

MF07-HANAMI

Lucas Jeannot
Vincent Fauquembergue
Matthieu Sandré

AéroIPSA
2021-2023



L'objectif de ce projet était d'expérimenter un système d'ouverture du parachute par la coiffe ainsi que de récupérer les différents paramètres de vol de la fusée (Accélération, Température, Pression, Gyroscopique). Durant le vol, le système d'ouverture du parachute par la coiffe n'a pas fonctionné mais la fusée a été récupérée intacte grâce au parachute de secours et nous avons pu récupérer tous les paramètres du vol mesurés par les capteurs.



Tables des matières

Introduction.....	3
Description mécanique.....	3
Description électronique et informatique.....	6
Carte séquenceur	6
Carte expérience	7
Carte affichage.....	8
Expérience	9
Expérience mécanique	9
Expérience électronique.....	9
Déroulement du vol.....	10
Résultats	11
Conclusion	13

Introduction

L'origine de ce projet provient d'une idée commune entre Lucas Jeannot et Vincent Fauquemberg. Nous souhaitons réaliser pour notre deuxième année d'étude une mini-fusée afin d'expérimenter un système d'éjection par la coiffe viable pour un potentiel projet futur. De nombreuses idées ont vu le jour et parmi elles, l'ouverture de la coiffe telle l'éclosion d'une fleur. Cela nous a fait penser à la période d'éclosion des cerisiers, appelée au Japon, Hanami. Nous avons cependant changé de système au cours de l'année, se penchant davantage sur une éjection complète de la coiffe. Néanmoins, le système imaginé n'était pas viable pour un lancement au C'Space 2022. Nous avons donc décidé, pour cette année 2022-2023, de repartir complètement de zéro, mais avec de meilleures connaissances des risques et dangers nous permettant de nous qualifier pour ce C'Space 2023.

Description mécanique

Description globale

Notre fusée se compose comme suit :

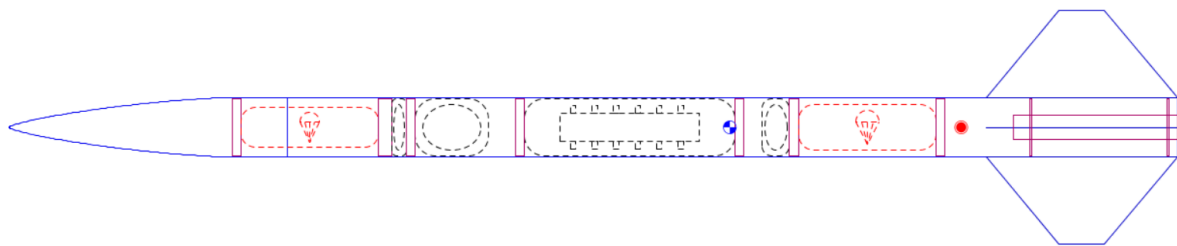


Figure 1: Schéma de répartition des différents composants dans la fusée

- Une coiffe ogivale dite ogive de Von Karman en fibre de verre, d'un diamètre de 65 mm et d'une longueur totale de 245 mm, à laquelle est rattachée une portion rectiligne de tube de même diamètre, également en fibre de verre et d'une longueur de 35 mm
- Un tube en fibre de verre, d'un diamètre externe de 65 mm et d'une longueur de 995 mm
- Un tube porte moteur de diamètre interne de 24 mm et d'une longueur de 177 mm, collé à la résine époxy sur deux bagues de centrage d'un diamètre de 63 mm et d'une épaisseur de 2 mm. Celles-ci sont également collées à la résine époxy dans le tube.
- Quatre ailerons en fibre de verre d'une épaisseur de 3 mm, collés au tube, au tube porte-moteur et aux bagues de centrage avec de la résine époxy.

Stabtraj et ailerons

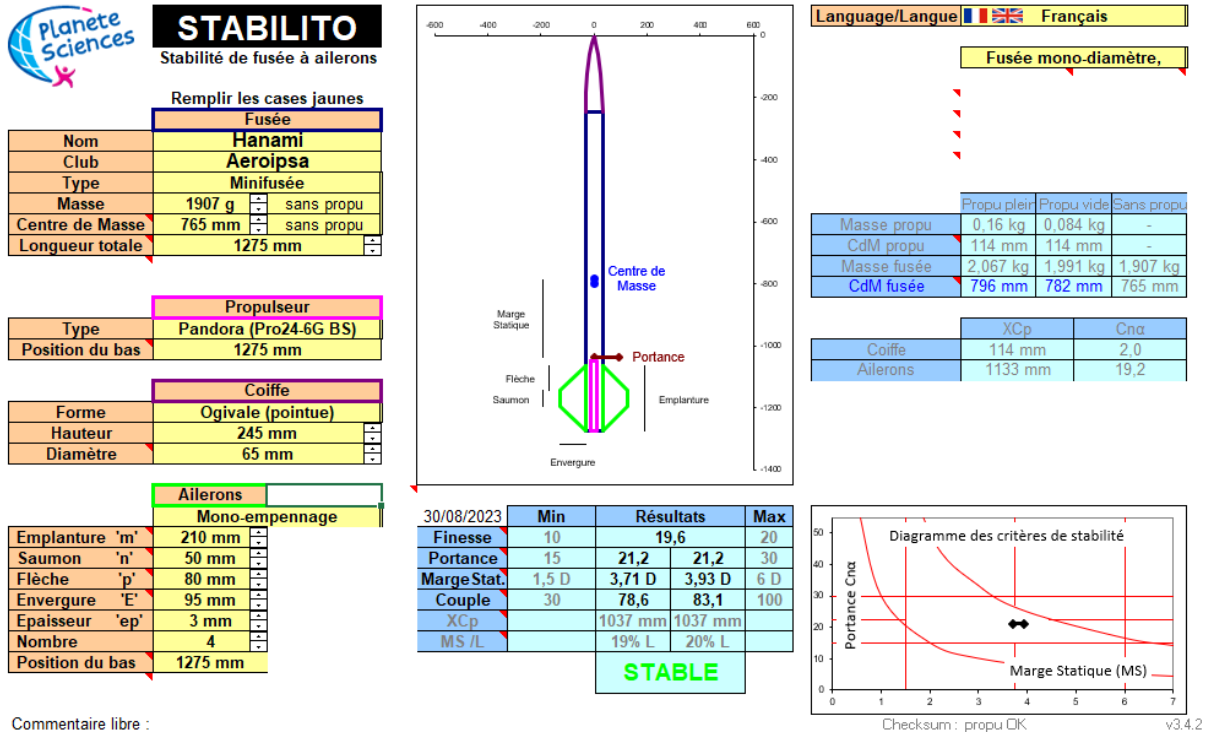


Figure 2: Stabtraj

Les ailerons sont des ailerons en diamant qui, comme dit précédemment, sont collés au reste de la fusée à l'aide de résine époxy. Ils sont en premier lieu collés au tube porte moteur et aux bagues de centrage. A ce collage sont rajoutés des congés en résine, entre les ailerons et le tube porte moteur et entre les ailerons et le tube, afin de rigidifier l'ensemble.

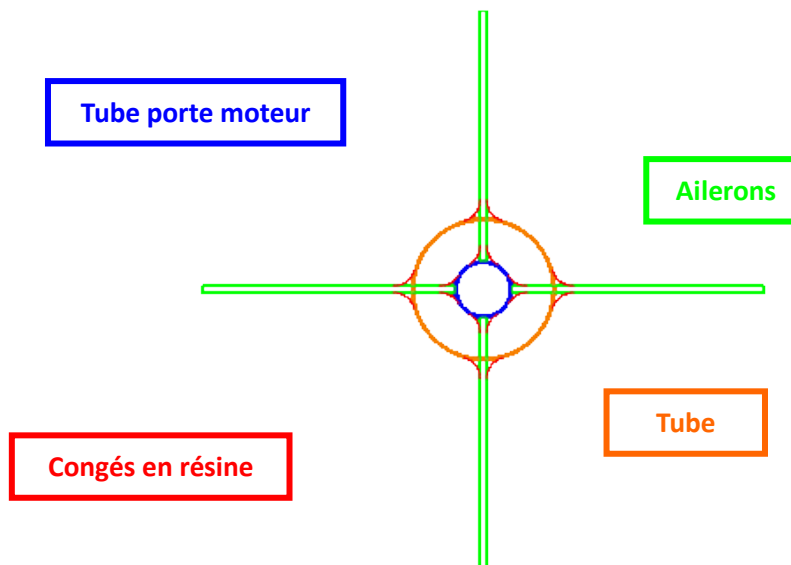


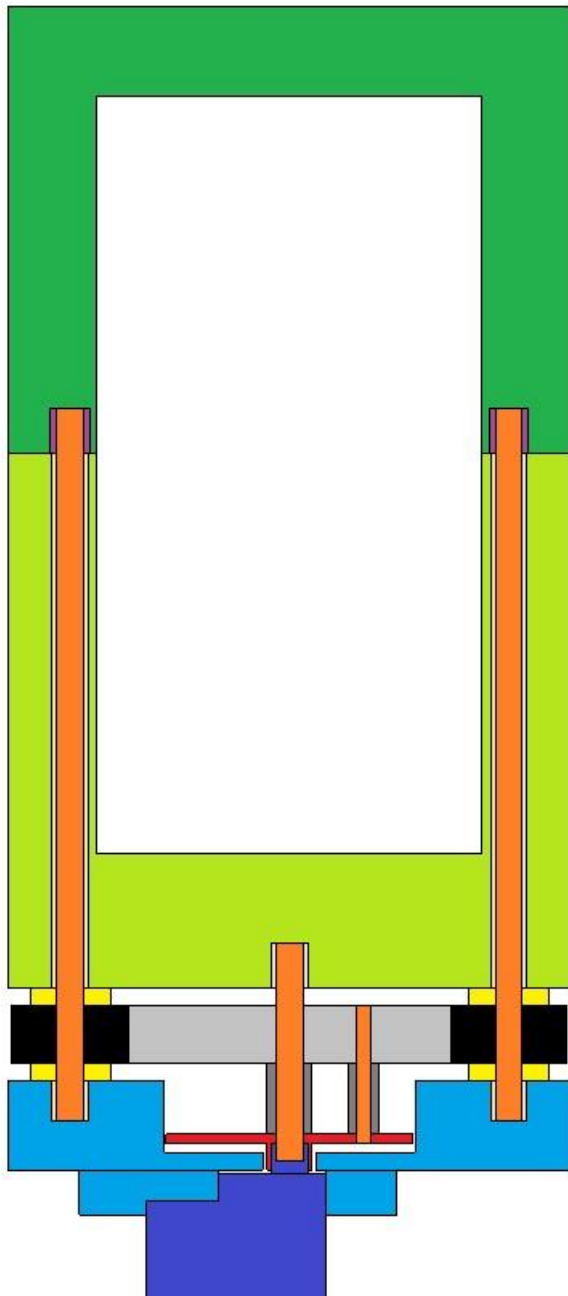
Figure 3 : Schéma de fixation des ailerons

Système de récupération

Notre fusée comporte deux systèmes de récupération :

- Un système de parachute classique s'ouvrant via une trappe latérale, faisant office de parachute de sûreté dans le cas où le deuxième système ne fonctionnerait pas
- Un système de parachute s'ouvrant via la coiffe, qui constitue notre expérience mécanique

Le système de parachute situé dans la coiffe se compose comme suit :



- Couvercle de boîte parachute
- Boîte parachute
- Tiges filetées
- Tubes en laiton
- Inserts
- Engrenages
- Engrenage
- Palonnier
- Tubes en aluminium
- Ecrus
- Support servomoteur
- Servomoteur

Figure 4 : Schéma du système de récupération

Pour déverrouiller le système, le servomoteur actionne les engrenages qui dévissent le couvercle de la boîte parachute.

Support mécanique des cartes électroniques

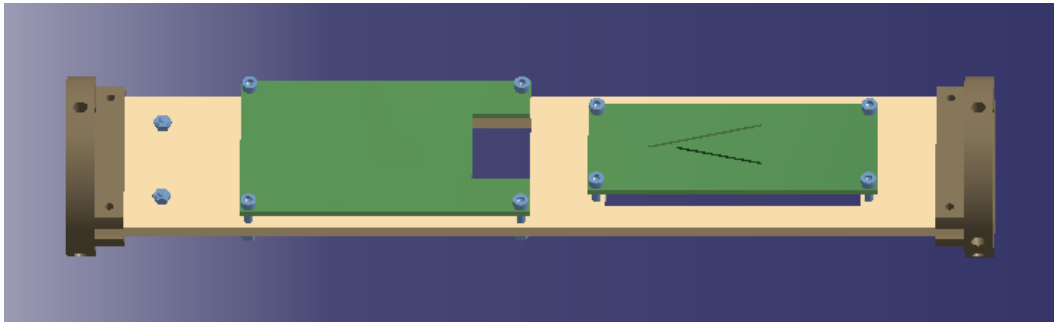


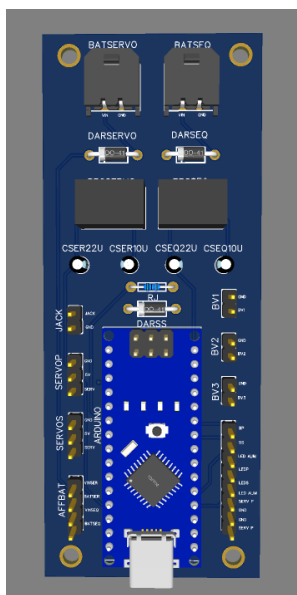
Figure 5: Support des cartes électroniques

Le support mécanique des cartes électroniques est composé d'une plaque de fibre de verre encadrée par deux bagues de fixation en PLA. Deux des trois cartes électroniques sont fixées en face à face et la troisième est fixée à part.

Description électronique et informatique

Concernant la conception de notre électronique, nous avons conçu entièrement nos circuits imprimés grâce au logiciel EasyEDA. Nous avons, à bord de notre fusée, trois cartes distinctes. La carte séquenceur, permettant l'ouverture du parachute primaire ou secondaire, la carte expérience, prenant les mesures de pression, de température et d'altitude ainsi que les données de vol d'accélération et d'orientation. Enfin la dernière carte était l'affichage permettant le contrôle de l'ensemble du système électronique depuis l'extérieur. Dans cette section, nous allons vous présenter l'ensemble de la partie électronique, de la conception des cartes, jusqu'à l'agencement final.

Carte séquenceur



Notre carte séquenceur est la suivante. Nous avons décidé de fournir à celle-ci deux alimentations. L'un étant destiné à l'alimentation de l'Arduino et au servomoteur de secours et l'autre pour le servomoteur principal. En effet, le servomoteur, utilisé pour éjecter la coiffe, a subi de nombreux efforts physiques. Ainsi, il nécessite énormément de courant et nous avons trouvé judicieux lui fournir une batterie propre afin d'éviter que le microcontrôleur Arduino soit coupé. Nous avons également placé des diodes afin d'empêcher un court-circuit en cas de mauvais branchement de l'alimentation. Enfin, nous avons disposé deux régulateurs de tension 9V/5V afin d'alimenter l'ensemble des cartes Arduino et moteur sans passer par le régulateur de tension interne à la carte Arduino Nano et risquer de l'endommager. Enfin, vous pouvez voir sur l'image de nombreuses sorties permettant de communiquer avec la carte affichage. En effet, nous avons supprimé toute communication avec la carte expérience afin d'éviter tous problèmes électriques. Voici également le schéma de la carte séquenceur :

Figure 6: Vu 3D de la carte séquenceur

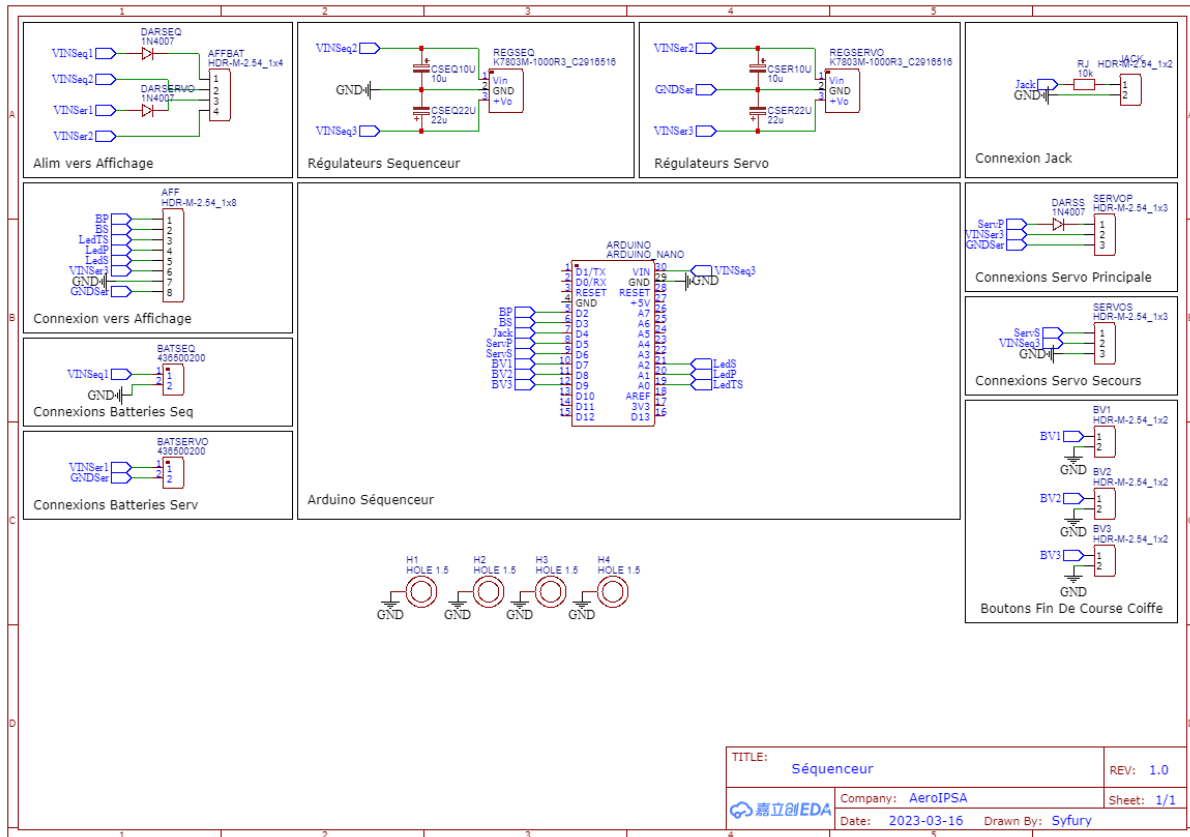


Figure 7: Schéma de la carte séquenceur

Carte expérience

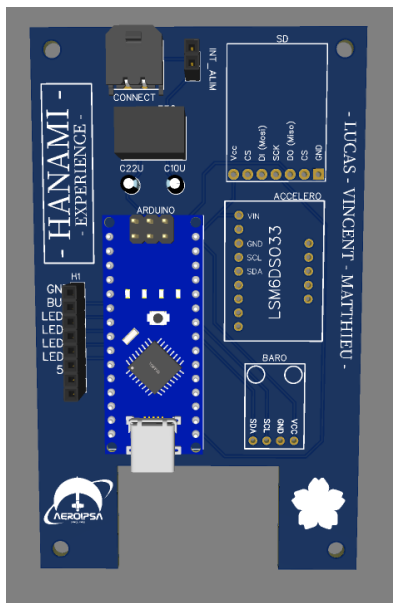


Figure 8: Vu 3D de la carte expérience

Notre carte expérience est la suivante. Celle-ci est alimentée par une batterie alcaline 9V. La tension est ensuite convertie jusqu'à 5V et alimente la carte Arduino ainsi que les 3 autres modules. Pour la gestion de l'expérience, nous avons utilisé comme accéléromètre le module LSM6DSO32, capable de nous fournir une accélération jusqu'à 32 g, bien meilleur que les IMU classiques limités à seulement 4 g. Concernant le baromètre, nous avons utilisé le module BMP280. Il s'agit d'un module très connu permettant de fournir des données intéressantes. Enfin, afin de récupérer l'ensemble de ces données, nous avons utilisé un module de carte SD de la marque Sparkfun, très efficace et petit. Cette carte dispose également de plusieurs sorties afin de pouvoir communiquer avec la carte d'affichage. Voici également le schéma de la carte expérience :

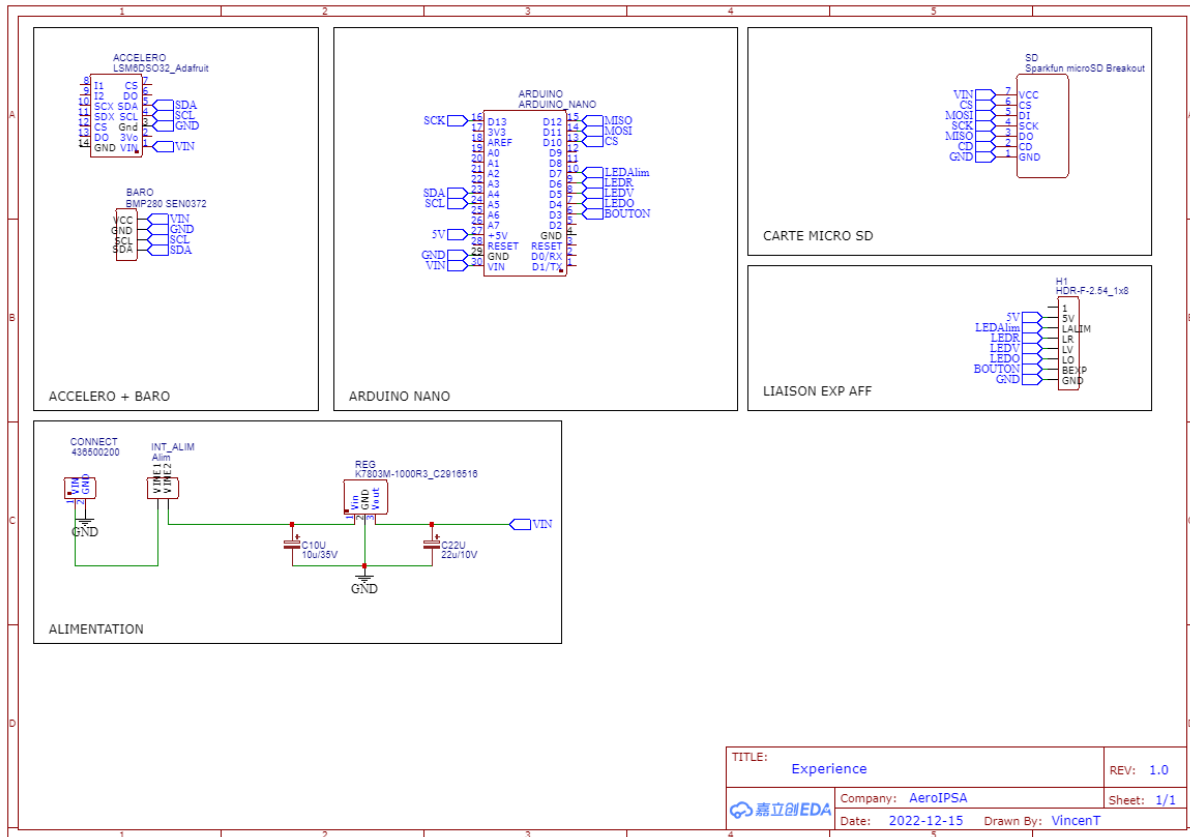


Figure 9: Schéma de la carte expérience

Carte affichage

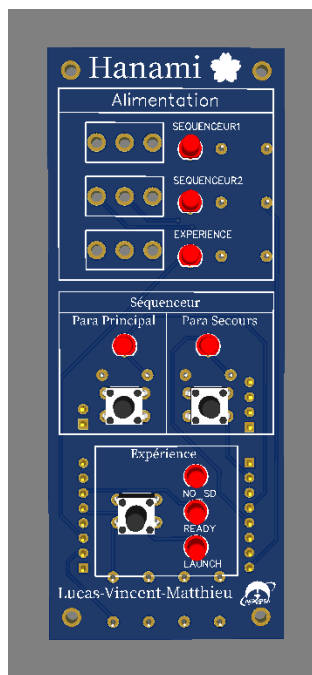


Figure 10: Vu 3D de la carte affichage

Notre dernière carte électronique est la carte affichage. Cette carte a pour objectif l'interface homme-machine. Nous avons séparé cette carte en trois parties distinctes. La première est la partie alimentation, située sur la partie supérieure. Cette section est composée de 3 interrupteurs ainsi que 3 LEDs afin de définir si la carte expérience est correctement alimentée, si la carte séquenceur est alimentée et si le moteur du parachute principal est alimenté. La deuxième section est propre au séquenceur. En effet, celle-ci permet de tester l'ouverture et la fermeture du parachute principal et secondaire sans enclencher la minuterie. C'est une section importante pour nos phases de tests et vérifier que tout fonctionne correctement. Enfin la section inférieure est dédiée à l'expérience. Celle-ci est composée de 3 LEDs, une rouge, une orange et une verte. La LED rouge permet de signaler que la carte SD n'est pas insérée. La LED orange, si elle clignote, indique la non-détection d'un des capteurs (baromètre ou accéléromètre), si celle-ci se fige, cela indique que le système est prêt à prendre des données et que tous les composants ont été reconnus. On appuie ensuite sur le bouton, si la LED verte se met à clignoter, alors l'expérience est en cours de prise de données. Voici le schéma de la carte affichage

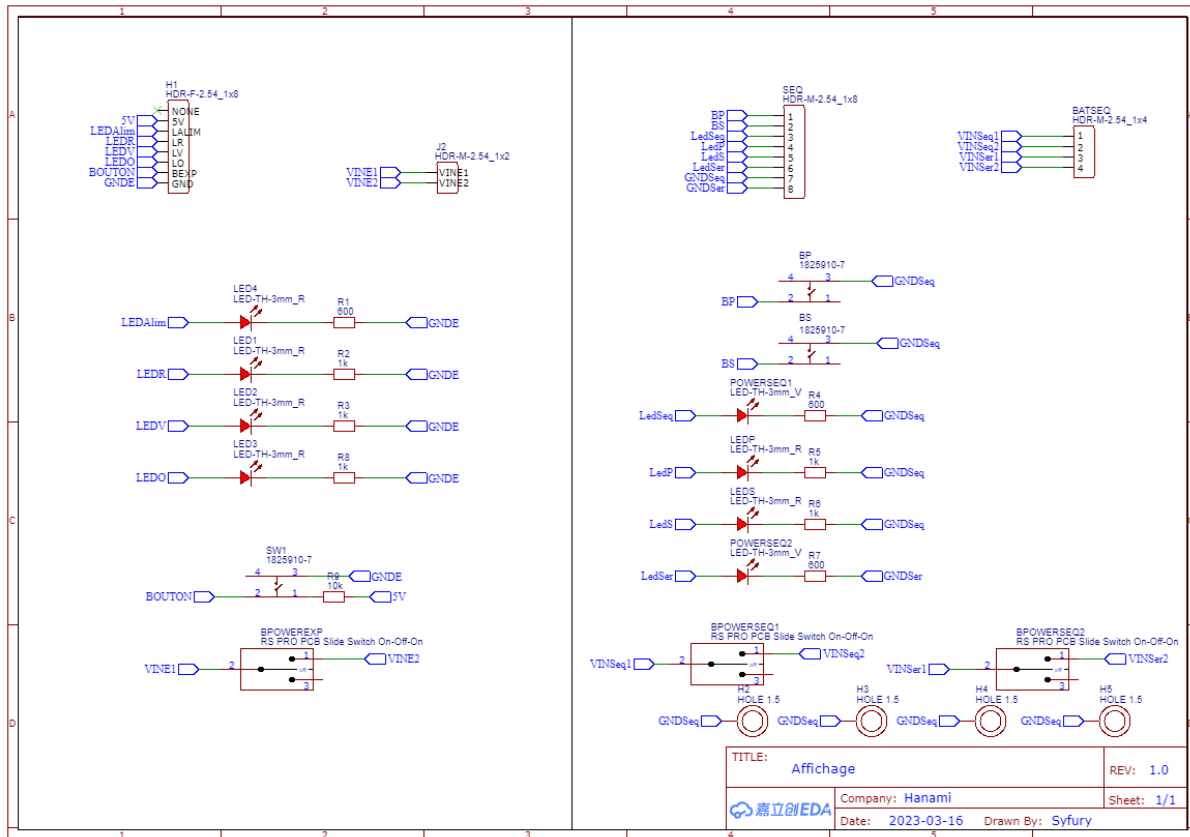


Figure 11: Schéma de la carte affichage

Expérience

Expérience mécanique

L'expérience mécanique avait pour objectif de tester un système de récupération par parachute dans la coiffe.

Expérience électronique

Concernant l'expérience électronique, celle-ci avait pour objectif l'étude de l'accélération ainsi que de l'orientation de la fusée durant les différentes phases de vol. Celle-ci devait également prendre les données de son environnement durant la phase ascensionnelle.

Déroulement du vol



Le vol de Hanami s'est effectué le jeudi 20 juillet à 10h. Le plafond nuageux était relativement bas mais cela n'a pas empêché le bon déroulement des lancement minif. Le déroulement du vol fut le suivant :

- Mise en rampe de la fusée Hanami
- Mise en place du jack et fixation au sol
- Allumage de l'électronique
- Vérification de l'état des LEDs d'alimentation et suivit de la chronologie
- Allumage de l'expérience
- Retour au pupitre
- Allumage du moteur
- Lancement

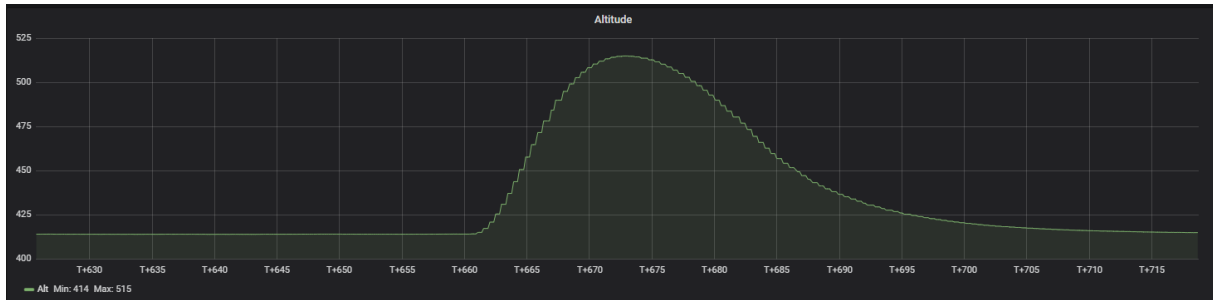
Nous avons remarqué au début du vol que la fusée s'est désaxée en sortie du rail. Nous avons comme hypothèse que la longueur de celui-ci n'était pas suffisante car les patins étaient très éloignés les uns des autres. Une autre hypothèse est le fait qu'un des patins était endommagé avant le lancement dû à sa composition, le téflon. Ainsi, en sortie de rail, celui-ci a pu causer un choc qui a dévié la fusée. En dernière hypothèse, l'un de nos ailerons était désaxé des autres ce qui a pu également influencer sur l'orientation de la fusée en sortie de rail.

A la suite du vol, nous avons constaté qu'à T+5s, le parachute principal ne s'était pas déployé, nous prouvant ainsi l'échec de l'expérience mécanique. Néanmoins, à T+7.5s, le parachute de secours s'est déployé correctement permettant ainsi la descente sécurisée de la fusée et ainsi la conclusion de cette aventure par un vol nominal.

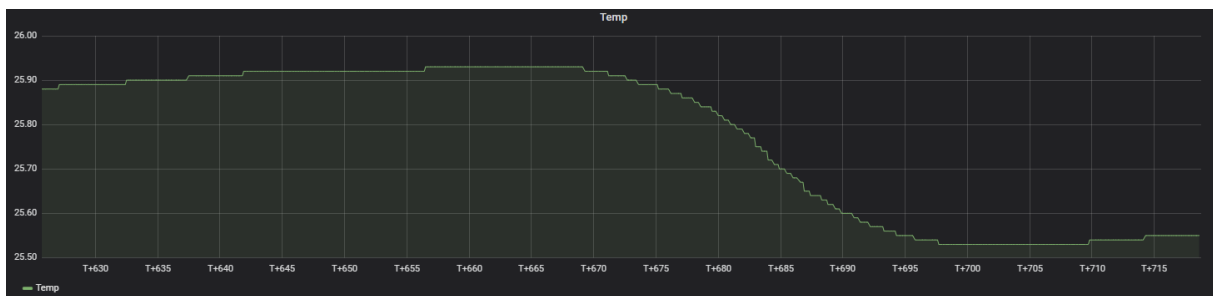
Nous avons ensuite pu récupérer la fusée dont l'électronique était toujours en cours de fonctionnement. De plus, nous avons pu récupérer les données de la carte SD afin de visualiser graphiquement les données de vol de Hanami.

Résultats

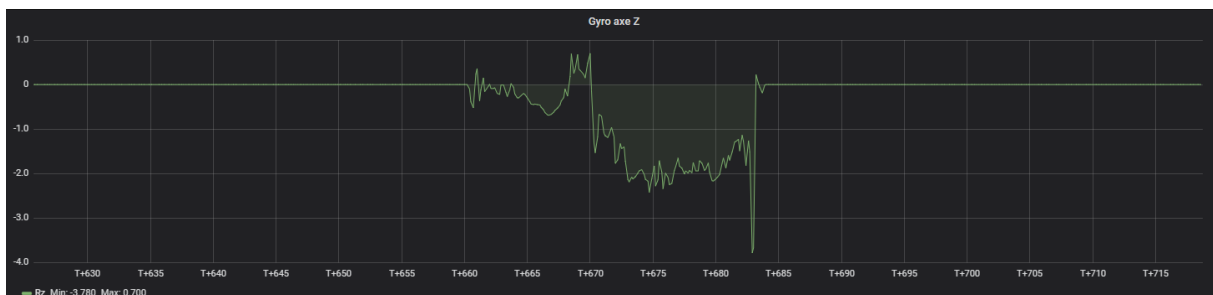
Dans cette section nous allons vous présenter les données que nous avons pu récupérer à la suite du vol. Voici les graphiques suivants :

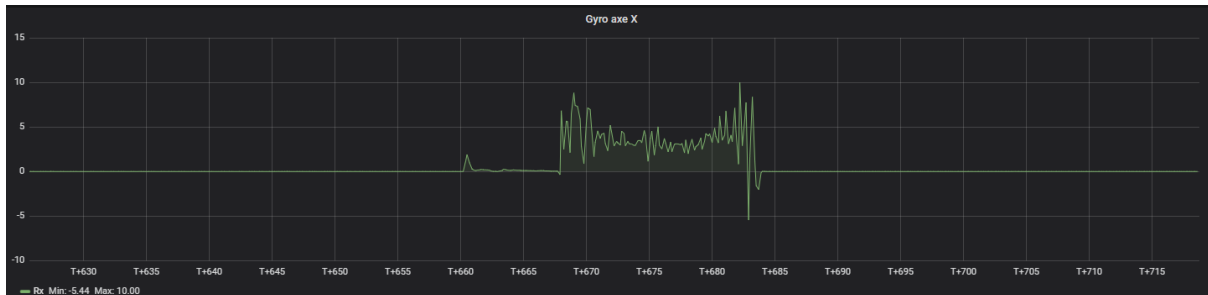
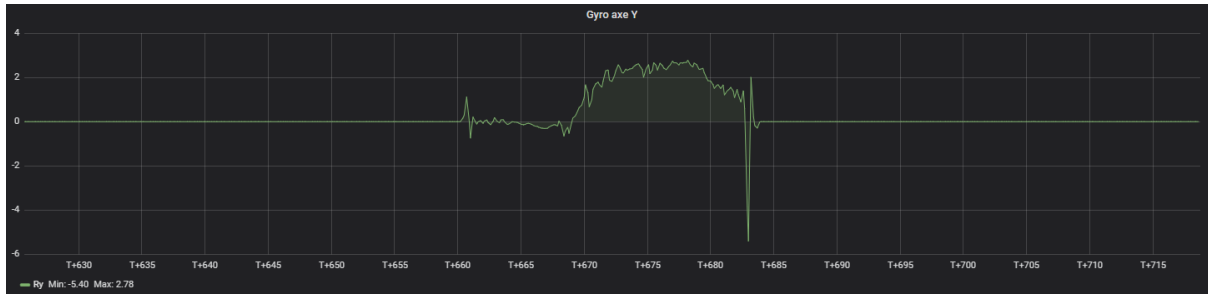


On peut voir ici la variation d'altitude au cours du temps. Néanmoins, on constate que ces données sont décalées dans le temps par rapport aux données de l'accéléromètre. Cela s'explique par le fait que le module utilisé a une fréquence de prise de donnée de 20 Hertz. Ceci pose un problème en termes de fiabilité et cela montre l'importance des redondances pour la validation de données.

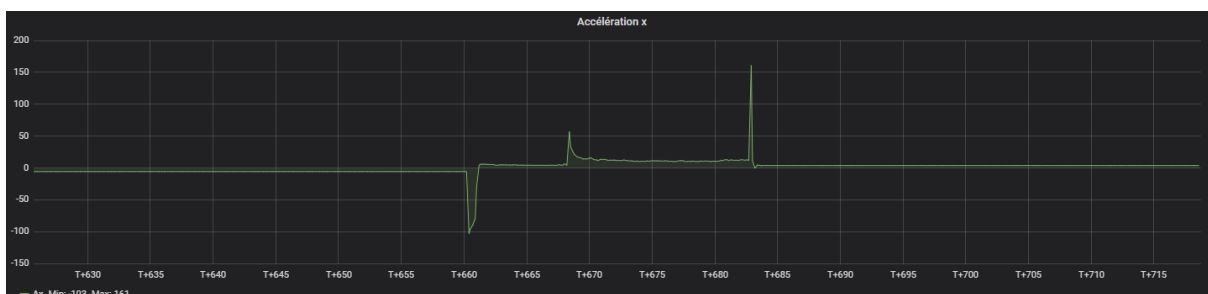
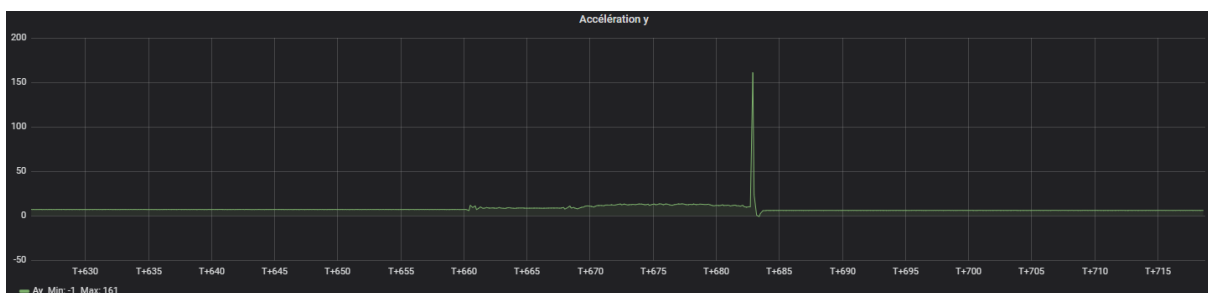
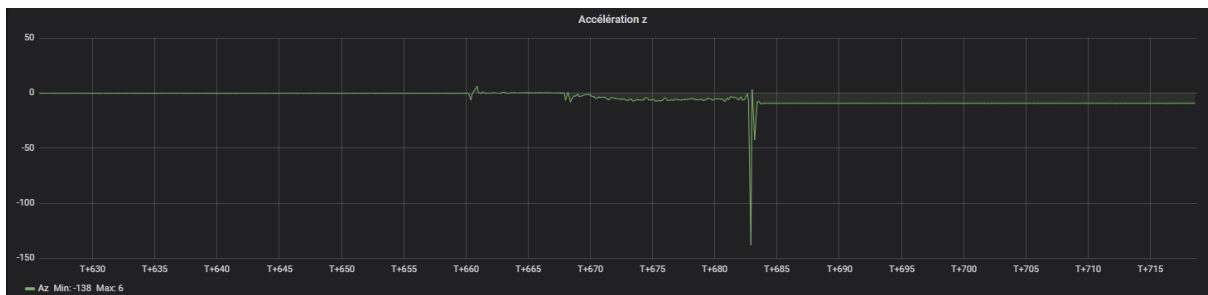


La courbe de température nous montre une faible variation de celle-ci au cours de la phase de vol. On peut également observer que la température mesurée varie uniquement sur la phase de descente ce qui peut s'expliquer par les vents important ce jour-ci qui ont pu créer cette variation légère. Finalement, on remarque qu'avec une faible hauteur, la température varie peu. Néanmoins, on constate que celle-ci respecte bien la loi qui nous dit $-6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ avec une variation de 0.65°C dans notre cas.





Dans cette partie, regardons les données issues du gyroscope. Ces données nous permettent de bien identifier les différentes phases de vol. Le décollage à T+662s par rapport au démarrage de l'expérience, le déploiement du parachute à T+670 soit environ 8s après le décollage, ce qui concorde avec la minuterie. Enfin à T+684s soit 24s après le décollage, la fusée s'est posée ce qui correspond avec le Stabtraj. Nous sommes satisfaits de ses données qui nous montrent le déroulement du vol en détail. On peut voir également sur l'axe Z la variation d'angle du au choc au début du vol. On remarque que la fusée a dans un premier temps oscillé avant de se stabiliser à T+665s.





On peut également constater que la fusée a subi une accélération initiale de 10.49 g ce qui correspond aux données du stabtraj. On peut également voir que l'ouverture du parachute a engendré une accélération de 6 g environ. L'impact a été également très violent, saturant même l'accéléromètre réglé sur 16g max.

Conclusion

Pour conclure, tout d'abord Lucas et Vincent tiennent à remercier Matthieu pour son travail efficace et sa participation sur tous les aspects du projet tout le long de cette année.

Le projet Hanami s'est terminé par un vol réussi et une expérience riche malgré notre expérience mécanique qui n'a pas fonctionné. Cet échec de notre expérience mécanique nous a malgré tout enseigné de nombreuses choses. Celui-ci nous a permis de comprendre l'importance des tolérances, de nous rendre compte du manque de fiabilité de pièces en plastique dans un système mécanique ainsi que l'importance du choix du diamètre de la fusée pour la réalisation d'une expérience mécanique : le diamètre de 65 mm était un peu petit pour notre système contraignant fortement les options de motorisation et nous obligeant à choisir un moteur avec un couple qui s'est avéré insuffisant.