

HORUS

Document de fin du projet



Membres présents sur le projet :

- Chef de projet : Yahia TAIA
- Équipe mécanique: Yahia TAIA, Kevin BAMBARANDA-GAMAGE, Jude COQUEMENT-BERREBY, Emmeline ETIENNE, Romain LAMBERT, Clément BEAUQUESNE, Varushini SRICHUTHESGARAN
- Équipe électronique: Yahia TAIA, Nour MOHAMED, Nivétha THANESWARAN, Yassine HAMI, Clément BEAUQUESNE

Résumé du projet :

L'objectif principal de HORUS était de tester une méthode expérimentale de déploiement d'un parachute par la coiffe, tout en récupérant des données de vol complètes à des fins d'analyse. La fusée était équipée d'un système de parachute de secours. Les données de vol ont été récupérées en temps réel par radiotélémetrie et sur des cartes micro SD, intégrées dans la fusée et permettant la sauvegarde simultanée de toutes les données transmises. Un camera fisheye était également intégré à la fusée, capturant une vidéo de l'ensemble du vol et du processus de récupération, qui a été stockée sur une carte micro SD.

Table des matières :

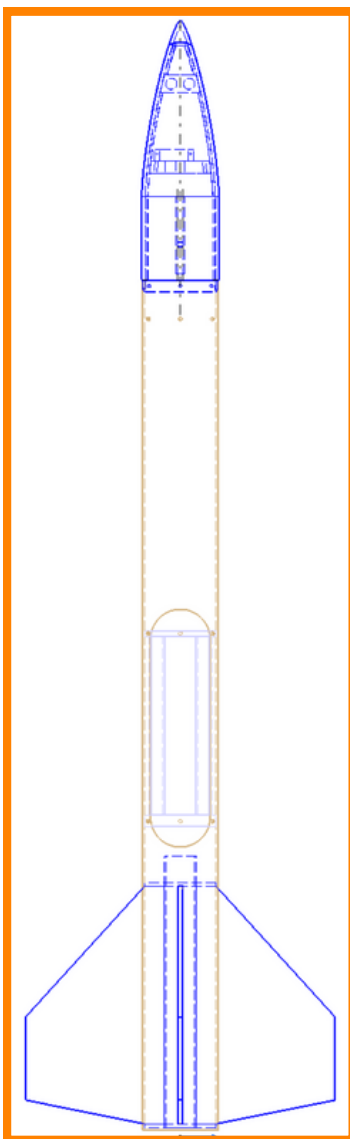
introduction.....	3
Description mécanique.....	3
Description électronique.....	7
Déroulement du vol.....	11
Résultats.....	12
Conclusion.....	17

Introduction :

Après ma première année sur le projet CanSat, j'ai voulu en savoir plus sur les aspects électroniques des projets. Je souhaitais également acquérir de l'expérience en travaillant sur une fusée plutôt que sur un CanSat. En plus de poursuivre ma formation technique et de développer mes capacités de leadership et de gestion, j'ai identifié une mini-fusée comme la prochaine étape optimale. J'ai ensuite été rejoint par Kevin, qui a fait preuve d'un grand enthousiasme pour la nature ambitieuse des expériences.

Description mécanique :

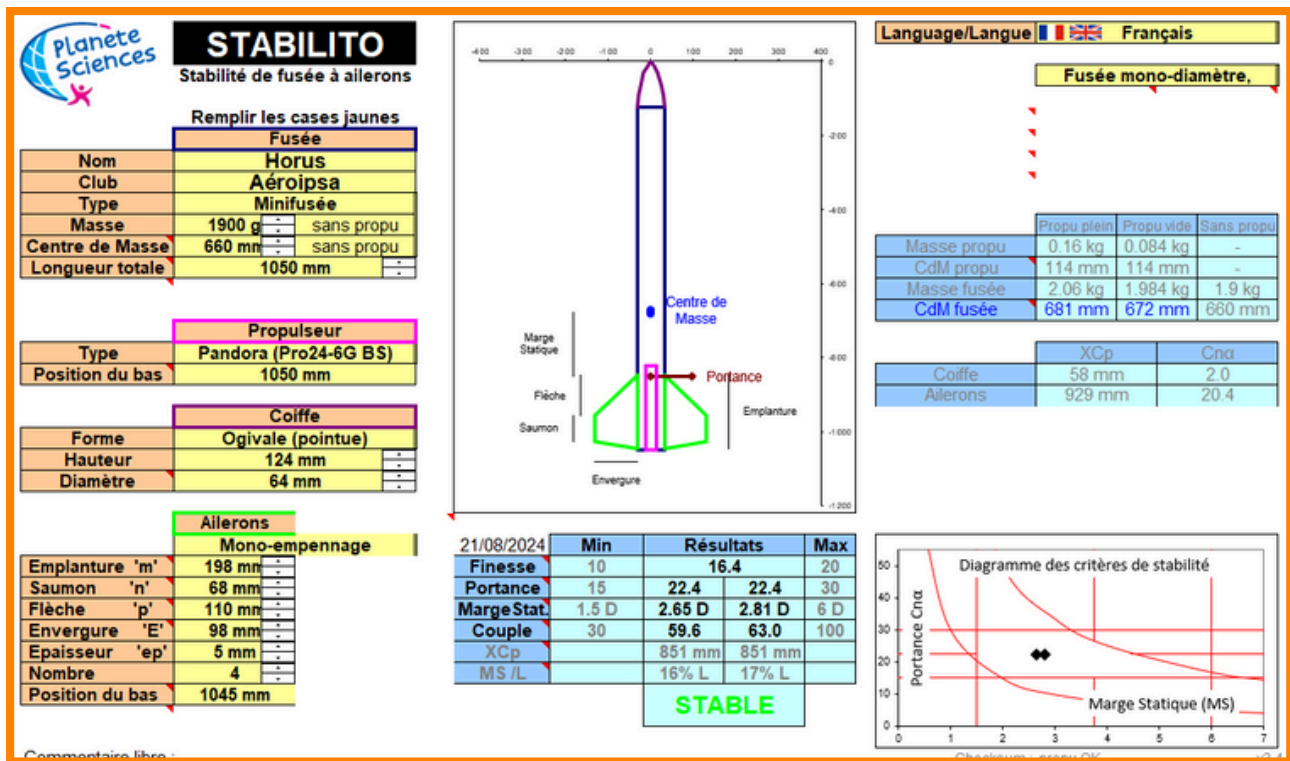
Description globale :



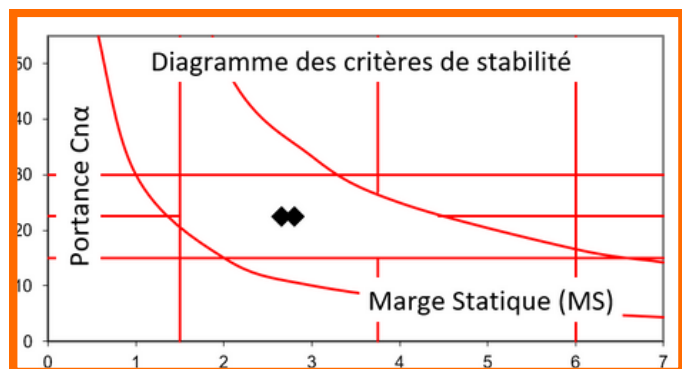
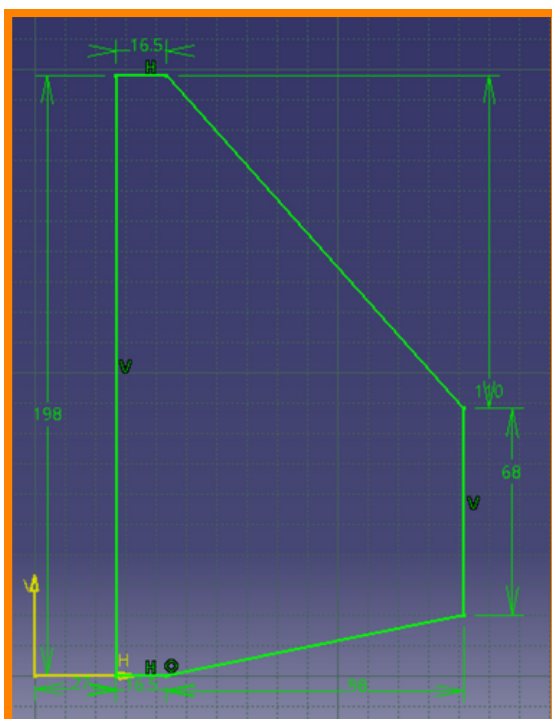
Dessin simplifié de la fusée

- la coiffe ogival est composé de deux pièces verticales, imprimées en PLA, d'un diamètre extérieur de 65 mm et d'un diamètre intérieur de 59 mm. La première pièce est une pièce statique qui est attachée au tube et abrite un servomoteur, qui verrouille la seconde pièce en place. La seconde pièce se détache et est attachée au parachute, le tirant vers l'extérieur pour assurer le déploiement.
- Un tube en fibre de verre, d'un diamètre de 65mm
- un bloc elec consistant de, plusieurs modules imprimés en PLA pour tenir les PCBs, composants électroniques et le camera.
- Quatre ailerons en fibre de verre d'une épaisseur de 3mm, collés au tube interne du bloc propulseur, le tube principale de la fusée et aux bagues de centrage avec de la résine époxy

Stabtraj et ailerons :



Les ailerons sont d'une forme diamant fléchée, ils sont fixés au reste de la fusée en utilisant de la résine époxy, comme mentionné précédemment. Initialement, ils sont attachés au tube du moteur et aux bagues de centrage. Pour renforcer l'ensemble, des congés en résine sont ajoutés entre les ailerons et le tube du moteur, ainsi qu'entre les ailerons et le tube.



Nous avons choisi ce design pour les ailerons, non seulement pour son aspect visuel, mais aussi pour la répartition du poids, qui assure une stabilité optimale à la fusée. L'indicateur est parfaitement centré dans le diagramme, ce qui garantit des performances optimales.

Système de parachute :

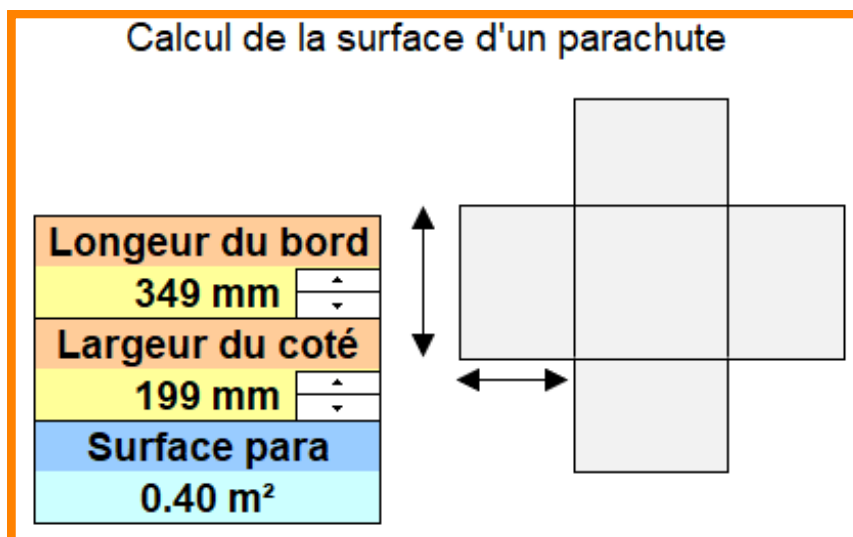
Pour les parachutes, étant donné que nous avons 2 parachutes, un principal et un de secours, nous avons prévu 3 scénarios possibles pour le vol (à l'exception de celui où aucun parachute n'est déployé) :

- le scénario optimal où seul le parachute principal est déployé par le cône de nez.
- le scénario de secours où le parachute principal ne se déploie pas, déclenchant le déploiement du parachute de secours.
- le scénario le plus défavorable dans lequel le parachute principal est déployé et, pour une raison quelconque, le parachute de secours est également déployé en même temps.

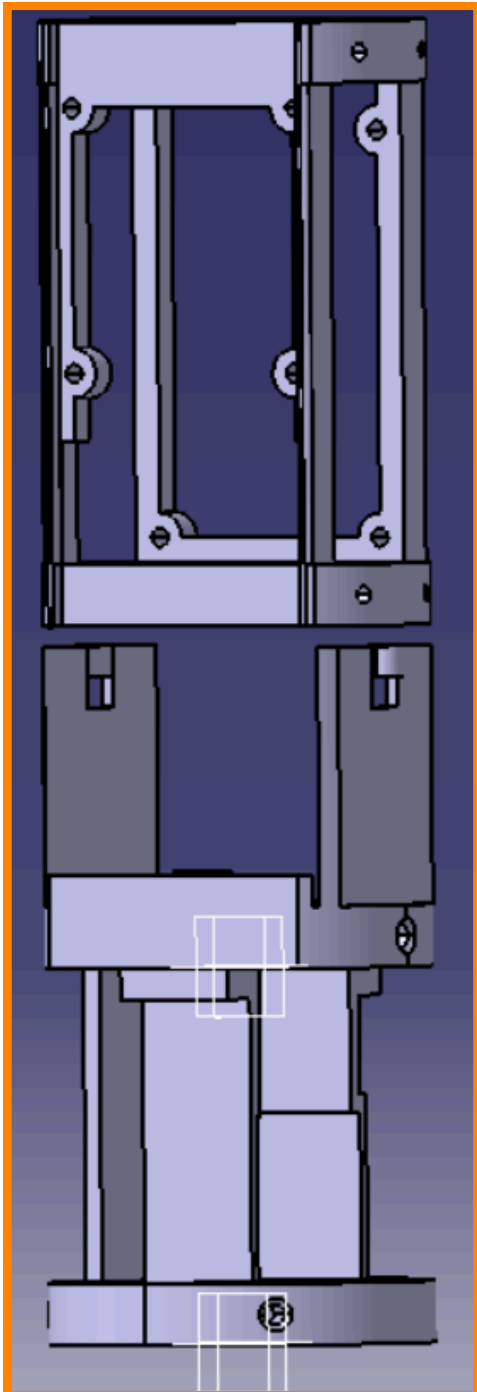
Nous avons décidé de faire en sorte que les deux parachutes aient la même taille (350 mm x 200 mm) pour les raisons suivantes :

Lorsqu'un seul parachute est déployé, la fusée descend à 13 m/s, ce qui est proche de la limite de 15 m/s.

Dans le cas où les deux parachutes sont déployés, la fusée descend à 6 m/s, ce qui est proche de la limite de 5m/s.



Structure électronique :



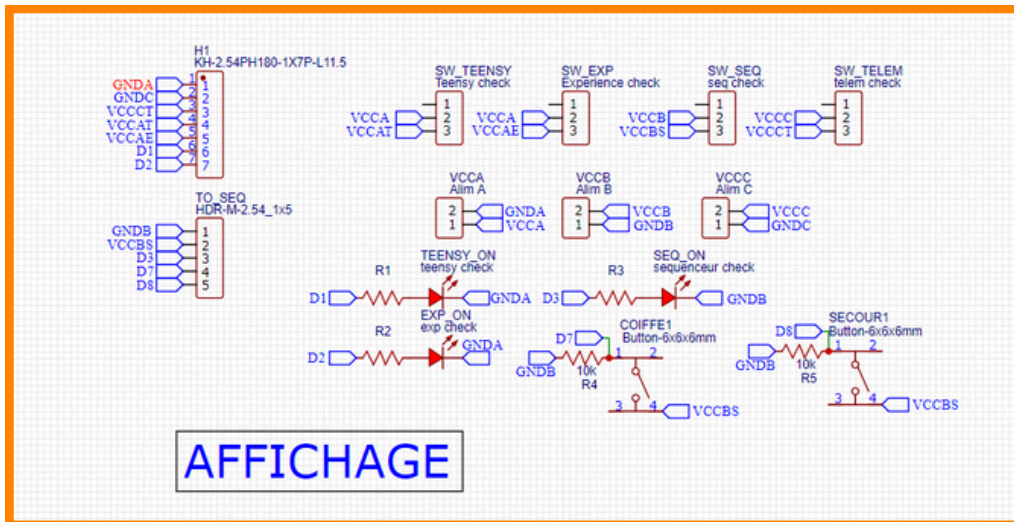
En ce qui concerne la structure électronique, nous avons conçu une série de modules plus petits qui sont tous attachés ensemble pour former toute la structure interne de la fusée. Les modules sont disposés dans un ordre spécifique de haut en bas :

- Un bloc qui contient les quatre circuits imprimés, deux circuits imprimés semi-circulaires en haut et en bas, et deux circuits imprimés rectangulaires sur les côtés.
- un bloc pour maintenir en toute sécurité l'appareil photo et un autre pour les trois batteries.

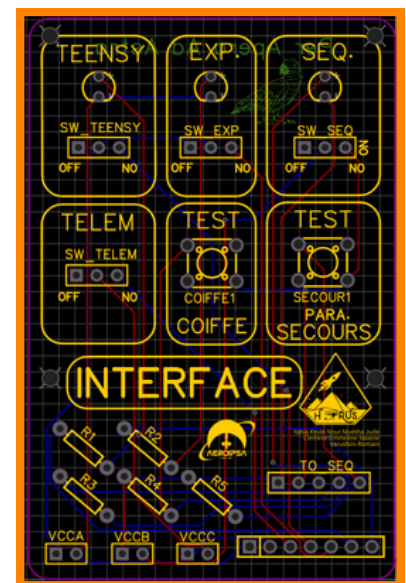
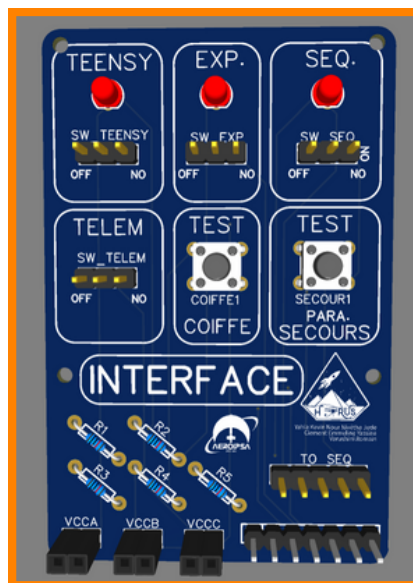
Ces composants sont fixés et alignés par deux tubes d'acier verticaux et symétriques.

Description électronique :

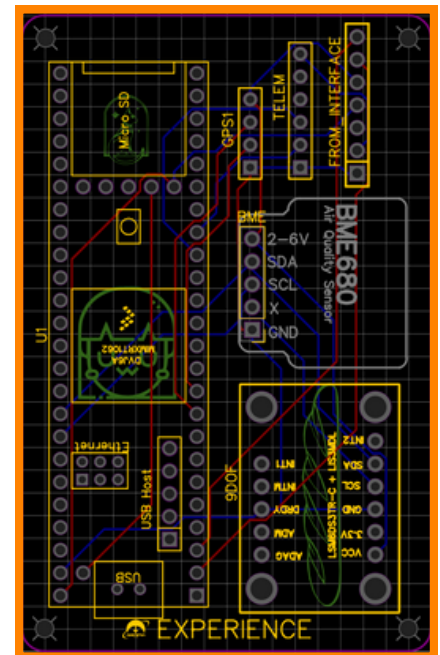
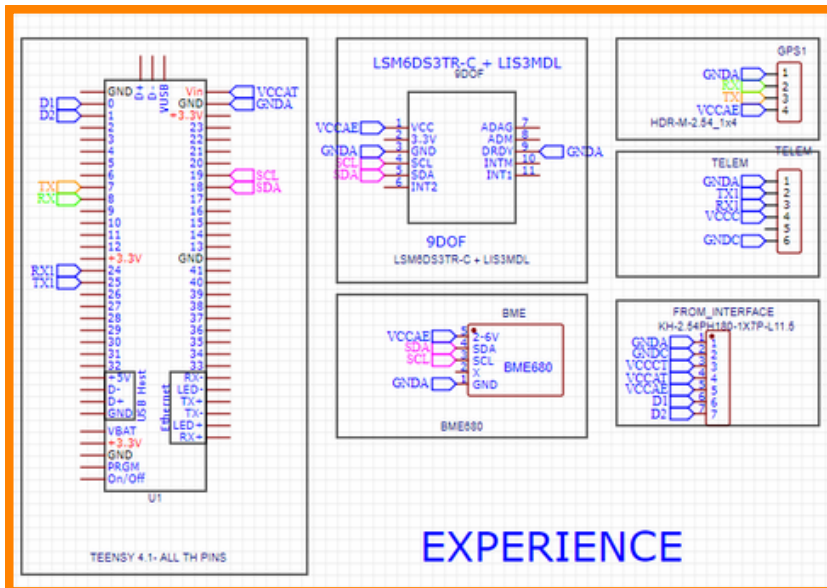
Cette fusée utilise quatre cartes de circuits imprimés (PCB) conçues par nous et imprimées par JLCPCB, ainsi que d'une unité de radiotélémetrie préfabriquée. Tous connectés avec des câbles en JST :



La carte de circuit imprimé (PCB) initiale a servi d'interface centrale entre les différents composants. Elle comprenait toutes les interfaces de commande, deux boutons pour tester les servomoteurs et des interrupteurs pour mettre sous tension les différents systèmes de la fusée. Il était au cœur de la conception parce qu'elle reliait tous les autres circuits imprimés. En bas, elle est



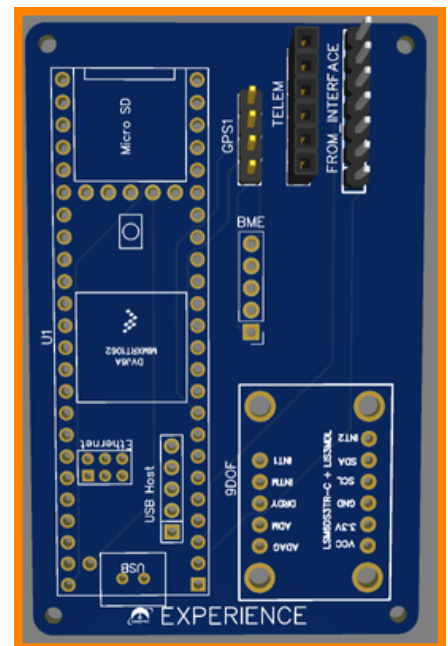
connectée à trois circuits d'alimentation (VCC : A, B, C) à partir de l'alimentation du PCB, ainsi qu'à des résistances pour le pull-up de tous les boutons. Deux câbles plats relient l'interface aux deux autres circuits imprimés (expérience et séquenceur) pour fournir l'alimentation et une connexion numérique pour contrôler les DEL et les boutons. Les trois LEDs ont les fonctions suivantes : la LED de gauche est verte et indique que le Teensy est sous tension et fonctionne correctement ; la LED du milieu est bleue et indique que tous les capteurs sont sous tension et envoient des données au Teensy. Elle était connectée au séquenceur, qui était équipé d'un Arduino Nano. Si le séquenceur était armé et que le jack principal et le jack de détection de parachute étaient tous deux connectés, la LED s'allumait de manière statique. Si la prise parachute n'est pas connectée, la LED clignote. Si la prise principale n'est pas connectée, la LED reste éteinte et le séquenceur n'est pas armé.

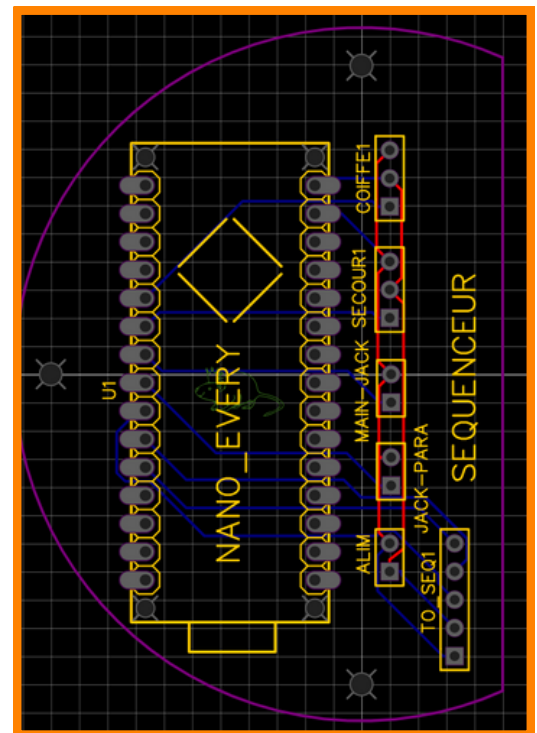


Le deuxième PCB est le PCB d'expérience. Ce circuit imprimé est responsable de toutes les expériences électroniques. Il comprend un microcontrôleur Teensy 4.1, connecté à une série de capteurs et à une unité de télémétrie radio. Les capteurs utilisés sont les suivants :

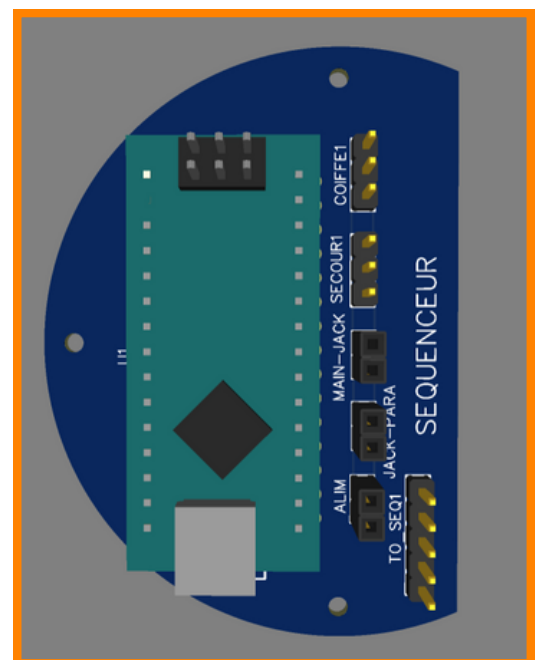
- Le capteur atmosphérique BME 680 mesure la température, la pression, l'humidité et la qualité de l'air.
- Le 9 DOF est équipé d'un accéléromètre à 9 axes, d'un magnétomètre et d'un gyroscope.

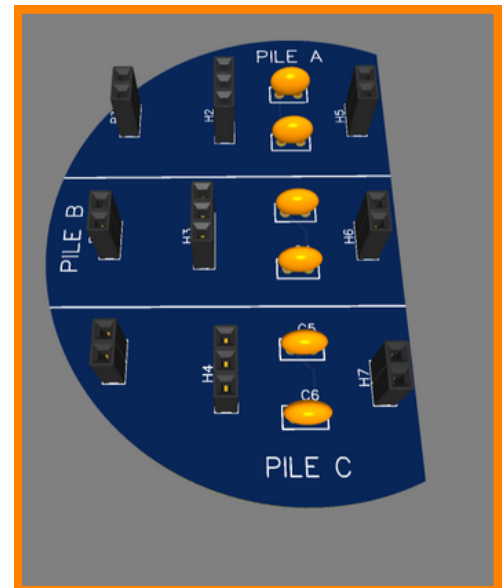
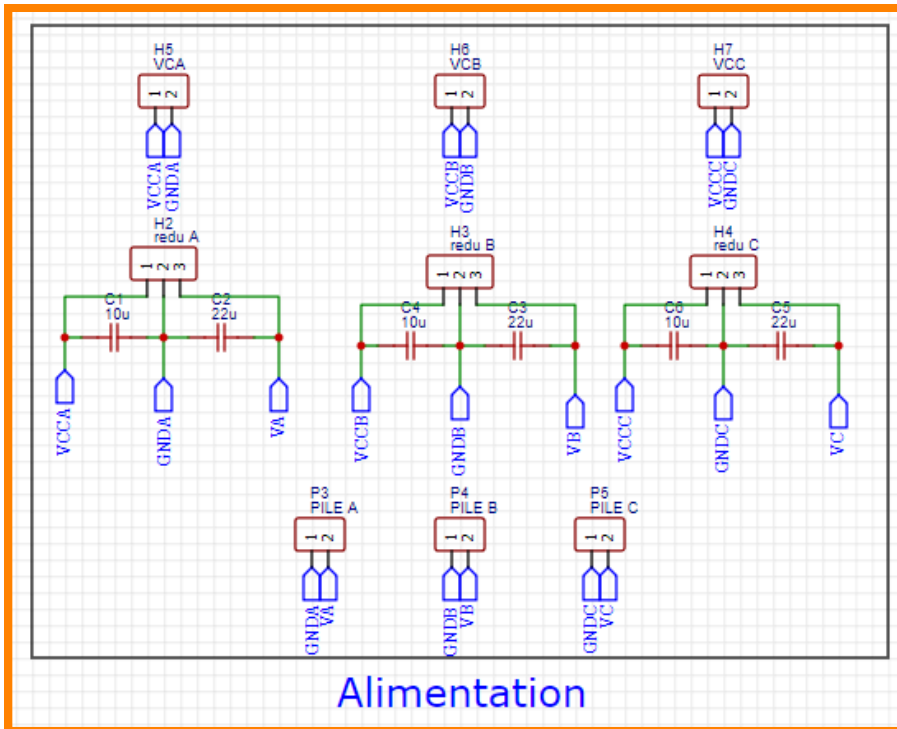
Chaque module est alimenté directement par les circuits d'alimentation via le circuit imprimé d'interface. Le Teensy et les capteurs sont sur le circuit VCC-A, tandis que la télémétrie est sur VCC-C. L'expérience a consisté à ce que le Teensy recueille toutes les données des capteurs et les enregistre sur la carte micro SD intégrée sous la forme d'un fichier CSV. En outre, le Teensy a envoyé les données au module de télémétrie radio pour les transmettre au module de terre. Toutes les connexions sur ce circuit imprimé sont réalisées à l'aide des trois câbles plats situés dans le coin supérieur droit.



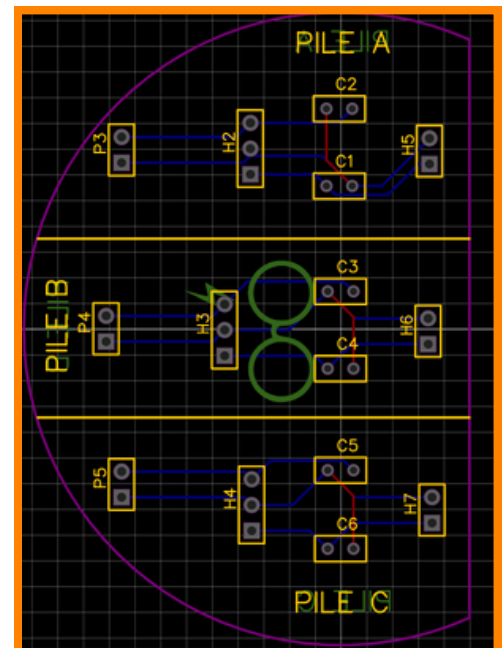


Trois scénarios décrits dans le chapitre sur le système de parachute sont contrôlés par un jack attaché au parachute principal et à l'intérieur du coiffe. Lorsque le parachute est correctement déployé, le jack est tiré, ce qui envoie un signal à la NANO pour indiquer que le parachute est déployé. Cela empêche le parachute de secours de se déployer pendant le vol.





La dernière carte de circuit imprimé (PCB), la plus simple, est la carte d'alimentation, qui est responsable de l'alimentation de tous les systèmes. Il se compose de trois circuits (VCC : A, B et C), qui sont tous identiques mais qui alimentent chacun un système différent. Chaque circuit contient une batterie de 9V, et le courant passe par un régulateur de 9V à 5V, puis est envoyé par un câble au circuit imprimé d'interface pour être distribué aux différents systèmes.



Déroulement du vol :

Le vol a eu lieu le 11 juillet 2024 à 11h20. Le vol s'est déroulé comme prévu, avec le déploiement du parachute principal par la coiffe, sans qu'il soit nécessaire de déployer le système de secours.

En ce qui concerne l'expérience mécanique, le séquenceur a parfaitement fonctionné, déployant le parachute avec précision lors de l'apogée de la trajectoire. Le vérin de détection a été tiré correctement, ce qui a permis d'arrêter et d'annuler le système de secours. Cependant, après le déploiement du parachute, la fusée est descendue un peu plus vite que prévu, prenant une trajectoire en spirale avec le parachute au centre et la partie retirée de la coiffe tournant autour. Cela peut être dû à une défaillance mineure dans le déploiement du parachute. Néanmoins, la fusée a atterri en toute sécurité sans aucun signe de dommage. Après le déploiement du parachute, la fusée est descendue à un rythme légèrement plus rapide que prévu, prenant une trajectoire en spirale avec le parachute au centre et la partie retirée de la coiffe en rotation. Ce phénomène peut être dû à une défaillance mineure dans le déploiement du parachute, mais la fusée a atterri en toute sécurité sans dommage apparent.



En ce qui concerne les composants électroniques, tous les systèmes étaient pleinement fonctionnels, correctement alimentés et testés avant le vol. Cependant, le module GPS n'a pas pu obtenir de coordonnées, ce qui a entraîné l'absence de données. Le module de radiotélémétrie a bien fonctionné, mais pour des raisons de sécurité, nous avons dû émettre sur seulement trois des dix canaux que nous avions initialement prévu d'utiliser. Cette situation est due à des difficultés imprévues rencontrées au cours du développement du système de télémétrie. Par conséquent, nous avons reçu une quantité limitée de données, mais le système a démontré sa fiabilité. Le Teensy a recueilli et sauvegardé avec succès toutes les données provenant des différents capteurs.

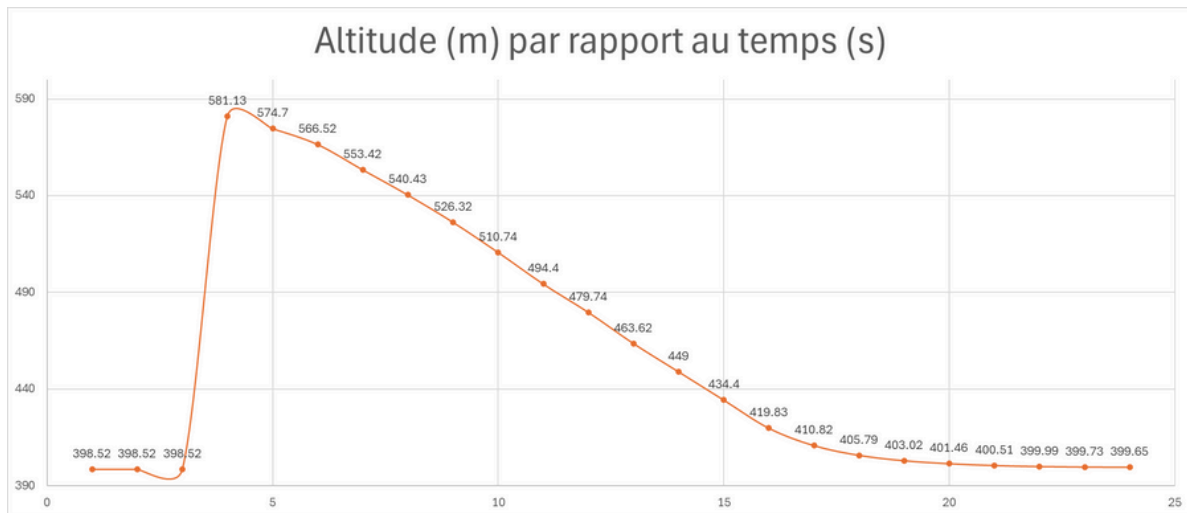
De plus, la caméra embarquée a parfaitement fonctionné. La vidéo est accessible sur YouTube via le canal Aeroipsa :

<https://www.youtube.com/watch?v=hyW99VzjL10>

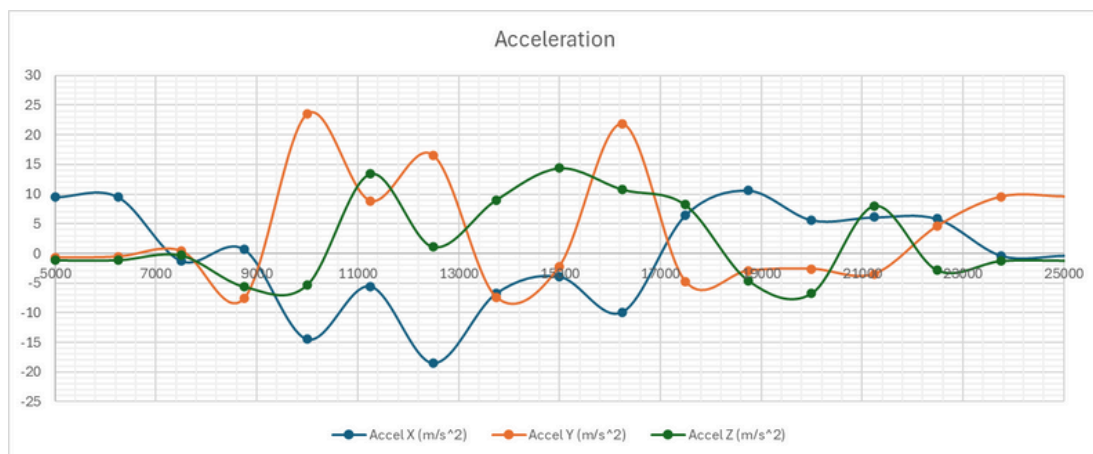
Résultats :

Comme tous les capteurs, à l'exception du GPS, fonctionnaient bien, nous disposons d'un grand nombre de données intéressantes.

Le baromètre a très bien fonctionné, indiquant que l'altitude barométrique de la zone de lancement était d'environ 400 m au-dessus du niveau de la mer, ce qui est proche de l'altitude réelle de 433 m.

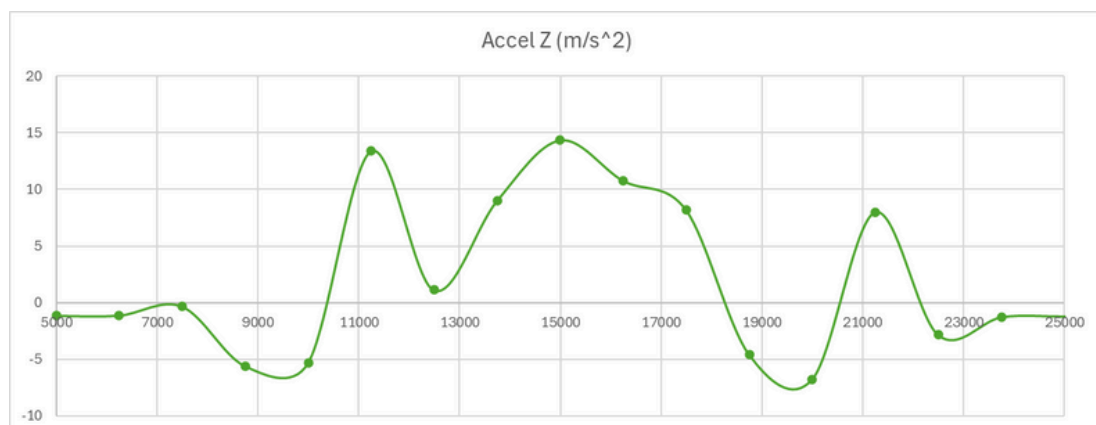
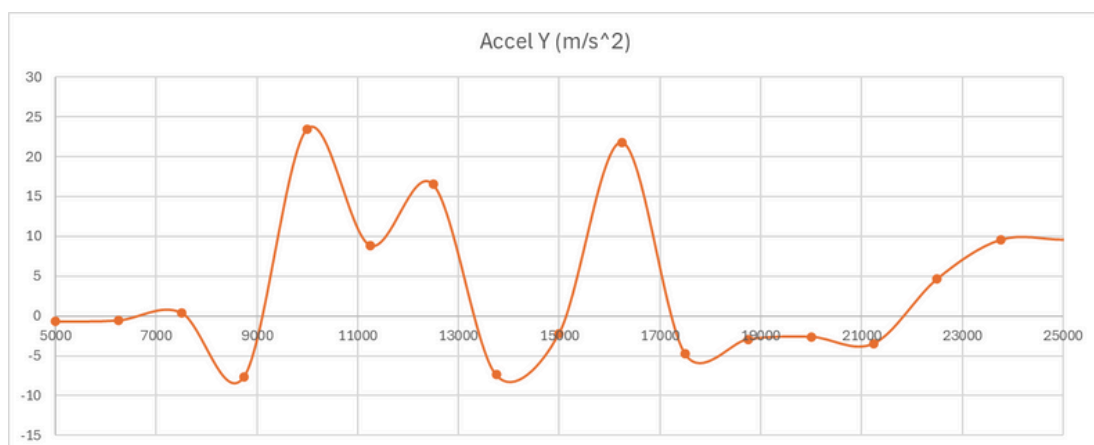
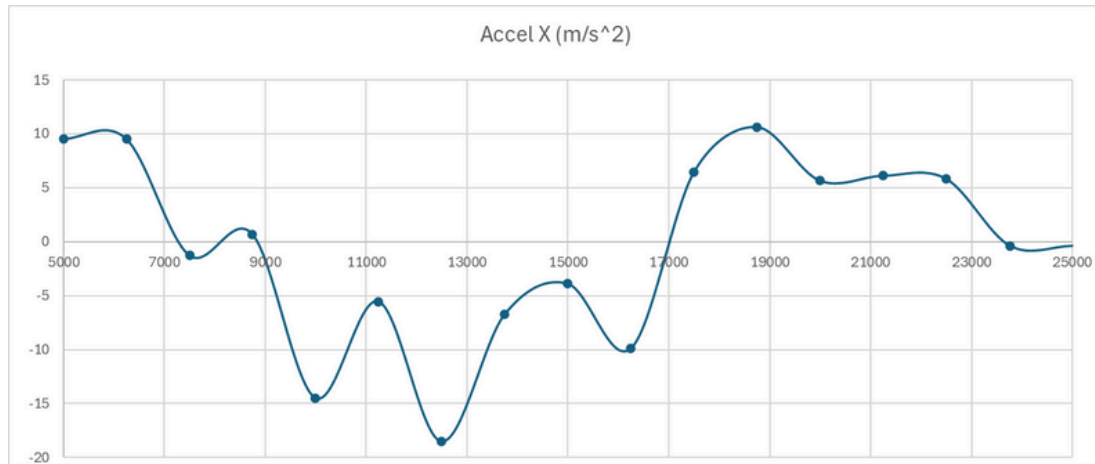


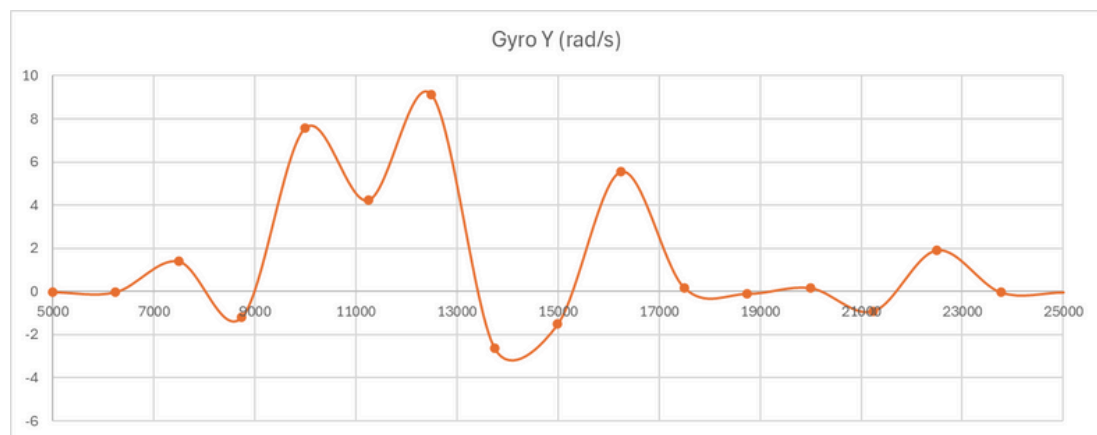
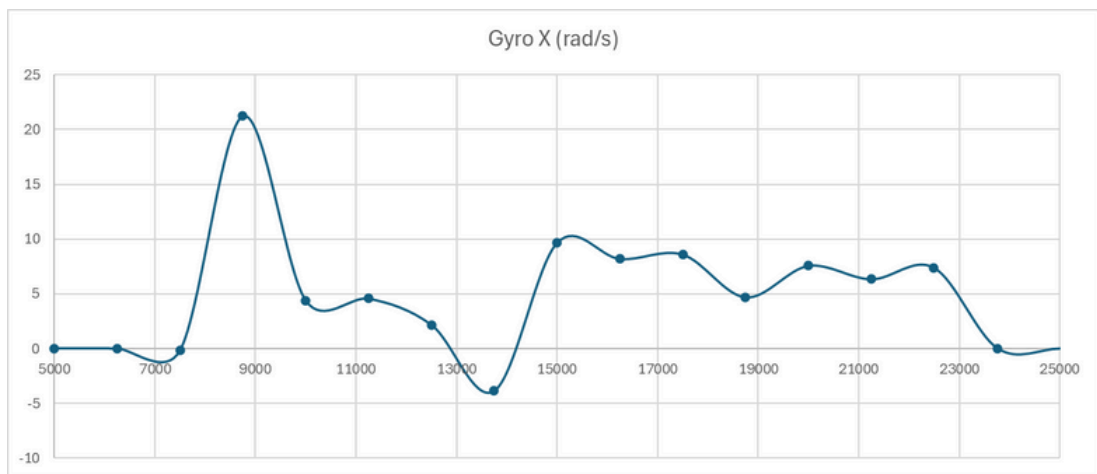
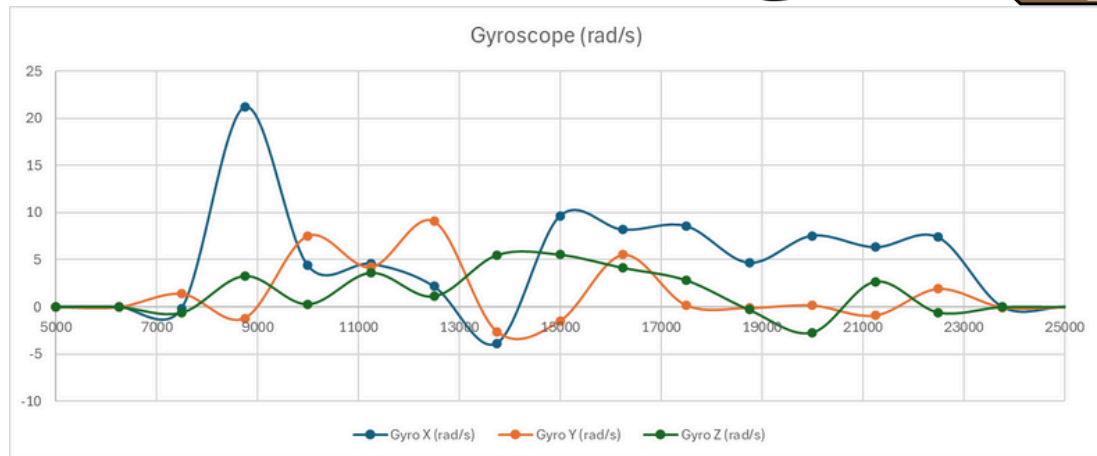
Ces données permettent de constater que la fusée a atteint un apogée de 182,61 mètres en quelques secondes et qu'elle est descendue pendant environ 15 secondes, soit une vitesse de descente d'environ 12 m/s.

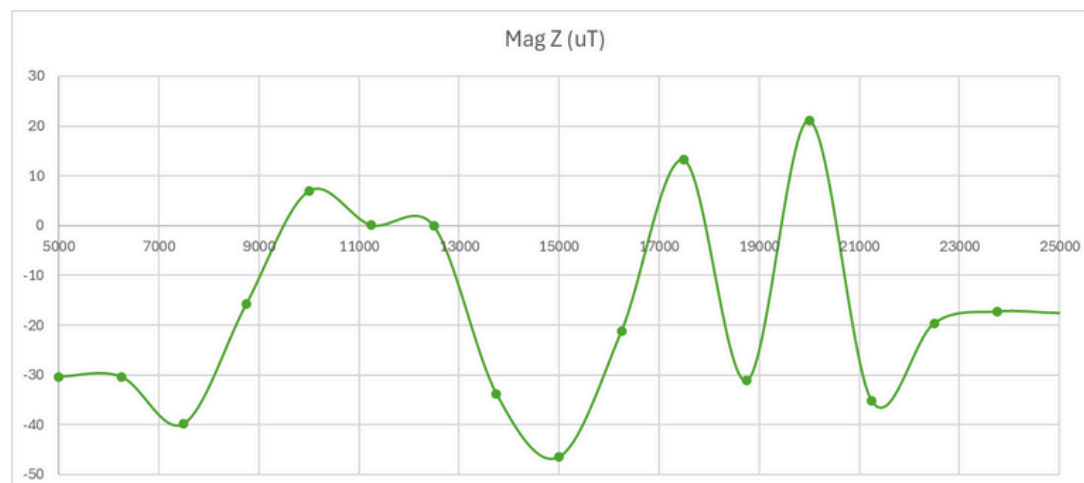
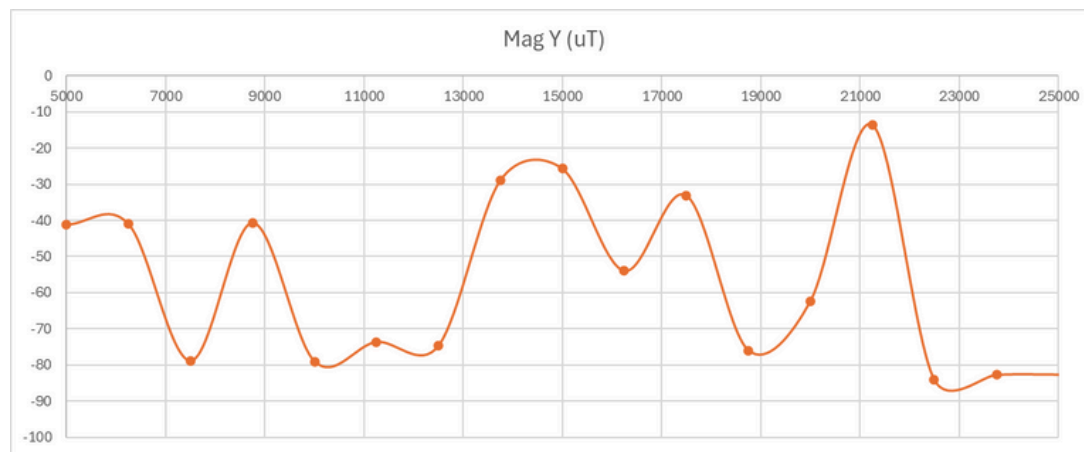
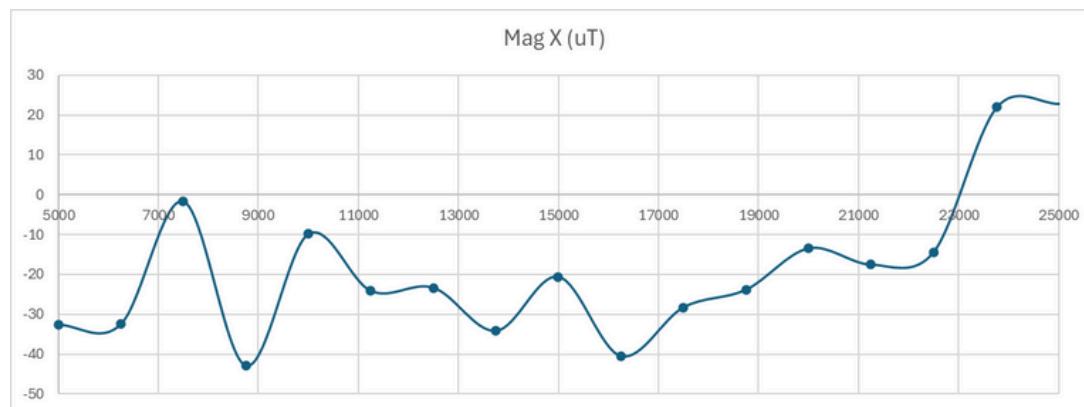
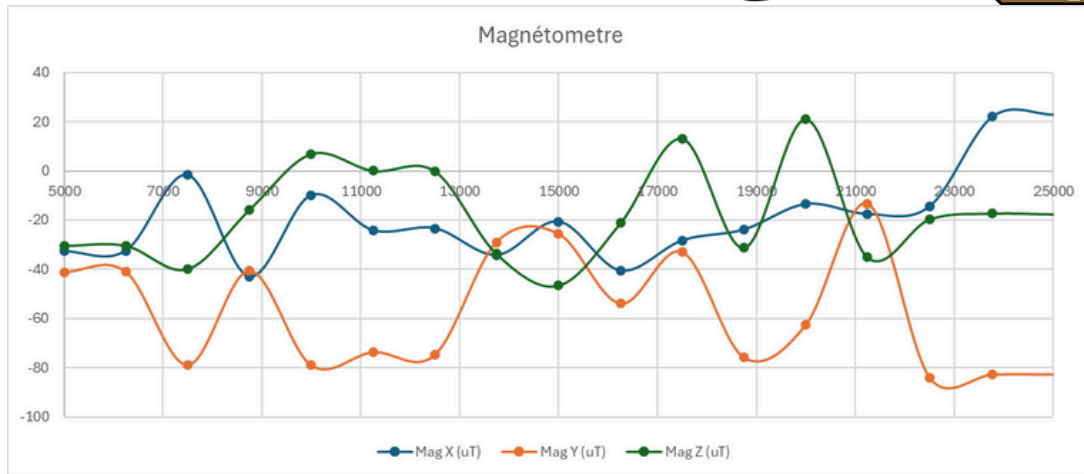


Comme indiqué précédemment, la fusée a effectué une descente en spirale, ce qui est visible dans les fluctuations des données inertielles de l'accéléromètre, gyroscope et magnétomètre.

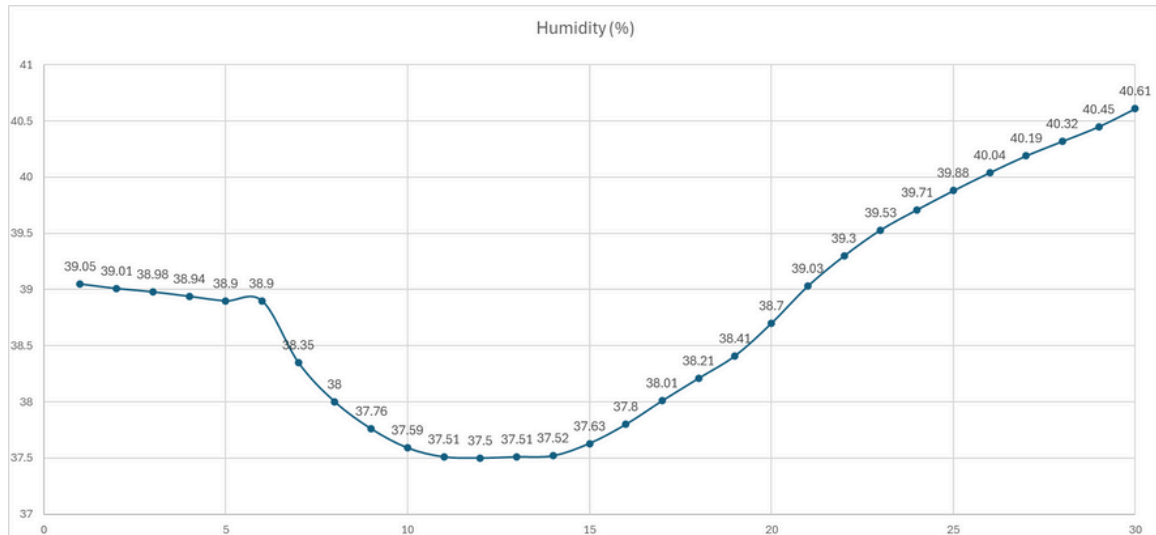
Notez que l'axe X est celui qui est en ligne avec la fusée dans la direction longitudinale.



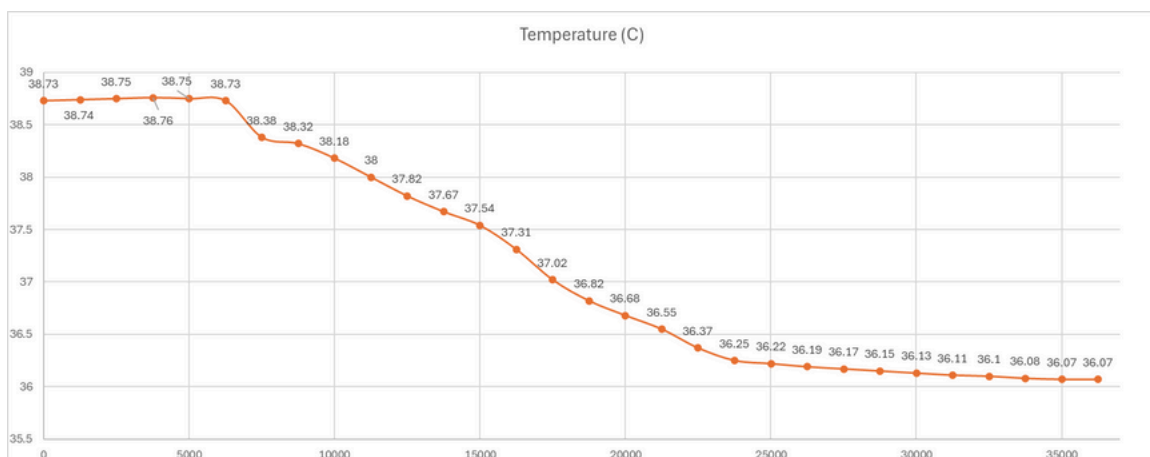


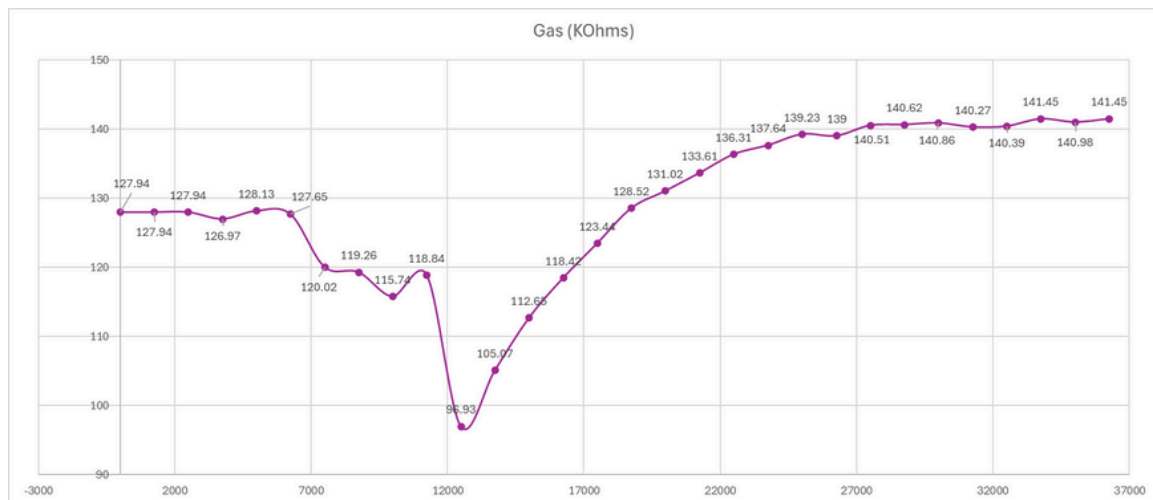


Les données atmosphériques montrent que l'humidité diminue avec l'altitude, mais le site d'atterrissage était beaucoup plus humide que le site de lancement, car la fusée a atterri sur le côté dans le champ.



La température diminue également avec l'altitude et est restée basse après l'atterrissage car c'était une journée ensoleillée. Le corps de la fusée était donc chaud et pendant le vol, il est devenu très froid et a refroidi l'intérieur où le capteur était placé, mais il a montré des signes de réchauffement pendant l'attente de la récupération.





Le dernier capteur est le capteur de qualité de l'air, qui détecte la présence de composés organiques volatils (COV) dans l'air. Il s'agit de composés tels que le benzène, l'éthylène glycol, le formaldéhyde, le chlorure de méthylène, le tétrachloroéthylène, le toluène, le xylène, le 1,3-butadiène, etc. La concentration de COV à l'apogée est plus élevée qu'au niveau du sol, ce qui peut indiquer que des gaz d'échappement résiduels provenant des lancements précédents de fusées sur cette rampe de lancement sont encore présents dans l'atmosphère. Cela pourrait également expliquer pourquoi la qualité de l'air sur le site d'atterrissage est supérieure à celle du rampe de lancement.

Conclusion :

Pour conclure, je tiens à remercier tous les membres de l'équipe qui ont contribué à ce projet et ont fait de ce vol une réussite. Le projet HORUS s'est conclu par un vol Nominal qui a prouvé la viabilité d'un nouveau système de déploiement du parachute qui pourrait être utilisé pour de futurs projets. Ce projet nous a permis de tirer des enseignements précieux sur les aspects électroniques de la construction d'une fusée, notamment en raison du manque d'expérience préalable des membres de l'équipe en dehors du codage. Il souligne également l'importance de synchroniser la conception électronique et mécanique pour garantir le succès du développement d'une fusée.