



# RAPPORT DE PROJET

MINI-FUSEE BTQ-569

C'SPACE 2023

## Membres :

Joseph DE LA MASSELIERE

Emie REVEILLERE

Marie MIGEON

Augustin ETCHEBERRY

David AUTESSERRE

# Sommaire

|                                               |                             |
|-----------------------------------------------|-----------------------------|
| Remerciements .....                           | 2                           |
| I. Présentation projet .....                  | 3                           |
| II. Conception .....                          | 3                           |
| III. Réalisation .....                        | 5                           |
| IV. Assemblage .....                          | 6                           |
| V. Campagne de lancement : C'space 2023 ..... | 7                           |
| Conclusion .....                              | 9                           |
| Annexes .....                                 | Erreur ! Signet non défini. |



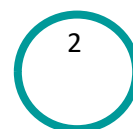
## Remerciements

Avant de commencer ce rapport, nous souhaiterions remercier Planète Sciences ainsi que le CNES qui ont organisé cet évènement et qui ont permis à tous les membres du groupe de lancer notre première fusée.

Nous aimerions également remercier tous les bénévoles présents pendant cette semaine. Leurs conseils ont été précieux et nous ont permis de qualifier et de lancer notre fusée dès mardi.

Nous remercions aussi notre école, l'ESTACA, ainsi que l'association ESTACA Space Odyssey qui ont financé notre projet.

Enfin, nous souhaiterions adresser quelques mots aux personnes qui nous ont guidées et conseillées tout au long de l'année. Merci beaucoup Victor et Jacques de nous avoir accompagné tout au long de l'année dans l'accomplissement de ce projet.



## I. Présentation projet

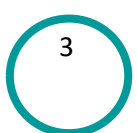


Figure 1: CAO BTQ-569

Le projet de lancement de la fusée BTQ 569 a vu le jour au mois d'octobre 2022 avec une équipe hétéroclite de 5 étudiants en 2e année à l'ESTACA : Emie Reveillere (cheffe de projet), Marie Migeon, Augustin Etcheberry, Joseph de la Massellière, et David Autesserre. Sans charge utile particulière, l'objectif était de réaliser un lancement lors du C'space 2023 à Tarbes, en Hautes-Pyrénées, avec les autres mini-fusées de l'ESTACA Space Odyssey (ESO).

Elle a permis de nous familiariser avec les étapes à suivre pour concevoir un lanceur et l'envoyer dans l'immensité de l'espace (300 mètres d'altitude !). On a pu donc effectuer les phases de modélisation, de conception, de montage, ... que ce soit en structures pour le corps de la fusée ou en électronique pour la minuterie. Cela pourra nous être utile pour des futurs projets au sein de l'ESO (ou de la NASA).

Nous n'avions pas trop d'idées pour le nom et nous avons décidé de choisir un mélange de références en tout genre de chaque membre du groupe, et cela a donné finalement BTQ 569.



## II. Conception

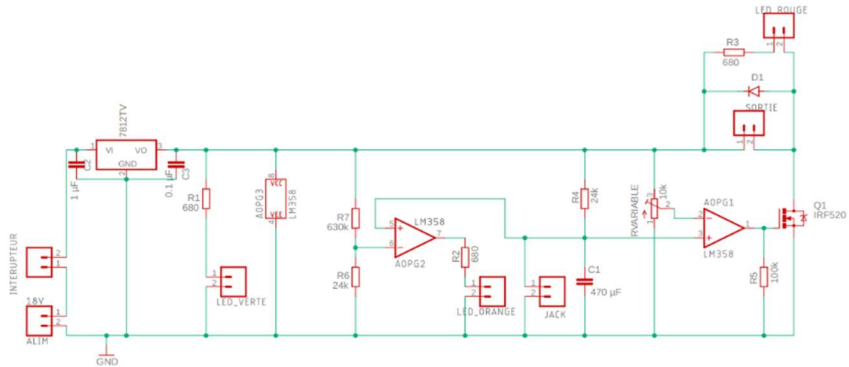
Avant de se lancer dans la réalisation de notre fusée, nous avons passé quelques mois, de septembre à décembre, à réfléchir aux solutions techniques que nous allions adopter.

- La peau

Pour faire la peau de notre fusée, nous avons décidé d'utiliser plusieurs couches de fibre de verre et collées entre elle grâce à de la résine époxy pour coller les différentes couches entre elles.

- La minuterie

Notre minuterie est un circuit électrique analogique. Notre trappe va être maintenue grâce à une ventouse électromagnétique. La ventouse maintenait la trappe tant qu'elle n'était pas alimentée sous une certaine tension et la lâchait au bout d'un certain temps. Ce temps était réglé à l'aide d'une résistance variable.



- CAO

Pour la reprise de poussée de notre fusée, nous avons choisi de mettre une bague en bas de la fusée, percée d'un trou adapté à la taille du propulseur. De plus, le propulseur étant assez long, nous avons fait le choix d'ajouter une bague de centrage qui va permettre de caler le propulseur le plus verticalement possible et d'éviter qu'il bouge trop pendant le lancement. Ces deux bagues sont en PLA et seront imprimées en 3D dans le fab'lab de notre école. La CAO a été réalisée au cours du mois de décembre.

De même, l'ogive et le support de la minuterie seront imprimés en 3D. Nous avons pensé le support de la minuterie de sorte à pouvoir ranger les piles et faire passer les fils entre la minuterie et le support des LED et de l'interrupteur.

Nous avons également créé un support pour la ventouse électromagnétique et le ressort qui avait pour but d'assurer l'ouverture de la trappe. Joseph a pensé ce support avec un emplacement pour ces deux éléments et un emplacement pour faire passer les fils de la ventouse.

- Ailerons

La conception des ailerons a été effectuée grâce au logiciel Stabtraj. Nous avons choisi 4 ailerons pour notre fusée et ceux-ci seront en aluminium.



### III. Réalisation

Nous avons commencé par la réalisation de la peau dès le début en septembre, peau donc en époxy. Le procédé est plutôt simple. On vient poser du papier cuisson autour d'un moule permettant de fabriquer la peau avec le bon diamètre et assez grand pour la hauteur (pour nous environ 70cm de haut). On vient ensuite badigeonner le moule d'époxy afin de créer notre peau. La partie la plus compliquée est finalement d'enlever le moule. Après 2 semaines d'attente pour que l'époxy devienne dure, (quelques jours suffisent) nous avons retiré la peau du moule en forçant à plusieurs et en utilisant plusieurs techniques.

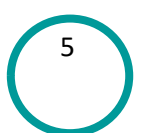
Vient ensuite la partie la plus longue, en tout cas pour notre groupe, la partie électrique : la minuterie. Celle-ci permet le bon fonctionnement de la trappe et le déploiement du parachute après l'apogée de la fusée, elle est primordiale. Cette dernière est donc forcément complexe. À l'aide d'un schéma électrique complexe préétabli par nos formateurs, nous avons pu d'abord la tester avec tous les composants et la comprendre (partiellement pour certains). Après plusieurs essais, des démontages et remontages du circuit, la minuterie fonctionna enfin. La suite était donc de souder ce circuit sur une carte prévue à cet effet, étape plutôt facile et agréable, pour après la rajouter dans le montage de BTQ-569.

Les prochaines étapes furent l'impression 3D de plusieurs pièces tel que le support de la minuterie designé auparavant, l'interrupteur, la fixation ressort, l'ogive, les bagues nécessaires et les équerres pour fixer les ailerons sur la peau de la fusée. Il ne manquait plus qu'à découper les ailerons en aluminium au laser, tâches réalisées par un des chercheurs de l'ESTACA.

Entre temps, au milieu de ces impressions et découpages, nous avons cousu le parachute avec l'aide de la grand-mère d'Emie (Merci à elle 😊). Nous avons rajouté des anneaux dans ce parachute pour faire passer les fils d'attache à la fusée.

Et voilà, toutes les pièces nécessaires au bon fonctionnement de BTQ-569 étaient là, il ne manquait plus que l'impression 3D de 5 petits dinosaures de couleurs différentes faisant office de mascotte.

La fusée est prête à être montée et ce n'est pas la partie la plus simple.



## IV. Assemblage

Après avoir conçu l'ensemble des pièces de la fusée via différentes techniques (résine, CAO, usinage...) nous avons commencé leur assemblage.

- **Minuterie :**

La première étape a été d'insérer la minuterie dans le boîtier imprimé plus tôt mais aussi d'y insérer des pas de vis pour pouvoir le fixer plus tard dans la peau de notre fusée au moyen de vis.

- **Ogive et bagues :**

Nous avons continué l'assemblage en intégrant l'ogive ainsi que les bagues séparant les différents étages de la fusée. Pour cela, nous avons appris à utiliser des outils comme une perceuse à colonne et un taraud, en tentant de garder la plus grande précision possible afin que les éléments une fois encastrés soient bien alignés. En raison de certaines imprécisions, nous avons dû recommencer quelques pièces telles que les languettes de fixation de l'ogive car celles-ci ne correspondaient plus avec les trous percés au préalable.

- **Parachute :**

Pour intégrer le parachute à notre fusée, nous avons vissé un mousqueton à l'intérieur de la fusée par lequel était attaché notre parachute. La trappe permettant son déploiement avait été découpée au préalable et nous y avons attaché une petite pièce en fer qui permettrait à l'électroaimant de la maintenir jusqu'à la fin du temps défini dans la minuterie.

- **Ailerons :**

Pour fixer les ailerons, nous avons utilisé des pièces imprimées en 3D que nous avons d'abord essayé de coller grâce à la résine époxy sur la peau de la fusée, mais le temps de séchage de celle-ci nous a retardé dans leur intégration. De plus, l'inefficacité de cette solution technique nous a finalement poussé à visser les pièces imprimées en 3D aux ailerons puis de fixer l'ensemble à la peau de la fusée.





## V. Campagne de lancement : C'space 2023

Le C'Space 2023 a eu lieu du 15 juillet au 21 juillet au camp de Ger du 1er RHP (régiment de hussards parachutistes) : nous avons donc une semaine pour finaliser l'assemblage de notre fusée, passer les contrôles et bien sûr lancer notre fusée.

Les deux membres de l'équipe qui ont participé au C'Space sont Emie Réveillère (cheffe d'équipe) et Marie Migeon. Nous sommes toutes les deux arrivées le week-end, respectivement les 15 et 16 juillet. Après l'installation le samedi, Emie a pu directement commencer à travailler sur la fusée, en travaillant notamment sur la minuterie, et sur des finitions comme le ressort protégeant la trappe. Le dimanche nous avons travaillé sur le dispositif qui retient le propulseur et le parachute. Nous avons alors pratiquement terminé la fusée et nous avons donc décidé d'aller aux contrôles le lundi matin.

Nous avons fait plusieurs aller-retours aux contrôles dans la journée avant de pouvoir enfin être qualifiées. Nous avons dû corriger certains défauts qu'ont relevés les contrôleurs. Nous avons refait les nœuds du parachute et un contrôleur nous a conseillé d'accrocher la trappe à un des œillets du parachute à l'aide d'un fil afin que la trappe ne gêne pas le parachute lors de son ouverture. Nous avons amélioré le dispositif qui maintient le propulseur afin d'être sûres de ne pas gêner la flamme. Afin que le vent ne s'engouffre pas dans la trappe, nous avons collé un morceau de papier avec des petites franges pour dévier le vent. Comme notre fusée était trop légère, nous avons rajouté du poids grâce à une chaîne que nous avons fixée dans une bague en dessous du parachute. L'étape finale des contrôles est le vol simulé : on reproduit le vol de la fusée pour voir si tout marche bien. Le premier vol simulé n'a pas été réussi car le jack ne s'enlevait pas bien : nous avons donc dû limer la peau de la fusée en dessous du jack pour être sûres que le jack se décroche sans problème lors du départ de la fusée. Bon malheureusement nous avons perdu un aileron en chemin que nous avons dû refixer à la fusée avant d'être enfin qualifiées !



Le lancement de notre fusée s'est déroulé le mardi 18 juillet à 10h16, nous avions un ciel dégagé ce qui nous a permis de bien suivre la fusée. Nous sommes d'abord allées installer la fusée sur la rampe rail avec les pyrotechniciens et ces derniers ont installé le propulseur avant de nous rejoindre pour le lancement. Nous avons ensuite procédé au décompte et Emie a eu l'honneur d'appuyer sur le bouton qui déclenche le propulseur (et donc la fusée). La montée de la fusée dans le ciel jusqu'à son apogée s'est déroulée sans problème et la fusée a atteint son apogée au bout de 8 secondes. VOL NOMINAL ! Le parachute s'est bien ouvert un petit peu après l'apogée. La fusée est descendue assez vite car le parachute tournait sur lui-même et la trappe tournait autour de lui (il aurait sûrement fallu l'accrocher avec un plus long fil au parachute ou alors utiliser un émerillon qui tournait plus facilement pour éviter de vriller les fils).





Pour finir nous sommes allées récupérer la fusée entre deux lancements de fusex. La fusée n'a pas été très facile à repérer car elle a atterri dans des herbes hautes et seul le parachute dépassait. Mais nous avons eu de la chance car les herbes hautes ont amorti la chute de la fusée et nous l'avons retrouvée totalement intacte. Le reste de la semaine nous avons assisté aux autres lancements de fusées mais aussi aux lancements des ballons. Nous avons pu aider les bénévoles pour la localisation des fusées mais ce n'est pas tout, nous avons eu la chance de rencontrer l'astronaute réserviste de l'ESA Arnaud Prost qui a même dédié notre fusée !



## Conclusion

Pour conclure, nous pouvons dire que ce projet de mini-fusée de formation porte très bien son nom car cette expérience a été très formatrice pour tout le monde.

Grâce à ce projet, nous avons pu découvrir comment réaliser une fusée et les différentes solutions techniques qui existent .

De plus, nous avons rencontré de gens formidables, à l'écoute de nos problèmes et toujours là pour nous donner des conseils. Je pense évidemment aux bénévoles qui nous ont suivi tout au long de l'année par le biais des RCE et qui ont su se montrer disponibles pendant le C'Space.

Nous avons également développer un certain nombre de compétences comme notamment le travail en équipe. Nous étions 5 sur ce projet et nous avons appris ensemble à nous organiser.

Ce projet est une super expérience et une grosse fierté pour tout le groupe qui s'achève de la meilleure des façons : par un vol nominal ! 😊

