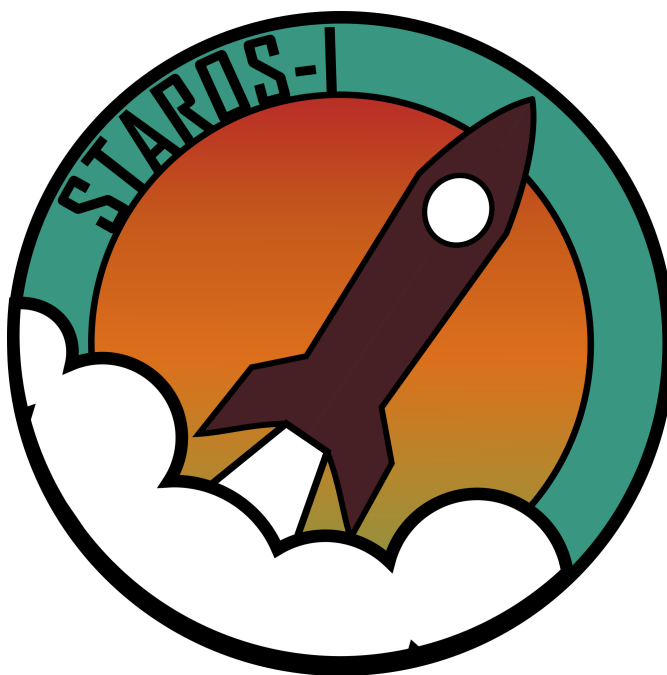




Rapport de projet STAROS-I - MF52



Dernière modification : 25/08/2021

Table des matières

Table des matières	1
1 Remerciements	2
2 Introduction	4
2.1 Contexte	4
2.2 L'équipe	4
3 Description mécanique	6
3.1 Aperçu général	6
3.2 Systeme de récupération	10
3.3 Stabtraj	12
4 Description électronique	14
5 Déroulement du vol	16
6 Expérience	18
6.1 But de l'expérience	18
6.2 Choix des composants	18
6.3 Exploitation des résultats	18
7 Conclusion	20
A Annexe	21
A.1 Chronologie	21
A.2 Schémas électriques	23

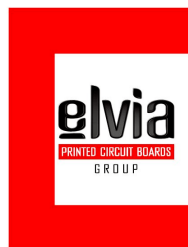
1. Remerciements



Tous les membres du projet STAROS-I tiennent à remercier tout d'abord l'Université d'Orléans pour leur avoir permis d'arriver au terme de leur projet de par l'aide financière qui a pu leur être apportée.



Mais également le CROUS Centre-Val de Loire, le Crédit Agricole ainsi que le BDE Polytech Orléans pour nous avoir soutenu financièrement au sein de l'association.



Ensuite Elvia PCB qui a fournit les circuits imprimés qui ont été utilisés et incorporés dans la fusée.



Polytech Orléans et l'Université d'Orléans pour la mise à disposition des locaux.



Et enfin, Planète Science pour avoir permis à l'équipe de STAROS-I d'avoir eu l'opportunité de réaliser et de lancer ce projet.

2.Introduction

2.1 Contexte

Étudiants en 3ème et 4ème année d'école d'ingénieur à Polytech Orléans et passionnés par le domaine du spatial nous souhaitons réaliser une mini-fusée afin d'apprendre les bases du domaine. Cette mini fusée embarquera plusieurs capteurs afin d'obtenir des données de vol qui serviront dans un deuxième temps à la réalisation d'une fusée expérimentale de type double étage.

Le but de notre minif, en plus d'apprendre comment réaliser une fusée est l'obtention de données de vol. Ces acquisitions portent notamment sur sa trajectoire et la température au niveau du moteur.

Afin de connaître les contraintes thermiques dans la zone proche du moteur nous placerons un capteur de température à cet endroit. Nous utiliserons également un accéléromètre couplé à un gyroscope afin de pouvoir déterminer ultérieurement la trajectoire réelle de la fusée.

Enfin une dernière expérience sera le test d'une carte électronique de contrôle et de télémétrie.

2.2 L'équipe

Notre équipe est composée de 8 membres :

BATS Aymerick (Chef de projet, partie électronique), KREMER Hugo (CAO, fabrication), FRANCANET Antoine (CAO, fabrication), FEREC Gauthier (Traitement données), ANDREU Sinclair (CAO, simulations), MARCHAND Loïc (Électronique), PAVIE Baptiste (CAO, fabrication), SIMONET Etienne (CAO, fabrication),

Lors du C'Space 2021, seulement 3 membres du projet se sont rendu sur place. BATS Aymerick, KREMER Hugo et MARCHAND Loïc.



FIGURE 2.1 – Photo de l'équipe de STAROS-I présente au C'Space 2021

3. Description mécanique

3.1 Aperçu général

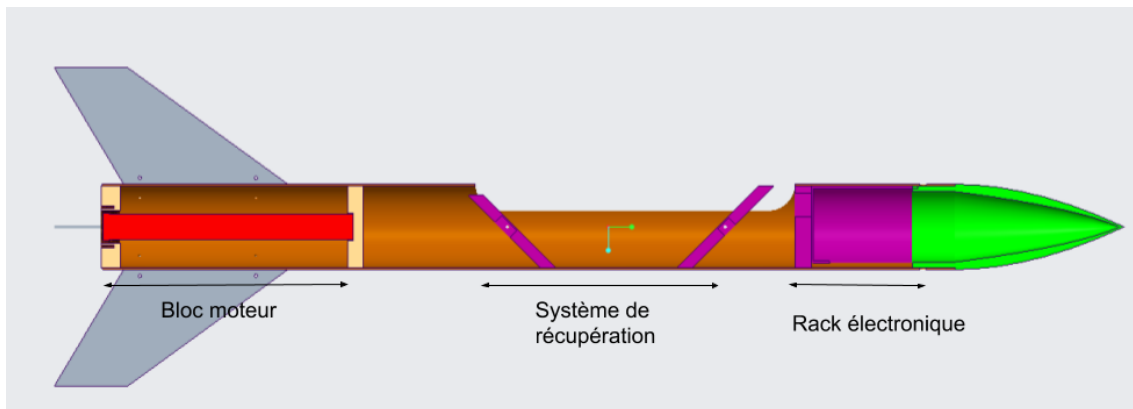


FIGURE 3.1 – Aperçu général de STAROS-I.

La structure de STAROS-I est en peau porteuse, c'est-à-dire que tous les éléments internes sont directement fixés à la peau. Elle est constituée d'un tube en PVC de diamètre extérieur 80mm et de 700mm de long dans lequel la trappe du parachute a été découpée.

Le bloc moteur comporte deux éléments principaux, la bague de reprise de poussée et la bague de centrage moteur. la bague de reprise de poussée est en MDF de 18mm d'épaisseur et la bague de centrage en en MDF de 5mm d'épaisseur. La bague de reprise des effort moteur elle, est fixée à la peau grâce à 4 inserts et des vis M4. Afin de s'assurer de sa résistance, une étude mécanique de déformation à été réalisée. La déformation maximale est de $6 \cdot 10^{-5}$ mm pour un effort correspondant à celui du moteur. On peut donc en conclure que la bague est suffisamment résistante.

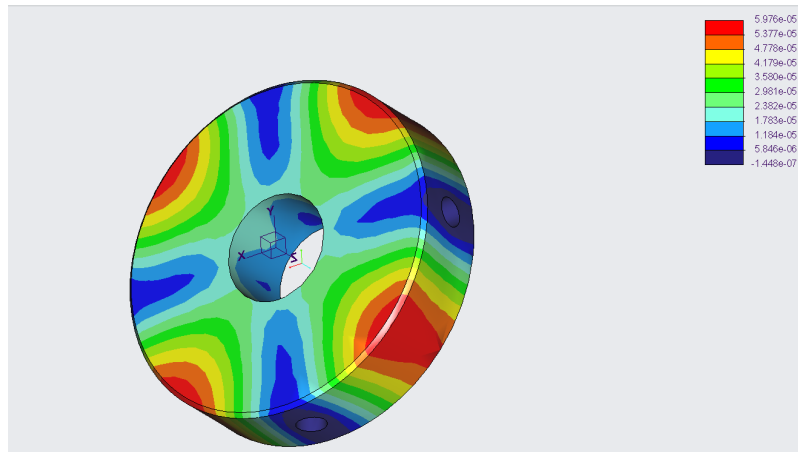


FIGURE 3.2 – Simulation de la déformation de la bague de récupération de poussée.

La bague de centrage est quant à elle fixée à la bague de reprise de poussée par l'intermédiaire de 2 tiges filetées. Cette bague sert juste à guider le moteur lors de son installation et permet de le maintenir dans l'axe. Cette bague est importante car nous avons pour objectif de mesurer la température pendant le vol. Pour ce faire, nous avons une lame attachée à la bague de reprise de poussée qui va permettre de maintenir un thermocouple en contact avec le moteur. La bague de centrage est donc essentiel car elle doit recentrer le moteur qui serait décalé par la lame de mesure de température. Enfin le moteur est un pro-24 qui nous est fourni par le CNES.



FIGURE 3.3 – Bague de centrage moteur bas.

Les ailerons sont maintenus grâce à 8 supports en aluminium entourant le corps de la fusée. Ils nous permettent de maintenir les ailerons fermement et permettent aussi un ajustement facile de l'angle des ailerons afin qu'ils soient le plus aligné possible.

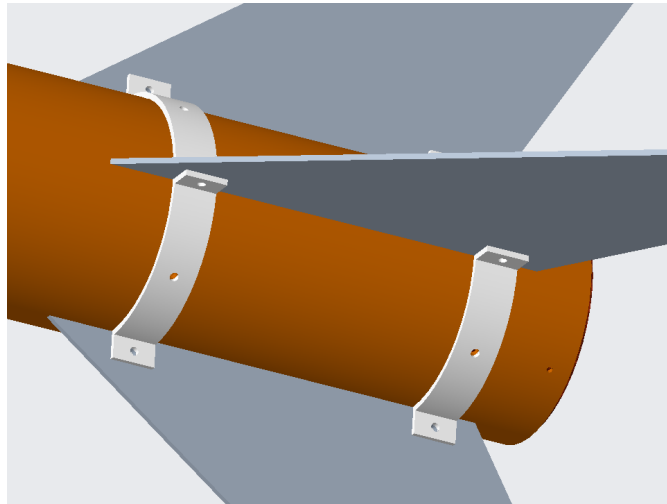


FIGURE 3.4 – CAO de la fixation des ailerons sur le corps.



FIGURE 3.5 – Fixation des ailerons sur le corps.



FIGURE 3.6 – Vue arrière des ailerons.

Le bloc parachute et le rack électronique sont décrits plus en détail dans leurs parties respectives.

Pour finir la coiffe est imprimé en 3D et est vissé au corps à l'aide de 4 vis M4, comme pour la bague moteur bas. Il est nécessaire que la coiffe soit démontable, c'est pourquoi 4 insert métalliques sont présents dans la coiffe et permettent un démontage facile et rapide de celle-ci.

3.2 Systeme de récupération

Le système de récupération de STAROS-I se compose d'un parachute déployé lors de l'ouverture de la trappe. Le parachute est relié à la fusée par une tresse réalisée en paracorde, un maillon rapide pour la fixation, voir figure 3.7 et d'un émerillon afin de les suspentes ne s'emmêlent pas.



FIGURE 3.7 – Le parachute utilisé.

Lorsque l'apogé est atteinte, le séquenceur (voir partie 3.2) commande l'ouverture d'un servomoteur qui libère la trappe. Aidé par un ressort, elle entraîne le parachute en dehors de la fusée. Le parachute étant relié au corps de la fusée, il ralentit sa

chute. Afin de que le parachute sorte correctement, des guides imprimés en 3D sont situés à chaque extrémités de la trappe.

Le système d'ouverture de la trappe fonctionne avec un crochet monté sur un servomoteur. Lorsque le crochet est en position fermée, il bloque la trappe par l'intermédiaire d'une boucle visée sur la trappe. Le servomoteur est fixé sur une bague imprimée en 3D. Cette bague est fixée à la peau par l'intermédiaire de 4 vis.

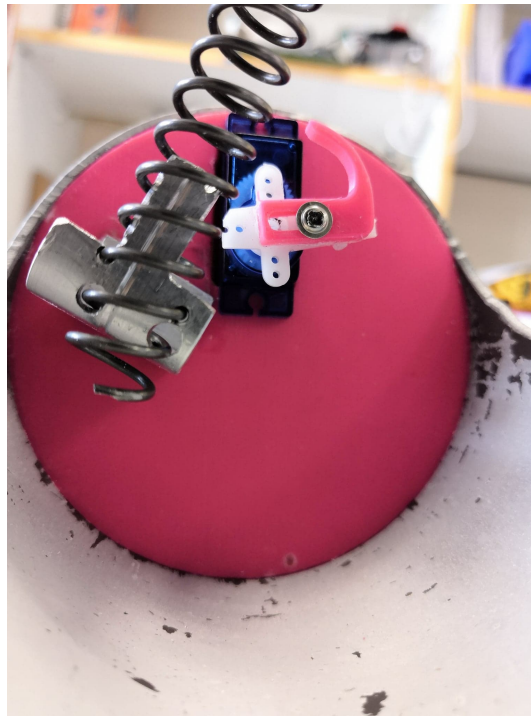


FIGURE 3.8 – Crochet de fermeture/ouverture de la trappe et de son servomoteur.

3.3 Stabtraj

La figure suivante montre le stabtraj prévisionnel. N'ayant pas encore le poids définitif de tous les composants, notamment l'électronique il peut encore varier très légèrement.

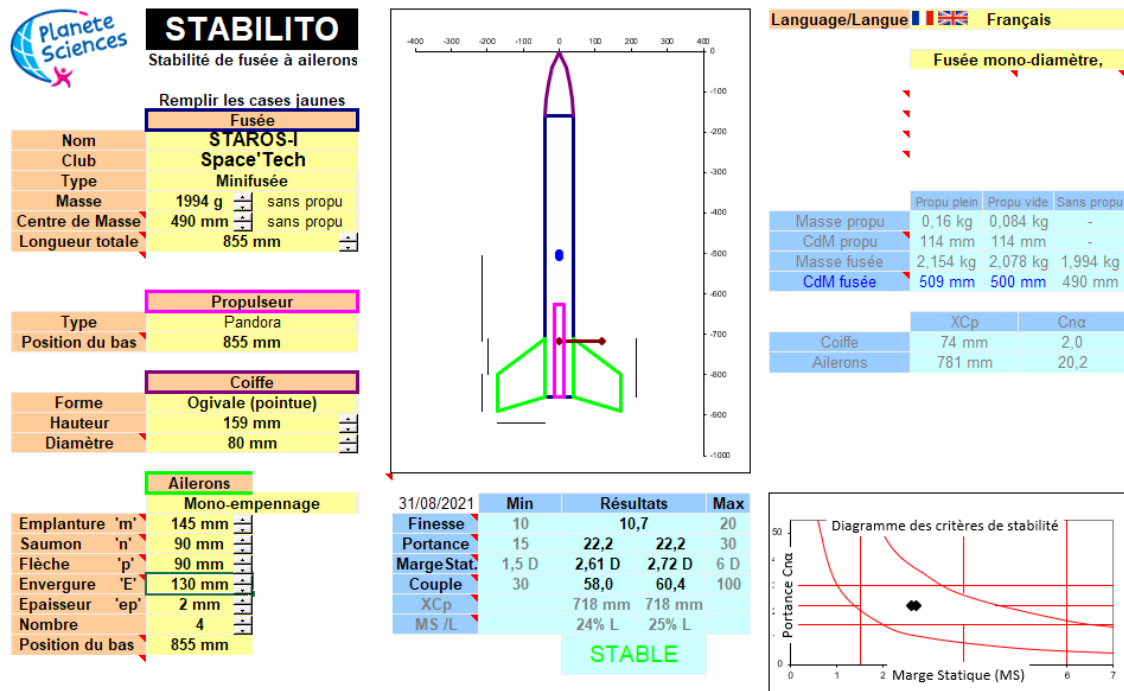


FIGURE 3.9 – Stabtraj : Géométrie de la fusée et stabilité

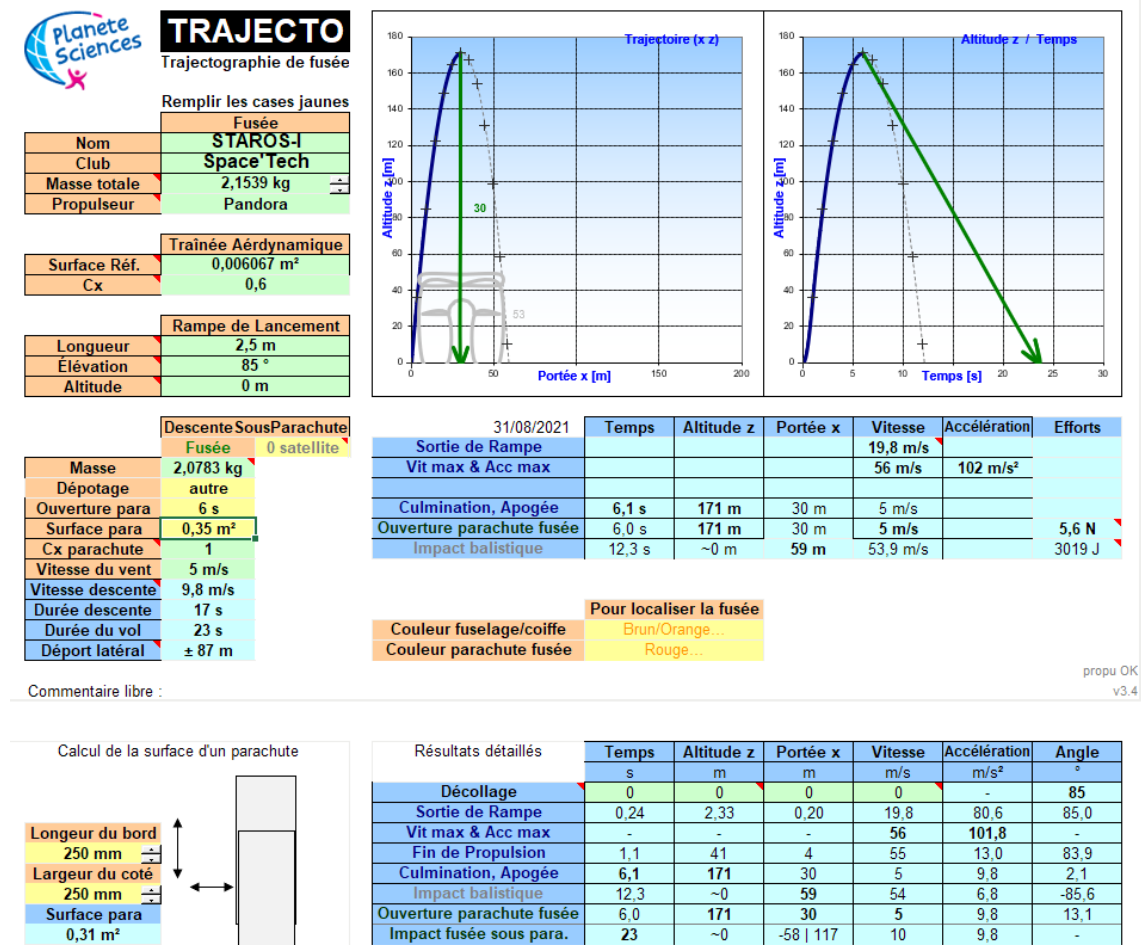


FIGURE 3.10 – Stabtraj : Trajectoire

4.Description électronique

Situé dans la partie haute de la fusée, le rack électronique, est composé de 4 cartes, de bas en haut :

1. Carte de distribution : assure la connection entre les cartes électroniques de contrôle et les actionneurs et indicateurs.
2. Séquenceur : permet l'ouverture du parachute.
3. Carte expérience : acquière et enregistre les données issues des capteurs
4. Carte capteur : maintiens les capteurs.

Afin d'éviter que la partie expérience n'agisse sur le système de récupération, les deux ensembles sont totalement séparés, alimentation et PCB différents.

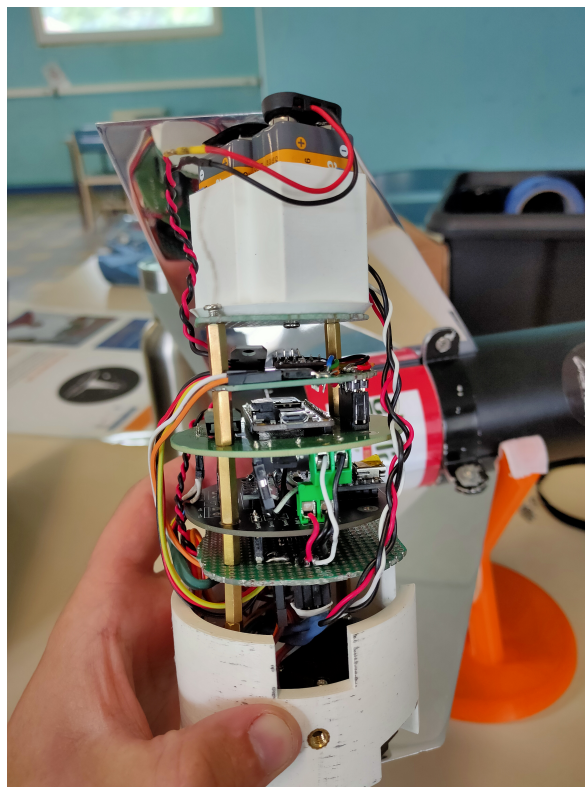


FIGURE 4.1 – Rack embarqué

Il a été choisi de réaliser le séquenceur sur la base d'une arduino nano et d'un timer. Au décollage un câble jack se débranche de la fusée ce qui a pour effet de démarrer un timer sur l'arduino. Au bout d'un certain temps, t_{vol} , le séquenceur commande l'ouverture du parachute. La détermination de t_{vol} est faite grâce au Stabtraj qui donne le temps d'arrivée à l'apogée.

La carte expérience utilise une carte feather adalogger. L'accéléromètre et le capteur de pression sont reliés par un bus I2C. La sauvegarde des données est effectué sur la carte SD qui est intégrée à la carte.

Le rack est fixé au corps de la fusée par l'intermédiaire de 4 vis dans la bague de maintien du servomoteur. Les cartes sont maintenues entre elles grâce à des entretoises.

5. Déroulement du vol



FIGURE 5.1 – Photo au decollage de STAROS-I

Le lancement de STAROS-I s'est fait le vendredi 16 Juillet à 12h10. Le ciel était bleu mais très nuageux.

STAROS-I devait être envoyé aux alentours de 10h30, toutefois lors de la préparation de la fusée, juste avant de la mettre en rampe, le servomoteur a cessé de fonctionner et donc la trappe du parachute ne se fermait pas comme à la normal. La fusée a donc dû être ramenée en tente pour tenter de réparer le dysfonctionnement. Une fois en tente, le problème a été identifié, il s'agissait d'un câble qui s'était dessoudé. Une fois ressoudé, il a fallu attendre que l'intégralité des vols de la matinée se fasse pour pouvoir à nouveau lancer la fusée. Pour la seconde tentative de vol, toute la préparation et la mise en rampe s'est faite sans aucun problème tout en suivant la chronologie.

Au niveau du vol, au décollage la fusée est montée droite puis une fois arrivée à l'apogée elle s'est bien retournée pour entamer sa chute. Au même moment, la trappe du parachute s'est ouverte sans problème et le parachute s'est ensuite bien déployé pour permettre à la fusée d'effectuer un atterrissage en douceur et un vol nominal.



FIGURE 5.2 – Photo à l'atterrissage de STAROS-I

Au final, la fusée a atterri sur deux de ses ailerons sans pour autant les endommager (ni tordu ni dégradé le polissage de ces derniers). Seules les attaches des ailerons ont été tordues mais il suffira juste de les tordre dans l'autre sens pour qu'elles soient à nouveau opérationnelles. De plus, une fois ouverte pour pouvoir récolter les données de l'expérience, un impact à l'intérieur de la coiffe a pu être observé dû au choc des piles sur la coiffe qui a dû se produire lors de l'atterrissage.

6. Expérience

6.1 But de l'expérience

Le but de cette mini-fusée est de servir de base pour la réalisation d'une fusée expérimentale, c'est pourquoi nous souhaitons mesurer plusieurs paramètres :

Accélération et vitesse de rotation sur les 3 axes afin d'obtenir une trajectographie. De plus, la pression ainsi que la température sont mesurées lors du vol.

6.2 Choix des composants

D'après le Stabtraj l'accélération maximale ne dépasse pas 11g, ainsi nous avons choisi d'utiliser l'imu (Inertial measurement unit) mpu 9250 car il a une plage de mesure suffisante.

6.3 Exploitation des résultats

Pour le moment, seule une petite partie des données brutes ont été exploitées. Afin d'obtenir l'altitude maximale de la fusée, les données du capteur de pression ont été utilisées. Cela a été effectué en utilisant l'équation suivante :

$$P = P_b \cdot \left[\frac{T_b + L_b \cdot (h - h_b)}{T_b} \right]^{\frac{-g_0 \cdot M}{R^* \cdot L_b}} \quad (6.1)$$

Avec cette méthode on obtient la courbe d'altitude suivante :

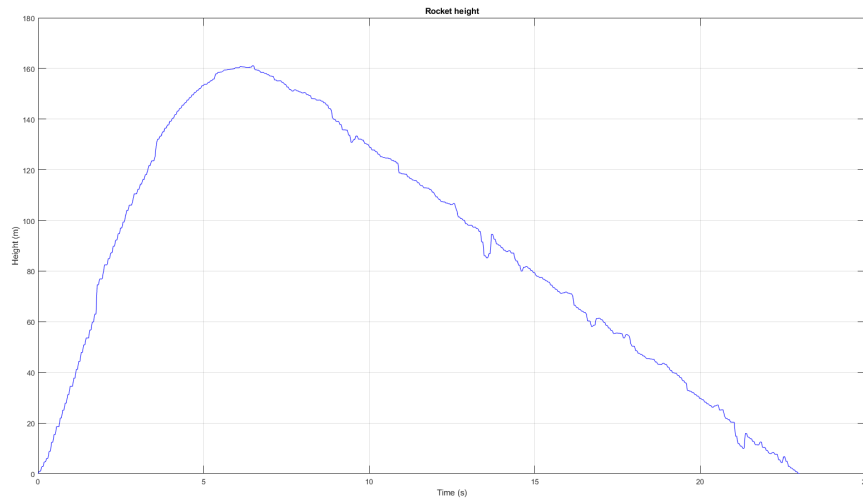


FIGURE 6.1 – Graphique de l'altitude en fonction du temps

Comme l'on peut le voir sur le graphique ci dessus, la hauteur maximale atteinte calculée est de 160m, ce qui représente une différence de 6% avec ce qui était prévu par le StabTraj. Cet écart peut s'expliquer par le fait que le modèle qui calcule la hauteur à partir de la pression n'est pas parfait et dépend des conditions atmosphériques qui n'étaient pas totalement connues lors du lancement.

La suite des données sera interprétée dès la rentrée scolaire après que chaque membres du projet aura fini sa période de stage obligatoire. Cette analyse consistera en la création d'un outil permettant de retracer la trajectoire complète de la fusée en 3 dimensions à partir des données reçues par l'accéléromètre et le gyroscope.

7. Conclusion

Le vol de STAROS-I ayant été nominal toute l'équipe en est très heureuse et ressort de cette expérience avec de nouvelles connaissances tant techniques qu'humaines. Nous avons également pu voir l'importance de planifier correctement un projet, notamment la réalisation d'une CAO complète et finale.

A. Annexe

A.1 Chronologie

Ateliers		
Personnes concernées	Horaire	Actions à faire
Hugo/Aymerick	T-40 min	Vol simulé
Aymerick	T-25 min	Vérification des données carte SD
Aymerick	T-23 min	Changement des piles 9V
Aymerick	T-20 min	Pliage parachute

Tente de pré-vol		
Personnes concernées	Horaire	Actions à faire
Hugo	T-17 min	Vérification des caméras

Pas de tir		
Personnes concernées	Horaire	Actions à faire
Hugo	T-15 min	Prise des coordonnées GPS
Hugo	T-14 min	Mise sous tension séquenceur
Hugo	T-13 min	Mise sous tension expérience
Hugo/Aymerick	T-12 min	Mettre la fusée sur le trépied
Aymerick	T-11 min	Appuis bouton initialisation IMU
Aymerick	T-10 min	Attente initialisation
Hugo/Aymerick	T-9 min	Mettre la fusée en rampe
Aymerick	T-5 min	Verifier que les LEDs Init clignotent
Aymerick	T-4 min	Mettre le jack dans la fusée
Aymerick	T-3 min	Fixer le jack à la rampe
Aymerick	T-2 min	Verifier que les LEDs vertes soient actives

A.2 Schémas électriques

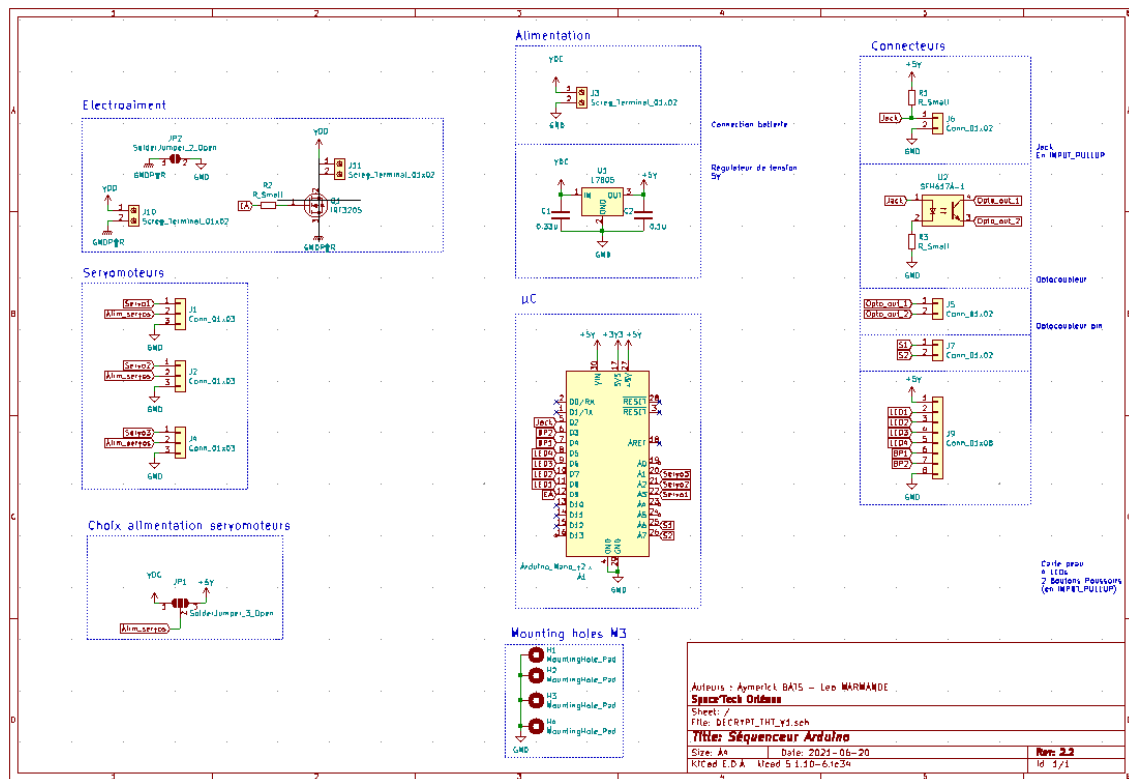


FIGURE A.1 – Plan du séquenceur.

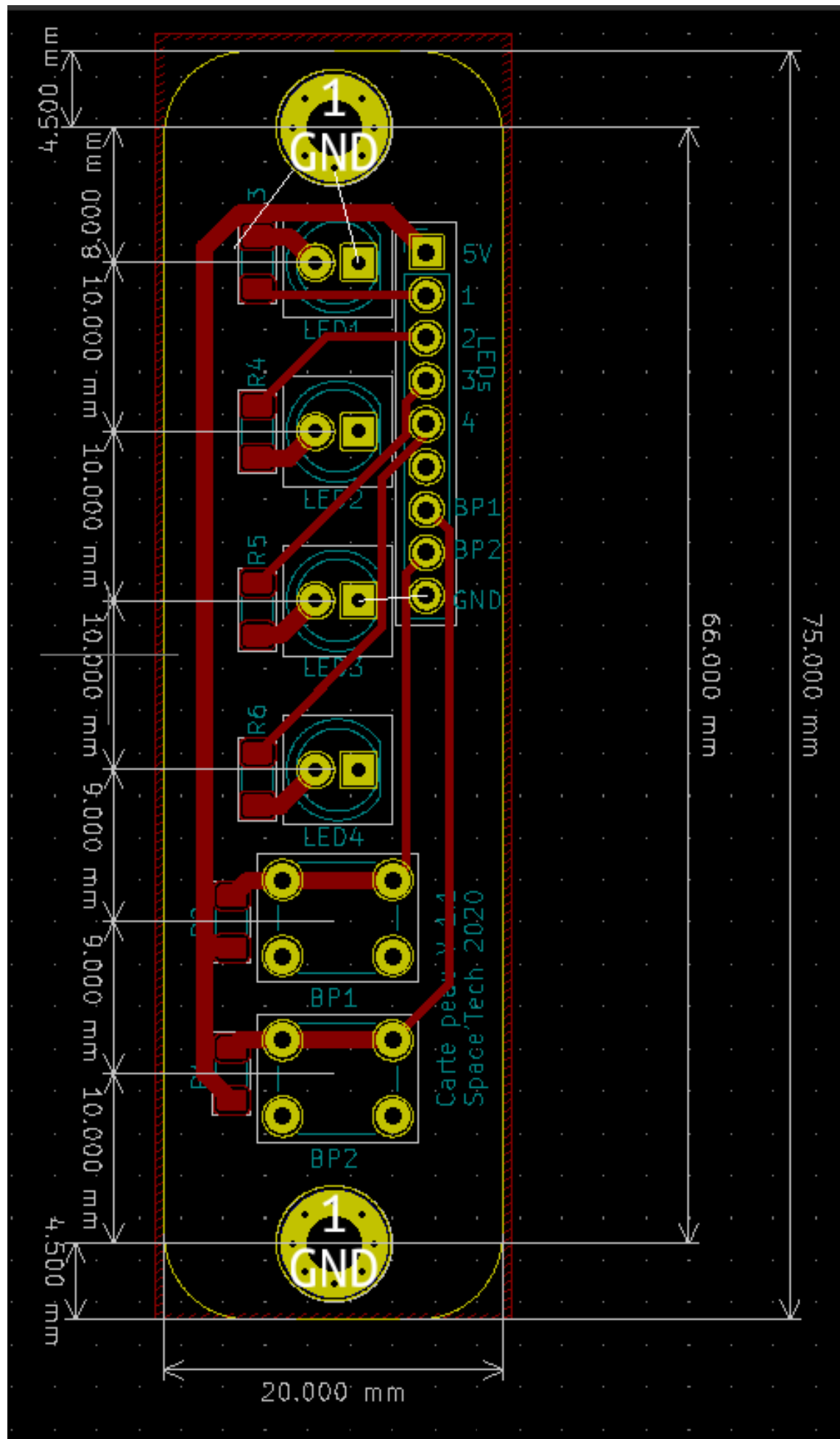


FIGURE A.2 – PCB pour la carte led.

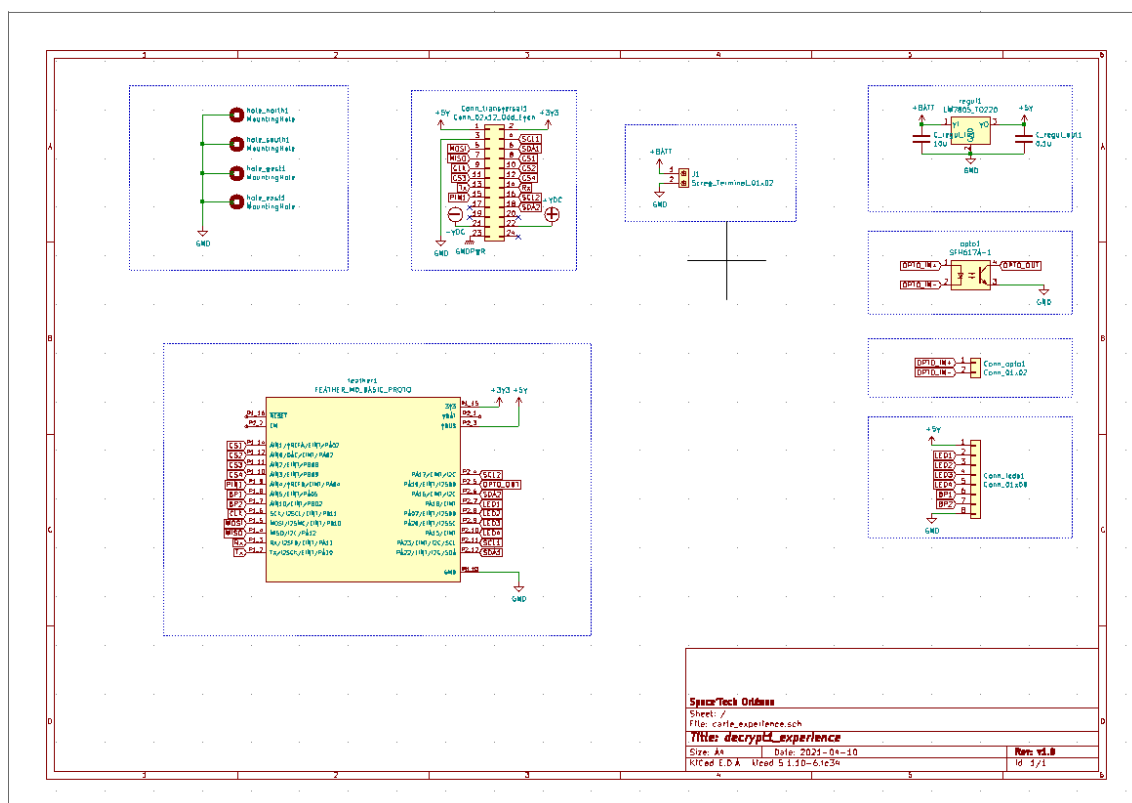


FIGURE A.3 – Plan carte expérience