

Rapport C'Space 2024 MF58



Membres du projet

Arthur DUMOND : initiateur du projet, en charge de la conception mécanique, de la programmation des drivers embarqué et de la station sol.

Alexandre HERVIEU : En charge de la partie Hardware embarquée dans la fusée, programmation embarquée des algorithmes de fusion de données.

Thibaut BRETON : En charge de la communication et support mécanique et software.

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à l'association RED pour son soutien financier majeur, qui a grandement contribué à rendre ce projet possible et à permettre cette aventure extraordinaire.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des bénévoles de Planète Sciences, dont l'investissement et le travail acharné ont permis la réalisation de cet événement dans les meilleures conditions.

Enfin, un grand merci au CNES pour l'organisation du CSpace, qui a offert à tous les participants une expérience inoubliable.

Description mécanique

La partie mécanique du projet a été un enjeu majeur. N'ayant pas d'expérience significative dans le domaine de la mécanique, et encore moins dans celui des fusées de modélisme, nous avons dû apprendre sur le terrain.

Il s'agit en effet de notre première fusée, et nos objectifs étaient très ambitieux. Le premier était de construire une fusée en matériaux composites (fibre de carbone et fibre de verre), malgré notre manque d'expérience dans ce domaine. Le second objectif était de développer un système d'éjection de parachute par séparation du nez à l'aide d'un servomoteur.

La Figure 1 représente la vue en coupe de la fusée, nous permettant d'expliquer nos différents choix techniques. Tout d'abord, les pièces imprimées en 3D sont réalisées en ABS, un choix motivé par la résistance de ce matériau à la température. La fusée étant exposée aux éléments, notamment au soleil et à la chaleur, il était crucial que sa structure et sa solidité ne soient pas altérées avant le vol. Les pièces que nous avons décidé d'imprimer en 3D sont l'ogive, le système de maintien et d'éjection de l'ogive, la pièce de jonction des tubes et les ailerons.

Le tube inférieur est en composite carbone pour deux raisons. La première est liée à l'apprentissage des procédés de fabrication des matériaux composites carbone/époxy. La seconde est la robustesse mécanique et la résistance thermique du matériau, tout en offrant un avantage significatif en termes de poids. Nous avons opté pour une épaisseur de 5 mm, ce qui peut sembler excessif, mais s'est avéré utile.

Le tube supérieur, quant à lui, est en fibre de verre, un autre matériau composite, à base de fibre de verre et d'époxy. Contrairement au carbone, la fibre de verre laisse passer les ondes électromagnétiques, ce qui était crucial pour notre fusée, équipée d'un système de télémétrie et d'un GNSS. Il était donc important de minimiser les interférences électromagnétiques.

Le résultat de cela est une fusée de 1.4kg sans moteur, une longueur de 1.046m et une largeur de tube de 60mm extérieur.

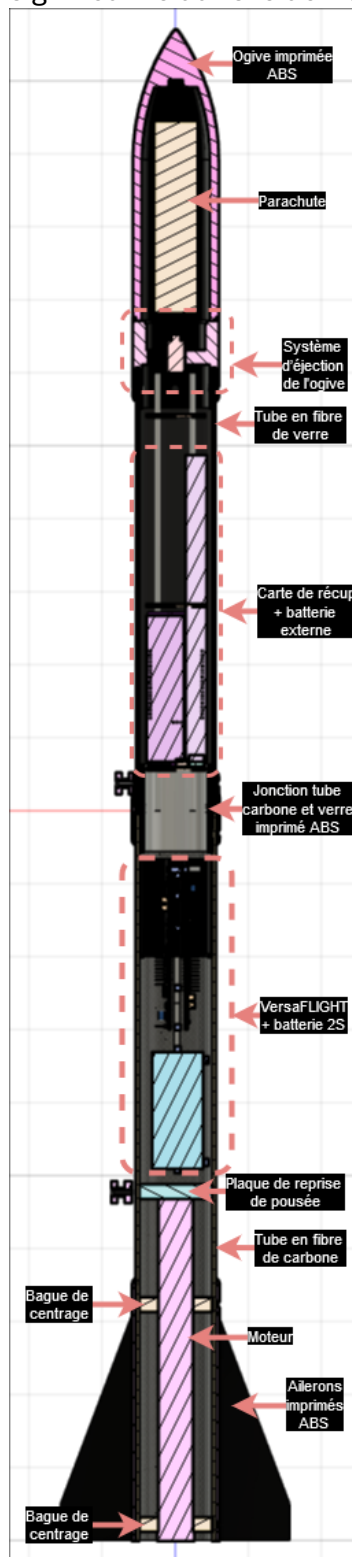


Figure 1 - Vue de coupe de la fusée

Description électronique

Nous avons consacré un effort considérable à l'électronique, qui était quasiment notre priorité. En effet, bien que nous manquions d'expérience en mécanique, nous étions plus à l'aise avec l'électronique et la programmation. Nous avons donc décidé d'être créatifs et ambitieux pour ce C'Space 2024. L'électronique embarquée dans la fusée était divisée en deux parties. La première, le séquenceur, permettait de respecter le cahier des charges du C'Space, en nous assurant que nous étions dans la fenêtre de déploiement du parachute de ± 2 secondes autour de l'apogée (stabtraj). La deuxième partie est une carte que nous développons, nommée VersaFLIGHT. Il s'agit d'une carte destinée à servir de plateforme de développement pour les amateurs de fusées de modélisme. L'interaction entre les deux systèmes est illustrée à la Figure 2.

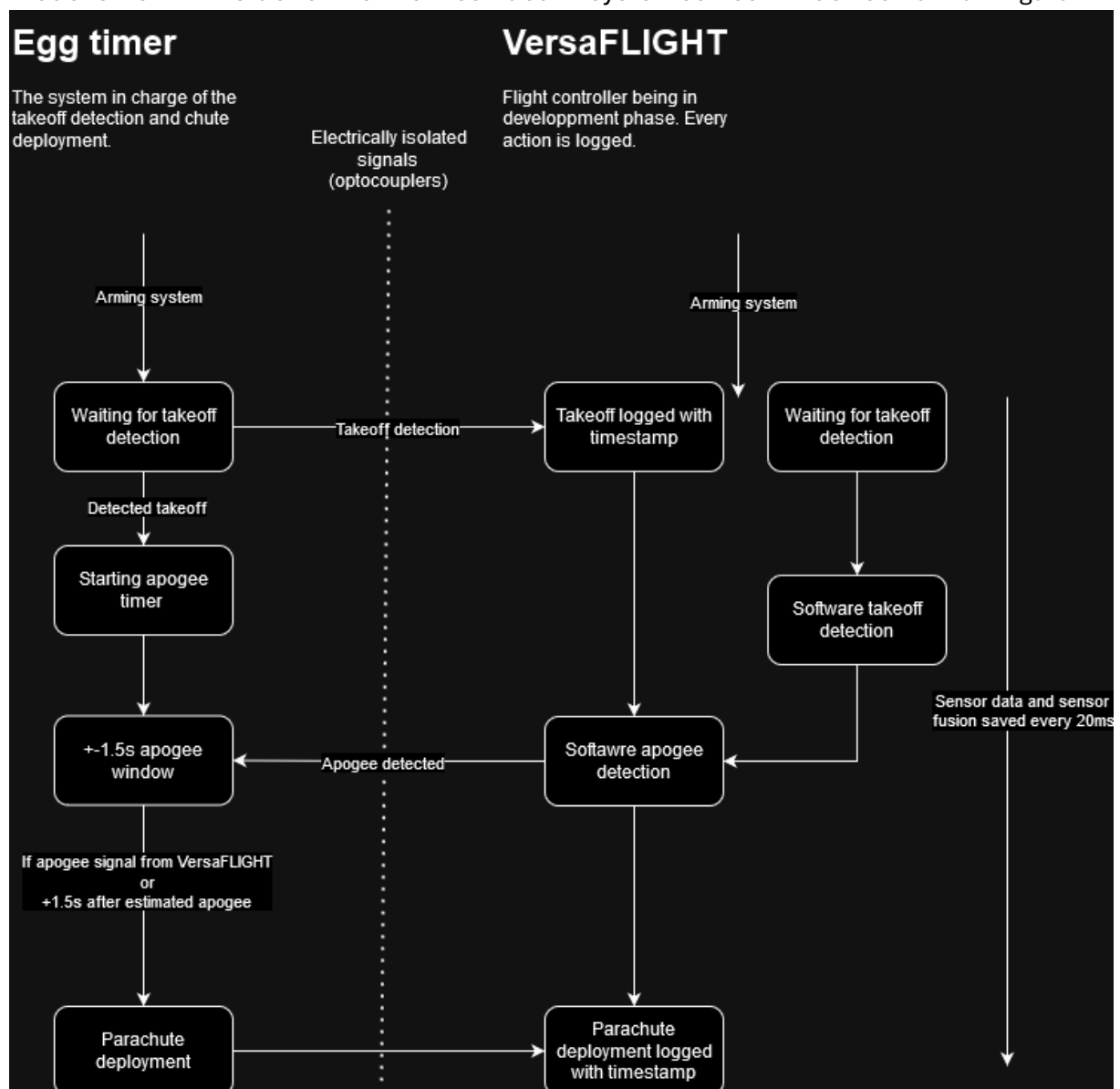


Figure 2 - Schéma de séquence de l'électronique embarquée

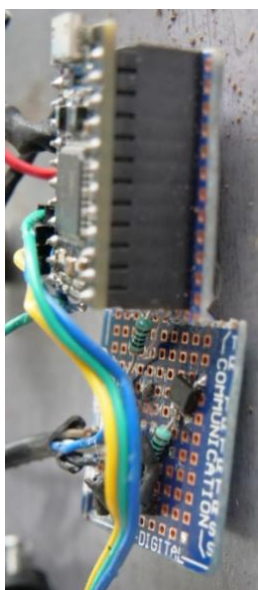


Figure 3 - Système de déclenchement parachute

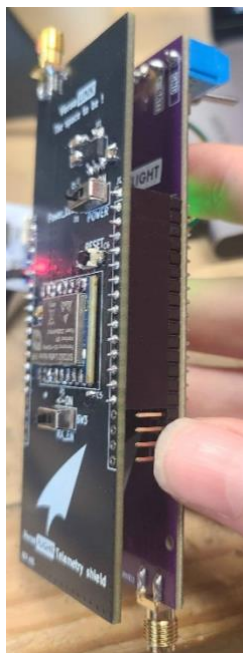


Figure 4 - Versaflight équipé de son shield radio

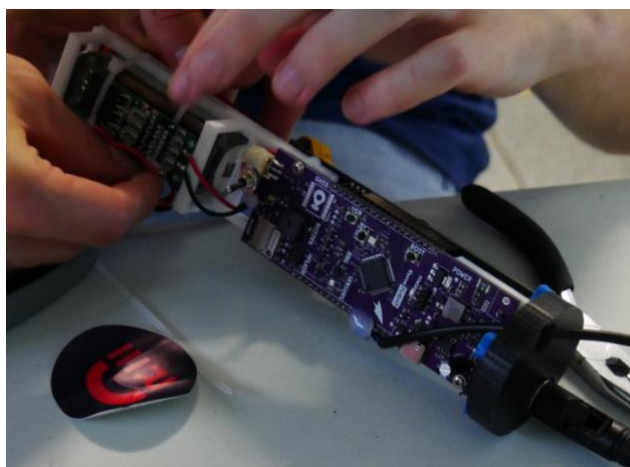


Figure 5 - Intégration des systèmes

Nos objectifs avec cette électronique étaient de concevoir un système sous forme de carte de développement, facilitant l'intégration de systèmes embarqués dans le domaine des fusées de modélisme. Nous avons donc concentré nos efforts dans cette direction. Les exigences fonctionnelles que nous nous sommes fixées consistaient à intégrer différents algorithmes de fusion pour déterminer les phases de vol, l'orientation, l'altitude de la fusée, ainsi que sa position. Ces objectifs sont encore en cours, le but principal du C'Space 2024 étant de récupérer les données. Cela nous permettra par la suite, via le hardware-in-the-loop, de simuler le vol et de perfectionner les algorithmes.

Déroulé du C'Space

Lors de notre arrivée au C'Space, nous n'étions pas prêts. Nous avons oublié la carte de récupération, ce qui nous a obligés à en concevoir une nouvelle sur place. Nous avons prévu d'intégrer toute l'électronique et de finaliser le firmware de versaFLIGHT sur place. En plus d'avoir perdu du temps à cause de la création de la carte de récupération depuis zéro, nous avons largement sous-estimé le temps nécessaire à l'intégration. En effet, avec un diamètre intérieur du tube de 50 mm et une fusée comportant différents systèmes, l'intégration s'est révélée être un véritable casse-tête. Nous avons finalisé celle-ci mercredi et qualifié la fusée le même jour, nous laissant la journée de jeudi pour faire décoller la fusée.

C'est donc à partir de mercredi soir que nous avons pu travailler sur versaFLIGHT pour l'intégration du firmware, nous permettant de récupérer, traiter, enregistrer et envoyer les données à la station sol. La méthode de travail que nous avons appliquée pour le développement du firmware consistait à séquencer et répartir les différentes briques logicielles entre nous. Cependant, ce n'est qu'au C'Space que nous avons pu finaliser le développement de ces briques et réaliser leur intégration. Nous avons donc fait une nuit blanche, et à 8h du matin, un dilemme s'est posé : fallait-il retirer la télémétrie, qui consommait trop de temps processeur (200 ms par envoi), afin de pouvoir enregistrer les données à une fréquence de 50 Hz. Nous avons donc à contre cœur désactivé l'émission de données afin de miser sur une meilleure qualité de données d'après vol.

Déroulé du vol

Après avoir placé la fusée sur la rampe, les pyrotechniciens nous ont avertis d'un bruit suspect provenant du servomoteur responsable de l'éjection de la coiffe. Un bruit de servomoteur peut être courant si celui-ci n'est pas exactement dans la position souhaitée en raison de contraintes mécaniques. La fusée étant déjà sur la rampe, nous avons décidé d'engager la procédure de lancement.

La fusée a connu une phase d'ascension sans problème, suivie d'une phase d'accélération rapide avec un pic de près de 16g, et une altitude estimée à 400 m par le stabtraj. Cependant, une fois l'apogée atteinte, nous attendions la séparation de l'ogive et l'ouverture du parachute, ce qui n'est jamais arrivé. Le vol est donc resté ballistique.

Analyse

The diagram illustrates a battery assembly within a blue rectangular frame. At the top, a grey square is labeled "Batterie ESIEA". Below it is a green rectangular block labeled "Déconnection". The main body of the assembly is a large purple rectangle labeled "Accu". At the bottom of the purple rectangle is a coiled spring labeled "Compression du ressort". A red arrow points downwards from the right side of the assembly, labeled "17g", indicating a downward force.

Il nous paraît évident que la batterie de notre système s'est déconnectée lors de la phase de décollage, causant le vol balistique de la fusée.

En conclusion, bien que le résultat puisse sembler négatif à première vue, nous sommes extrêmement satisfaits de notre expérience au C'Space. Pour une première fusée, nous avons relevé de nombreux défis techniques, ce qui nous a valu des retours

très positifs de la part des équipes que nous avons rencontrées. Cet événement nous a permis d'acquérir de nouvelles compétences et de rencontrer des personnes ainsi que des associations passionnées et bienveillantes. Nous espérons pouvoir améliorer nos résultats et retenir l'expérience dans le futur, avec des systèmes encore plus performants et aboutis.