

Rapport projet Hypérion

September 2024



Résumé

Ce document contient le rapport du projet MF-43 HYPERION du CLES-FACIL. L'objectif principal de HYPERION était de nous permettre de faire un premier pas dans le monde des lancements de fusées amateurs. La fusée n'embarquait pas d'expérience à proprement parler. Elle a cependant été conçue dans le but d'acquérir un maximum de connaissances. L'équipe travaillant sur ce projet était composée de :

- Alexandre LESUR - *Chef et rapporteur de projet*
- Zacarias MBAKI

Table des matières

1	Introduction	3
2	Description mécanique	4
2.1	Description globale	4
2.2	Stabtraj	5
2.3	Conception et fabrication	5
3	Description électronique	7
3.1	Description globale	7
3.2	Code Arduino	7
4	Déroulement du vol	8
5	Conclusion	9

1 Introduction

Zacarias et moi-mêmes sommes arrivés au CLES-FACIL en octobre 2022. Étant novice dans le domaine, il s'est vite imposée l'idée de développer une minifusée en binôme afin d'acquérir de l'expérience. Afin de ne pas se contenter de copier les minifs ayant été lancées auparavant par le club, nous avons souhaité dès le début intégrer un défi technique. Nous avons alors choisi de mettre en place une ouverture de parachute non conventionnelle, consistant en une séparation de la fusée en plusieurs parties lors du vol. L'ouverture du parachute sera détaillée dans la section correspondante.

Ce projet a connu deux périodes. En effet, à quelques semaines du lancement, des imprévus personnels nous ont empêchés de participer au C'Space 2023. Il a alors été décidé de repousser le lancement pour 2024. Le temps supplémentaire dégagé a alors été employé pour améliorer les différents aspects de la fusée. Je présenterai ici uniquement la fusée telle qu'elle était lors de son lancement.



FIGURE 1 – Séance photo avant de partie en zone de lancement

2 Description mécanique

2.1 Description globale

La fusée se compose en 3 sections : la section coiffe, la section parachute et la section propulsion. Dans la section coiffe se trouve 3 longues tiges avec des ergots au bout. Ces tiges sont solidaires de la section propulsion durant l'ascension grâce au verrouillage des ergots. Ils sont en effet retenus par une platine commandée par un servomoteur. À l'apogée, les tiges sont libérées et se séparent de la section propulsion grâce à des ressorts de compression. Au niveau des tiges se trouve la section parachute. Celle-ci est composée du parachute en lui-même (entre les tiges) ainsi que de 3 panneaux circulaires couvrant 120° chacun. Ces panneaux permettent de carrener cette section et de contenir le parachute lors de la phase d'ascension. Ils sont bloqués entre la coiffe et le fuselage de la partie propulsion tant que ceux-ci sont solidaires. Lors de la séparation à l'apogée, le parachute est révélé et, sous les effets aérodynamiques, s'ouvre.

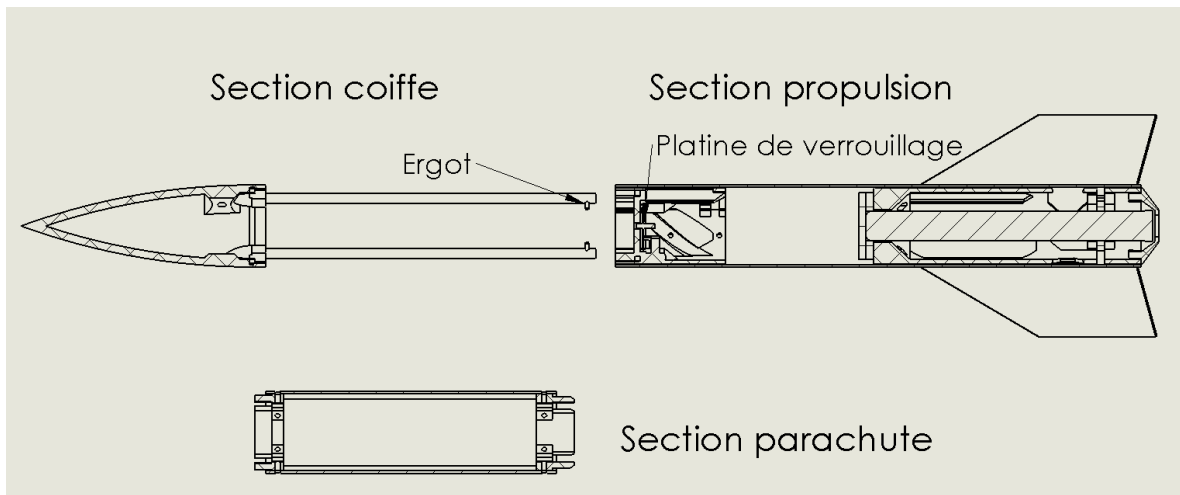


FIGURE 2 – Vue en coupe de la fusée

2.2 Stabtraj



STABILITO

Stabilité de fusée à ailerons

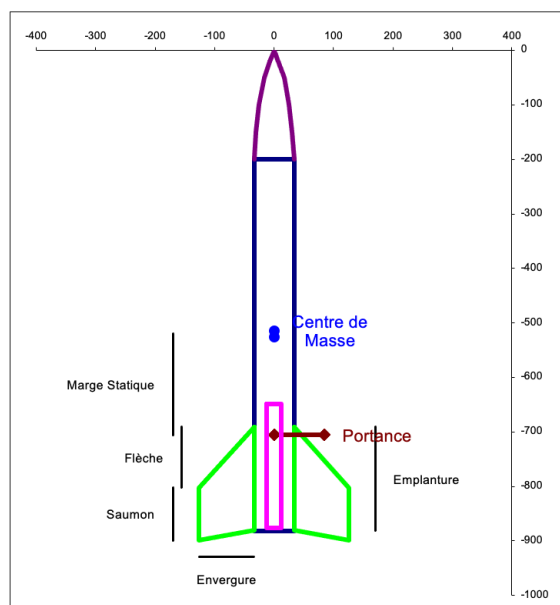
Remplir les cases jaunes

Fusée			
Nom	Hypérion		
Club	CLES FACIL		
Matricule	MF 43		
Type	Minifusée		
Masse	1500 g	+	sans propu
Centre de Masse	500 mm	+	sans propu
Longueur totale	881 mm		

Propulseur			
Type	Pandora (Pro24-6G BS)		
Position du bas	876 mm		

Coiffe			
Forme	Ogivale (pointue)		
Hauteur	200 mm	+	
Diamètre	67 mm	+	

Ailerons			
Mono-empennage			
Emplanture 'm'	190 mm	+	
Saumon 'n'	97 mm	+	
Flèche 'p'	111 mm	+	
Envergure 'E'	92,5 mm	+	
Epaisseur 'ep'	2 mm	+	
Nombre	4	+	
Position du bas	881 mm	+	



26/09/2024	Min	Résultats		Max
Finesse	10	13,1		20
Portance	15	19,0	19,0	30
MargeStat.	1,5 D	2,69 D	2,86 D	6 D
Couple	30	51,1	54,3	100
XCp		706 mm	706 mm	
MS /L		20% L	22% L	

STABLE

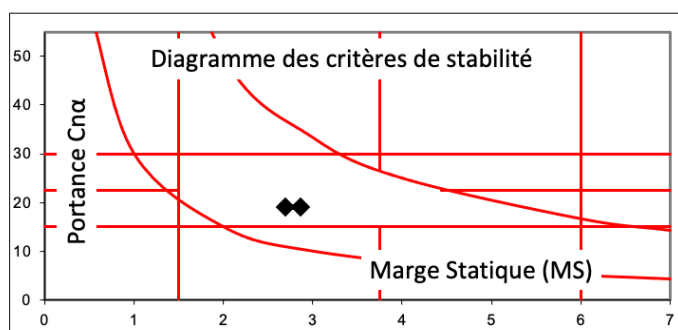


FIGURE 3 – Stabtraj d'Hypérion

2.3 Conception et fabrication

Les dimensions de la fusée ont été choisies dans un souci de praticité et de cohérence. Nous savions dès le début que nous voulions faire le fuselage en fibre de carbone. Cela présentait l'avantage de nous faire découvrir un nouveau matériau et de profiter de ses propriétés mécaniques (peu cassant et élastique). Parmi les différents types de moules possible, nous avons choisis d'utiliser un tube PVC. Leurs dimensions sont normées, et le diamètre le plus cohérent pour nous était de 63mm. Nous avons alors défini le diamètre extérieur de la fusée

à 65mm ($63 + 2 \times 1$ mm).

Pour le moulage du tube en fibre de carbone, il s'est posé le problème de retirer le tube après le séchage. En effet, la pièce est ajustée au moule, les frottements sont beaucoup trop importants pour pouvoir retirer le moule du tube carbone. Nous avons alors découpés le tube PVC en plusieurs parties dans le sens de la longueur. Des cylindres en bois permettaient de garantir la cylindricité de la reconstitution du tube PVC. A la fin du séchage, nous avons juste eu à enlever ces cylindres et à démonter le tube PVC.

En dehors du carbone, nous avons également utilisé de l'aluminium, du bois et du PETG. L'aluminium n'était que peu présent, du fait de son poids non négligeable. C'est pour ça que peu de pièces ont été réalisées avec. On retrouve par exemple les tiges reliant la coiffe à la section propulsion. Les autres éléments ont été réalisés en impression 3d avec du PETG. Ce matériau présente l'avantage de ne pas être cassant, et est adapté à l'utilisation qu'on veut en faire. Enfin, seuls 2 éléments ont été réalisés en bois. Il s'agit de la bague de reprise de poussée et de la bague de centrage du propulseur. Celui-ci chauffant beaucoup durant sa combustion, nous ne voulions pas qu'il puisse se décentrer ou bouger durant le vol.



FIGURE 4 – Éléments imprimés en 3d pour la fusée

Le diamètre interne étant de 63mm, l'accessibilité à l'intérieur de la fusée est très limitée. Nous avons choisis de fixer les ailerons au moyen de boulons, mais il était impensable de venir avec une clé tenir les écrous se trouvant dans la fusée au moment du serrage. C'est pour ça que nous avons choisis de coller les écrous destinés aux ailerons à l'intérieur d'un rack. Cela a permis de tous les maintenir fixe les uns par rapport aux autres et donc de correspondre directement avec les trous prévus dans le fuselage pour la fixation des ailerons. Sur ce rack étaient également fixées les 2 bagues en bois mentionnées plus haut.

Lors de la conception de la fusée, nous ne savions pas que l'utilisation d'une tige avec une plaque tournante au bout était un moyen très utilisé pour maintenir le propulseur dans la fusée. Nous avons alors développé notre propre système de verrouillage, en utilisant une

bague bloquante enserrant la tuyère. Il a fallu adapter le trou au milieu de celle-ci pour laisser passer la flamme de propulsion et le cache du propulseur. Si ce dernier s'était trouvé bloqué au niveau de cette bague, cela aurait pu engendrer de graves conséquences sur le vol.

Un des principaux problèmes rencontrés portait sur le système de séparation. En effet, il y avait trop de frottements entre les tiges et le logement dans lequel elles étaient maintenues. Les ressorts n'étaient alors pas assez puissants pour pouvoir contrer ces frottements et faire sortir les tiges de l'emplacement. Cela a pu être réglé par des inserts aluminiums. Les frottements métal/métal sont en effet plus faible que les frottements métal/PETG. De plus, cela permet d'utiliser de la graisse mécanique pour fluidifier le contact.

3 Description électronique

3.1 Description globale

L'électronique de la fusée est somme toute assez simple puisqu'elle n'est composée que d'une Arduino. En effet, Hypérion n'embarquait pas d'expérience. L'ouverture du parachute nécessitait un servo-moteur, lequel était actionné en fonction d'un timer. L'Arduino était montée sur une carte maison. Tout les composants qui n'étaient pas présents sur la carte (LED, servo moteur, piles, interruptuer et prise Jack) étaient reliés à celle-ci par des connecteurs. Cela simplifiait grandement leur manipulation. La détection du décollage se fait par l'arrachage d'un câble Jack en court circuit. Une prise Jack oblique était donc présente dans la fusée. L'alimentation du timer et du servo-moteur se faisait par 2 piles 9v. Nous avons utilisé 2 piles différentes pour alimenter l'arduino et le servo-moteur afin d'éviter de shunter l'arduino lorsque le servo tirait du courant de la pile.

3.2 Code Arduino

Voici le code Arduino utilisé pour le timer et le contrôle du servo-moteur.

```
#include<Servo.h>
const int temoin_allumage=4;
const int decompte=3;
const int parachute=2;
const int Cable=10;
const int servo=9;
int etatCable = 0;
Servo myservo;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(temoin_allumage, OUTPUT);
  pinMode(Cable, INPUT); //Intérupteur
  pinMode(decompte, OUTPUT);
```

```

pinMode(parachute, OUTPUT);
digitalWrite(temoin_allumage,HIGH);
myservo.attach(servo);
myservo.write(0);
}

void loop() {
    etatCable = digitalRead(Cable);
    if (etatCable == LOW) {
        digitalWrite(decompte,HIGH);
        delay(5000);
        digitalWrite(parachute,HIGH);
        myservo.write(30);
    }
}

```

4 Déroulement du vol

Pendant le C'Space 2024, Hypérion a validé les contrôles le mardi 9/07 au matin. Elle a donc pu être lancée dans la session de vol de l'après midi. La météo était favorable. Le temps était couvert mais le plafond nuageux assez haut pour ne pas que la fusée l'atteigne. Étant de couleur noire sur fond gris clair, il a été facile de suivre la fusée durant son vol. Il n'y avait pas de vent notable.

Le vol était nominal, la trajectoire a été stable. Lors des contrôles, il a été mentionné que l'ouverture du parachute risquait de dysfonctionner du fait de sa nature complexe. Effectivement, à l'apogée, la section coiffe s'est bien séparée de la section propulsion mais le parachute est resté entre les tiges métalliques. Ce n'est qu'au bout de quelques secondes de chute qu'il s'est finalement déployé. La fusée a pu être retrouvée en parfait état, sans aucun dommages relevés.



FIGURE 5 – Image de drone de la fusée après son vol

5 Conclusion

Ce projet a été une réussite sur plusieurs plans. Tout d’abord, il s’agissait de notre première expérience de fusées amateur et cela nous a permis de comprendre énormément sur ce domaine. Ensuite, le système d’ouverture de parachute n’était pas classique, et il a quand même fonctionné comme prévu. Enfin, le vol était nominal.

Malgré ce succès, nous avons identifié plusieurs défaut et points d’améliorations possibles dans ce projet. Tout d’abord, ce système d’ouverture prend beaucoup de place. En effet, même si nous l’avions voulu, nous n’aurions pas pu rajouter la moindre carte électronique (avec par exemple un gyroscope, un capteur de force, de pression ou autre).

Le déploiement en lui même du parachute reste à améliorer. Comme vu pendant le vol, l’ouverture n’est pas garantie. Il serait intéressant de trouver un meilleur système plus sécuritaire. Ce sont des points qu’il est intéressant de noter pour de potentiels futurs projets.



FIGURE 6 – Décollage d’Hypérion