

Rapport de projet Pléonasme

COGNIÉ Hippolyte

QUIN Max-Maël



©2025 Bernard-brunel

Figure 1 : Pléonasme au (1er) décollage

Table des matières

Rapport de projet Pléonasme	1
Table des matières	2
I. Présentation du club	3
1. Généralités	3
2. Organisation de travail.....	3
3. Plan général du projet	3
II. Conception mécanique.....	3
1. Idées directrices	3
2. Choix des matériaux.....	4
3. Impression	4
4. Conception & Intégration.....	5
III. L'expérience	7
1. Objectif d'expérience	7
2. Résultats & interprétations	7
IV. Conception électronique	8
1. Séquenceur : Yellow.....	8
2. Expérience : Hervé.....	8
2. Station sol : Ground Control	8
V. Vols.....	10
1. Premier vol	10
2. Deuxième vol.....	10
3. Troisième vol.....	10
VI. Moyens financiers.....	11
Remerciements.....	12

I. Présentation du club

1. Généralités

Nous sommes Max-Maël Quin et Hippolyte Cognié, deux lycéens en première (en 2024-2025). Nous avons créé notre club par passion et n'étions aidés cette année par aucun sponsor, lycée ou école. Bien que nous ayons déjà fait des micro-fusées, cette minif fut l'occasion pour nous d'approfondir nos connaissances. En effet en septembre 2024 nous ne maîtrisions aucun logiciel de CAO, ni d'IDE ni d'EDA.

2. Organisation de travail

Nous avons choisi les idées directrices, dimensions, budgets, échéances ensemble. Néanmoins nous nous sommes très vite réparti le travail de la façon suivante :

Max-Maël : Conception/réalisation électronique, programmation, communication, finition.

Hippolyte : Conception/réalisation mécanique, CAO, impression, administratif.

3. Plan général du projet

Pour notre premier projet, notre objectif principal était d'obtenir un aperçu ce qui était possible de faire avec une mini fusée. Ainsi nous souhaitons une fusée polyvalente afin de développer des méthodes de travail. Nous avons suivi pour l'expérience le cahier des charge fusex afin de nous préparer pour nos prochains projets. Notre expérience, notre séquenceur ainsi que notre parachute sont scalable, et conviendrait à une fusée plus importante.

II. Conception mécanique

1. Idées directrices

Pour la conception mécanique de notre fusée, nous avons opté pour un full-impression 3D. Celui-ci offre une liberté de conception (permettant d'intégrer certain support directement dans le treillis) et une précision de 0.12 mm.

Très vite l'idée d'une fusée treillis-porteuse en deux grandes parties télescopées (une peau et une partie intérieure) s'est imposée. Au final notre fusée était en trois parties, la coiffe venant verrouiller le tout par le dessus. La peau est vissée dans la partie interne par 20 vis M2 en acier. Enfin, deux tiges en inox de 3 mm traversaient l'intégralité du fuselage permettant une excellente rigidité.



Figure 2 : Pléonasme sans ses parties externes

2. Choix des matériaux

Pour la fusée :

- Le PETG pour la peau, offrant une résistance thermique et aux intempéries plus importante. Celui-ci a notamment parfaitement protégé l'expérience de l'eau lors de notre premier vol, la fusée étant tombée dans un marécage.
- Le PLA pour les parties internes, plus léger et moins souple que le PETG : il sert à solidement accrocher l'ensemble de l'électronique.
- Le PEHD pour les ailerons, plastique plus léger que le PVC ($1,39 \text{ g/cm}^3$ contre $0,93 \text{ g/cm}^3$) et plus flexible
- Deux tiges en Inox parcourent la fusée permettent d'accrocher le parachute et de répartir la force due au déploiement sur l'ensemble des parties internes

Pour le parachute :

- Le tissu utilisé est le Nylon, renforcé au niveau des suspentes par un tissu de coton épais imbibé de cyanoacrylate. Les attaches ainsi formées supportaient 45 kg sans difficulté.
- Un émerillon en aluminium 200 kg.
- La corde utilisée pour le parachute (aussi bien de la fusée à l'émerillon que de l'émerillon au parachute) est en corde de kite-surf pouvant résister entre 200 et 500 déca-newton, celle-ci était reliée à la fusée par un nœud de cabestan.

3. Impression

Des paramètres d'impression très fins ont permis d'augmenter la rigidité de notre fusée. Nous imprimions tout sur une Ender 3 v2 néo, avec une buse de 0.4 mm.

Pour le PLA :

Hauteurs des couches : 0.12 mm

Température de la buse : 200°C

Remplissage : 5%

Vitesse d'impression de la paroi : 25.0 mm/s

Nombre de de ligne de paroi : 2

Température du plateau : 60°C

Motif de Remplissage : Gyroïde

Vitesse de remplissage : 50.0mm/s

Pour le PETG :

Hauteurs des couches : 0.12 mm

Température de la buse : 250°C

Remplissage : 20 %

Vitesse d'impression de la paroi : 25.0 mm/s

Nombre de de ligne de paroi : 4

Température du plateau : 100°C

Motif de Remplissage : Grille

Vitesse de remplissage : 50.0mm/s

4. Conception & Intégration



Figure 3 :
Pléonasme
sur la
rampe de
lancement

La coiffe

La coiffe est une pointe parabolique obtenue par la courbe représentative de la fonction :

$$y = R \left(\frac{2 \left(\frac{x}{L} \right) - K \left(\frac{x}{L} \right)^2}{2 - K} \right)$$

Avec $R = 3,5 \text{ cm}$; $L = 20 \text{ cm}$ et $K = 1$

Support caméra

Le support caméra consistait en une partie additionnelle qui se vissait sur la partie externe. Elle servait à la fois de support caméra, de sortie de Jack, d'installation pour les 2 LED (une pour le bon fonctionnement du séquenceur et l'autre indiquait la fin du fixe GPS) et pour les 4 switches (de gauche à droite : celui de la télémétrie, de la caméra, du séquenceur et de l'expérience).

Le système trappe

Notre système d'éjection de la trappe était basé sur un servo métallique qui libérait une trappe en PETG. Des aimants en phase opposée participaient à l'éjection de la trappe.

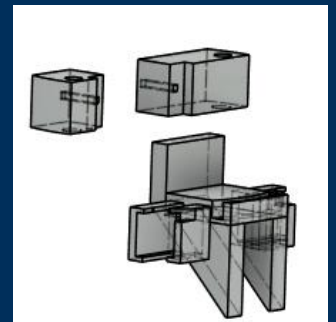


Figure 4 : Système d'éjection de la trappe avec : le support servo, les supports aimants se faisant face, et le crochet qui bloquait la trappe

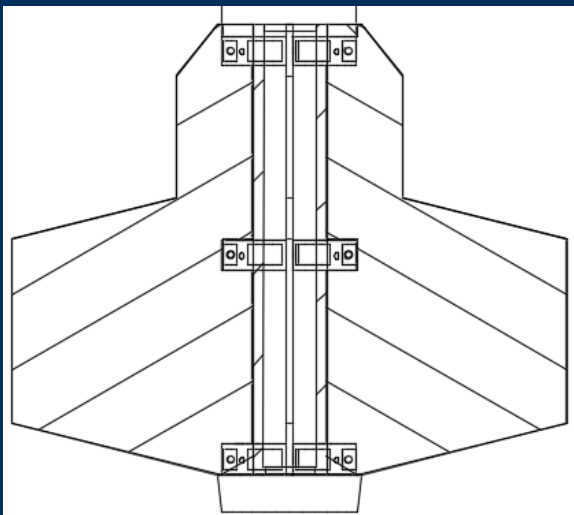


Figure 5 : Vue de coupe avec les ailerons, leurs accroches et le support moteur

Les ailerons

La forme des ailerons permettait que ceux-ci soient accrochés en trois points au lieu de deux. Cette triple accroche compensait la flexibilité du PEHD

Support moteur

Nous avons imprimé la pièce de support moteur de façon à que la reprise de poussée se fasse à la fois par le haut et par le bas.

Cette pièce était en PLA mais n'a pas subi la chaleur, même après 3 vols.

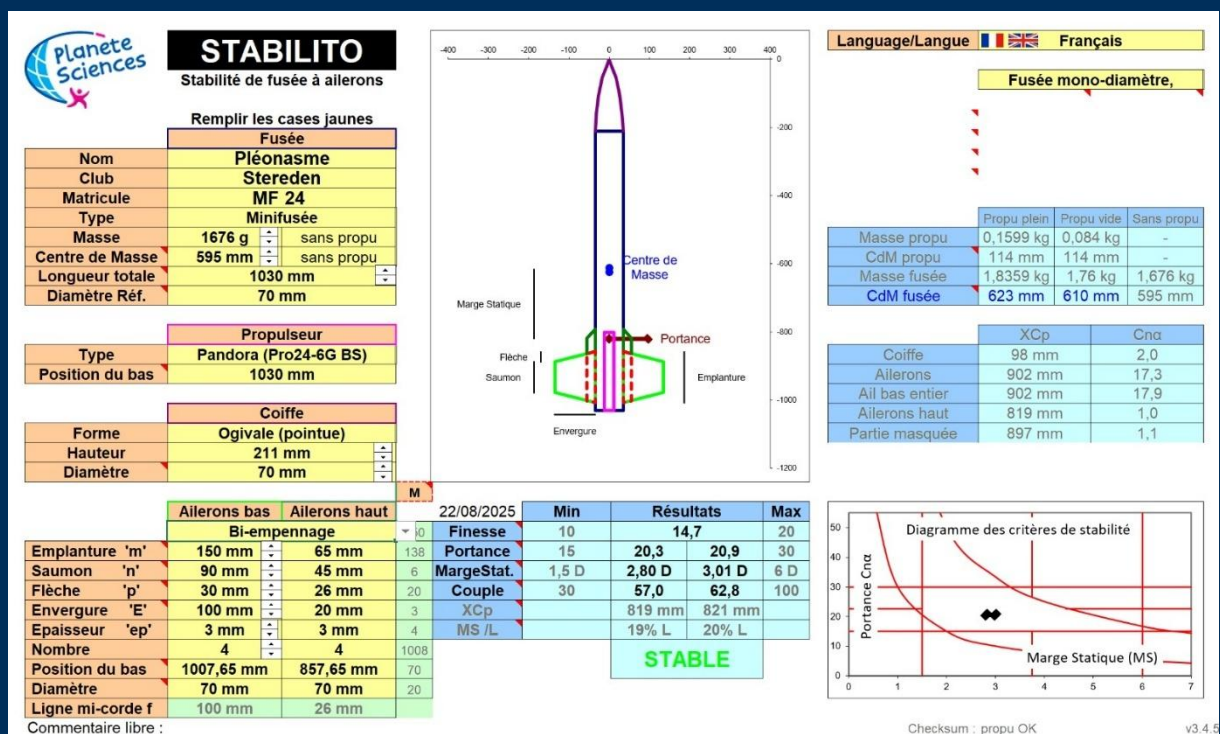


Figure 6 : StabTraj Stabilitto

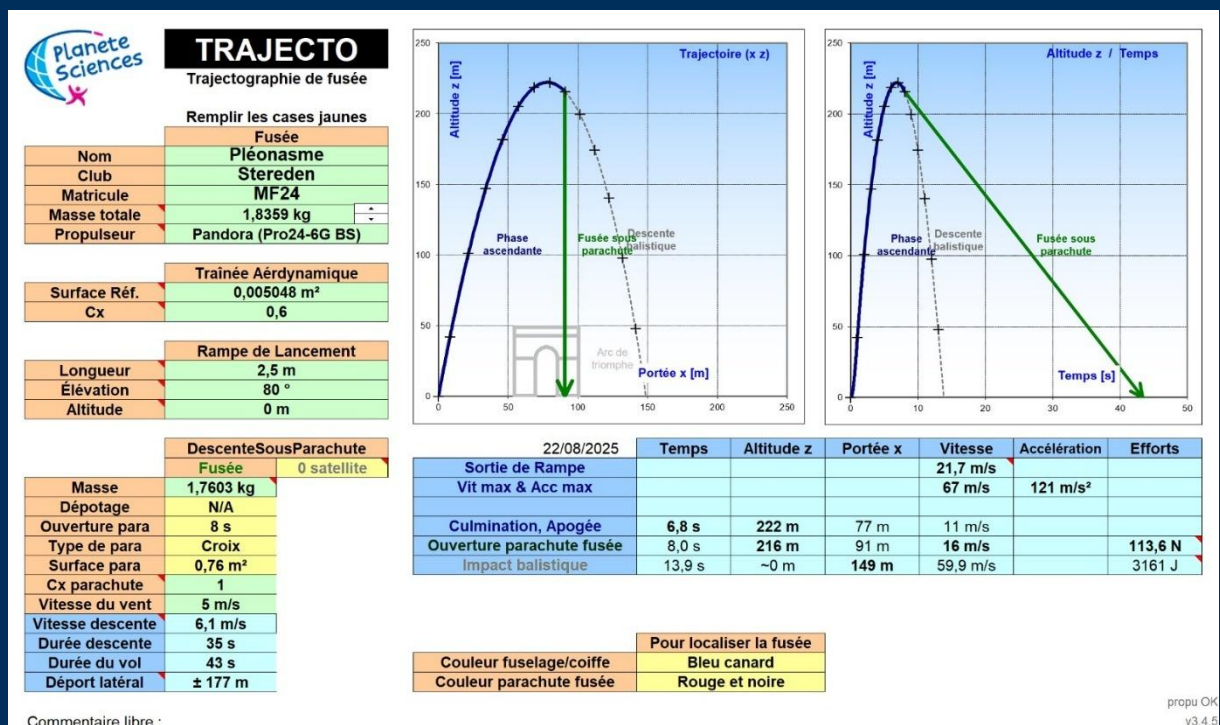


Figure 7 : StabTraj Trajecto

III. L'expérience

1. Objectif d'expérience

Nous avons trois objectifs principaux pour notre mini fusée : un suivi de trajectoire, une caméra embarquée et de la télémétrie.

- Le suivi de trajectoire consiste en une récupération de la latitude et de la longitude par GPS et une altitude par altimètre.
- La caméra RunCamSplit 4 v2 filmait la fusée en 2,7K 60fps.
- La station sol, reliée à un ordinateur, nous indiquait par synthèse vocale l'état des composants une fois la fusée sur rampe.

2. Résultats & interprétations

Trajectographie :

Comme prévu la carte expérience a enregistré les données dans un txt de la façon suivante :

- *Date, TemperatureBMP, Pression, AltitudeBMP, AccelX, AccelY, AccelZ, RotaX, RotaY, RotaZ, TemperatureMPU, Latitude, Longitude, Altitude, Satellites, HDOP*

Nous avons ensuite transformé ce .txt en .kml à l'aide d'un programme python, puis nous avons lissé les données par régression polynomiale de degré 150.

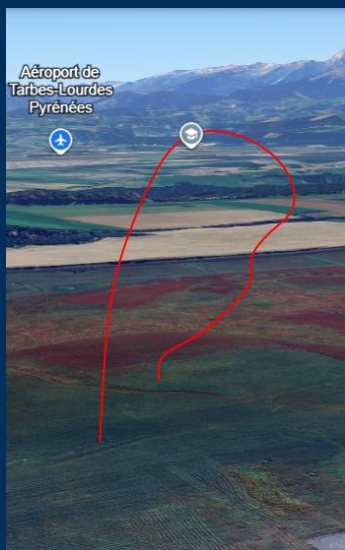


Figure 10 : Trajectoire du 1er vol

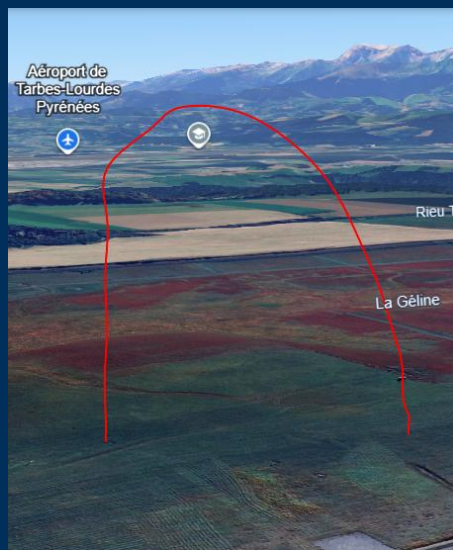


Figure 9 : Trajectoire du 2e vol

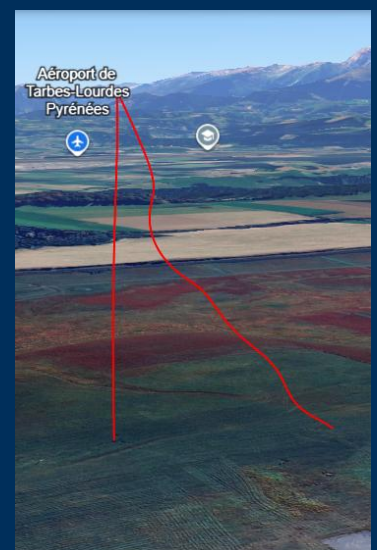


Figure 8 : Trajectoire du 3e vol

Caméra :

La vidéo enregistrée par la fusée est disponible sur notre compte instagram [@steredrocket](https://www.instagram.com/steredrocket)

Télémétrie :

La synthèse vocale nous a bien indiquée, pour nos trois vols, que l'ensemble des composants fonctionnaient.

IV. Conception électronique

1. Séquenceur : Yellow

Le séquenceur, piloté par une arduino nano avait pour objectif d'être scalable. Par conséquent ce dernier pouvait à la fois activer : jusqu'à trois servos (MG90S), des allumeurs pyrotechniques, déclencher l'ouverture du parachute par timer et/ou par altitude (BMP280). Ce dernier pouvait également stocker l'altitude sur carte Micro SD et allumer une caméra. Lors du C'space nous nous sommes servis uniquement du timer et du servo.

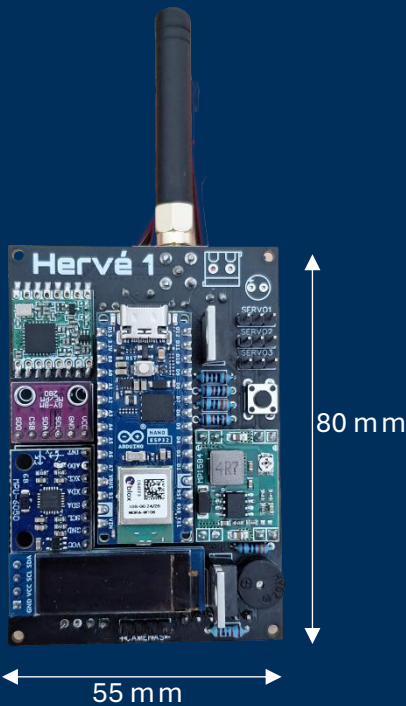


Figure 12 : Vue du Hervé

2. Expérience : Hervé

La carte expérience était équipée : d'un altimètre (BMP280), d'un GPS (Neo-7M), de deux accéléromètre/gyroscopes (MPU 6050 et celui de la Caméra) et d'un module télémétrique LoRa RFM95w. Pour connaître l'état du Hervé, nous l'avions également doté d'un écran (OLED 32x128 pix), deux LED et un buzzer.

Le microcontrôleur est une Arduino nano esp32, étant un bon compromis taille/puissance. Le Hervé devait également être réutilisable pour d'autres projets, ainsi il pouvait actionner plusieurs servomoteurs ou caméras. Nous avons aussi prévu quatre sorties SPI et une I2C pour de futurs capteurs.

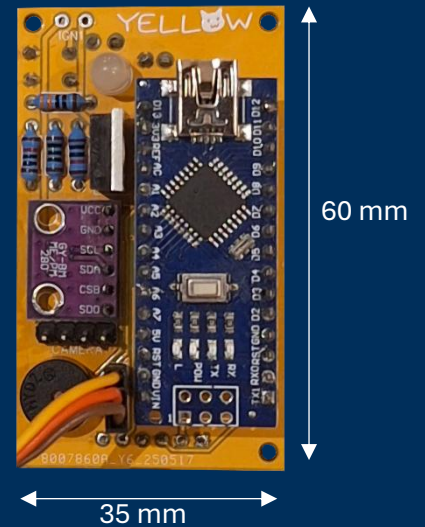


Figure 11 : Vue du Yellow

2. Station sol : Ground Control

La station sol était équipée : d'une antenne, d'un module télémétrique LoRa RFM95w, d'un module de stockage micro SD et d'une esp32.

Quatre LED (dont une RGB), deux boutons et un écran sont également à même la carte.

L'objectif du Ground Control était de connaître l'état de la fusée sans avoir à la démonter.

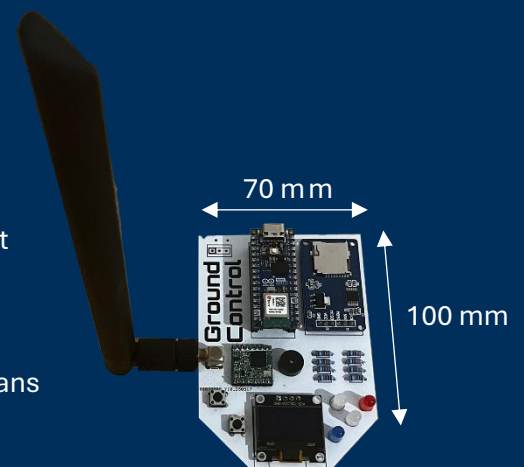


Figure 13 : Vue du Groud Control

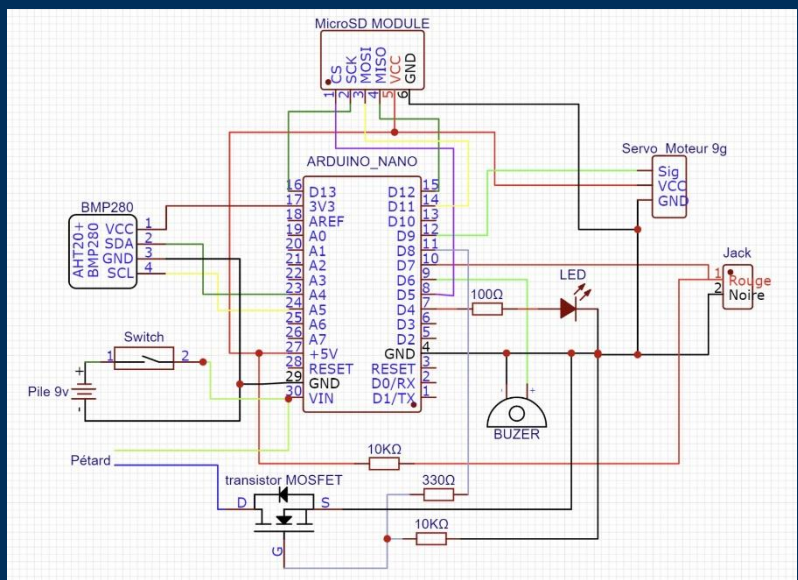


Figure 19 : Schéma électronique Yellow

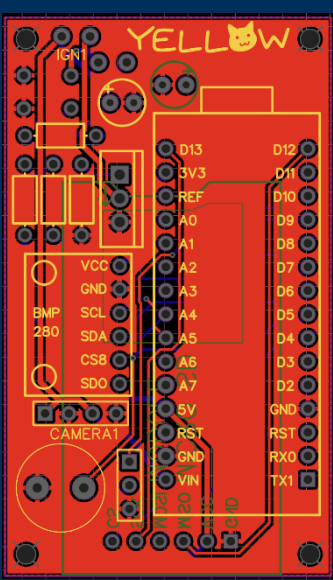


Figure 20 : Vue avant du PCB Yellow

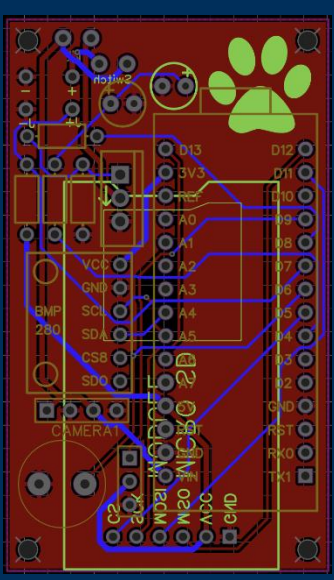


Figure 21 : Vue arrière du PCB Yellow

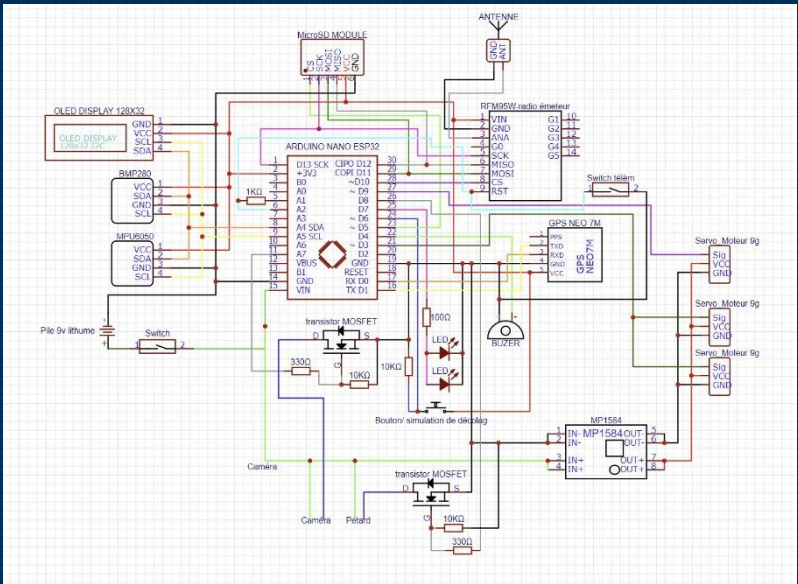


Figure 14 : Schéma électronique Hervé

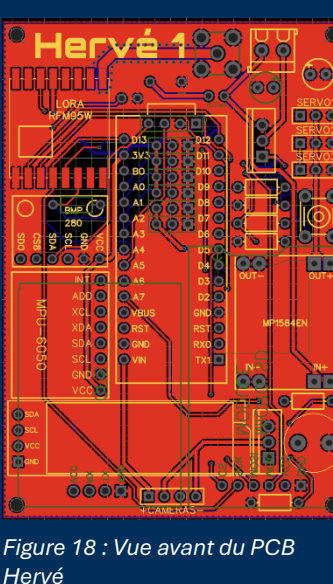


Figure 18 : Vue avant du PCB Hervé

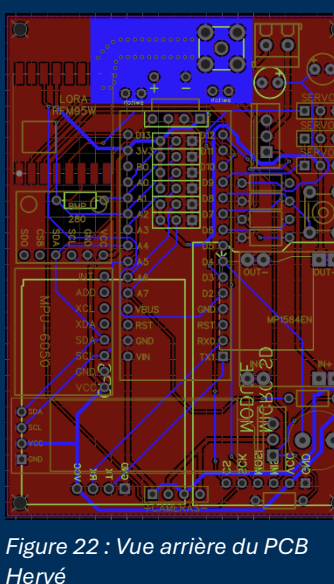


Figure 22 : Vue arrière du PCB Hervé

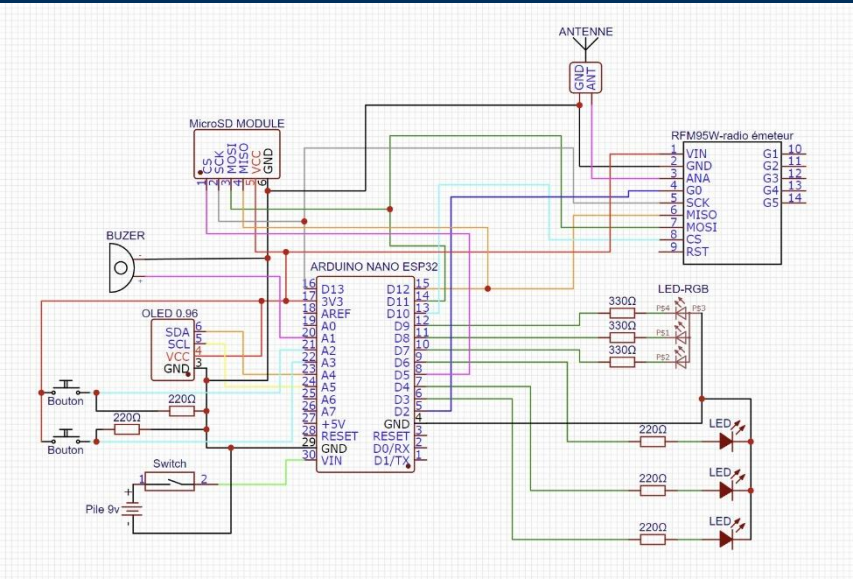


Figure 15 : Schéma électronique Ground-Control

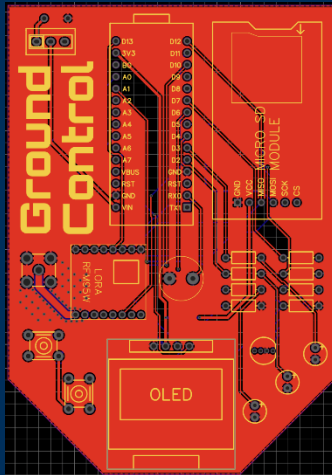


Figure 17 : Vue avant du PCB Ground Control

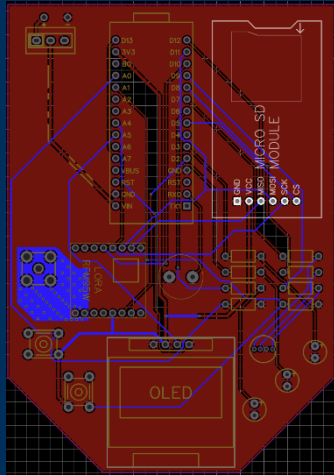


Figure 16 : Vue arrière du PCB Ground Control

V. Vols

1. Premier vol

Conditions

Nous avons eu la chance de voler dès le lundi matin. La météo était capricieuse, les rafales de vent étaient nombreuses et notre lancement s'est effectué entre deux averses.

Néanmoins c'est un premier nominal le seul bémol est un problème d'enregistrement de la caméra sur la carte micro SD, nous n'avons donc pas pu récupérer l'enregistrement caméra

Apogée : 214,68m

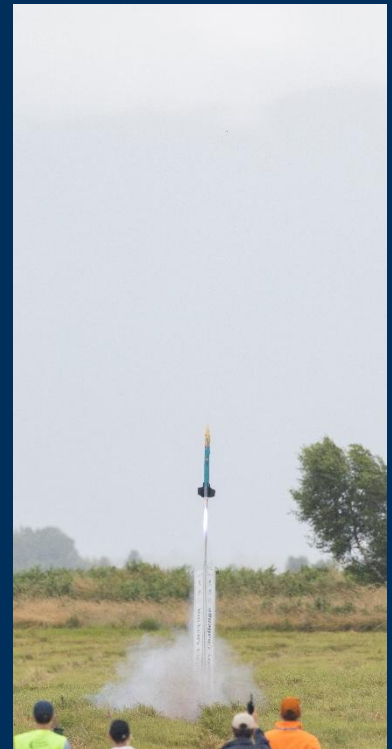


Figure 23 : Pléonasme lors de son premier vol

2. Deuxième vol

Conditions

Avant notre deuxième vol, Ulysse Pinard de la société [Silicdyne](#) nous a contactés afin de pouvoir tester son nouvel ordinateur de vol dans notre fusée. Un « Reperix » a donc été embarqué dans cette dernière. Lors du deuxième vol, les conditions météorologiques étaient bonnes. Toutes les expériences de trajectographie ([Reperix compris](#)) ont fonctionné. Néanmoins à cause d'un problème de chronologie du côté des pyrotechniciens, la caméra n'a jamais été allumée.

Apogée (BMP) : 199,38 m

Apogée (Reperix) : 195 m



Figure 24: Pléonasme lors de son deuxième vol

3. Troisième vol

Conditions

Nous avons eu la chance de procéder à un troisième vol à la suite du deuxième. Nous n'avons donc pas pu démonter et vérifier l'ensemble du fuselage. Néanmoins toutes nos expériences ont fonctionné. Une caméra 3000 fps placée sous la fusée nous a filmé de très belles images du décollage !

Apogée : 211,66 m

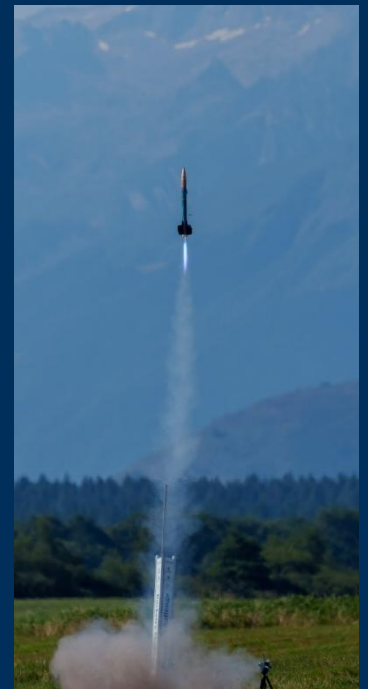


Figure 25:
Pléonasme
lors de son
troisième vol

VI. Moyens financiers

MOSFET	IRLZ44N	2,33 €
Écran	0.91 inch	3,49 €
Cable Jack	M/F	4,73 €
Buzzer	TMB09	2,29 €
Connecteur pile 9v		1,37 €
Switch		2,60 €
Port SMA		1,98 €
Émérillon	M4	1,29 €
Tissu		8,00 €
Headears		1,36 €
Connecteur JST		1,24 €
LoRa RFM95w		4,35 €
LoRa RFM95w		4,35 €
Abaisseur de tension		2,80 €
Baromètre	BMP 280	1,76 €
Baromètre	BMP 280	1,76 €
Servo	MG90S	9,00 €
Gyroscope	MPU6050	2,80 €
Aimant		1,52 €
Écran	0.96 inch	1,66 €
Arduino nano		2,60 €
Antenne Ground Control		5,00 €
GPS	Néo7M Pm2	20,00 €
Pile 9v	Lithium	23,40 €
Microcontrôleur	ESP32	25,00 €
Microcontrôleur	ESP32	25,00 €
Carte micro SD x3	32	16,00 €
PCB 3x5	2 couches JLC PCB	37,00 €
Ailerons	PEHD noir 3mm	28,39 €
Caméra	RunCamSplit 4	85,00 €
PLA	Creality Blanc	21,99 €
PLA	Creality Blanc	21,99 €
PETG	Creality Blanc	22,99 €
PETG	Creality Blanc	22,99 €
Total		418,03 €

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers Planète Sciences et le CNES qui nous ont permis de mener à bien ce projet. De la RCE1 au C'Space, toutes les équipes ont fait preuve d'une grande bienveillance et d'une disponibilité précieuse pour nous accompagner.

Nous pensons tout particulièrement :

- à Paul Mialhe, qui a accepté avec enthousiasme de nous conseiller et d'orienter nos choix, tant sur le plan technique qu'administratif.
- à Thomas Guérin et aux pyrotechniciens pour leurs conseils et leur permission de voler une deuxième puis troisième fois.
- Et à Yohann Foulonneau du CNES pour les interviews, photographies et nombreuses vidéos réalisées

Nos remerciements vont également à Ulysse Pinard de Silicdyne pour ses conseils avisés et sa confiance dans le prêt du Reperix. Grâce à sa caméra 3000 fps, nous avons pu obtenir des images exceptionnelles.

Enfin, nous remercions chaleureusement Roger Poisson pour sa confiance, qui s'est avérée déterminante, puisqu'il avait accepté de devenir le responsable légal de notre club, sans même nous connaître. Sans son soutien, Pléonasme n'aurait jamais pu réaliser ces vols.

