

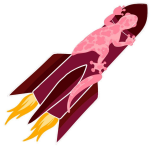
Projet Salamandre



2023-2024



Neil Lemeunier, Matthieu Leport, Agnese Acerbi, Caroline Cormier, Clément Allard, Lohann Buisson



REMERCIEMENTS :

Nous tenons tout d'abord à remercier l'ESCR (Ensemble Scolaire Catholique Rochois), sans qui la réalisation du projet aurait été impossible. Nous remercions aussi Planète Sciences et tout particulièrement Anthony, notre bénévole suiveur pour ses précieux conseils et son engagement, et pour finir, Hugo Allard, étudiant en école d'ingénieur, Mme Cormier et Mr Peray, professeurs, pour le temps qu'ils ont consacré au projet et les conseils qu'ils nous ont apporté.

INTRODUCTION :

Le club ESCR avait déjà participé à deux lancements Rocketry en 2023 et 2024. Nous avons pu, à notre tour, nous rendre compte de la difficulté à gérer et à organiser une équipe, indispensable pour la planification d'un projet. Notre minifusée Salamandre nous a permis d'accéder à un projet plus technique, notamment avec la partie électronique, domaine alors inconnu. Certes, la programmation de notre fusée est relativement simple (elle n'embarque d'ailleurs aucune expérience), mais apprendre pour répondre aux contraintes techniques imposées a été très enrichissant.

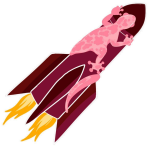
Nous sommes inscrits au C'Space depuis 2021, date à laquelle le projet de la minifusée a été initié. Les deux premières années ont été laborieuses et notre avancée quasi nulle. C'est seulement depuis 2023 que ce projet a réellement commencé.

Ensemble nous avons géré la conception mécanique. Cependant, nous nous sommes répartis en petits groupes en fonction de nos compétences pour mieux répondre aux problématiques plus spécifiques. En particulier :

- Clément Allard pour la logistique
- Lohann Buisson et Agnese Acerbi dans la conception de pièces 3D
- Agnese Acerbi et Neil Lemeunier pour l'électronique

Maé Starek, Lou Riccio, Chloé Williamson, Clémence Manfredi se sont investies dans la réalisation de notre logo et le design de la fusée.

Il nous a manqué un planning clair au début d'année qui nous aurait permis d'être bien plus efficaces. A ne pas oublier dans de futurs projets !



I. DESCRIPTION MÉCANIQUE :

A. Description générale et stabtraj :

Le corps de la fusée mesure 1005 mm. Il comprend :

- un tube en PVC pression de 820 mm de longueur et 80 mm de diamètre qui fait office de peau porteuse,
- une ogive de 180 mm
- la bague de rétention moteur épaisse de 15 mm dont 5 mm à l'extérieur du tube en PLA.

Les matériaux utilisés, le PVC pression, le PLA et le balsa, ont été choisis pour la solidité indispensable et la facilité d'usinage.

La fusée est composée par l'ogive, et subdivisée en différents espaces :

- un espace électronique,
- un espace de stockage pour la pile,
- un espace pour la toile de parachute comblé avec de la mousse,
- un espace dédié aux suspentes
- les ailerons et la rétention du moteur (*FIG. 1 ci-dessous*).

La trappe de notre fusée permet le déploiement du parachute, elle est directement découpée dans le tube, mesure 300 mm de longueur et est située sous l'espace électronique. La largeur de la porte a été pensée pour respecter les recommandations de Planète Sciences dans le document "Les parachutes des fusées expérimentales", et représente donc un tiers de la section du corps de la fusée.

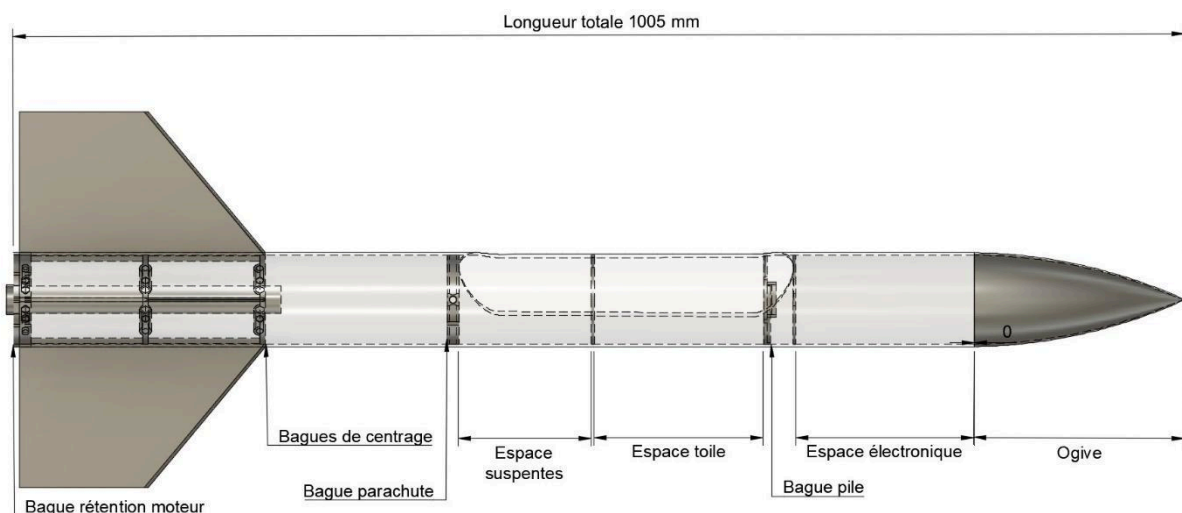


FIG. 1 : Plan général de la fusée



STABILITO

Stabilité de fusée à ailerons

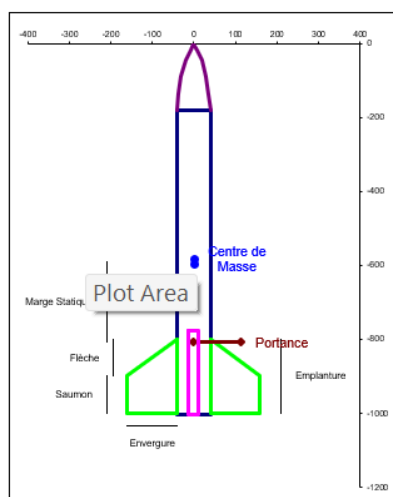
Remplir les cases jaunes

Fusée			
Nom	Salamandre		
Club	ESCR		
Matricule	MF 62		
Type	Minifusée		
Masse	1470 g	-	sans propu
Centre de Masse	565 mm	-	sans propu
Longueur totale	1005 mm		

Propulseur	
Type	Pandora (Pro24-6G BS)
Position du bas	1005 mm

Coiffe	
Forme	Ogivale (pointue)
Hauteur	180 mm
Diamètre	80 mm

Ailerons	
Mono-empennage	
Emplanture 'm'	200 mm
Saumon 'n'	100 mm
Flèche 'p'	100 mm
Envergure 'E'	120 mm
Épaisseur 'ep'	3 mm
Nombre	4
Position du bas	1000 mm



29/08/2024	Min	Résultats	Max
Finesse	10	12,6	20
Portance	15	21,4	21,4
Marge Stat.	1,5 D	2,64 D	2,82 D
Couple	30	56,5	60,3
XCp		809 mm	809 mm
MS /L		21% L	22% L

STABLE

Language/Langue Français

Fusée mono-diamètre,

	Propu plein	Propu vide	Sans propu
Masse propu	0,16 kg	0,084 kg	-
CdM propu	114 mm	114 mm	-
Masse fusée	1,63 kg	1,554 kg	1,47 kg
CdM fusée	597 mm	583 mm	565 mm

	XCp	Cnα
Coiffe	84 mm	2.0
Ailerons	883 mm	19,4

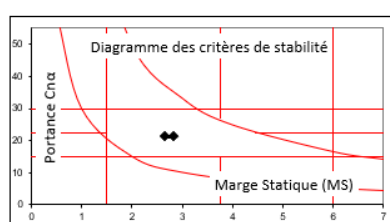


FIG. 2 : Stabtraj de la fusée

Pour les données générales de la fusée, nous avons réalisé des plans 3D à l'aide de fusion 360, des plans papier, des plans sur le logiciel openrocket et stabtraj (FIG. 2 ci-dessus). La diversité des plans et des données nous ont permis de pouvoir comparer les résultats obtenus.

B. Les ailerons :

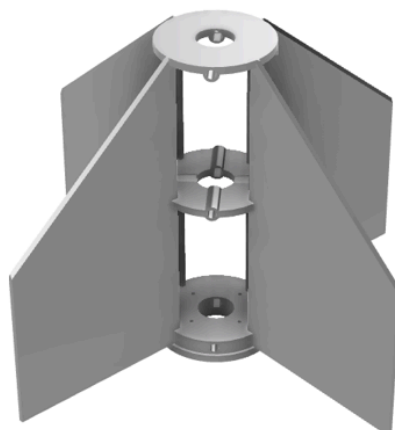
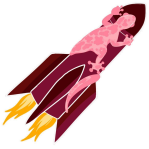


FIG. 3 : Bloc ailerons

La fusée possède 4 ailerons, les différentes mesures sont consultables sur le Stabtraj (FIG. 2 ci-dessus). Ils sont maintenus par la pièce "bloc ailerons", entièrement imprimée en PLA (FIG 3. ci-contre). Le bloc ailerons est constitué des 4 ailerons, de la bague de rétention moteur et de deux bagues de centrage. Cette pièce est amovible, elle est coulissée par le bas du tube, puis fixée à l'aide de vis et écrous répartis sur les bagues. Pour ce faire, des fentes de 3 mm de largeur et de 210 mm de longueur ont été découpées dans le tube. Cette pièce résulte de nombreux tests. En effet, le projet initial comptait 7 composants, tous montés séparément. Cette solution adoptée finalement permet une plus grande solidité et moins de risques d'erreurs au montage. La difficulté a été la modélisation 3D et l'impression, puisque nous avons dû adapter la pièce en fonction de la taille de notre imprimante.



C. Le parachute :

Le système de récupération choisi est un parachute circulaire fixé à la Bague parachute (*FIG. 1 page 3*). Pour les dimensions du parachute, nous avons suivi les recommandations du document "Les parachutes des fusées expérimentales" (Planète Sciences). La surface a été calculée avec la relation :

$$S = \frac{2 \cdot g \cdot M}{R \cdot C_x \cdot V_d^2}$$

$$= \frac{2 \times 9,81 \times 1,7}{1,3 \times 1 \times 6,5^2}$$

$$S = 0,61 \text{ m}^2$$

Où :

g = constante gravitationnelle = $9,81 \text{ m.s}^{-2}$

M = masse de la fusée = $1,7 \text{ kg}$

R = densité de l'air = $1,3 \text{ g.L}^{-1}$

C_x = coefficient aérodynamique du parachute = 1

V_d = vitesse de descente = $6,5 \text{ m.s}^{-1}$

Nous avons donc cherché à construire un parachute d'environ $0,61 \text{ m}^2$. Le parachute mesure finalement $0,45 \text{ m}$ de rayon avec une cheminée de $0,10 \text{ m}$ de rayon.

$$S = (0,45^2 \times \pi) - (0,10^2 \times \pi)$$

$$S = 0,60 \text{ m}^2$$

Le parachute est retenu par 6 suspentes de $1,5 \text{ mm}$ de diamètre résistantes à 15 kg , reliées à un émerillon, et la suspente principale de 6 mm de diamètre résistante à 50 kg . Les suspentes fines ont une longueur de $1,35 \text{ m}$ chacune et la suspente principale mesure 1 m . Toutes les suspentes sont en polypropylène. Nous aurions dû prendre des suspentes moins résistantes pour gagner en masse... De plus, notre parachute était équipé d'un anneau anti torche.

Le parachute est plié dans l'espace toile (*FIG. 1 page 3*) et posé sur une mousse compressée, pour faciliter son éjection à l'ouverture de la trappe, elle aussi retenue par une suspente d'environ 40 cm de longueur reliée à un œillet.

D. Le support de la carte Arduino UNO :

La carte électronique utilisée est une carte Arduino UNO, elle est fixée dans l'espace électronique (*FIG. 1 page 3*) sur une pièce imprimée sur mesure en PLA (*FIG. 4 ci-contre*). L'ensemble des composants (LEDs, bipeur, prise jack) est fixé sur la pièce avant d'insérer le tout. La carte est vissée à la pièce, elle-même vissée au tube. Cependant ce système n'était pas très pratique : nous avons souvent eu des problèmes de faux contacts et nous aurions dû penser à l'intégration avant de finaliser les systèmes électroniques.

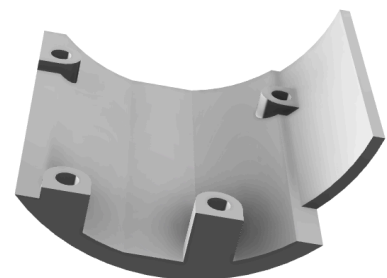


FIG. 4 : Fixation Arduino



E. Le système d'ouverture de la trappe :

Le principal système mécanique complexe de notre fusée est le système d'ouverture de la trappe. Il est composé de 2 pièces qui s'emboîtent entre elles pour bloquer la porte. La plus petite pièce est vissée sur la trappe. La grande pièce bouge sur un rail contre la paroi et est déplacée par un servomoteur à rotation continue (*FIG. 5 ci-dessous*). Pour que la pièce et le servomoteur soient compatibles, elle est dotée d'une crémaillère qui s'emboîte à l'engrenage, modélisé pour le servomoteur. Une pièce supplémentaire a été imprimée pour tenir le servomoteur, elle est vissée au tube à l'aide de 2 vis et inserts (*FIG. 6 ci-dessous*). Toutes ces pièces ont été modélisées et imprimées en 3D avec du PLA.

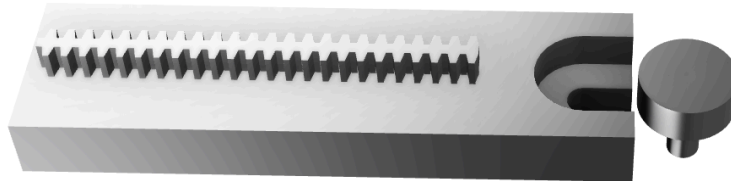


FIG. 5 : Pièce mobile sur rail (gauche) et pièce fixée à la porte (droite)

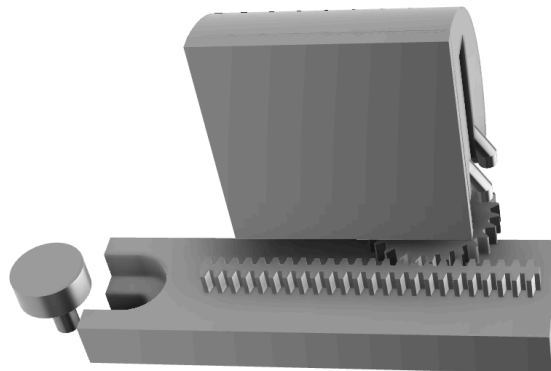
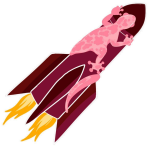


FIG. 6 : Vue globale du système d'ouverture de la porte



II. DESCRIPTION ÉLECTRONIQUE ET INFORMATIQUE :

Le circuit électronique connecté à la carte Arduino UNO est modélisé grâce au schéma électrique ci-dessous. Les différents composants sont soudés et reliés par des câbles.

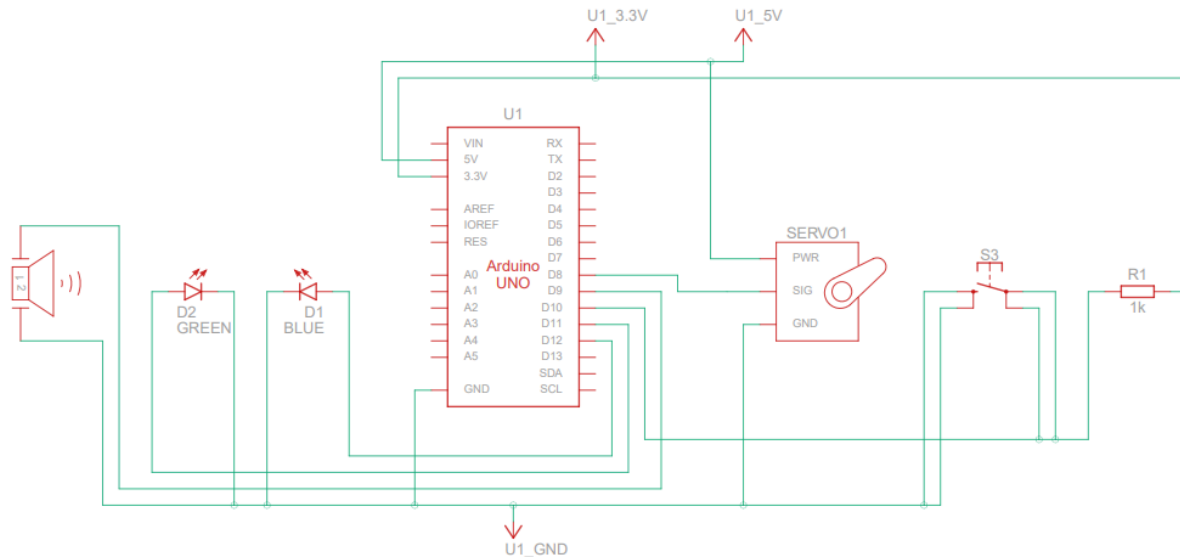


FIG. 7 : Schéma électrique

A. Description générale du circuit :

La carte Arduino est alimentée par une pile 9V fixée sur la Bague pile (voir FIG. 1 page 3), un bouton ON/OFF est accessible de l'extérieur pour couper l'alimentation de la carte.

Le décollage de la fusée est détecté par l'arrachage du câble jack relié à la carte Arduino, nous utilisons un système pull-up. Les LEDs D1 et D2 permettent de connaître l'avancement du programme. Elles sont visibles depuis l'extérieur. La LED verte allumée prouve que la carte est sous tension et reçoit le signal du câble jack : la fusée est au sol, prête au décollage. Quand le jack est décroché, la LED bleue clignote et le bipleur émet en mode alternatif. Après 7 secondes, temps nécessaire à la mini-fusée pour atteindre son apogée, la LED bleue s'éteint, le bipleur émet en continu et le servomoteur s'allume pour entraîner l'ouverture de la trappe.

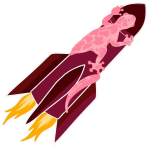


B. Le code :

```
#include <Servo.h>
Servo monservo;
int start_time = 0;
void setup() {
    pinMode(11,OUTPUT); //LED verte
    pinMode(12,OUTPUT); //LED bleue
    monservo.attach(8); //servomoteur
    pinMode(9,OUTPUT);
    pinMode(10,INPUT); //buzzer
}
void loop() {
    if (digitalRead(10)==LOW) { //si Jack attaché
        digitalWrite(11,HIGH); //LED verte allumée
    } else { //sinon
        digitalWrite(11,LOW); //LED verte éteinte
        while (start_time<7) { //si temps<=7s alors
            digitalWrite(12,HIGH); //clignoter LED bleue et buzzer
            digitalWrite(9,HIGH);
            delay(500);
            digitalWrite(12,LOW);
            digitalWrite(9,LOW);
            delay(500);
            start_time = start_time + 1;
        }
        while (start_time>=7) { //si temps >7s alors
            digitalWrite(12,LOW); //LED bleue éteinte
            digitalWrite(9,LOW); //buzzer éteint
            monservo.writeMicroseconds(1000); //servomoteur tourne
            delay(750);
            monservo.writeMicroseconds(1500);
            digitalWrite(9,HIGH); //buzzer allumé
        }
        while(1) {}
    }
}
```

FIG. 8 : Code

Notre fusée n'embarque aucune expérience ni mesure. La programmation est par conséquent assez simple et ne sert qu'à l'ouverture de la trappe.



III. LE VOL :



Le lancement s'est effectué le 09 juillet 2024, la fusée a atteint l'apogée et la trappe s'est ouverte au bon moment. Seulement le parachute ne s'est pas déployé. Notre vol a donc été considéré comme balistique.

La fusée était cependant quasiment intacte quand nous l'avons récupérée, seule l'ogive a été endommagée. Nous nous sommes donc demandé pourquoi le parachute ne s'était pas déployé bien que nous ayons mis un anneau anti-torche. Nous pensons que c'est dû au choix du système de rétention de la trappe. En effet, elle était retenue par une suspente de 40 cm attachée à un œillet, nous avons trouvé cette dernière complètement enroulée autour du parachute. Après avoir discuté avec d'autres équipes sur leurs choix de rétention de la porte, nous pensons que le meilleur moyen consiste en une suspente très courte cousue au niveau de la cheminée du parachute.





Malgré ce dysfonctionnement, nous sommes très satisfaits du vol puisque le système électronique a bien fonctionné et que la trajectoire de la fusée a été conforme au modèle : nous avons récupéré Salamandre dans l'axe de la rampe. L'hypothèse quant au lien trappe/parachute est intéressante et sera testée lors des prochains projets.

IV. Conclusion :

Salamandre a réalisé un vol balistique. Certes. Mais il n'a pas pour autant été un échec, ce fut en réalité une expérience très riche en découvertes.

Découverte de l'autre, avec les difficultés d'organisation, de planification et de communication.

Découverte scientifique avec l'électronique.

Découverte du travail par équipe pour notre projet et grâce au C'Space: nous avons été surpris et enchantés par l'ambiance de partage et d'entraide qui régnait entre les différentes équipes et les bénévoles.

Nous aimerions poursuivre cette aventure avec une fusex, ou une autre mini-fusée. Ces nouveaux projets nous permettront de réinvestir nos acquis, confronter nos erreurs et nous lancer de nouveaux défis !



Merci aux équipes SPC, GEA et ASL pour les bons moments passés ensemble !