



Projet Altair

Rapport de vol

ESILV Pôle Léonard de Vinci

Août 2023

Table of contents

I.	Introduction	1
1.	Equipe	1
2.	Membres du projet	1
3.	Contexte	1
4.	Résumé du projet	1
5.	Organisation de l'équipe	1
II.	Partie Mécanique	2
1.	Aperçu général	2
2.	StabTraj et forme des ailerons	2
3.	Système de récupération	2
III.	Partie électronique	3
1.	Aperçu général	3
2.	Alimentation	3
IV.	Récupération	4
1.	Récupération	4
2.	Code de la minuterie	5
V.	Expérience	6
1.	Expérience réalisée	6
2.	Code de l'expérience	9
VI.	Conclusion	13

I. INTRODUCTION

1. Equipe

LéoFly est une jeune association d'aéronautique et d'aérospatiale fondée en novembre 2015. Elle a pour objectif de rassembler les étudiants du Pôle Léonard de Vinci (à Paris La Défense) autour de leur passion commune. Pour ce faire, les membres du bureau proposent de nombreux projets techniques (réalisation d'un cockpit de simulation à taille réelle, d'une aile volante autonome, etc.) dont certains sont en collaboration avec le CNES (Mini Apterros, ROAR et C'Space) ainsi que des conférences et des visites dans le domaine de l'aéronautique ou du spatial.

2. Membres du projet

- CHATIN Corentin
- CHATIN Thomas
- DEVEZE Thomas

3. Contexte

Altair est la 5e mini fusée de LéoFly. Elle reprend des principes mécaniques développés pour les précédentes mini fusées (Vénus et Mercure). Elle a comme particularité d'être la première mini fusée de l'association lancée de nuit.

4. Résumé du projet

L'objectif de la fusée Altair est la visualisation des efforts d'accélération et de décélération de la fusée lors du vol.

5. Organisation de l'équipe

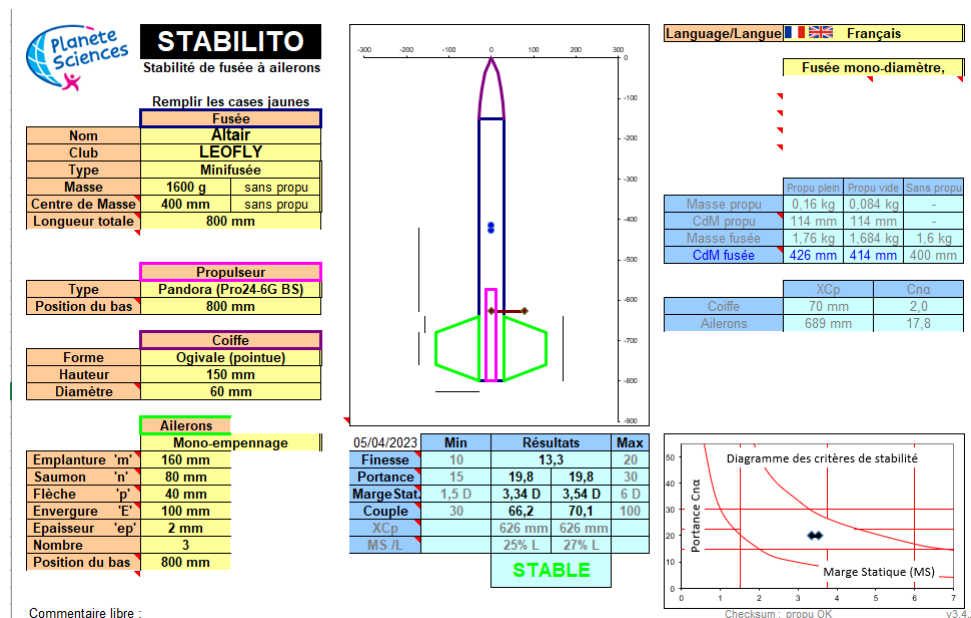
Le projet Altair comporte 3 étudiants en 4ème et 5ème d'école d'ingénieur en spécialisation informatique et mécanique.

II. PARTIE MÉCANIQUE

1. Aperçu général

Altair est une mini fusée de 95 centimètres et de diamètre unique de 60 mm. Elle est composée d'impression 3D (PLA et PETG) et en polycarbonate transparent. Afin de permettre une visualisation des leds, le tube extérieur est en polycarbonate transparent. Les ailerons ayant une forme trapézoïdale sont également en polycarbonate. Le système de récupération consiste en un parachute libéré par une trappe verticale.

2. StabTraj et forme des ailerons



3. Système de récupération

Le système de récupération est basé sur le déploiement d'un parachute à l'apogée du vol. Pour ce faire, une trappe latérale est maintenue par une cloche de moteur à courant continu. Lorsque la minuterie déclenche le moteur, la trappe est libérée, éjectant le parachute.

III. PARTIE ÉLECTRONIQUE

1. Aperçu général

L'électronique d'Altair est composée d'un PCB contenant deux systèmes, électriquement isolés.

- Le premier système est composé d'une arduino mini ainsi que d'un relais. Il a un rôle de minuterie et déclenche le moteur à courant continu.
- Le second système est l'expérience. Il comporte un accéléromètre et une arduino mini qui contrôle la bande de led.

2. Alimentation

L'alimentation de la fusée est séparée en deux. La minuterie et le moteur permettant l'ouverture de la trappe parachute sont alimentés à l'aide d'une batterie 9V. La bande de led et l'expérience sont quant à elles alimentées avec une batterie (2.5A en sortie) afin d'outrepasser la limite de courant de décharge des piles.

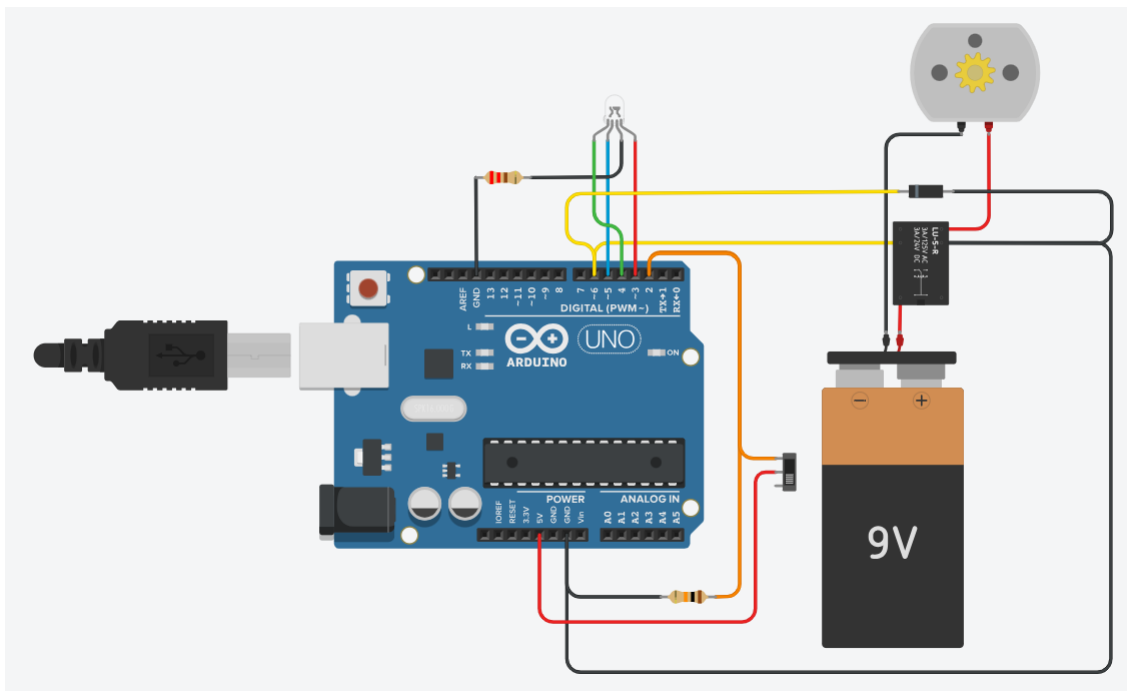
Cependant, nous avons observé à l'issue du vol que tous les aspects n'avaient pas été traités pour le dimensionnement de la batterie de l'expérience. En effet, lorsque nous avons testé l'autonomie de la batterie, nous n'avons pas tenu compte de la couleur des LEDs. Or la consommation des LEDs varie en fonction de la couleur dans laquelle elles sont allumées. Nous avons défini des couleurs claires lorsque la fusée est sous l'effet de 1G (pesanteur), cependant ces couleurs consomment plus que des couleurs sombres avec lesquelles les tests ont été réalisés. Lorsque la fusée était en rampe, la batterie s'est donc déchargée plus rapidement que prévu, tout en conservant une autonomie suffisante pour le vol grâce à un sur-dimensionnement qui a permis d'assurer l'expérience en vol malgré une procédure de non-feu.

IV. RÉCUPÉRATION

1. Récupération

Pour activer la récupération de la fusée nous employons une technique ayant fais ses preuves : une minuterie arduino avec un relais contrôlant un moteur pour ouvrir une trappe latéral

Ci dessous vous pouvez voir le plan de câblage de la minuterie (une arduino Uno a été schématisée, dans les faits, une arduino mini est utilisée) :



2. Code de la minuterie

Le code de la minuterie est détaillé ci-dessous :

```
// Definition des PINs
int pin_jack = 2;
int RED = 3;
int GREEN = 4;
int BLUE = 5;
int relais = 6;
int jack_branche = 0;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

    pinMode(pin_jack , INPUT);

    pinMode(RED, OUTPUT);
    pinMode(GREEN, OUTPUT);
    pinMode(BLUE, OUTPUT);

    pinMode(relais , OUTPUT);

    digitalWrite(GREEN, HIGH); //Allume la LED en vert a l'etat initial
}

void loop() {
    jack_branche = digitalRead(pin_jack);
    if (jack_branche == LOW)
    {
        digitalWrite(GREEN,LOW);
        digitalWrite(BLUE,HIGH); //Allume la LED en bleu des que le jack est c
        delay(6500); //Temps appog e
        digitalWrite(BLUE,LOW);
        digitalWrite(RED,HIGH); //Allume la LED en rouge lors de l'activation
        digitalWrite(relais , HIGH);
        while(true){
            delay(1); //Le relais tourne tant que la pile est char
        }
    }
    else
    {
        delay(1);
    }
}
```

V. EXPÉRIENCE

1. Expérience réalisée

Notre expérience consiste en la visualisation des efforts d'accélération et de de-accelération que la fusée va subir lors du vol.

Afin d'avoir une donnée plus visuelle qu'un simple fichier Excel, nous avons décidé de l'afficher sur la fusée en elle même au travers d'un faisceau de led.

Nous utilisons un capteur d'accélération bien connu, le mpu6050 calibré en $-16 +16$ g afin d'avoir une valeur numérique. Cette valeur est ensuite convertie en une valeur rgb afin de pouvoir l'afficher

Au travers d'une photo longue exposition nous avons pu observer les différentes phases du vol.

Pour la structure mécanique nous avons utilisé deux tubes. Le premier, en extérieur, est en polycarbonate transparent permettant de voir les leds à l'intérieur. Le second est en impression 3D, inséré à l'intérieur du premier afin de pouvoir tenir en place les leds et les protéger pendant le vol. Les ailerons sont aussi en polycarbonate pour des raisons esthétiques.

Nous nous attendions à observer une accélération négative lors de la seconde phase du vol jusqu'à une valeurs nulle en apogée, suivie d'une accélération positive et enfin négative avec l'ouverture du parachute.

Voilà les différentes couleurs qu'il a été possible d'observer au cours du vol :



Tout d'abord, nous remercions Anthony pour cette magnifique photo.

Par la suite, on peut observer différentes zones de couleurs, qui correspondent aux phases du vol.

La première, dont la teinte tend vers le bleu, correspond à la flamme du propulseur. Elle se distingue particulièrement des autres couleurs puisque l'épaisseur du trait y est bien supérieure.

On a par la suite les phases suivantes :

Phase	Couleur	Accélération équivalente
1	Rouge	$a > 3,5G$
2	Rouge-orange	$2,5G < a \leq 3,5G$
3	Jaune-orange	$1G < a \leq 1,5G$
4	Jaune-vert	$-1G < a \leq -0,5G$
5	Bleu foncé	$a \leq -4G$
6	Cyan	$-3G < a \leq -2G$
7	Blanc	$-0,5G < a \leq 0,5G$
8	Jaune	$0,5G < a \leq 1G$
9	Vert	$-1,5G < a \leq -1G$

En comparant ces couleurs avec le code décrit dans la partie suivante, on peut en déduire qu'au cours du vol, la fusée a subi une phase d'accélération (1) avant de décélérer de plus en plus jusqu'à l'apogée (2,3,4 et 5). A l'apogée, la décélération a diminué (6) avant d'entre dans une phase d'impesanteur (7). De là, on peut observer une légère accélération positive lorsque la fusée a commencé une descente en chute libre (8), puis une phase de redescende sous parachute caractérisée par la pesanteur (9).

En comparant ces résultats à nos attentes, ceux-ci sont totalement en accord, ce qui permet de valider notre expérience.

2. Code de l'expérience

Le code de l'expérience est détaillé ci-dessous :

```
// Libraries
#include <Wire.h> //https://www.arduino.cc/en/reference/wire
#include <Adafruit_MPU6050.h> //https://github.com/adafruit/Adafruit_MPU6050
#include <Adafruit_Sensor.h> //https://github.com/adafruit/Adafruit_Sensor
#include <FastLED.h>
#include <math.h>

// Definition des constantes
#define LED_PIN 2 //Pin de commande de la bande de LEDs
#define NUM_LEDS 108 //Nombre de LEDs
Adafruit_MPU6050 mpu; //Accelerometre

#define UPDATES_PER_SECOND 100
#define BRIGHTNESS 100
#define LED_TYPE WS2811
#define COLOR_ORDER GRB
CRGB leds[NUM_LEDS];
CRGBPalette16 currentPalette;
TBlendType currentBlending;

//Offset de calibration
int offset_acc_x = 1334;
int offset_acc_y = -1141;
int offset_acc_z = 1836;
int offset_gyro_x = 70;
int offset_gyro_y = -14;
int offset_gyro_z = 24;

//Variable d'acceleration
double acc;
int* c;
CRGB couleur;

//Definition des couleurs
CRGB orange = CHSV( HUE_ORANGE, 255, 255);
CRGB black = CRGB::Black;

CRGB blue = CRGB(0, 0, 255);
CRGB cyan_blue = CRGB(0, 170, 255);
CRGB cyan = CRGB(0, 255, 255);
CRGB green_cyan = CRGB(0, 219, 164);
CRGB green = CRGB(0, 189, 0);
CRGB yellow_green = CRGB(255, 255, 0);
```

```
CRGB white =          CRGB::White;

CRGB yellow =          CRGB(255, 255, 0);
CRGB orange_yellow =CRGB(255, 191, 0);
CRGB orange_brown = CRGB(255, 128, 0);
CRGB red_orange =     CRGB(255, 81, 0);
CRGB red =            CRGB(255, 0, 0);

void setup()
{
    all(black);          //Eteindre toutes les LEDs au cas o
    delay(500);          //Safe delay

    //Initialisation LEDs
    FastLED.addLeds <LED_TYPE, LED_PIN, COLOR_ORDER>(leds , NUM_LEDS).setCorre
    FastLED.setBrightness(BRIGHTNESS);

    eclairer(orange , 25);
    delay(1000);

    //Init Serial USB
    Serial.begin(9600);
    Serial.println(F("Initialize System"));

    //Detection du MPU
    if (!mpu.begin())
    { // Change address if needed
        Serial.println("Failed to find MPU6050 chip");
        while (1)
        {
            delay(10);
        }
    }

    //Defini des trucs
    mpu.setAccelerometerRange(MPU6050_RANGE_16_G);
    mpu.setGyroRange(MPU6050_RANGE_250_DEG);
    mpu.setFilterBandwidth(MPU6050_BAND_21_HZ);

    //Clignoter 5 fois en vert si tout est bon
    for (int i=0; i<5; i++)
    {
        all(green);
```

```
    delay(250);
    all(black);        //VS Stade Toulousain
    delay(250);
}
}
```

```
void loop()
{
    acc = 0.0;

    for (int i = 0; i < 3; i++){
        acc += readMPU();
    }
    acc = acc/3;

    if (acc <= -40) { all(blue); }
    if (acc > -40 && acc <= -30) { all(cyan_blue); }
    if (acc > -30 && acc <= -20) { all(cyan); }
    if (acc > -20 && acc <= -15) { all(green_cyan); }
    if (acc > -15 && acc <= -10) { all(green); }
    if (acc > -10 && acc <= -5) { all(yellow_green); }

    if (acc > -5 && acc < 5) { all(white); }

    if (acc > 5 && acc <= 10) { all(yellow); }
    if (acc > 10 && acc <= 15) { all(orange_yellow); }
    if (acc > 15 && acc <= 25) { all(orange_brown); }
    if (acc > 25 && acc <= 35) { all(red_orange); }
    if (acc > 35) { all(red); }

    delay(100);
}
```

```
//Retourne l'acceleration sur le MPU
double readMPU( ) {
    //Read acceleromter data

    sensors_event_t a, g, temp;
    mpu.getEvent(&a, &g, &temp);
    //double my_acc = abs(a.acceleration.z + offset_acc_x) + abs(a.accelerati
    double my_acc = a.acceleration.y; // - offset_acc_y;

    return my_acc;
}
```

```
}
```

```
//Eclairer les LEDs d'une couleur avec d la i  
void eclairer(CRGB couleur, int my_delay)
```

```
{  
  for( int i = 0; i < NUM_LEDS; i++)  
  {  
    leds[i] = couleur;  
    FastLED.show();  
    delay(my_delay);  
  }  
}
```

```
//Eclairer instantanément toutes les LEDs  
void all(CRGB couleur)
```

```
{  
  for( int i = 0; i < NUM_LEDS; i++)  
  {  
    leds[i] = couleur;  
  }  
  FastLED.show();  
}
```

VI. CONCLUSION

En définitive, les résultats de l'expérience correspondent totalement à ceux attendu, faisant ainsi de ce vol un succès. De plus, réaliser un lancement de nuit a été passionnant, tant pour l'enjeu technique que de l'enjeu humain, de nombreuses personnes étant venues voir notre vol. Ce fut donc un immense plaisir de remporter le prix de la meilleure mini-fusée 2023.