

DOCUMENT DE FIN DE PROJET

C'SPACE 2023 - MISSION FUSÉE BULON



© Charles Pilon

SOMMAIRE

1	Introduction	<i>p1-2</i>
2	Objectifs	<i>p3</i>
3	Système mécanique	<i>p4-5</i>
4	Système électronique	<i>p6-7</i>
5	Résultats	<i>p8-9</i>
6	Améliorations	<i>p10-11</i>
7	Conclusion	<i>p12</i>

INTRODUCTION

Présentation du C'Space

Le C'Space est une campagne nationale de lancement de projets étudiants dans le domaine de l'espace. Il est organisé par le CNES en partenariat avec Planète Sciences. Durant plus d'une semaine, des étudiants venus des 4 coins de la France mais aussi de l'étranger se rassemblent dans une base militaire dans le but de lancer des fusées expérimentales, des minifusées, de larguer des CanSat et de lâcher des ballons stratosphériques qu'ils ont conçus pendant l'année.



Cette année nous avons fêté les 60 ans du C'space avec de nombreux événements. Nous avons ainsi pu rencontrer de nombreux professionnels du monde du spatial et leur présenter notre projet. Grâce à la conception d'une mini-fusée, nous avons pu découvrir le fonctionnement du C'space dans son intégralité, ce qui nous a passionnés. L'un des meilleurs points de cette campagne est de pouvoir rencontrer et échanger avec d'autres clubs comme le nôtre. Cette ambiance permet de créer un esprit d'entraide au sein de l'atelier dans lequel nous bricolons nos fusées.

INTRODUCTION

Présentation de l'équipe

L'équipe est composée de 3 étudiants de l'école des Mines de Saint-Étienne suivant le parcours Ingénieur Civil des Mines.



DOURDAIN Malo
Responsable de
la partie
électronique

malo.dourdain@etu.emse.fr



HUSSON Quentin
Responsable de
l'usinage et de
l'assemblage

quentin.husson@etu.emse.fr



MARTIN Erwin
Responsable de
la modélisation
3D

erwin.martin@etu.emse.fr

Le travail de notre équipe repose sur une répartition du travail qui optimise notre efficacité. Chaque personne réalise les tâches qui lui sont attribuées tout en échangeant avec les autres membres de l'équipe afin d'exploiter toutes les idées. Nous nous réunissons régulièrement lors de phases de réflexions afin de s'assurer que le projet bénéficie de l'expertise de chaque membre de l'équipe.

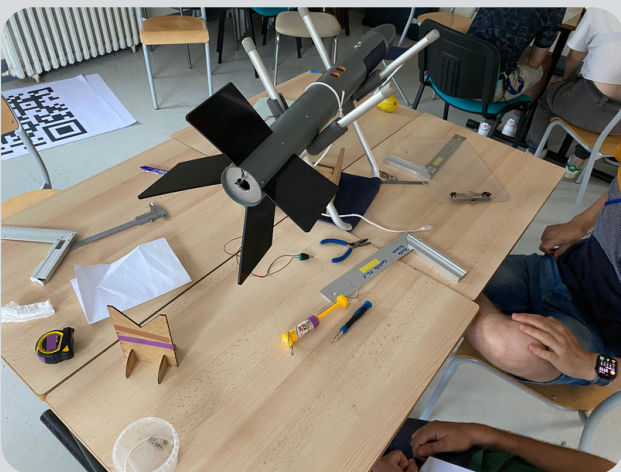
OBJECTIFS

Présentation du projet

Nous souhaitons par l'intermédiaire de ce projet, réaliser une entrée dans le monde de l'aérospatial en réalisant notre première mini-fusée nommée « Fuséebulon ».

Nous avons décidé de mesurer la variation du taux de CO₂ pendant le vol balistique de la fusée à différentes altitudes. En effet, le contrôle des émissions de gaz à effet de serre demeure un enjeu environnemental primordial.

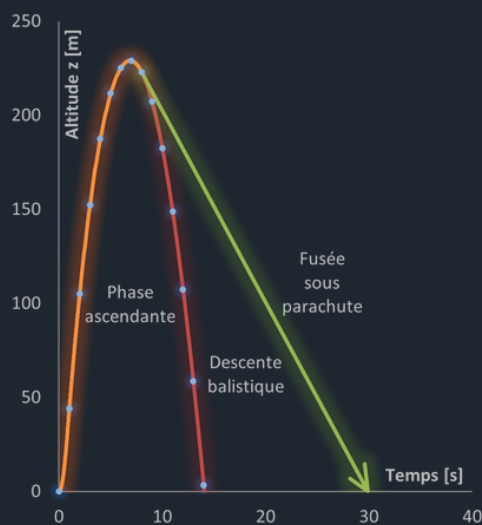
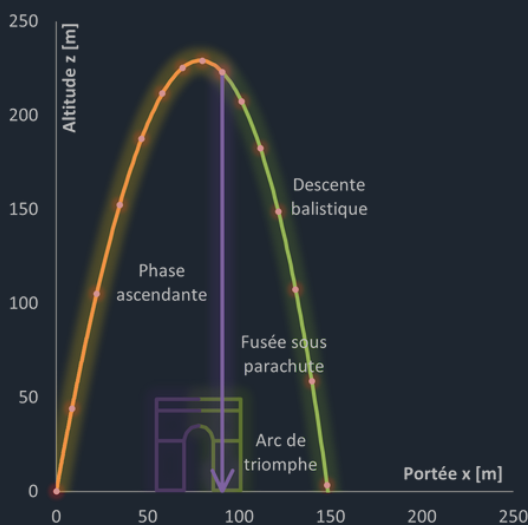
Connaître la variation du taux de CO₂ en fonction de l'altitude permettrait d'optimiser le pompage des gaz à effet de serre dont le CO₂. Nous avons donc cherché à mesurer l'altitude à laquelle le CO₂ était le plus concentré.



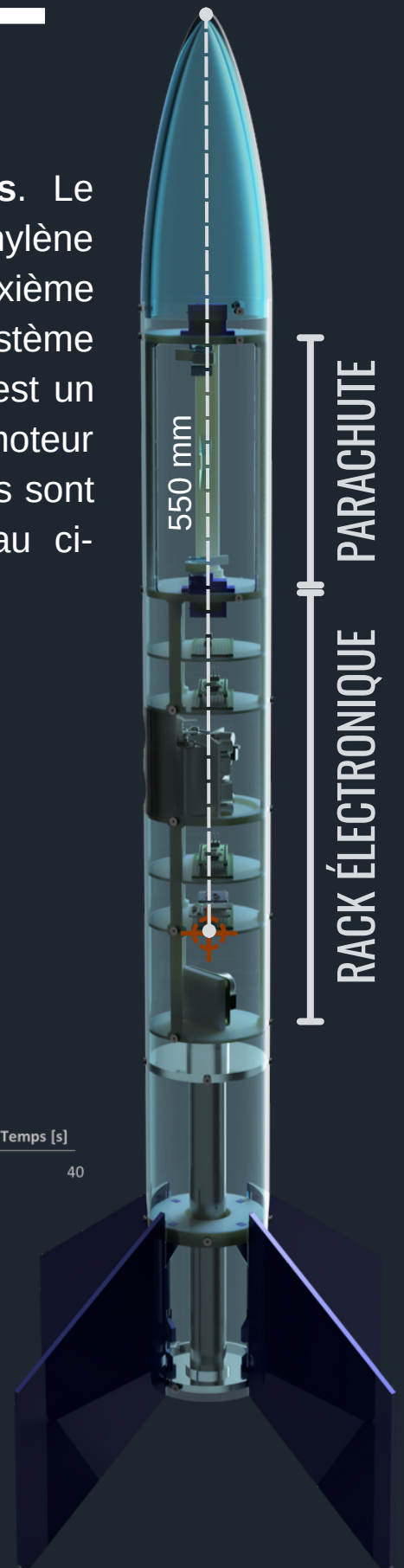
MÉCANIQUE

Aperçu

Notre fusée peut se décomposer en **3 blocs**. Le premier contient le moteur, les ailerons en polyéthylène ainsi que leur système de fixation. Le deuxième contient le rack électronique et le troisième le système de récupération. Le corps principal de la fusée est un tube de PVC. Les 2 pièces qui maintiennent le moteur sont en aluminium, tandis que le reste des pièces sont en PLA. À partir des données dans le tableau ci-dessous, StabTraj estime les résultats suivants.



HAUTEUR	DIAMÈTRE	MASSE SANS PROPULSEUR
870 mm	80 mm	1600 g

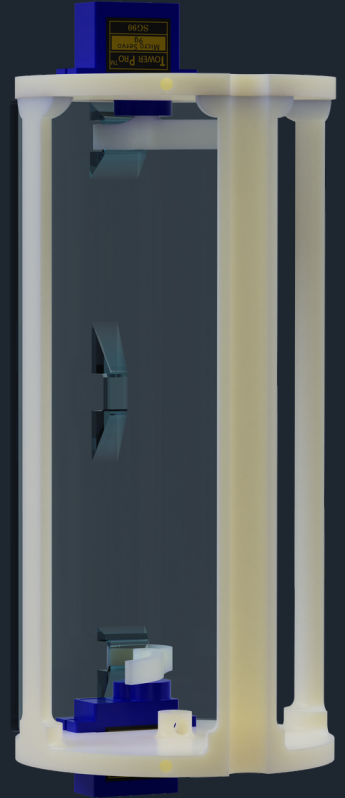


MÉCANIQUE

Système d'éjection du parachute

Nous utilisons une trappe qui est maintenue par deux spirales chacune fixée sur un servomoteur. La trappe est attachée à un parachute qui est lui-même attaché à la fusée. À l'apogée, les servomoteurs font un mouvement de rotation qui libère et pousse la trappe.

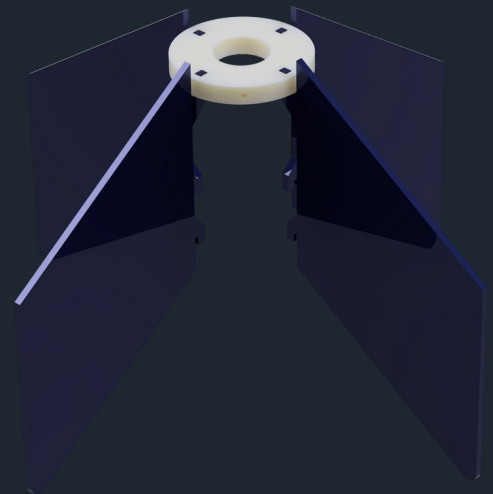
Une animation pour l'éjection de la trappe est disponible [ici](#).



Fixation des ailerons

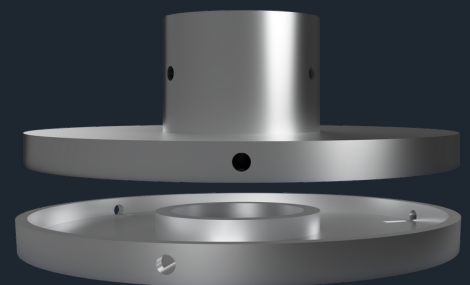
Les ailerons sont munis de deux encoches. Celle du bas s'enclenche dans le corps et celle du haut dans un anneau vissé dans le corps.

Une animation pour le montage de la fusée est disponible [ici](#).



Fixation du moteur

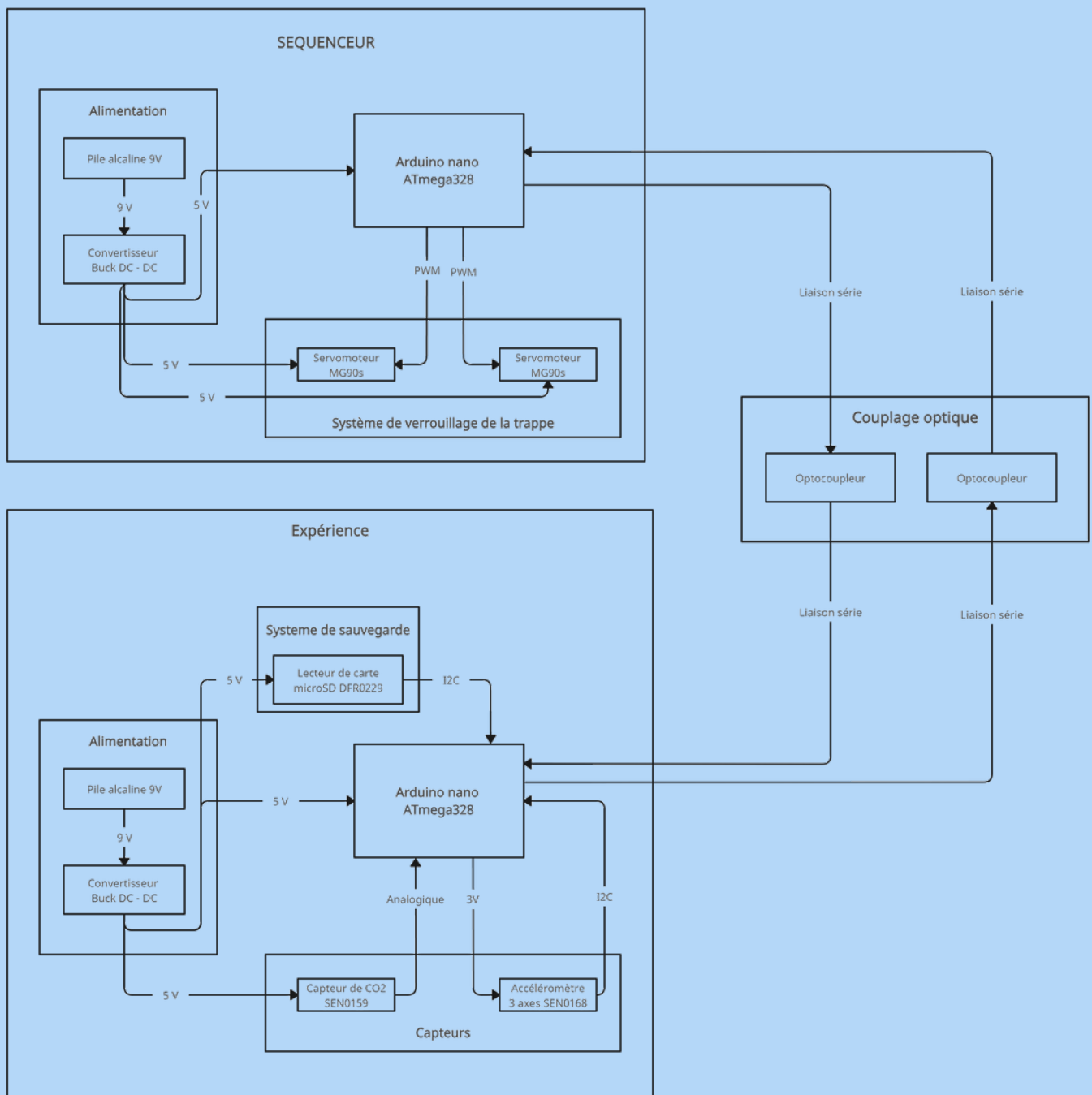
Le moteur est fixé grâce à deux anneaux en aluminium et une languette en métal sur l'anneau du bas.



ÉLECTRONIQUE

Schéma

Le système électronique embarqué dans notre fusée est composé de deux sous-systèmes communiquant entre eux par l'intermédiaire d'optocoupleurs : un séquenceur dont le rôle est de détecter le décollage et de déclencher le déploiement du parachute, et une charge utile dont l'objectif est de réaliser et de stocker des mesures.



ÉLECTRONIQUE

Rack

Optocoupleurs

Ils permettent de relier la partie séquenceur (pour l'éjection du parachute) à la partie utile (pour la mesure du taux de CO₂).

Arduino Nano

Carte qui commande la partie séquenceur.

Alimentation

Deux piles 5V ainsi que deux convertisseurs DC-DC assurent l'alimentation électrique de la fusée.

Arduino Nano

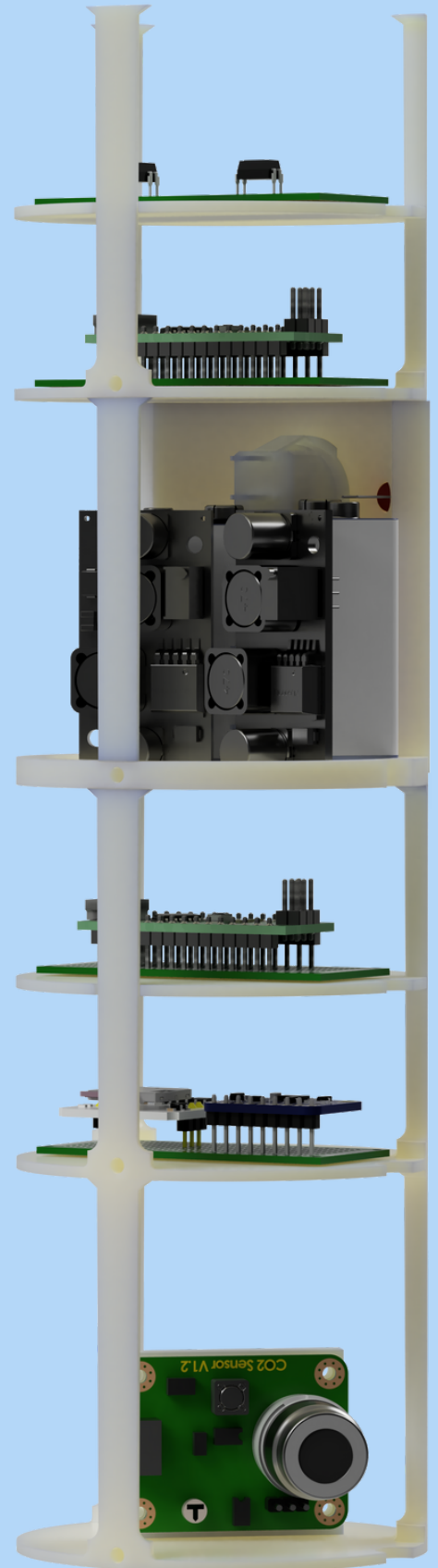
Carte qui commande la partie utile.

Accéléromètre et lecteur de carte micro SD

- L'accéléromètre SEN0168 de DFRobot permet de mesurer l'accélération.
- Le lecteur DFR0229 de DFRobot permet de stocker les mesures du taux de CO₂ dans une carte micro SD.

Capteur de CO₂

Modèle SEN0159 de DFRobot.

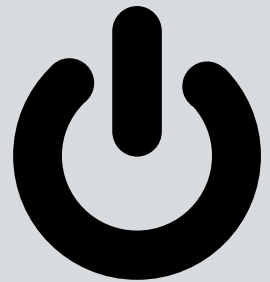


RÉSULTATS



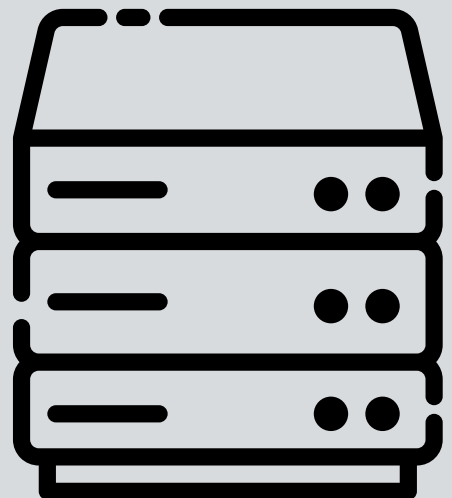
Le lancement de la fusée a eu lieu le **mercredi 19 juillet à 16h18** sur la rampe Falbala. Les **conditions météo étaient favorables** avec un vent faible et un plafond nuageux au-dessus de l'apogée du lanceur (plafond à 600 m).

La fusée est restée allumée 10 minutes sur la rampe. Le vol fut nominal avec une ouverture parachute au sommet de la parabole. La fusée a atteint son apogée à $T + 5$ secondes et a atterri à $T + 27$ secondes.



Le lanceur est redescendu à une vitesse d'environ 10 m/s. La redescente fut trop rapide au vu des dégâts subis à l'atterrissage. En effet, lors de l'impact un aileron a été tordu et une fixation de la coiffe a été arrachée.

Les données des capteurs ont été enregistrées sur une carte microSD. L'écriture sur la carte SD s'est arrêtée 3 secondes après le lancement soit 11 minutes après l'allumage de la fusée. L'arrêt de l'enregistrement pendant la phase ascensionnelle nous empêche d'exploiter les résultats de capteurs qui étaient calibrés pour effectuer des mesures lors de la redescente.



RÉSULTATS

L'enregistrement s'est arrêté 3 secondes après la phase d'accélération lorsque le lanceur était en microgravité, ce qui laisse penser que l'accélération du décollage n'est pas responsable de la défaillance. La réalisation de vols simulés et de tests sur l'ensemble des soudures après le lancement nous a permis d'écarter l'hypothèse d'un problème de soudure. Un test d'autonomie de la partie électronique responsable de la sauvegarde des données montre une durée opérationnelle d'environ 15 minutes. Cependant la batterie alimente un capteur muni d'un élément chauffant dont la consommation dépend de la température extérieure. Ainsi, il est probable que l'interruption de l'enregistrement soit dû à un manque d'énergie.



AMÉLIORATIONS

Dans le but de réaliser prochainement une FUSEX, nous allons analyser les performances des solutions mises en place pour respecter le cahier des charges afin de juger de leur réutilisation.

NOM DE L'IDÉE	COMMENTAIRES
Système d'ouverture de la trappe à l'aide de 2 spirales et de 2 servomoteurs	Ce système est intéressant car il permet d'avoir 2 points d'attaches, ce qui permet une grande fiabilité. Cette solution a bien fonctionné, nous allons la retenir.
Fixation des ailerons à l'aide d'un anneau central et de fentes	C'est une méthode fonctionnant correctement mais complexe à mettre en place. On privilégiera plutôt un système classique d'équerre. De plus, à cause du manque de précision de la découpe des fentes pour les ailerons, la fixation n'est pas idéale.
Système de rack pour la fixation de l'électronique	Ce système est pratique car le rack est facilement escamotable. Cependant, les câbles restent nombreux et beaucoup trop exposés. À l'avenir nous utiliserons des PCB.
Fixation de l'ensemble à l'aide d'anneaux fixés par des vis	Il est assez difficile de parfaitement aligner les trous avec les anneaux derrière. Il serait mieux d'utiliser un usinage plus précis.
Anneau de centrage et de rétention du moteur en aluminium	Cette solution est très efficace pour isoler la partie moteur de l'électronique. Ces pièces ont été usinées par un professionnel, ce qui nous a permis d'avoir une grande précision.

AMÉLIORATIONS

NOM DE L'IDÉE	COMMENTAIRES
Blocage du moteur à l'aide d'une languette	Cette languette n'est pas pratique pour les pyrotechniciens et difficile à produire car très cassante. Pour une FUSEX, nous envisageons d'utiliser un blocage du type bague de serrage.
Ailerons en polyéthylène	Cette matière a une meilleure résistance à la chaleur que le PLA. Nous retenons l'idée.
Tube en PVC	Nous pensons pour notre prochain projet utiliser un tube en fibre de carbone car cette matière est plus légère et plus solide que le PVC.
Dimensionnement du parachute	Le parachute n'était pas assez grand pour ralentir suffisamment la fusée lors de sa descente, ce qui a causé quelques dégâts. Ainsi, pour notre prochain projet, nous penserons à légèrement surdimensionner le parachute afin de récupérer la fusée intacte.
Utilisation de piles 9V	Cette solution était parfaite pour une mini-fusée. Cependant pour une Fusex nous devons utiliser des Batteries Li-Po avec lesquelles il faudra être très prudent.

CONCLUSION

Pour conclure, la conception de notre fusée a été une **expérience très enrichissante** qui nous a permis de faire face à de nombreuses difficultés que l'on a réussi à surmonter. Cela nous permettra sans doute de réaliser un projet bien plus ambitieux l'année prochaine.

Concernant les résultats de l'expérience, le manque de précision du capteur de CO₂ ne nous permet pas de conclure sur la phase d'ascension. Comme nous avons pour objectif de mesurer la variation de ce gaz pendant la phase de descente en parachute et que les données ont arrêté d'être écrites sur la carte micro SD peu après le déploiement du parachute, nous n'avons pas pu réaliser ces mesures.

Le **vol nominal** fut pour nous une grande réussite validant ainsi notre système d'éjection du parachute. L'année prochaine, nos principaux points d'amélioration se feront sur l'installation de l'électronique, l'amélioration de l'usinage et l'optimisation de la masse de la fusée qui était trop lourde. Nous avons pour objectif de réaliser une fusée bi-étage qui représente pour nous un gros défi, **ce qui nous motive**.

