2min	Base vie	Flavien	glisser dans le tube (attention aux suspentes)	Assemblage	
T-1h41min	2min	Base vie	Flavien	Fixer Patin CDG (penser au scotch)	Assemblage	
T-1h39min	5min	Base vie	Flavien	Repliage parachute	Assemblage	
T-1h34min	1min	Base vie	Florian	remettre et fermer la trappe	Assemblage	
T-1h33min	3min	Base vie	Florian	Fixer coiffe	Assemblage	
T-1h30min	5min	Base vie	Florian	verifier serrage ailerons		
T-1h06min	10min	Base vie		Départ avec fusée et jack (camera et clé de voiture aussi ;)		
T-56min	6min	tente club		Arrivée tente club		
T-44min	7min			Aller sur zone de lancement		
T-37min	3min	Zone de tir	Florian	Compatibilité rampe		
T-34min	2min	Zone de tir		orienter la rampe en gisement		
T-32min	2min	Zone de tir	Flavien	mise en rampe		
T-30min	4min	Zone de tir	Flavien	attacher jacques (serrer bien fort)		
T-26	1min	Zone de tir	Flavien	alumer interrupteur		
T-25min	2min	Zone de tir	Flavien	assurer led verte		
T-23min	5s	Zone de tir	Flavien	verifier que les trois leds (Rouge Jaune Vert) sont allumées (led rouge moins lumineuse c'est normal)		
T-23min	4min	Zone de tir		Evacuation		
T-19min	10min	Zone de tir		mise en place propu + canne	intervention pyro	
T-9min	2min	Zone de tir		Orientation rampe en site	intervention pyro	
T-7min	3min	Zone de tir		raccord ligne de mise a feu	intervention pyro	
T-3min45s	15s	Zone de tir		Assurer que les trois leds sont allumées (rouge, jaune VERTE)	intervention pyro	
T-3min30s	3min			Pyrotechniciens rejoignent la tente pyro		
T-30s	30s			Décompte final		
T				Lancement		

Chronologie

VélocityRaptor



ESTACA
ECOLE D'INGENIEURS

