

C'SPACE 2022



# RAPPORT DE PROJET AMORHC

---

2021-2022



# INTRODUCTION

---

Amorhc est un projet étudiant produit au sein de l'association AéroIPSA.

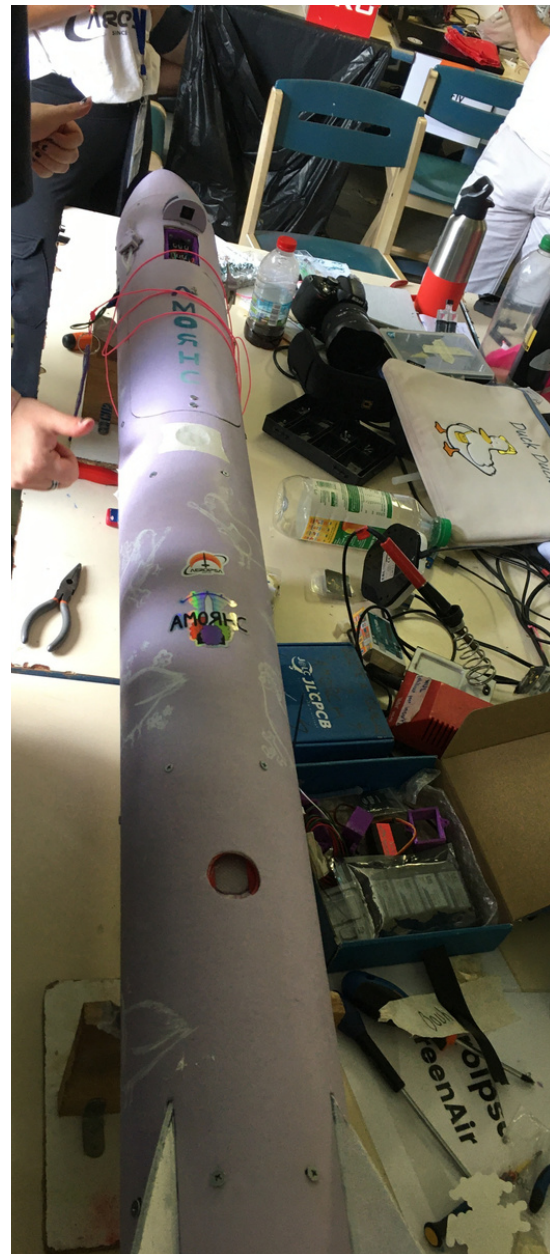
Le projet a été financé par l'association AéroIPSA et développé par ses membres.

Ce projet est une continuité de Chroma projet ayant volé au C'space 2021. Les expériences de Chroma n'avaient pas pu fonctionner, ce qui nous a poussés à le continuer avec Amorhc.

Le projet est constitué de 13 membres. Sur ses membres 3 personnes travaillaient sur l'électronique de la fusée et 10 personnes travaillaient sur la mécanique de la fusée.

## Résumé

La fusée expérimentale Amorhc du matricule Fx05 a pour expérience largage de poudre à différentes altitudes et mesures de pression statiques et dynamique sur la coiffe et le corps de la fusée. Cette dernière expérience fonctionne avec 3 tubes Pitot 1 sur la coiffe, un sur la peau de la fusée et le dernier à 2 cm du corps de la fusée. La fusée a été lancée avec un Pro54.





# MEMBRES DU PROJET

---

BEAUVALET Alexis  
BOCHER Laure-Amélie  
CARBIE Claire  
DEVALOIS Thomas  
FRAUDET Elouan  
HEDDADJ Alicia  
JUMELLE Louis  
KHAYAT Noha  
LECLEVE Alizée (Chef de projet)  
OUDIN Gael  
PEIX Guillaume  
JOUEN Angel  
LENTE Elsa



# DESCRIPTION MÉCANIQUE

---

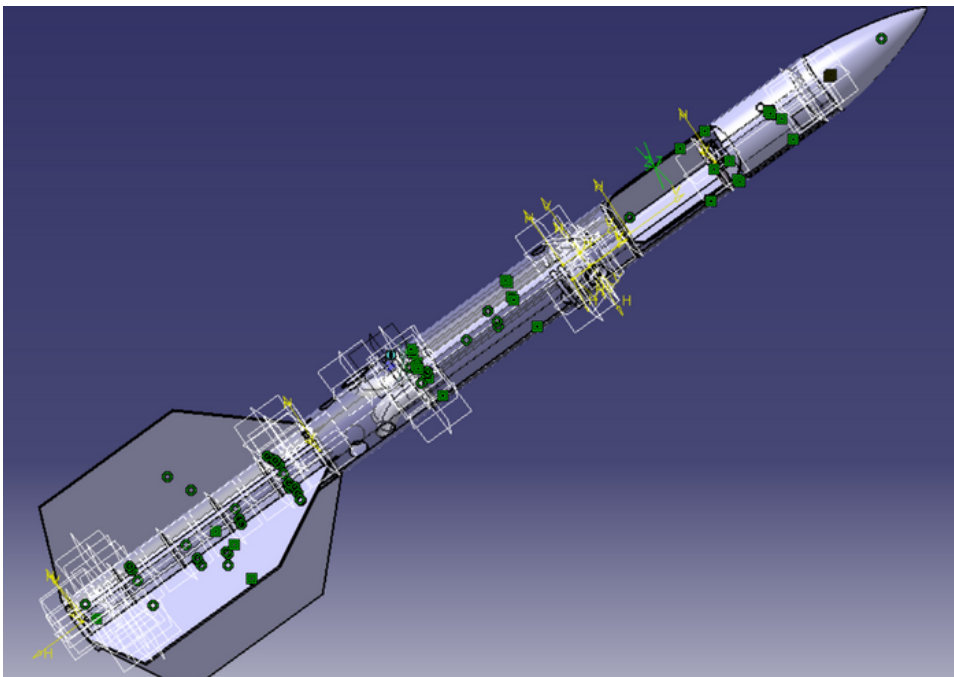
La structure de la fusée est dite peau porteuse et structure porteuse, la fusée porte donc la structure interne et reprend les efforts d'accélération et de poussée alors que la structure interne rend plus facile la mise en place des blocs dans la fusée. Le tube est effectué en composites de fibre de verre. L'épaisseur est constituée de 3 couches de fibres de verre puis 1 couche de mousse et enfin 3 dernières couches de fibre de verre.

Les ailerons, en forme de trapèze ont été fait en composite également, composite en carbone. L'épaisseur est constituée de 8 couches de carbones bidirectionnels et 8 couches unidirectionnelles réparties entre une couche de mousse de façon symétrique.

Plusieurs blocs ont donc été faits pour le tube, les bagues constituant les blocs sont en Delrin, un type de plastique et en pla et 2 bagues (celle qui tient la sangle du parachute et celle de la reprise de poussée du propulseur) sont en aluminium.

Les blocs d'Amorhc sont :

- Bloc électronique
- Bloc parachute
- Bloc poudre
- Bloc propulsion





# DESCRIPTION ELECTRONIQUE

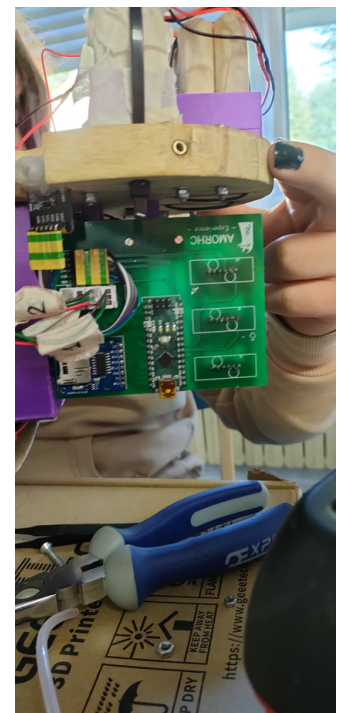
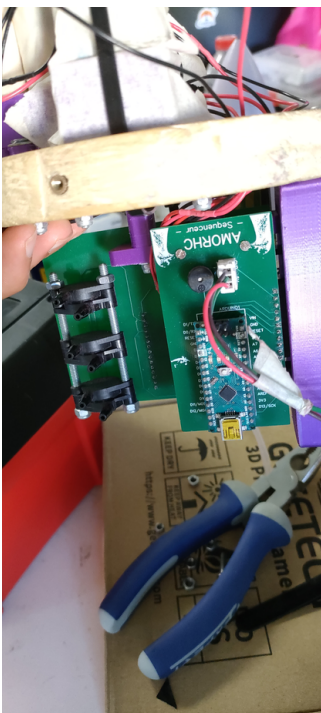
---

L'électronique d'Amorhc se divise en deux cartes, une carte séquenceur et une carte expérience. La carte séquenceur est composée d'une carte Arduino Nano, de quelques LED et interrupteurs ainsi que le servo-moteur utilisé pour le parachute.

La carte expérience est composée d'une carte Arduino Nano, d'un capteur BMP 180 (pression + température + altitude), d'un module d'enregistrement par carte SD ainsi que les servo-moteurs utilisés pour le bloc poudre.

Détails électronique :

- Une PCB interface directement accessible sur la fusée, sans trappe.
- Les PCBs sont reliées à l'interface par des barrettes mais les deux circuits expérience et séquenceur sont isolés
- Tout le bloc élec est intégré sur une seule bague, pour faciliter la manipulation de celui-ci
- Le capteur de pression atmosphérique qui permet de déterminer l'altitude bénéficie d'un support pour y insérer une seringue pour simuler la baisse de pression due à la montée de la fusée



# DESCRIPTION ELECTRONIQUE

Les batteries Amorrhc dispose de 4 batteries différentes :

- 1 batterie 5V et 1 batterie 9V pour le séquenceur
- 1 batterie 5V et 1 batterie 9V pour l'expérience

L'interface:

L'interface d'Amorrhc est composé de **2 interrupteurs d'alimentation**, **5 interrupteurs de contrôle**, **4 LEDs d'information** ainsi que des **2 prises pour brancher les jacks**

Les données:

Les données du vol sont enregistrées dans un fichier texte dans la carte SD sur le côté de l'interface (inaccessible depuis l'extérieur). La première ligne est composée des 3 pressions différentielles initiales (fusée à l'arrêt)

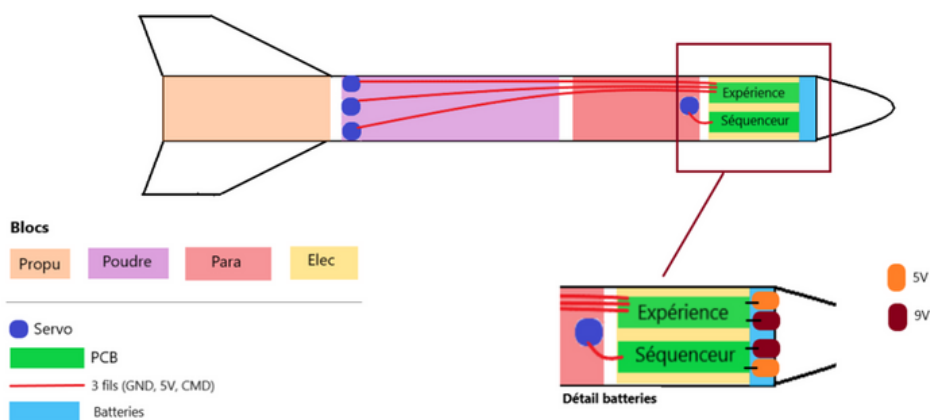
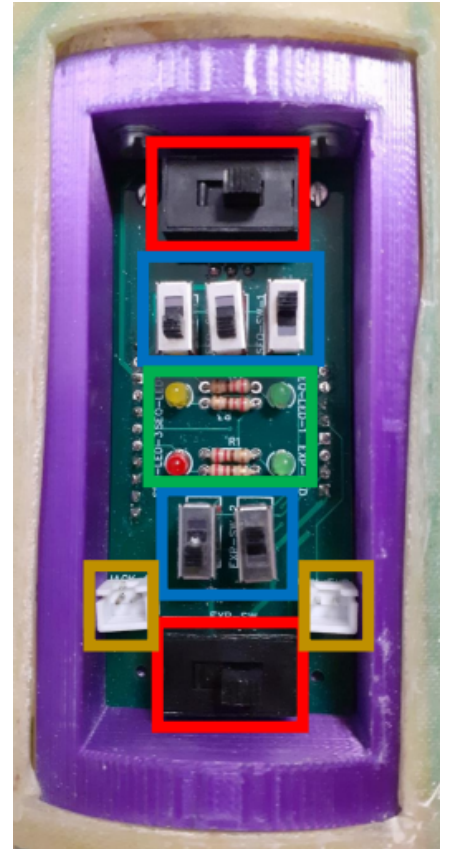


Schéma des câblages





# L'EXPERIENCE POUDRE

L'expérience poudre avait pour but de lancer de la poudre colorée dans le ciel à différentes altitudes en phase ascendante après l'arrêt du propulseur.

Les poudres contenues étaient de 3 couleurs différentes, vert, violet et rouge (couleurs pouvant être facilement aperçues dans le ciel).

Le système retenu pour ce bloc se compose d'entrée d'air fixe et de trappes aux sorties de poudres s'ouvrant l'une après l'autre.

Les trappes de sorties de poudre se composent chacune d'un servo actionnant l'ouverture de la trappe par un bras de levier (barre en fer fixée à la trappe par vis et au servo par serflex).

Cette méthode nous permet d'avoir le maximum de puissance par trappe et de minimiser l'impact des forces agissant sur la poudre au décollage.

De plus pour éviter un possible blocage de la poudre en sortie, les sorties de poudres et les entrées d'air se composent du même diamètre que les contenant de la poudre.

Concernant le remplissage des poudres, les contenant étaient remplis à 2/3 de poudre. Cela servait à laisser la poudre se décoincer après arrêt du propulseur.

Une autre bague a été mise au milieu pour éviter les torsions.

Résultats de l'expérience :

La poudre ne s'est pas déclenchée en phase ascendante, mais en vol. Cela peut être dû à une erreur dans le code.

Néanmoins grâce à un timer d'urgence les trappes se sont ouvertes à l'apogée.



Trappe poudre





# L'EXPERIENCE POUDRE

Future de l'expérience:

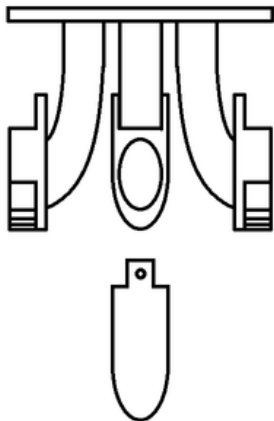
Si une nouvelle expérience de poudre a lieu, nous conseillons de se pencher plus sur les entrées d'air afin de maximiser le flux d'air entrant dans le tube.

De plus, nous avons eu des problèmes concernant l'étanchéité de notre bague du bas. Mais pas de problèmes pour l'écoulement de la poudre.

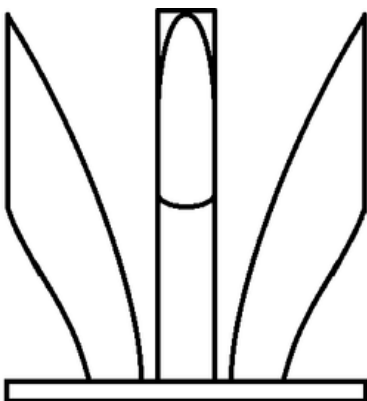
Les schémas en bas de la page fait par un membre d'Amorhc sont une approche permettant de résoudre les problèmes (approche théorique).

Les toboggans du bas contiennent un compartiment de fin au diamètre plus élevé permettant à la trappe de se refermer directement tout le toboggan, réglant ainsi le problème d'étanchéité.

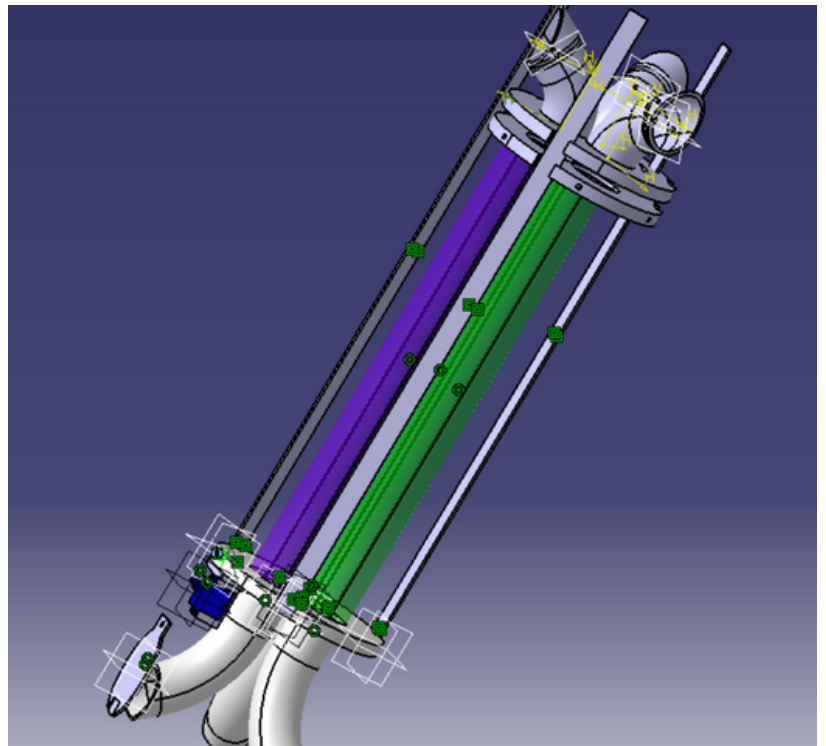
La bague d'entrée d'air est imaginée pour maximiser le flux d'air.



Bague de sortie de poudre et trappe



Bague d'entrée d'air



Catia de notre bloc poudre

# L'EXPERIENCE PITOTS



Le but de cette expérience était donc de mesurer les pressions statiques et dynamiques sur différents endroits de la fusée. Les emplacements sont un sur la coiffe (servant de repère), un sur le corps de la fusée et un à 2 cm du corps de la fusée. Cette expérience nous permettrait pour de futures expériences de poudre de savoir où placer les entrées d'air afin de maximiser le flux d'air qui pourrait déstocker la poudre.



Tube Pitot ayant servi sur notre expérience

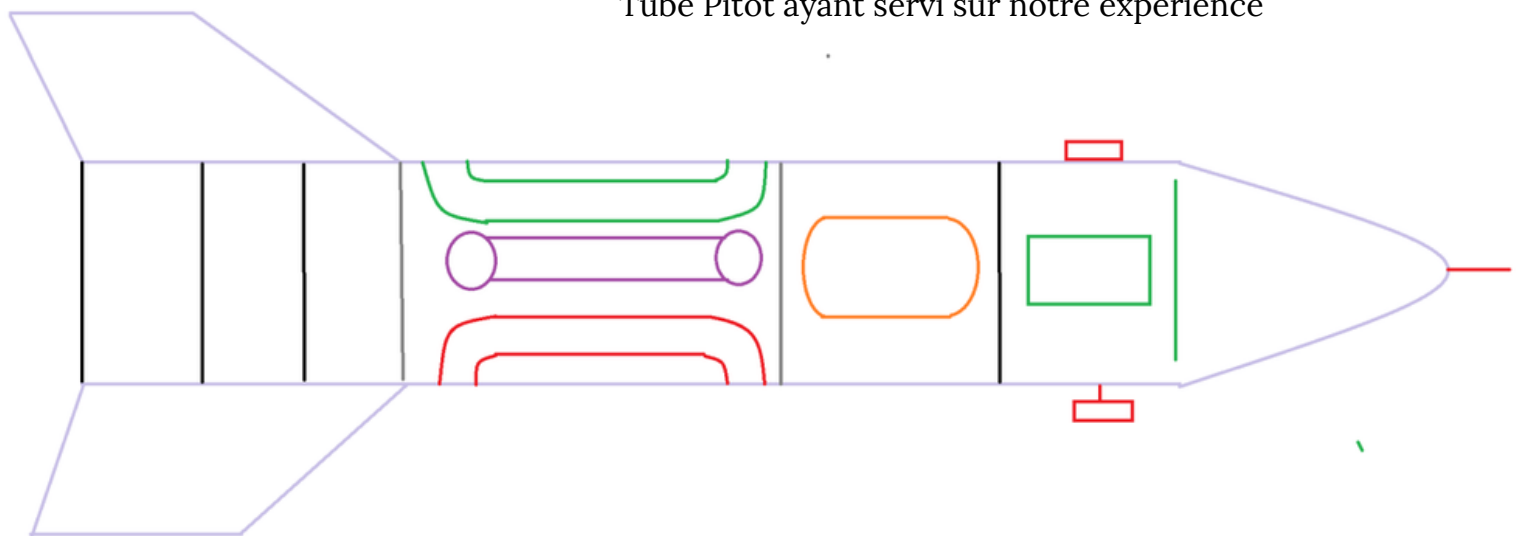


Schéma complet de la fusée



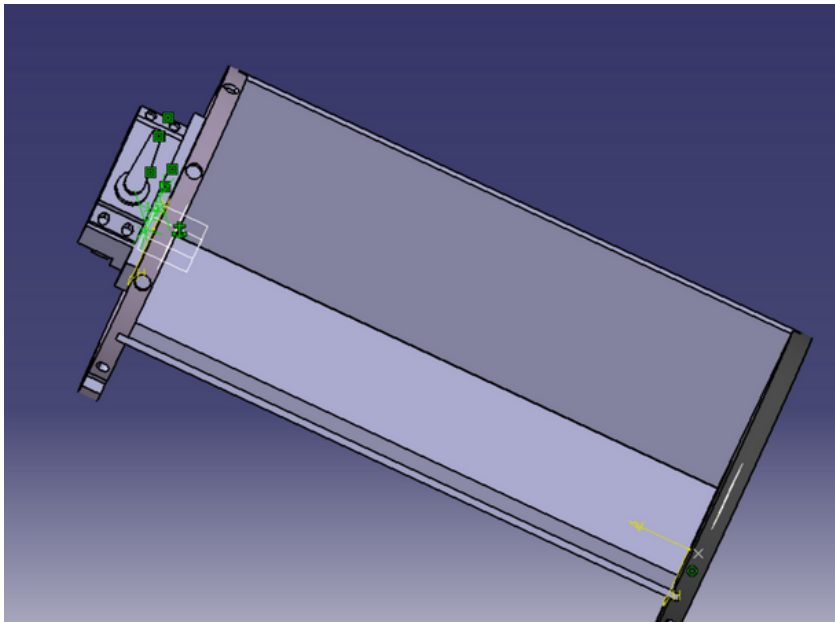
# LE BLOC PARACHUTE

Notre bloc parachute était plutôt classique.

Le système d'ouverture de la trappe est un crochet retenu par un servo qui en s'ouvrant libérait le crochet.

Le parachute mesurait 2,45m<sup>2</sup> et était de couleur rouge.

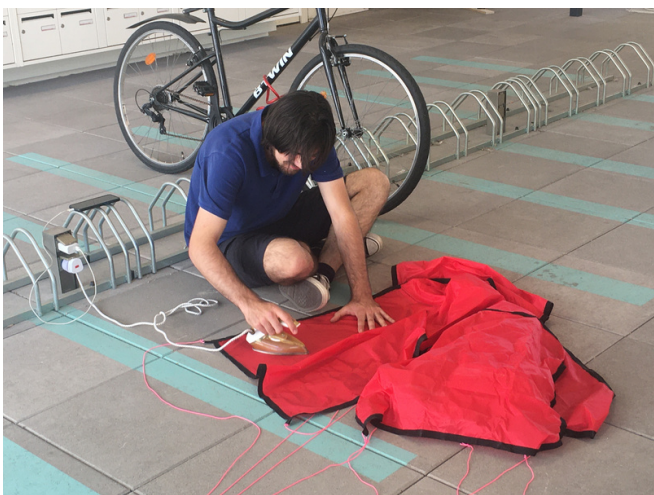
Pour notre structure le bloc parachute était relié au bloc poudre par 3 barres d'aluminium. Le bloc parachute est composée d'une bague en aluminium et en délerin qui maintient de réceptacle du parachute.



Catia du bloc parachute



Bloc parachute



# DÉROULEMENT DU VOL

20/07/2022

Le vol a eu lieu le 20/07/2022 et a été effectué avec toutes les expériences.

Problème rencontré durant le C'space:

- centre de masse trop bas, il a été remonter avec du poids dans la coiffe
- trappe parachute ayant un peu de mal à sortir, nous avons mis une éponge entre le parachute et la trappe pour forcer l'expulsion.

Lorsque nous sommes arrivés au C'Space, l'électronique était fonctionnelle, mais comme toujours, lorsqu'on arrive aux contrôles, il faut ajuster certaines choses, cela n'a pas été difficile, il fallait simplement changer légèrement le code du séquenceur et de l'expérience pour que l'alimentation soit visible grâce à la LED d'état. Nous avons aussi dû justifier plus amplement nos capteurs, mais cela aussi n'a pas posé particulièrement de problème.

Le vol s'est bien déroulé. C'est un vol nominal.  
Le plafond nuageux ne nous a pas permis de voir l'ouverture du parachute.  
Cependant la caméra embarquée a pu l'enregistrer.

Nous avons donc pu voler très tôt et ce qu'on remarqua assez vite, c'est que les LED étaient encore allumées après 5h de fonctionnement ! Nos batteries ont mieux tenu que ce que nous espérions.



# RÉSULTATS

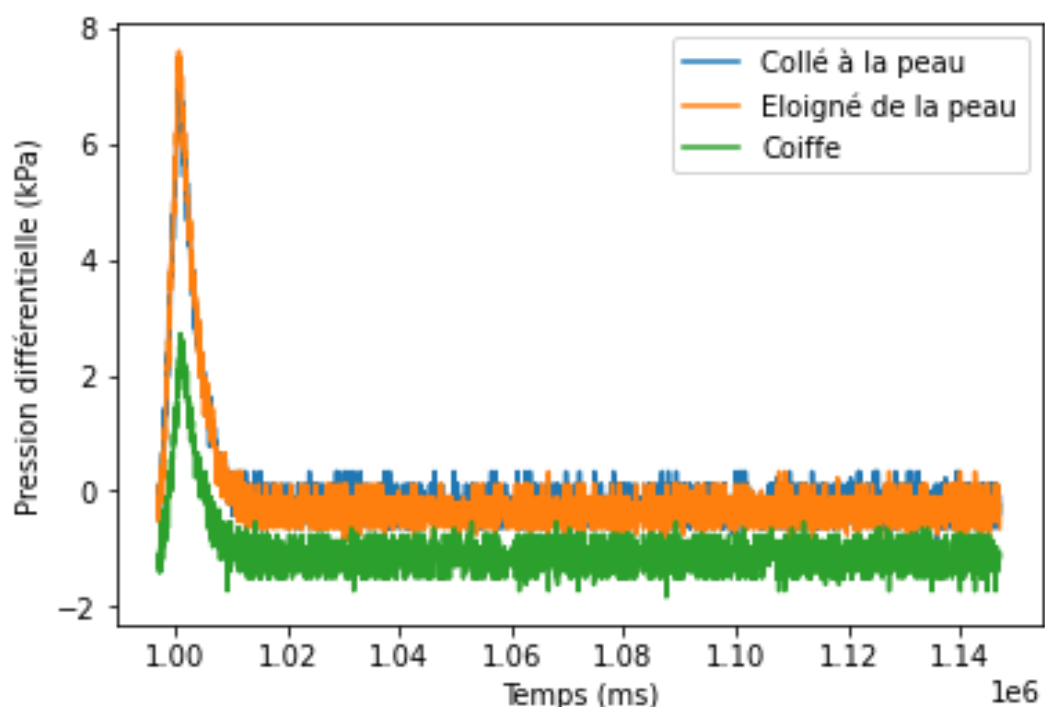
Après analyse des données sur la carte SD et la vidéo de la caméra embarquée, nous avons remarqué que la poudre ne s'est larguée qu'au dernier moment, grâce à la sécurité temporelle que nous avait conseillé de mettre les contrôleurs. La cause est assez simple, mais malheureuse, le capteur de pression qui donne l'altitude avait dysfonctionné malgré nos tests précédents et les trappes n'ont donc pas pu s'ouvrir en fonction de l'altitude.

Au moins, nous avons pu recevoir des données cohérentes pour les tubes Pitot même si nous nous sommes rendu compte que nous avons sur-dimensionné la plage de mesure puisque nous avons pris un capteur qui allait jusqu'à 100 kPa alors que nos mesures n'ont pas dépassé les 10 kPa, cette erreur réduit ainsi assez fortement la précision de nos résultats.

De plus, le tube Pitot de la coiffe était accroché sur une pièce métallique qui tenait aussi les poids d'un total de 2 kg qui rehaussaient le centre de masse. Cette pièce, probablement à cause des G au décollage, s'est pliée et le tube Pitot est alors rentré légèrement dans la coiffe, ce qui bouchait un des trous.

Nous soupçonnons ceci d'être à l'origine des valeurs incohérentes que nous obtenons. Pour analyser les données de manière convenable, il nous aurait fallu la pression atmosphérique en temps réel en plus des pressions différentielles pour estimer une vitesse.

Nous avons donc malheureusement uniquement les graphiques des pressions différentielles.





# REMERCIEMENTS

---

Je souhaitais tout d'abord remercier les membres d'Amorhc pour leur implication et leur motivation dans le projet. Ce projet a pu s'effectuer et se lancer tôt grâce aux membres d'Amorhc et à leur travail sur la fusée. Ils ont su travailler en faisant preuve d'initiative et de créativité pour concevoir la fusée et résoudre les problèmes. Ce groupe soudé a pu lancer un projet dont on est fier.

Nous souhaitons remercier le Franprix d'Ivry sur Seine pour nous avoir laissé utiliser leur chambre froide deux fois de suite afin de démouler notre tube.

Nous souhaitons remercier l'association AéroIPSA et ses membres qui nous ont soutenus durant le projet.

Et enfin, nous souhaitons remercier le CNES et Planètes Sciences pour nous permettre de créer des projets et de pouvoir les mettre en place avec leur soutien.



# CONCLUSION

---



Pour conclure ce projet, le bilan est positif malgré quelques déceptions sur les expériences. Le projet a permis à de nouveaux membres de pouvoir vivre leur passion et d'apprendre ce qui était le but de ce projet. Les membres d'Amorhc ont su travailler ensemble et fournir une bonne dynamique de travail. Le groupe en ressort soudées et plus passionnées que jamais. Un projet futur lançant des couleurs dans le ciel est à l'horizon.

