

Rapport de projet : Minifusée APOGÉE



Club : ECLIPSE

Etablissement : Lycée LA TRINITÉ

Campagne : C'SPACE 2023

Année : 2022-2023

Matricule : MF23



SOMMAIRE :

- 1- Le club ECLIPSE
- 2- Présentation du projet APOGÉE
- 3- La mécanique du projet APOGÉE
- 4- L'électronique du projet APOGÉE
- 5- Le C'SPACE 2023
- 6- Le vol
- 7- L'analyse des données & résultats
- 8- Conclusion
- 9- Remerciements

I- Le club ECLIPSE

Le club ECLIPSE est une idée de plusieurs jeunes du lycée LA TRINITE de Béziers. A la base nous étions plutôt tourné vers des activités scientifiques plus simples comme le lancement de fusées à eau. Toutefois après notre participation (infructueuse malheureusement) au projet Parabole 2022 proposé par le CNES, nous avons décidé de nous tourner vers des projets un peu plus ambitieux courant été 2022. Après quelques recherches et la formation d'une première équipe, nous avons choisi de participer à la préparation de « Minifusées » en vue d'une possible participation au C'SPACE 2023.

Fondé officiellement en Septembre 2022, le club est d'abord passé par une phase de recrutement et de recherche de fonds pour l'année. Finalement le groupe est resté sur 19 membres (de tous niveaux du lycée confondus) avec deux professeurs de science comme référents pour le projet. Un budget au sein du lycée a également été créé à partir de fonds collectés grâce aux associations du lycée et par les bénéfices de ventes de goodies du club. De plus nous avons commencé à collaborer avec le Fablab de l'IUT de Béziers pour avoir un atelier bien équipé pour la conception de nos Minifusées. Alexis, le gérant du Fablab nous a fourni de l'aide et des conseils précieux tout au long de l'année.

En bref, le club ECLIPSE est une équipe de jeunes lycéens de Béziers passionnés par l'aérospatiale et plus généralement les sciences qui cherche à développer les compétences de ses membres avec des projets complets et ambitieux tout en promouvant à l'ingénierie et les sciences dès le secondaire.

*L'équipe du club ECLIPSE
quasiment au complet dans la
cour du lycée LA TRINITE*



Liste des membres de ECLIPSE 2022-2023 :

Clémence BACH
Tianna BAUMARD
Valentine BIRLING
Maximilien BOUDET
Alexandre COMBIER
Emma DUPUY-ROSSO
Hugo DURAND
Jean HERAIL
Poppy KERRIDGE
Marien LARROCHE
Emma MAYER
Lana MAYER
Ghizlaine MEKRAMI
Alexandre MORENO
Alice OLLO
Romain PASTUREL
Juliette QUEMENEUR
Margaux RASCOL-BOUTARD
Damien SOLER

Avec l'aide de :

Alexis BORY – Gérant du Fablab (IUT de Béziers)
Mme. RAFFAELLI – Professeure de Mathématiques
Mme. MOULIN – Professeure de Physique-Chimie
M. BOUDET – Parent accompagnateur
M. PASTUREL – Parent accompagnateur

*Alexis BORY – gérant du FABLAB de
l'IUT de Béziers (photo avec APOGÉE)*

*Sans qui le projet ne serait pas autant
abouti ; MERCI Alexis*



Membres présents au C'SPACE 2023 :

Maximilien BOUDET – Responsable Projet et
Spécialiste Mécanique
Alexandre COMBIER – Spécialiste Mécanique
Jean HERAIL – Spécialiste Electronique Software
Lana MAYER – Spécialiste Electronique Hardware
Romain PASTUREL – Spécialiste Mécanique
Mme. RAFFAELLI – Professeure de Mathématiques
M. BOUDET – Parent accompagnateur

*Les membres du club ECLIPSE au
C'SPACE 2023
(après avoir qualifié nos deux fusées)*



II- Présentation du projet APOGÉE

Au début de l'année, au vu du nombre conséquent de membres dans le club (après un recrutement effectué au sein du lycée) - *et sûrement à cause de notre manque d'expérience...* - nous avons prévu de réaliser quatre Minifusées.

Toutefois au vu des conseils donnés par l'équipe de suivi à la RCE 1 et par les membres de l'association AéroIPSA de Paris lors d'un entretien par visioconférence ; nous nous sommes rabattus sur deux Minifusées. Les deux auraient une architecture assez similaire pour simplifier la réalisation mécanique des Minifusés mais leurs objectifs seraient assez différents. Nous voilà alors avec deux projets distincts mais sur lesquels l'équipe travaillerait en parallèle : « Apogée » et « Δ'Ship » (respectivement MF23 & MF41). Ainsi il est difficile d'évoquer un projet sans mentionner l'autre au vu de leurs similitudes.

Pour APOGÉE, l'objectif initial était une fusée la plus légère possible pour atteindre une apogée relativement haute et avoir une belle accélération au décollage (tout en suivant les contraintes imposées par le cahier des charges évidemment). Ainsi un accéléromètre et une caméra ont été choisis comme expériences (avec stockage des données sur une carte SD pour l'accéléromètre et la caméra qui garderait les données sur sa propre carte). De plus, un objet embarqué était prévu afin d'être filmé pendant le vol, mais au vu de contraintes temporelles sur la fin de l'année, nous avons abandonné cette expérimentation. Ce type de projet nous permettrait d'acquérir et valider de nombreuses compétences, ici en concentrant notre effort sur la mécanique.

Pour se faire : nous avons alors collecté des fonds auprès des associations de notre lycée (CVL ; APEL) et en vendant des goodies du club. Ensuite, nous nous sommes retrouvés tous les mardi soir (16h-17h/18h) sur un créneau alloué aux ateliers pour mener le plus de recherches en équipe quant au développement du projet et à l'inscription de celui-ci auprès de Planète Sciences. Des réunions au lycée permettaient d'assurer la logistique et planification générale et d'autres au Fablab (en comité plus restreint au vu des contraintes de place et d'efficacité). Par ailleurs des séances de travail au Fablab ont été mises en œuvre tout au long de l'année en plus du créneau du mardi soir ; notamment pendant les vacances scolaires, moments sans cours ou lors de « trous » dans l'emploi du temps scolaire des membres.

III- La Mécanique du projet APOGÉE

Pour réaliser la mécanique du projet APOGÉE nous avons voulu faire simple et peu coûteux (au vu des contraintes budgétaires de notre tout nouveau club...) ; Pour cela nous nous sommes dirigés vers des matériaux facilement accessibles (carton, contreplaqué, PLA,...). En outre, nous nous sommes servis du logiciel de CAO (=Conception Assistée par Ordinateur) « FreeCAD » pour modéliser et concevoir la fusée avant de la construire réellement. Le choix du logiciel étant basé sur le fait qu'il soit gratuit, simple d'utilisation et maîtrisé par Alexis (gérant du Fablab) qui a supervisé la CAO du projet et nous a beaucoup appris. Après la réalisation d'un premier Stabtraj pour avoir une idée des dimensions et contraintes liés à notre fusée, la répartition des tâches et la mise en place de séances de travail ; nous voilà prêts à concevoir et construire notre Minifusée !

ATTENTION : la mécanique du projet APOGÉE est assez similaire à celle de notre autre projet de l'année : « Δ SHIP » (MF41). A la différence que les dimensions de APOGÉE sont réduites par rapport à Δ SHIP et que le tube de fuselage est différent (moins dense et plus fin pour APOGÉE).

A) Matériaux

Pour les matériaux composant notre fusée, nous avons naturellement suivi notre philosophie du simple et peu cher, tout en ne délaissant pas l'efficacité. Ainsi nous avons choisi des tubes en carton pour le fuselage de la fusée (mandrins de tissus récupérés gratuitement chez un marchand de tissus) ; du contreplaqué bois « Okoumé » (épaisseur 5mm) pour les ailerons et des pièces imprimées en 3D composées en plastique PLA (ou PETG pour les pièces nécessitant une résistance supérieure).

Tubes de carton pour le fuselage de APOGÉE (à droite) et Δ SHIP (à gauche)



Fusées avec ailerons en contreplaqué, fuselage en carton et coiffe en PLA assemblées : FUSÉE DE TEST (à gauche) APOGÉE (au milieu) et Δ SHIP (à droite)*



B) CAO et design de la fusée

Comme expliqué précédemment, nous nous sommes servis du logiciel « FreeCAD » pour la CAO de notre fusée (*avec quelques utilisations intermédiaires de Stabtraj pour vérifier notre avancement et déterminer si nous suivions bien le cahier des charges*) : d'abord pour faire un design préliminaire et ensuite pour prévoir l'intégration de toutes les pièces internes et externes de la fusée. Ainsi le schéma global de la fusée a vu le jour au début du projet, mais les solutions techniques et choix d'agencement dans la fusée ont été envisagés et développés tout au long de l'année.

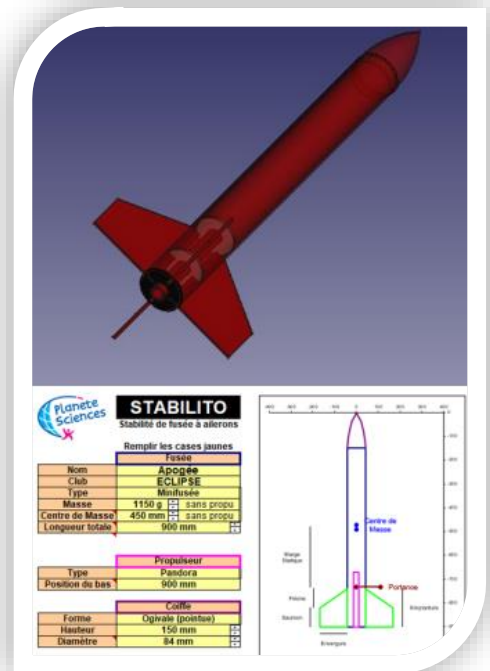
Design 3D

Relativement avancé
de CAO de APOGÉE
effectué sur
FreeCAD

On peut distinguer la
carte électronique
(en vert) et la trappe
avec la cage qui
renfermera le
parachute (au
milieu)



Design 3D
préliminaire
de APOGÉE
avec son
Stabtraj attiré
(effectués au
début de
l'année)



C) Travail sur les matériaux

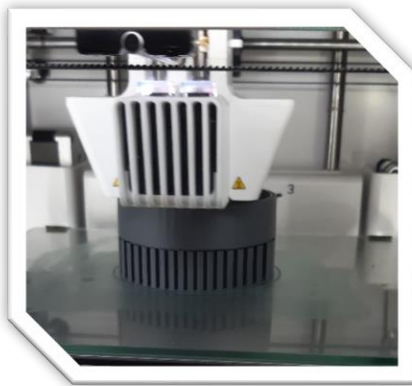
Le travail de nos matériaux pour obtenir l'ensemble des pièces à assembler a été une tâche complexe et longue ; toutefois elle fut très intéressante et enrichissante au vu des savoir-faire très divers que celle-ci nous a apporté.

- Les pièces en PLA (ou PETG), ont été imprimées en 3D à partir des fichiers de CAO effectués en amont sur FreeCAD. On peut citer parmi ces pièces : les anneaux de centrage du moteur « Pandora » (bas et haut) ; la pièce de maintien de la prise jack ; la pièce de maintien de la caméra ; la trappe ; le bloc cage pour le parachute (et toutes les petites pièces liées) ; la console de commandes switches ; la coiffe (et les petites pièces associées comme celle de maintien des piles).

- Les ailerons ont été découpés sur mesure à la découpeuse laser
- Le tube du fuselage en carton -véritable peau porteuse de la fusée au vue de sa résistance- a été découpé et troué à la main (pour avoir finalement l'ensemble des interstices nécessaires à l'assemblage final) à l'aide d'outils comme la scie, la scie oscillante ou le cutter (les finitions étant effectuées à l'aide de limes et autres calles à poncer). Parmi les interstices creusés sur le fuselage on compte : les encoches pour les 4 ailerons, le trou permettant l'insertion de la pièce jack, le trou pour la pièce de maintien caméra, le trou de la trappe, le trou permettant l'accès à la console de switches et les trous pour visser et donc maintenir la coiffe.

*Il faut ajouter que, afin de maîtriser les techniques d'usinage avant de les appliquer sur les vrais tubes de nos fusées, nous nous sommes entraînés sur une chute du tube de APOGÉE (nommé « TAT » pour « Test Apogée Tube ») avec des cotes similaires à celles de la véritable fusée. Ainsi ce tube pourra peut-être servir pour une prochaine fusée à l'avenir !

*Impression
3D d'une coiffe
pour APOGÉE
(en PLA)*



*Exemple de
découpage à
la scie
oscillante sur
le « TAT »
d'interstices
pour
l'intégration
des ailerons*



*Découpage
laser
d'ailerons en
contreplaqué
bois*



Enfin, pour le parachute, nous avons choisi de partir sur une voile cruciforme en toile de parapente de la marque NERVURES. Nous avons en plus pu tester préalablement l'efficacité de celui-ci en le lâchant (avec un lest simulant notre fusée) depuis le 3^e étage du lycée et de l'IUT. La chute étant rigoureusement filmée, nous avons « pointé » la vidéo récupérée et ainsi pu déterminer la vitesse de chute.



L'équipe du club ECLIPSE travaillant sur le parachute au Fablab (parachute monté sur son stand au milieu de la photo)

L'équipe du club ECLIPSE prête pour un test de chute depuis la coursive du 3^e étage du lycée (parachute au milieu de la photo avec le lest- un bidon d'eau distillée protégé par une blouse et de masse environ égale à celle de la fusée- au milieu bas de l'image)



D) Assemblage et décoration

Une fois l'ensemble des pièces prêtes, nous sommes passé à l'assemblage de celles-ci et à la décoration de notre fusée. *A noter que nous n'avons fixé définitivement aucune pièce avant notre arrivée au C'SPACE dans le but de pouvoir modifier plus simplement la mécanique si un problème majeur venait à être descellé lors des contrôles. De plus des pièces de rechanges (ailerons, loquets, ...) ont été apportées au C'SPACE pour pallier aux imprévus.*

- **ASSEMBLAGE** : nous avons suivi le plan prévu par le fichier 3D de CAO pour agencer les pièces, puis le moment venu (au C'SPACE) nous les

avons fixées avec de la résine bi-composant EPOXY - voici une petite explication de l'assemblage :

COIFFE & ELECTRONIQUE :

Les piles 9V servant à l'alimentation sont logées dans la coiffe, elles sont retenues par un pièce en PLA vissée à la carte électronique (en vert) cette même plaque est vissée à la coiffe qui est elle-même vissée au tube de fuselage. La carte électronique est collée à sa console de switchs permettant la mise sous tension des composants.

CAGE & PARACHUTE :

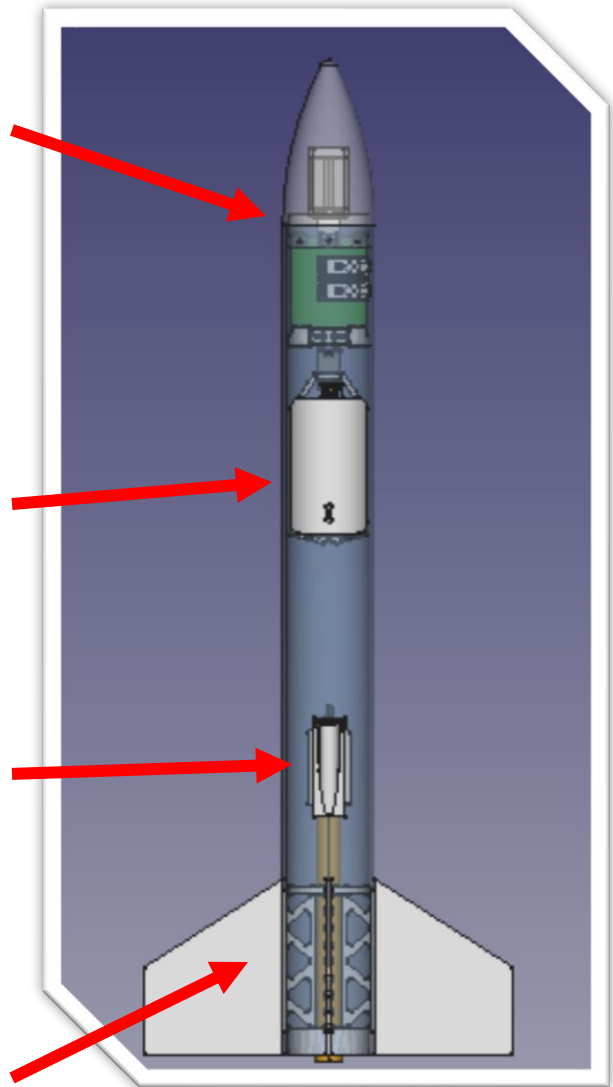
La cage qui contient le parachute est une pièce en PLA sur laquelle est collée une pièce pour l'attache du parachute et dans laquelle se trouve le « panier » qui pousse le parachute vers l'extérieur à cause d'un ressort qui se trouve ente la cage et le panier. Cet ensemble est collé à l'EPOXY dans la fusée.

COMPOSANTS INTERMEDIAIRES :

La prise jack et le support caméra son fixés à la colle grâce à des pates de contact situées sur ces pièces mêmes.

BLOC MOTEUR & AILERONS :

Les ailerons sont maintenus droits par deux anneaux de centrage avec des encoches (un en haut et un au bas de la fusée qui assure le blocage du moteur) ; ils sont collés à l'EPOXY sur les surfaces de contact avec les anneaux et avec le fuselage de la fusée. L'ensemble épalement des ailerons et anneaux de centrage permettent de maintenir le moteur PANDORA fixe. (moteur en jaune sur l'image) une tige filetée avec écrous et rondelle bloque par le bas le moteur et l'évite alors de tomber en vol.



- DECORATION : Nous avons décidé de peindre nos fusées en blanc pour éviter des problèmes liés à la chaleur et leur donner une allure plus professionnelle ! pour le marquage nous avons décidé de mette un patch

du club autocollant (mentionnant « ECLIPSE ») et le nom de la fusée en grosses lettres à la verticale sur le fuselage (en autocollant vinyle également). Le tout de couleur noire pour que cela ressorte sur le fond blanc et que cela reste en thème avec les couleurs du club (noir et blanc). Voici le résultat :



Les deux fusées du club entièrement peintes en blanc au Fablab (une pré couche de vernis à été nécessaire avant d'appliquer la peinture à la bombe blanche sur le carton)

Les deux fusées du club une fois décorées avec les autocollants de marquage



Les deux fusées du club complètement assemblées et décorées en attente du vol !

IV- L'électronique du projet APOGÉE

Le système électrique d'APOGÉE se divise en 2 parties : le système « primaire » et le système « secondaire ».

1) Le système primaire est le système permettant l'ouverture de la trappe du parachute. Pour cela nous avons opté pour une trappe qui s'ouvrait grâce à un loquet contrôlé par un servomoteur.

Notre système primaire devait remplir plusieurs tâches que l'on peut résumer ainsi :

Lorsque nous allumons l'interrupteur du système primaire une LED s'allume permettant de savoir que le système est opérationnel. Puis dès que la fusée décolle une minuterie est lancée afin d'ouvrir la trappe à l'apogée.

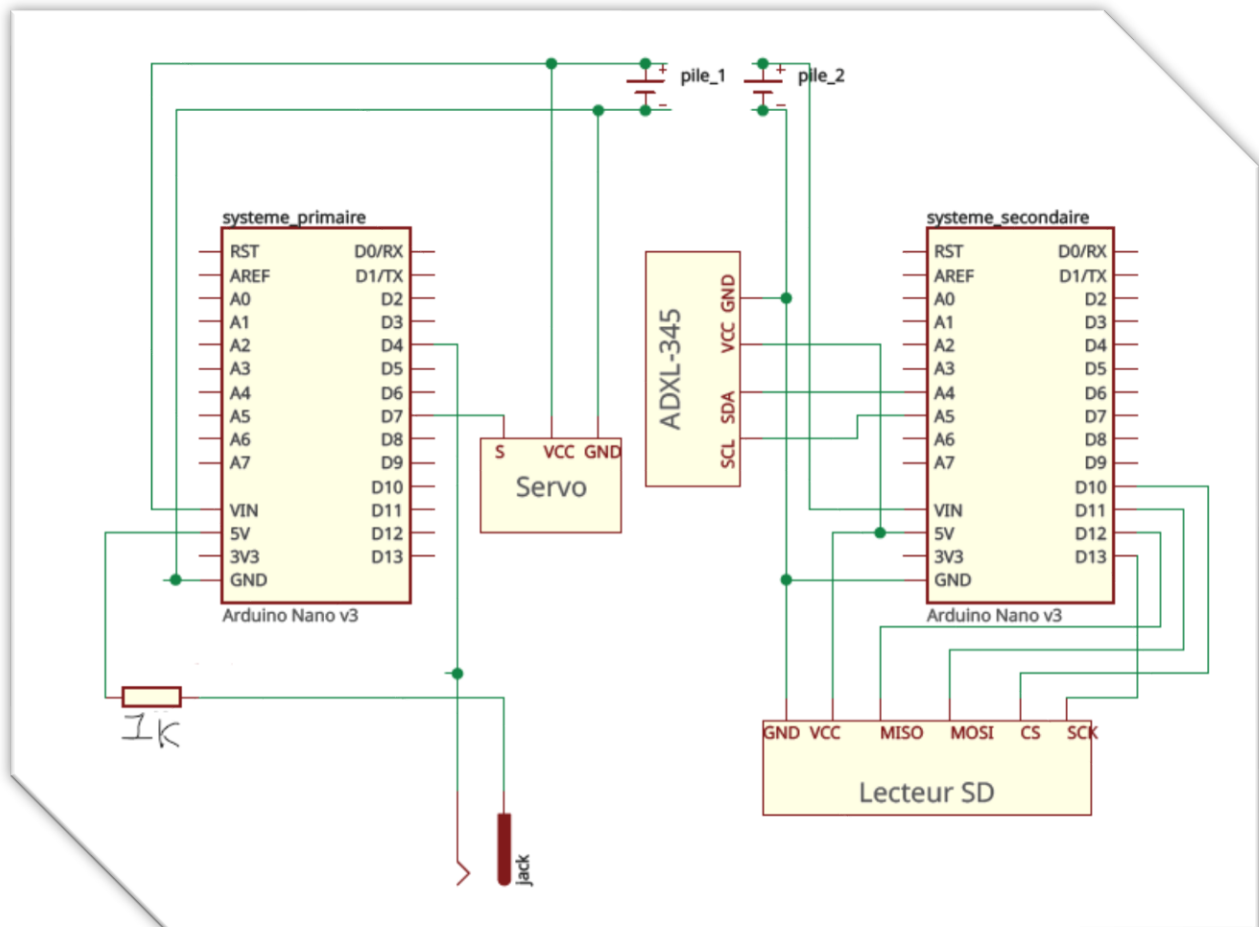
Nous avons choisi d'utiliser un jack pour déclencher la minuterie (un jack faisait office d'interrupteur, au décollage de la fusée le jack était arraché).

Nous avons également implémenté différents « régimes de clignotement » pour la LED du système primaire afin d'indiquer visuellement les différentes phases du vol :

- Clignotement lent pour indiquer que le système primaire est sous tension en attente du débranchement du jack.
- Clignotement rapide pour indiquer que le jack est débranché et que le décompte de la minuterie est en marche ; la trappe va s'ouvrir prochainement.
- Allumage continu pour indiquer que la trappe est ouverte et le parachute est déployé

2) Le système secondaire est le système contenant l'expérience. Nous avons décidé de mettre un accéléromètre afin d'avoir une idée sur la vitesse/trajectoire de notre fusée. Les données de celui-ci étaient traitées par le microcontrôleur Nano Arduino et stockées dans une carte SD. Malgré la balistique nous avons pu récupérer les données. De plus nous avons installé une caméra (indépendante du système électronique) qui a filmé le vol.

Schéma des systèmes électroniques de APOGÉE :



Programme (en C) pour le système primaire :

```
1  #include <Servo.h>
2
3  /*-----BRANCHEMENTS-----
4  pin S du servo    -> D7 Arduino
5  pin D du Jack     -> D4 Arduino
6
7  pin de la LED     -> D5 Arduino
8  -----*/
9
10 Servo trappe;
11 const int angleDeBase = 25;
12 const int angleOuverture = angleDeBase-20;
13 //Angle de base : 25 ; Pour décaler de 20 degrés : 25-20=5.
14
15 const int pinServo = 7;
16 const int pinJack = 4;
17
18 const int pinLED = 5;
19
20 const int blinkAttente = 1250;
21 const int blinkRebours = 150;
22
23 bool jackDebranche = false;
24 bool ouvert = false;
25
26 const int delaiTrappe = 6900;
27
28 unsigned long tempsDebranchement;
29 unsigned long dernierToggle = millis();
30
31 bool etatLED = LOW;
32
33 bool LEDFixe = LOW;
34
35
36 void setup() {
37     pinMode(pinJack, INPUT);
38     pinMode(pinLED, OUTPUT);
39     trappe.attach(pinServo);
40     trappe.write(angleDeBase);
41 }
42
43
44 void toggle() {
45     etatLED = !etatLED;
46     dernierToggle = millis();
47     digitalWrite(pinLED, etatLED);
48 }
49
50 void loop() {
51     if (digitalRead(pinJack)==0 && !jackDebranche) {
52         jackDebranche = true;
53         tempsDebranchement = millis();
54     }
55
56     if (jackDebranche && (millis()-tempsDebranchement >= delaiTrappe) && !ouvert) {
57
58         trappe.write(angleOuverture);
59
60         ouvert = true;
61     }
62
63     if (!jackDebranche) {
64         if (millis()-dernierToggle >= blinkAttente && !ouvert) {
65             toggle();
66         } else {
67             if (!ouvert) {
68                 if (millis()-dernierToggle >= blinkRebours) {
69                     toggle();
70                 }
71             } else {
72                 if (!LEDFixe) {
73                     digitalWrite(pinLED, HIGH);
74                     LEDFixe = HIGH;
75                 }
76             }
77         }
78     }
79
80 }
```

Programme (en C) du système secondaire :

```
1  /*-----BRANCHEMENTS-----*/
2
3  EXEMPLE:
4  | composant -> arduino
5
6  ACCELEROMETRE (ADXL 345):
7  | GND      -> GND
8  | VCC      -> 5V
9  | SDA      -> A4
10 | SCL      -> A5
11
12 LECTEUR SD:
13 | GND      -> GND
14 | VCC      -> 5V
15 | CS       -> D10
16 | MOSI     -> D11
17 | MISO     -> D12
18 | SCK      -> D13
19
20
21 pin de la LED -> D5 Arduino
22
23 -----*/
24
25 #include <SPI.h>
26 #include <SD.h>
27 #include <Wire.h>
28 #include "accelero.h"
29
30
31 int delai = 100;
32 unsigned long temps = millis();
33 const int pinSD = 10;
34
35 const int pinLED = 5;
36 ADXL345 accelero = ADXL345();
37
38 File fichier;
39
40 void setup() {
41     pinMode(pinSD, OUTPUT);
42     accelero.powerOn();
43
44     pinMode(pinLED, OUTPUT);
45
46     pinMode(pinSD, OUTPUT);
47     SD.begin(pinSD);
48     //SD.remove("data.csv");
49
50     fichier = SD.open("data.csv", FILE_WRITE);
51     digitalWrite(pinLED, HIGH);
52 }
53
54
55 bool initFlag = false;
56 unsigned long tempsInitial = millis();
57
58
59
60 void loop() {
61
62
63
64     if (!initFlag) {
65
66         fichier.print("t, x, y, z\n");
67         initFlag = true;
68         fichier.flush();
69     }
70
71     int x, y, z;
72     accelero.readAccel(&x, &y, &z);
73
74
75     if (millis() - temps >= delai) { // vérification du délai
76
77         fichier.print(millis() - tempsInitial);
78         fichier.print(",");
79         fichier.print(x);
80         fichier.print(","); //les séparateurs csv sont des virgules.
81         fichier.print(y);
82         fichier.print(",");
83         fichier.print(z);
84         fichier.print("\n");
85         temps = millis();
86
87         fichier.flush();
88     }
89
90 }
```


Nous avons cependant commis quelques erreurs sur l'électronique (que nous avons corrigé par la suite lors du C'Space) :

- Les 2 systèmes d'alimentation étaient connectés (alors que cela est interdit). Nous avons ainsi du séparer complètement les 2 systèmes (alimentations indépendantes).
- Nous n'avions mis qu'une seule LED/signal : en effet il faut 3 signaux différents, un pour indiquer que le système est opérationnel, un autre pour indiquer que le jack est débranché et enfin un autre pour indiquer le déploiement du parachute.
- Nous n'avions pas réguler la tension aux bornes du servomoteur. En effet nous lui donnions une puissance de 9V alors qu'il ne prenait qu'entre 4 et 6V. La debug team nous a passé un régulateur de tension à souder aux bornes du servomoteur et relié à l'interrupteur afin qu'il ne s'allume que lorsque l'interrupteur était allumé (et qu'il puisse recevoir la bonne tension).



Correction des problèmes d'électronique et tests au stand de travail du club, durant le C'Space

V- Le C'SPACE 2023

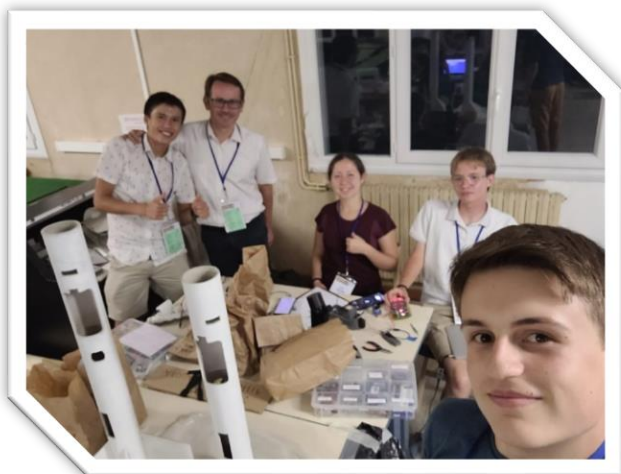
Le C'SPACE est un rassemblement de passionnés d'aérospatiale, se déroulant au camp de GER à Tarbes pendant une semaine en été. Ce rassemblement permettant le lancement sécurisé des fusées de chaque club (à condition que celles-ci soient qualifiées suivant les modalités du cahier des charges).



Coffre de la voiture pour le transport des fusées et du matériel de Béziers (Fablab-zone de construction des fusées) jusqu'à Tarbes (camp de Ger-C'Space zone de lancement).

Malgré une découverte et une adhésion récente à ce type de projets, le club ECLIPSE a eu l'opportunité de participer au C'Space pour la première fois grâce à la détermination et au travail de l'équipe.

Tout d'abord à notre arrivée, nous avons été plongés dans un autre environnement sur la base militaire du 1er RHP (1er Régiment de Hussards Parachutistes de l'armée de terre). En effet, pour les membres du club entrer dans une base et partager la vie des militaires pendant une semaine était une première expérience. Après avoir échangé nos cartes d'identité à l'accueil contre des badges à ne absolument pas perdre, nous sommes allés poser nos affaires dans les dortoirs du bâtiment réservé aux participants mineurs (bâtiment Verdun). Pendant une semaine nous avons été en immersion dans la vie des militaires en accédant à la fois leurs dortoirs et leur cafétéria.



1ere soirée au camp de Ger pour l'équipe de ECLIPSE.

Photo prise après l'installation sur le stand de travail.

Nous avons ce soir là peint les fusées et réalisé des tests sur l'électronique.

Cependant, cet environnement nouveau, assez spartiate, nous a permis de nous consacrer uniquement à la finalisation de nos deux fusées : APOGÉE et ΔSHIP.

Ainsi, durant le C'Space, la grande majorité de notre temps a été consacré à finaliser nos fusées en vue de pouvoir les qualifier. Grâce à un atelier bien équipé ouvert de 7h à 0h, une cafeteria de qualité et les dortoirs à proximité, nous avons pu travailler dans des conditions exceptionnelles. Et même si de telles journées peuvent paraître excessivement longues, nous ne nous rendions pas compte du temps qui passait et le travail était tout sauf fastidieux ; car nous travaillions sur quelque chose qui nous tient à cœur : nos fusées. Puis nous souhaitions les voir voler après tant d'efforts ! Ainsi une journée type commençait vers 8h et se finissait aux environs de 0h/1h (avec pour uniques pauses celles pour manger...).



Photos du stand de travail où nous avons passé une grosse partie de la semaine à finaliser les Minifusées en vue du vol

Même si l'objectif est propre à chaque club : qualifier sa fusée dans l'espoir de la lancer et qu'elle fasse un vol nominal, chaque équipe s'entraide en se prêtant du matériel comme un fer à souder lorsqu'une équipe a un problème d'électronique ou en apportant des conseils lors de difficultés. La présence de bénévoles tout aussi passionnés et de la « Debug Team » nous a aussi grandement dépanné. L'esprit d'équipe était au rendez-vous et c'était l'occasion de créer des liens entre passionnés et de garder des contacts pour les années futures (amitiés, études, carrière,...). De plus, nous sommes très reconnaissants envers les clubs expérimentés qui ont l'expérience et les astuces utiles ayant déjà participé maintes fois au C'Space. En effet c'est aussi grâce à cette aide précieuse que les nouveaux clubs comme ECLIPSE avancent lors de leurs premiers projets.

Cette cohésion s'est faite même ressentir lors des lancements des autres équipes. Ainsi, lorsqu'une équipe s'apprêtait à lancer sa fusée, nous nous installions tous ensemble autour d'un écran et regardions leur vol tout en partageant leur stress.

Après les résultats du vol : nominal ou balistique. Les équipes se félicitaient si le vol avait été nominal ou venaient poser des questions et demander des conseils s'il avait été balistique.

Le C'Space est également un excellent endroit pour apprendre de nouvelles compétences (en plus de celles acquises dans l'année) telles que la soudure de composants électroniques, la modélisation 3D, la mécanique ... car il y a toujours quelqu'un qui peut enseigner ces savoirs.

C'est alors dans un environnement frénétique que nous travaillions sans relâche pour atteindre notre objectif ; le lancement. En immersion sur le camp, avec toutes les infrastructures et l'aide disponible pour réussir, au sein de passionnés qui partagent le même objectif, nous avons réglé les ultimes problèmes (car nous l'avons compris : il y a toujours quelque chose qui cloche sur la fusée en arrivant au C'Space... mais le but c'est de régler ça au plus vite et au mieux !) en vue des contrôles.



*En route pour le premier passage
aux contrôles (lundi 17/07)*



*Discussion aux contrôles pour
finaliser les qualifications*

Le temps de la qualification représente une partie importante de la semaine car pour la plupart des fusées qui ont déjà réussi à se qualifier pour le C'Space, il reste encore à se qualifier pour le vol final qui est l'aboutissement de tant de travail. Ainsi, chaque équipe s'est donné à fond pour régler les derniers problèmes avant d'aller aux contrôles. Mais même après avoir pensé que tout était réglé, les contrôleurs trouvaient encore et encore des couacs et certains détails n'étaient pas entièrement satisfaisants. Ainsi il n'était pas rare de voir

des équipes revenir à l'atelier pour revoir certains aspects de la fusée et corriger des erreurs. (ce fut le cas pour les deux fusées du club également...)

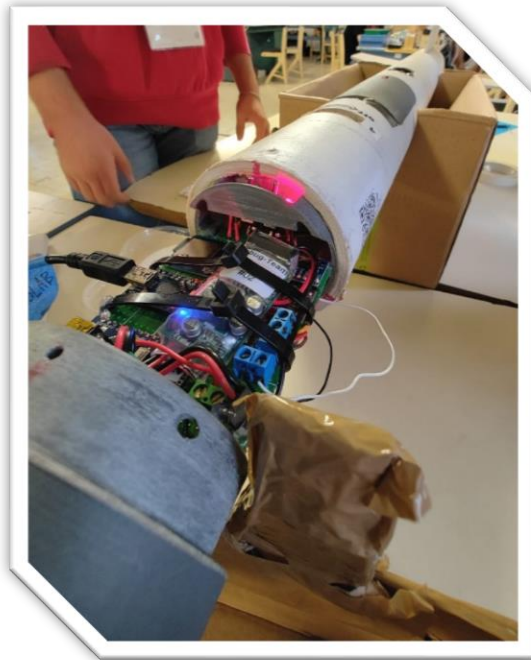
Voici alors un petit résumé de nos péripéties propres aux deux fusées du club :

- DIMANCHE 16/07 : arrivée au camp, visite générale, installation à l'atelier, tests d'électronique et finalisation de la peinture.
- LUNDI 17/07 : marquage des fusées, test d'électronique, ponçage des pièces mécaniques, finalisation des parachutes et réflexion en vue de l'intégration et de l'assemblage. 1^{er} passage aux contrôles pour valider la mécanique.
- MARDI 18/07 : après le passage aux contrôles, début de l'assemblage mécanique sur les deux fusées, cependant des problèmes électroniques liées au code et à l'alimentation sont descellés->correction des problèmes électroniques (ajout d'une carte supplémentaire avec régulateur de tension + condensateurs pour le servomoteur et changement fréquent de piles 9V).
- MERCREDI 19/07 : finitions sur la mécanique, la plupart des pièces sont collées, les parachutes et leurs suspentes terminés ; toutefois l'électronique pose beaucoup de soucis et ne marche pas très bien (le système d'éjection du parachute marche mal, les expériences sont opérationnelles par contre). La Debug team et les contrôleurs nous aident et finalement les cartes soudées et ajoutées la veille sont retirées (le régulateur de tension chauffe trop et ne permet pas d'envoyer suffisamment de courant au servomoteur en temps voulu). Une carte spécialisée est prêtée par la Debug team et est installée. Calibrage dy servomoteur avec la trappe, intégration globale sur ΔSHIP dans la soirée. Passage aux contrôles à minuit (après une pause pour observer les lancements nocturnes vers 22h). correction de petits détails ; retour aux contrôles à 1h du matin, vol simulé OK : ΔSHIP est qualifiée.
- JEUDI 20/07 : travail acharné sur APOGÉE pour tout finaliser et faire l'intégration globale, passage aux contrôles à 10h du matin, vol simulé OK : APOGÉE est qualifiée. Départ pour la Zone de Lancements à 13h ; vols des deux fusées du club dans l'après-midi et récupération des fusées au sol vers 18h. retour à l'atelier pour extraire les données de vol et vérifier

leur intégrité. Soirée de table ronde avec personnalités du spatial et repos bien mérité.

- VENDREDI 21/07 : rangement et départ dans la matinée.

Finalement, mercredi soir après une longue journée, la Minifusée Δ SHIP est qualifiée ! (à 1h du matin...) Le lendemain 10h APOGÉE est qualifiée à son tour ! c'est la joie pour toute l'équipe qui est maintenant très proche du but.



Etape clé avant la qualification et le vol : l'intégration (assemblage) globale de TOUS les composants de la fusée (À GAUCHE-APOGÉE ; À DROITE- Δ SHIP)



L'équipe de ECLIPSE après la qualification de ces deux Minifusées au C'Space 2023 !!!

Photo souvenir avec APOGÉE (sur la table) et Δ SHIP (à gauche) pour célébrer l'évènement en arborant le tee-shirt du club !

Vient alors le moment du lancer ! Tout d'abord pour se rendre sur la zone de lancement, nous avons eu le choix entre deux moyens de transport : les camions de l'armée qui sont peu confortables parce que l'on saute à la moindre bosse mais très amusants et les voitures personnelles qui sont plus confortables. Arrivés, le stress commence à monter car le fruit d'une année de travail s'apprête à payer et à révéler sa fiabilité en quelques secondes. Nos fusées ont eu la chance d'être dédicacées par Arnaud PROST (astronaute réserviste) et nous lui avons expliqué notre projet.

Lors de la marche vers le pas de tir, nous réfléchissions à ce qui pourrait fonctionner et ne pas fonctionner correctement pendant le vol ; mais l'excitation et la tension sont à leur comble. Nous avons déroulé calmement notre chronologie et préparé au mieux la fusée en vue de l'insertion du moteur, le décompte et enfin le lancement. Tout cela sous la supervision du coordinateur de vol en tente JUPITER (poste de contrôle) qui rythme les opérations et le décompte.

Vient alors le décompte final : 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, unité, mise à feu, décollage ! Puis silence. La fusée s'élève dans le ciel avec puissance. Et revient au sol après l'apogée. Tout cela sous le regard de l'équipe et du public.

**la suite sur le vol dans la partie suivante du dossier qui lui est dédiée... **



L'équipe de ECLIPSE en zone de lancement Jeudi 20/07 pour le lancement de ces deux fusées !

A l'occasion du C'Space 2023

Une des dernières soirées du C'Space est marquée par l'arrivée de VIP qui font partie du domaine de l'aérospatiale comme par exemple des membres du CNES, des astrophysiciens, un astronaute réserviste Dès le dîner, certaines chaises étaient réservées aux VIP et nous avons eu la chance de pouvoir échanger sur notre passion tout en mangeant avec eux. Puis nous avons suivi une table ronde entre tous les VIP sur des sujets d'actualité concernant

l'espace, Mars et les futurs enjeux, dans une immense tente sur la zone de tir. Cet évènement spécial, ajouté aux activités et animations exceptionnelles de la semaine pour les 60 ans du C'Space ont été appréciés de tous et très enrichissants.



L'équipe de ECLIPSE avec Arnaud PROST, astronaute réserviste de l'ESA à l'occasion de la journée VIP (Jeudi 20/07) pour les 60 ans du C'SPACE !

C'est la dernière soirée avant notre départ... On commence à prendre l'habitude de l'atmosphère, du rythme et là on se rend compte que c'est déjà la fin. C'est un mélange de fierté d'avoir rempli l'objectif posé en début d'année et de mélancolie de déjà partir qui est partagé par tous les membres.

Le lendemain fut consacré au rangement et aux « au revoir »
Et nous voilà partis !
En espérant se retrouver l'année prochaine !



HOW IT STARTED...

VS

HOW IT'S GOING...



VI- Le vol

Après une qualification de dernière minute de notre Minifusée APOGÉE le jeudi matin (10h), nous avons finalement pu la lancer ce même jour, le 20 juillet à 16H30. Le temps était plutôt correct : une légère brise et un plafond de nuages assez haut (suffisamment pour que nous puissions voir l'entièreté du vol sans qu'Apogée ne le traverse).

Arrivés aux alentours de 13h30 en zone de lancement nous avons effectué les derniers préparatifs précédant le lancement. Révision de la chronologie, vérification des fixations,... Puis dédicace de la fusée par les membres du club et même par l'astronaute réserviste Arnaud PROST !

De plus, APOGÉE étant lancée après Δ SHIP, nous avons pu mettre en œuvre des modifications de dernière minute pour palier (si cela devait se reproduire) au problème rencontré lors du vol de Δ SHIP. En effet lors du vol de celle-ci -qui a eu lieu précédemment dans l'après midi- la trappe du parachute s'est ouverte prématurément, causant l'échec partiel du vol (apogée bien moins haute que prévu mais retour sous parachute en douceur). Deux hypothèses prévalent à ce moment là (nous n'avons pas pu les confirmer avant le vol de APOGÉE car la récupération des fusées ne se faisait qu'en fin d'après midi) : 1- Une entrée d'air excessive par la zone passage du loquet à ouvert la trappe lors de l'accélération. 2- Le jack s'est débranché en cage avant le décollage ; la trappe était donc libre dès le décollage, d'où son ouverture prématurée.

Pour palier à ces deux soucis nous avons : 1- Scotché une jupe en papier sur le trou du loquet pour bloquer la possible entrée d'air. 2- Changé le jack déclencheur pour un modèle neuf. 3- ajouté des vérifications supplémentaires sur la chronologie pour vérifier l'état de la LED indicatrice sur le pas de tir et avant de le quitter. Nous voilà fin prêts pour le lancement.

Alors, nous avons enfilé des gilets de signalisation, et nous nous sommes dirigés vers le pas de tir en équipe ; avec Corentin (contrôleur de Planète Science Occitanie) et deux pyrotechniciens.

Nous avons transporté la fusée ainsi que du matériel spécifique pour une potentielle réparation de dernière minute.

Enfin, nous voilà arrivés au pas de tir « cage » qui va accueillir notre fusée.



*Dédicace de nos
deux fusées par
l'astronaute
réserviste Arnaud
PROST !*



Nous avons déroulé notre chronologie tout en suivant les indications des hauts parleurs et de la radio ; venant de la tente JUPITER, le véritable centre de contrôle des vols. Puis nous avons évacué le pas de tir et laissé les pyrotechniciens intégrer le moteur « Pandora » sur notre fusée.

Chronologie de Vol Apogée

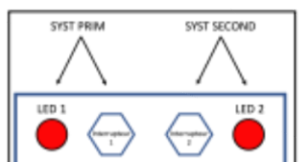
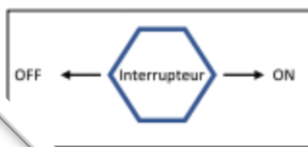
Système primaire : Minuterie Parachute (Jack + Trappe)

Système secondaire : Expérimental (Accéléromètre, SD, Alti, GPS)

!! Ne pas oublier, pince, tournevis plat et clé à molette !!

!! AVOIR BRANCHÉ LES NOUVELLES PILES + VISSAGE INTÉGRAL !!

Où ?	Qui ?	Que faire
Tente Club	Max	Brancher le Jack
Tente Club	Max / Alexandre	Fermer la trappe du parachute (tournevis plat orange)
Tente Club	Alexandre	Allumer la caméra
Zone Lancement	Max / Lana	Mettre la fusée en rampe
Zone Lancement	Max / Lana	Accrocher Jack à la cage
Zone Lancement	Lana	Allumer système secondaire (interrupteur droit)
Zone Lancement	/	ATTENDRE que la LED de droite (LED 2) s'allume
Zone Lancement	Lana	Allumer système primaire (interrupteur gauche)
Zone Lancement	/	ATTENDRE que la LED de gauche (LED 1) clignote lentement
Zone Lancement	Pyrotechnicien	Fournir Clé à Molette / Pince pour visser l'écrou du moteur
Pupitre	Max / Alexandre / Lana	Lancer la fusée



Chronologie pré-vol de la Minifusée APOGÉE

Finalement nous voilà au « pupitre de lancement », zone à partir de laquelle nous allons assister de très près au décollage. Les pyrotechniciens nous rejoignent, désactivent progressivement les sécurités d'allumage, on procède au décompte final et nous appuyons sur le bouton pour actionner la mise à feu : Décollage !

L'équipe de ECLIPSE au pupitre de lancement, au moment du décompte final avant le décollage



Apogée dans la rampe cage au décollage

La partie ascendante du vol s'est déroulé parfaitement. Cependant lors de la descente nous avons pu noter deux problèmes : la trappe du parachute s'est ouverte un peu tard (sûrement dû à un problème dans le calibrage de la minuterie) et cette dernière, fixée à une des suspentes du parachute, s'est mise à tourner autour des câbles, les emmêlant et engendrant une torche.

Ainsi la fusée est retombée bien rapidement que prévu : le vol est une « torche » mais cette qualification n'existant plus, on peut le qualifier de « balistique »



Apogée au décollage



Apogée lors de la récupération (la coiffe s'est entièrement plantée dans le sol lors de l'impact)



Suspentes du parachute emmêlées



A gauche, nous pouvons voir la violence du choc sur la trappe qui, avec la coiffe et une partie du tube, sont les seuls éléments endommagés. La rigidité du carton a permis d'encaisser une partie du choc et donc de limiter les dégâts.

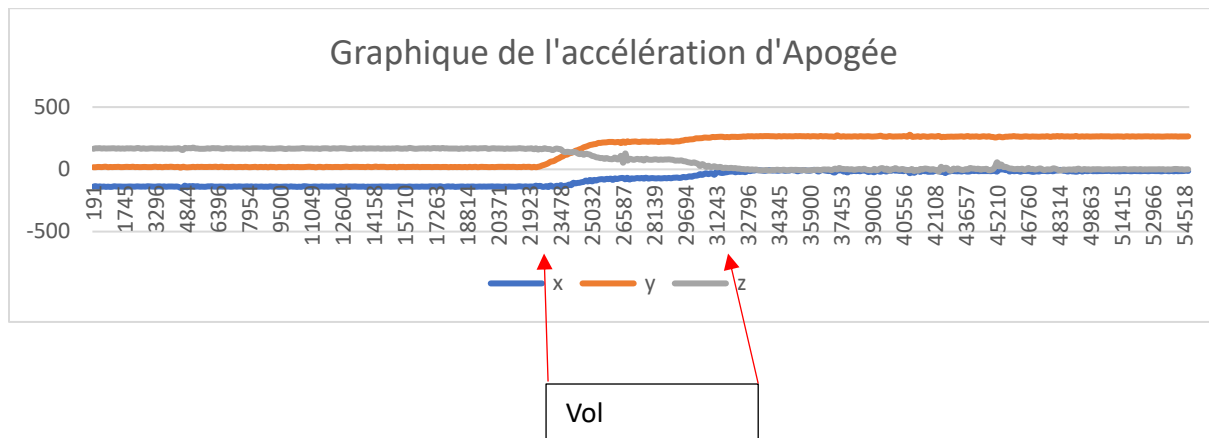
VII- L'analyse des données & résultats

Dans Apogée nous avons 2 expériences :

- Une caméra embarquée afin de suivre le vol
- Un accéléromètre

Nous n'avons pas pu récupérer la vidéo de la caméra embarquée. Néanmoins nous avons pu récupérer les données de la carte SD malgré le vol balistique.

Voici un graphique d'un extrait des données (les données ne changent plus après l'atterrissage) :



On voit un net changement des axes x, y, z pendant environ 10 secondes (la durée du vol).

L'axe y augmente de 200m.s⁻² en 3 secondes puis reste le même pendant encore 3 secondes puis augmente encore de 40 avant de se stabiliser jusqu'à la récupération de la fusée.

L'axe z diminue sur toute la durée du vol afin de se stabiliser (diminution de 167 m.s⁻²).

L'axe x augmente très progressivement durant la durée du vol (augmentation de 134m.s⁻²).

VIII- Conclusion

En fin de compte, le club ECLIPSE fondé seulement en septembre 2022 a atteint son objectif !

En se rassemblant, nous avons su créer et mettre en place notre projet de Minifusées au lycée. Ainsi c'est avec passion et persévérance que nous avons fait vivre ce projet tout au long de l'année ; jusqu'à son aboutissement lors du C'Space 2023.

Nous avons beaucoup appris, dans plein de domaines (CAO, mécanique, électronique, codage,...) et cette expérience enrichissante sera utile pour tous les membres qui y ont participé !

Les retombées des deux vols (et des étapes pour leur préparation qui ont été partagées sur les réseaux sociaux et au sein du lycée) de cette année sont nombreuses sur le plan des acquis techniques pour les membres et de la communication avec l'extérieur. Nous espérons avoir pu susciter l'intérêt des jeunes pour ce type de projets scientifiques et nous recevons déjà des candidatures pour l'année qui arrive.

En effet nous comptons bien maintenir les activités du club pour les années à venir avec une relève motivée ! Cela permet de continuer à partager cette précieuse expérience et de continuer à rassembler autour de projets scientifiques intéressants. De plus cela amène à faire un premier pas dans le domaine spatial et à dialoguer avec des étudiants et acteurs de ce secteur.

Alors l'équipe entière du club ECLIPSE se prépare et à l'année prochaine !



IX- Remerciements

Pour finir ce rapport, nous souhaiterions remercier l'ensemble de personnes et entités qui ont permis l'ensemble des opérations du club ECLIPSE sur cette campagne de 2022-2023 :



MERCI à toute l'équipe de ECLIPSE 2022/2023 : les 19 membres qui se sont impliqués sur la conception et la fabrication de nos deux Minifusées.

MERCI également aux professeurs encadrant Mme RAFFAELLI et Mme MOULIN pour leur aide et leur soutien sur l'année.

MERCI aux 5 membres (parmi les 19 membres du club) qui ont été au C'SPACE pour leur finalisation et lancement.

MERCI aux adultes encadrants P-M. BOUDET et C.RAFFAELLI de nous avoir accompagnés dans cet évènement

MERCI à Arnaud PROST d'avoir discuté avec l'équipe de notre projet et d'avoir dédié nos fusées !



MERCI à Alexis BORY, gérant du FABLAB de l'IUT de Béziers sans qui le projet ne serait pas aussi abouti. Merci pour ton aide précieuse et ton accompagnement sur toute l'année pour aider les membres à réaliser ce projet tout en apprenant beaucoup.



MERCI à l'APPEL du lycée la TRINITÉ d'avoir financé notre projet et d'avoir fait confiance à nos équipes cette année pour sa réalisation.

MERCI au CVL du lycée la TRINITÉ d'avoir financé et soutenu notre projet cette année.

MERCI de nous avoir permis de présenter et faire vivre le club dans le lycée pour inspirer les élèves à prendre des initiatives et viser les étoiles



MERCI au journal MIDI LIBRE d'avoir partagé et promu les actions du club pour cette année !

MERCI au CNES et à PLANETE SCIENCES d'organiser la campagne du C'SPACE depuis 60 ans et de permettre aux clubs scientifiques de produire des fusées et de les lancer en mettant à disposition tous les moyens adéquats

MERCI aux bénévoles de PLANETE SCIENCE pour votre aide et particulièrement à l'équipe de suivi de PLANETE SCIENCE OCCITANIE pour son accompagnement de qualité lors des RCE et du C'SPACE (Corentin ; Damien ; Anthony ; ...)

