

PROJET RACCOON

• • • FUSÉE EXPÉRIMENTALE • • •

Pauline GAUTIER, Fabien MASSENET, Léa BOYER, Rémi DIGREGORIO, Daniel HUYNH, Sarah MANTEAU, Victor PROUET, Nicolas MUSCAT, Louis SANSOZ, Éric BARTH, Johan VARGAS Eliott ALPHAND, Claire CROENNE, Romains DESMAY, Thomas QUICHAUD, Olivia RICHARD, Anaïs THOMAS, Christophe ARNOULT

ESTACA SPACE ODYSSEY
C'SPACE 2019



PROJET RACCOON



La fusée Raccoon est une **fusée expérimentale** qui a été réalisée au cours de l'année scolaire 2018-2019

Cette fusée expérimentale a deux expériences principales :

- La première est une **étude des vibrations** au cours du vol de la fusée.
- La deuxième est que la fusée sera également équipée d'un **système de récupération innovant**. L'objectif de cette expérience serait de trouver un autre moyen que d'expulser le parachute par une porte latérale de la fusée.

Club ESO

2018-2019



Introduction

Contexte du projet

Le projet Raccoon a été initié en septembre 2018. Il a pour but de réaliser une fusée expérimentale qui espère être lancée lors de la campagne de lancement du C'Space 2019. Cette fusée a deux expériences principales : une étude de vibration et un système de récupération innovant.

C'est un projet qui a été réalisé au sein de l'ESO. Celle-ci est une association de l'Estaca, école d'ingénieurs spécialisée dans le domaine des transports. L'association a pour but de promouvoir le domaine spatial au sein de l'école. Chaque année, l'association propose différents projets : fusées expérimentales, mini-fusées, ballons stratosphériques, cansat...

Nombre de participants

Suite à la présentation des projets aux membres de l'association en octobre, une vingtaine d'étudiants ont voulu rejoindre le projet Raccoon. Ainsi, la fusée a été réalisée grâce à la motivation d'étudiants passionnés.

De plus, comme la plupart des membres étaient nouveaux dans l'association, la fusée possède un énorme enjeu de formation des membres pour pérenniser l'association et transmettre les connaissances à la nouvelle génération.

Organisation du projet et des tâches à réaliser

Nous avons séparé les membres du projet en quatre pôles : minuterie, mécanique, système de récupération et expérience. Cette organisation permet de bien répartir les tâches et de former les membres dans les pôles qui les intéressent.

Dans le pôle minuterie, l'objectif du chef de pôle a été d'apprendre comment réaliser une minuterie analogique à cinq nouveaux membres. Pour cela, chacun des membres a réalisé une minuterie durant l'année.

Le pôle mécanique a conçu la fusée sur Catia. Il a également réalisé les premières versions du stabtraj. Enfin, il s'est occupé de l'intégration de la fusée.

Le pôle système de récupération a conçu et réalisé le système.

Le pôle expérience a mis en œuvre l'étude de vibration.

Idée de la fusée et de l'expérience

L'idée de la fusée et de l'expérience viennent suite à la campagne de lancement à Tarbes en 2018. En effet, la plupart des fusex qualifiées ont réalisé des vols balistiques. Certaines ont vu leur porte parachute arrachée. Cela est peut-être dû aux vibrations que subissent les fusex pendant la phase de propulsion.

Ainsi, il est intéressant d'étudier ces vibrations et de proposer un autre système de récupération.



Description mécanique

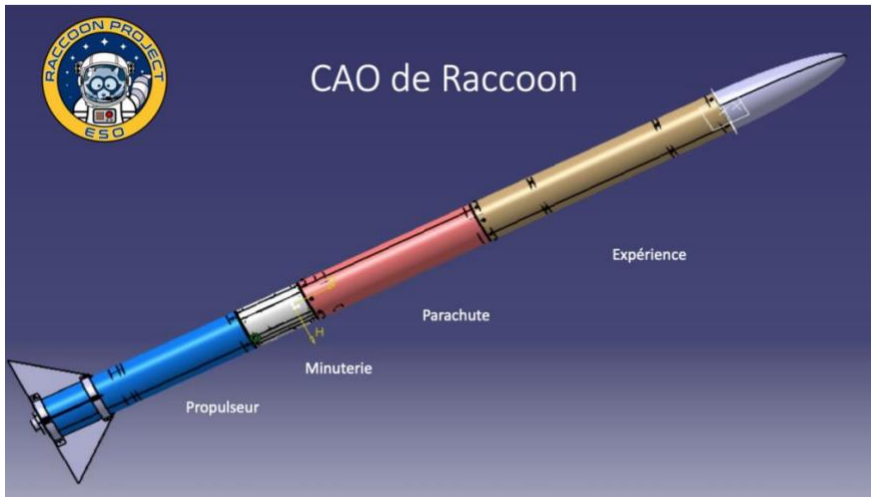
Aperçu général de la fusée

La fusée est constituée de 4 parties :

- La partie propulseur
- La partie système de récupération avec la minuterie et le fil cassant.
- La partie parachute. Notre parachute avait une forme carrée. Il a été plié de façon classique : Nous plions en triangle trois fois, puis en accordéon.
- La partie expérience.

Chaque partie est constituée de peaux porteuses.

Raccoon mesure 192 cm et pèse un peu moins de 5 kg.



Remarque : les ailerons ne sont pas à la bonne dimension.



Système de récupération

■ Présentation du système

Un système de récupération classique, couramment utilisé, est le système d'éjection par trappe latérale.

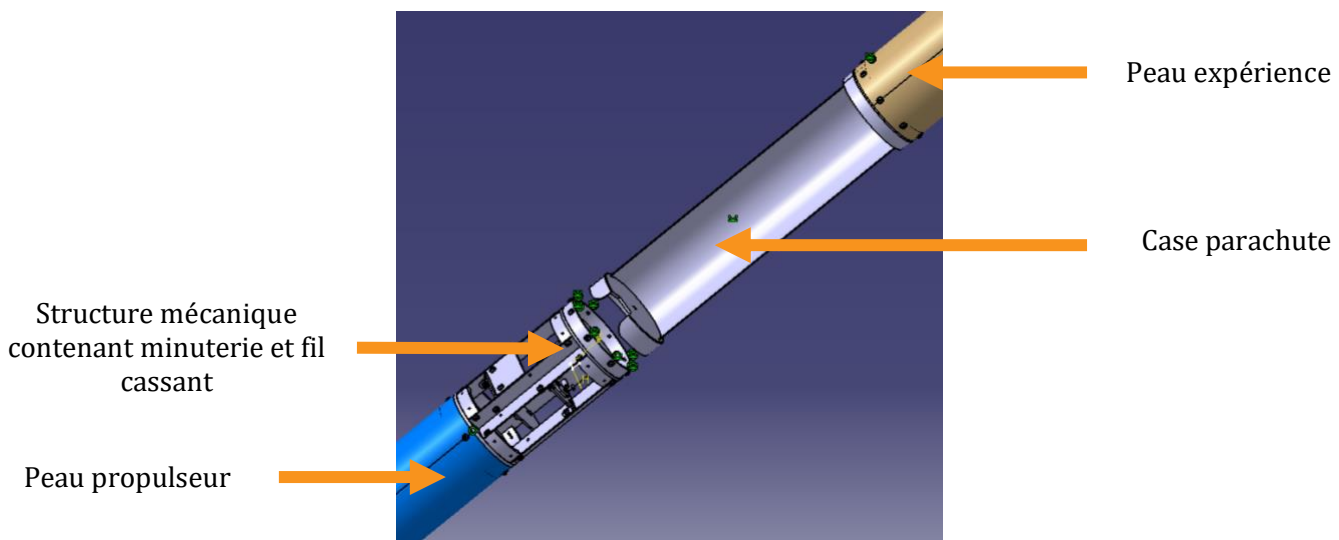
Ce système, qui a l'avantage d'être simple, présente un problème de fiabilité qui a été mis en évidence par les précédentes campagnes de lancement. Cela est lié à des problèmes d'étanchéités de la trappe qui peut finir par s'arracher.

Sur Raccoon, au moment de la libération, l'étage supérieur de la fusée va être éjecté à l'aide d'un ressort, et entrainer le parachute avec lui. La solidarité entre l'étage inférieur et supérieur est assurée par un fil cassant, que nous faisons fondre à l'aide de résistances chauffantes à l'instant voulu.

Les deux parties restent solidaire entre elles. La première partie est constituée de la partie propulseur, de la structure mécanique contenant minuterie et de la peau contenant le parachute. La deuxième partie est constituée de la case parachute et de la peau expérience.

Ce système, bien qu'il soit plus complexe, est bien plus fiable face aux forces aérodynamiques. Il a déjà pu faire ses preuves durant la campagne C'Space 2018, mais mériterait d'être amélioré, notamment l'armement du dispositif, qui est pour l'instant long et fastidieux.

■ Illustration du système





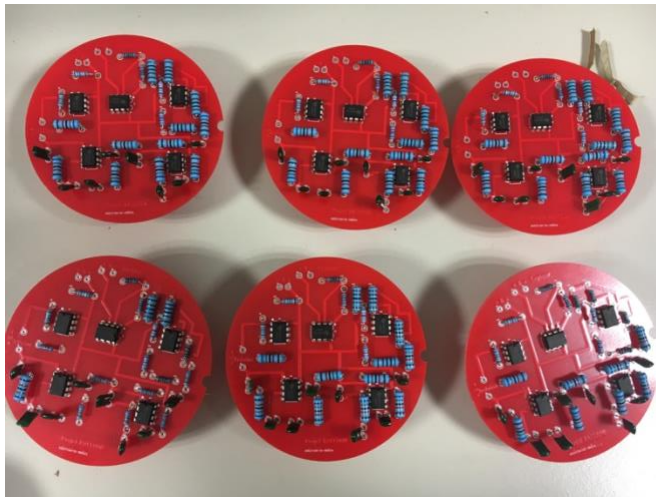
Résistance chauffante qui vient à brûler le fil

Description électronique et informatique

Aperçu générale de l'électronique et des connections entre les cartes

Nous avons au total 7 cartes électroniques : 1 pour la minuterie et 6 pour l'expérience qui sont identiques. L'ensemble des cartes est alimenté par une lipo (une pour la minuterie et une pour les cartes de l'expériences).

Il y a également deux arduinos qui permettent de récupérer les données de l'expérience par des cartes SD.



Les 6 cartes électroniques de l'expérience

La minuterie

La minuterie est une minuterie analogique. C'est grâce à un *effet hall* que nous la déclenchons. Au moment du décollage, l'aimant va « s'arracher » de la peau, ce qui va enclencher la minuterie. Quand la fusée est à son apogée, nous court-circuitons la résistance chauffante. Celle-ci va alors faire fondre le fil instantanément. Cela va entraîner la séparation de la fusée et l'ouverture du parachute.

La carte PCB a été réalisée par un professionnel et les composants ont été soudé par les membres du projet.

Alimentation électrique de la fusée



L'ensemble des cartes électronique, des cartes arduinos sont alimentées par des lipo.

Expérience

Objectifs et enjeux de l'expérience

L'objectif du projet Raccoon est de faire une étude de vibration.

Pour mettre en évidence ces vibrations, nous avons comme objectif principal d'essayer d'éliminer les vibrations sur les composants.

Pour ce faire, nous allons comparer différents types d'amortisseurs entre eux. Ceux-ci amortissent une éprouvette qui symbolise un composant de la fusée. Chacun a un capteur de vibration. Il y a également une éprouvette témoin qui ne sera pas amortit. Nous voulons également coller deux capteurs directement sur la peau de la fusée.

Cette expérience nécessite une fusée car il est nécessaire d'avoir un minimum de place, un temps de vol et une vitesse relativement importante pour effectuer cette expérience.

Nous voulons récupérer nos données par une carte Arduino qui stockera les données sur une carte SD.

Nos deux enjeux principaux pendant l'année pour réussir notre expérience sont :

- Avoir une idée approximative des vibrations que peuvent subir une fusée pour calibrer correctement nos capteurs: fréquences et amplitudes
- Analyser le capteur choisi et faire un circuit électronique nécessaire pour avoir des résultats exploitables.

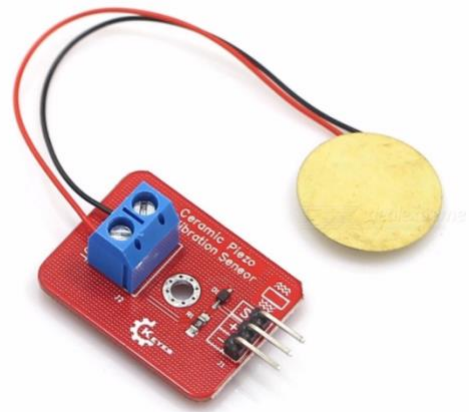
Paramètres mesurés

Nous souhaitons mesurer des vibrations à l'aide d'un capteur piézoélectrique.



La piézoélectricité est une propriété de certains matériaux qui consiste à se polariser sous l'effet d'une contrainte mécanique. La constante piézoélectrique change avec le matériau utilisé.

Ainsi, ce capteur lorsqu'il subit une vibration, voit sa tension variée. Relié à l'arduino sur une entrée analogique, l'arduino convertit ces données en valeurs numériques entre 0 et 1023. Cette variation de tension doit être au maximum de 5 volts car c'est le voltage maximum que l'arduino peut lire.



Plage de valeurs estimées

■ *Pour les fréquences*

En réalité, nous ne pouvons pas savoir exactement quelles vibrations une fusée subit au cours de son vol car cela dépend de nombreux paramètres comme sa structure ou les conditions de vols.

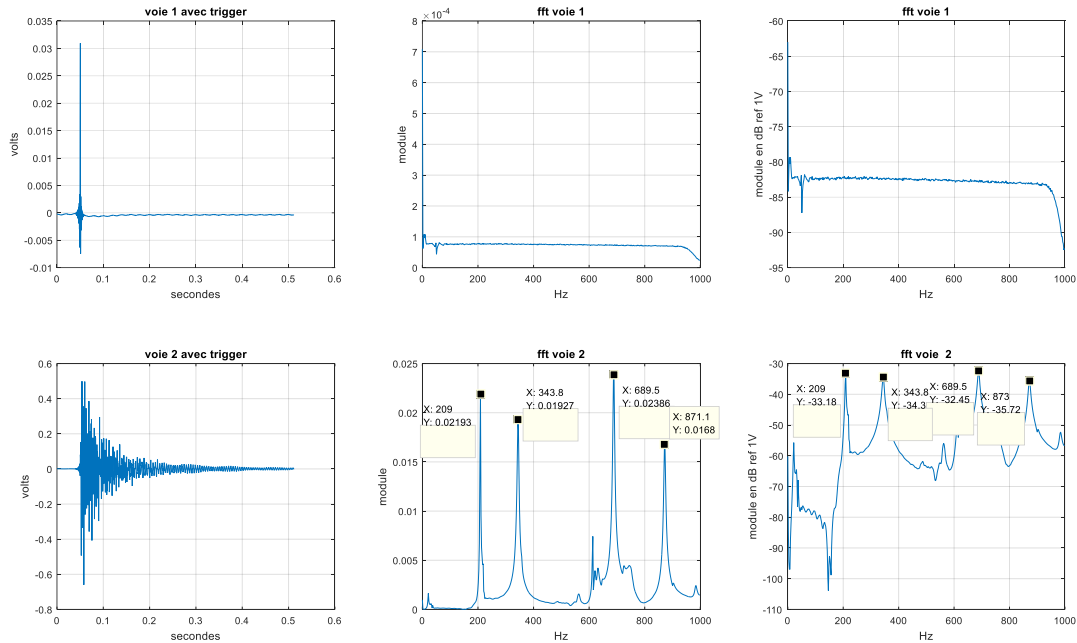
Il nous a été conseillé par Planète Science de déterminer les fréquences de résonance de la peau de notre fusée en « tapant dessus ».

Nous avons alors déterminé les fréquences modales d'une peau de carbone, sur laquelle nous avons « tapé dessus » à l'aide de marteaux et mis un accéléromètre pour analyser les résultats.

Ci-dessous, les résultats obtenus après différentes séries de mesures.

La voie 1 correspond à la voie du marteau.

La voie 2 correspond à la voie de l'accéléromètre placé sur la peau de notre fusée.



Nous nous sommes centrés sur des valeurs allant jusqu'à 1000 Hz car cela est notre fréquence d'échantillonnage.

Ici, nous avons pris $F_e=2000$ Hz et Nombre de points = 1024.

Nous observons 4 fréquences modales importantes en dessous de 1000 Hz :

- 209 Hz
- 343,8 Hz
- 689,5 Hz
- 871,1 Hz

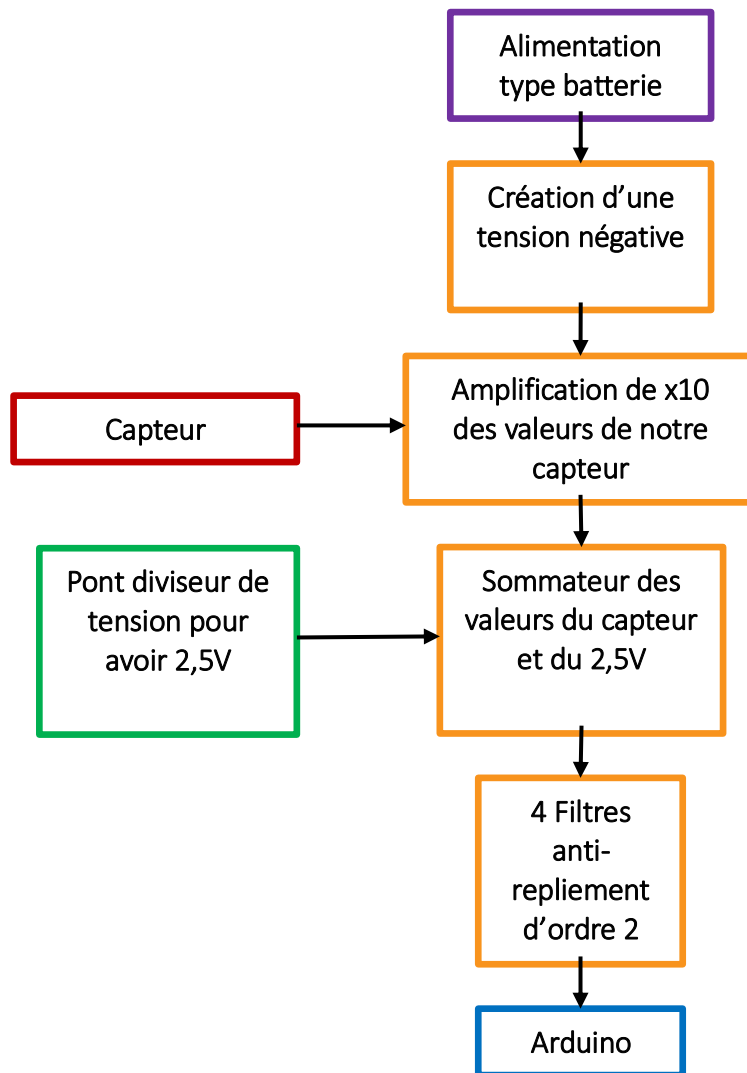
Lors de notre expérience, nous pourrions espérer de pouvoir retrouver les valeurs trouvées ci-dessus.

Cependant, les fréquences modales ne dépendent pas uniquement du matériau mais également de sa taille, des contraintes aux extrémités . Ainsi, il se pourrait que ces valeurs changent.

■ Pour les amplitudes

Il est difficile de déterminer les amplitudes de vibrations d'une fusée. Nous avons élaboré un circuit électronique dont le schéma explicatif est ci-dessous pour récupérer des données exploitables sur l'arduino. En effet, on espère récupérer des amplitudes entre 0 et 5 volts et ayant une moyenne de 2,5V.

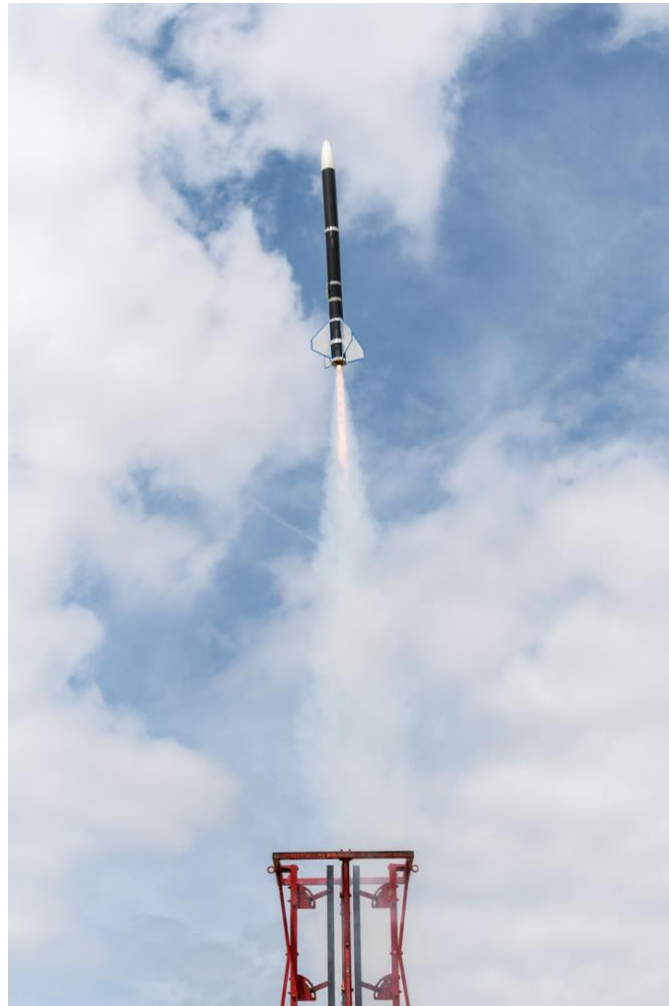
Nous espérons observer une atténuation des amplitudes à cause des amortisseurs. Nous pourrions ainsi voir quel est le meilleur amortisseur.



Déroulement du vol

Raccoon a été qualifiée mercredi soir. Son lancement était prévu pour le jeudi après-midi. Le temps était ensoleillé. Raccoon fut la deuxième fusée expérimentale lancée l'après-midi.

Raccoon a réalisé un beau vol nominal. L'ensemble de l'équipe a pu la récupérer en très bon état en fin de soirée dans un champ de maïs.



Résultats

■ Récupération des données

Les données des capteurs de vibration sont récupérées par deux cartes SD.

Il y a six cartes pour nos six capteurs et deux arduinos qui récupèrent l'ensemble des données. Une arduino récupère les données des capteurs collés aux masses amorties par les amortisseurs. La deuxième arduino récupère les données par les deux capteurs collés à la peau et par le capteur collé à la masse témoin.

Sur les cartes SD se trouvent un fichier texte récupérant des données avec une fréquence d'échantillonnage d'environ 1000 Hz avec le temps en milliseconde et les valeurs récupérés par trois capteurs.

■ Problèmes survenus lors de la récupération de données :

- Les données récupérées par la carte SD des capteurs reliés aux amortisseurs ont été effacées. Nous n'avons pas pu les récupérer.
- Sur le fichier contenant les données des capteurs collés à la peau, il y a une coupure entre les premières secondes et environ 42 minutes, moment qui correspond à peu près au décollage de la fusée à décollée. Nous ne savons pas exactement à quel moment du vol, les données correspondent.
- Nous avons seulement 156 secondes de données. Cela correspond à un peu plus de 2 minutes et le vol a duré un peu plus de trois minutes.

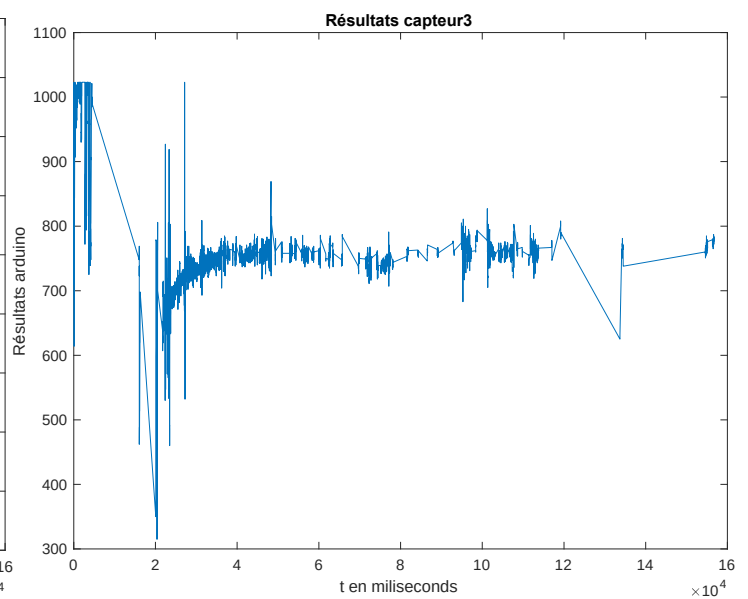
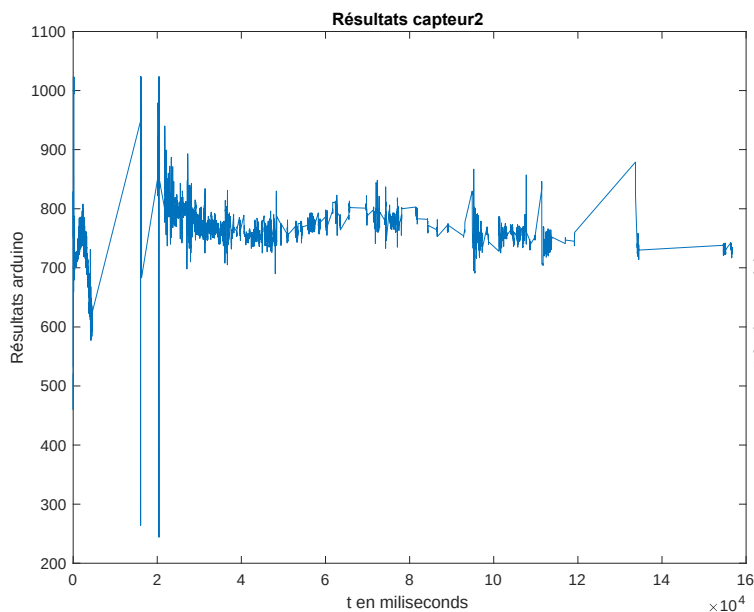
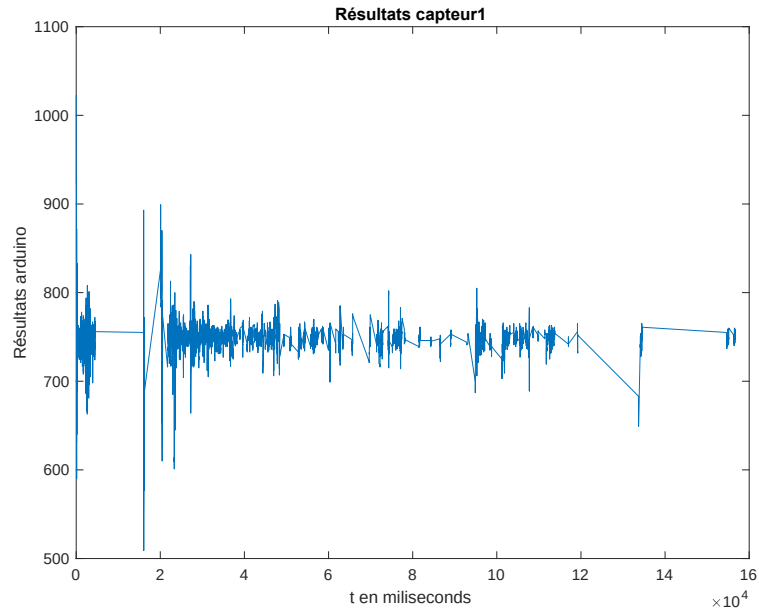
■ Exploitation des résultats

Les résultats ont été analysés via le logiciel Matlab. Une fonction informatique a été écrite et permet de :

- Récupérer les données de la carte SD qui sont sur un fichier Excel.
- Tracer les courbes des trois capteurs : Résultats de l'arduino en fonction du temps en milliseconde. Le temps débute à partir du début du vol.
- Réaliser les Transformées de Fourier des trois capteurs .

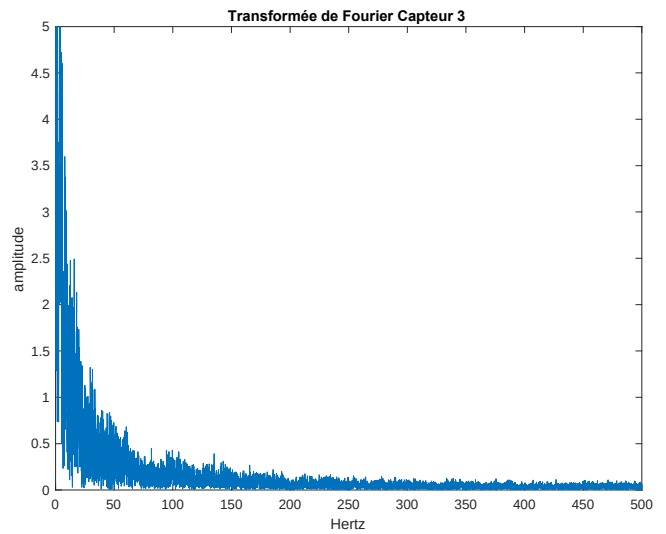
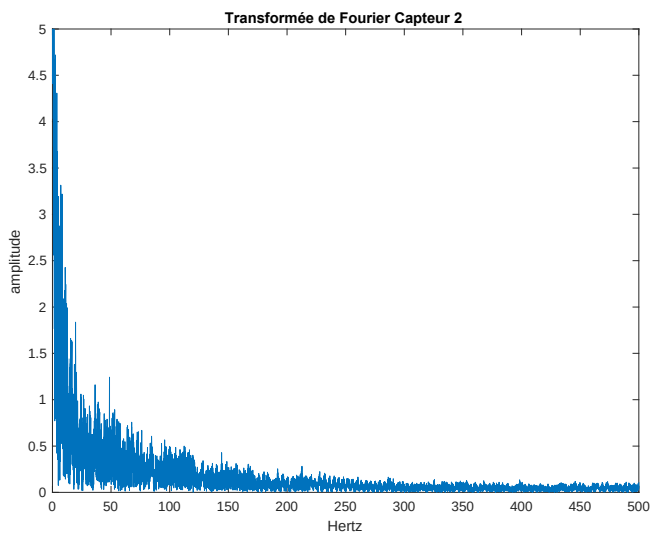
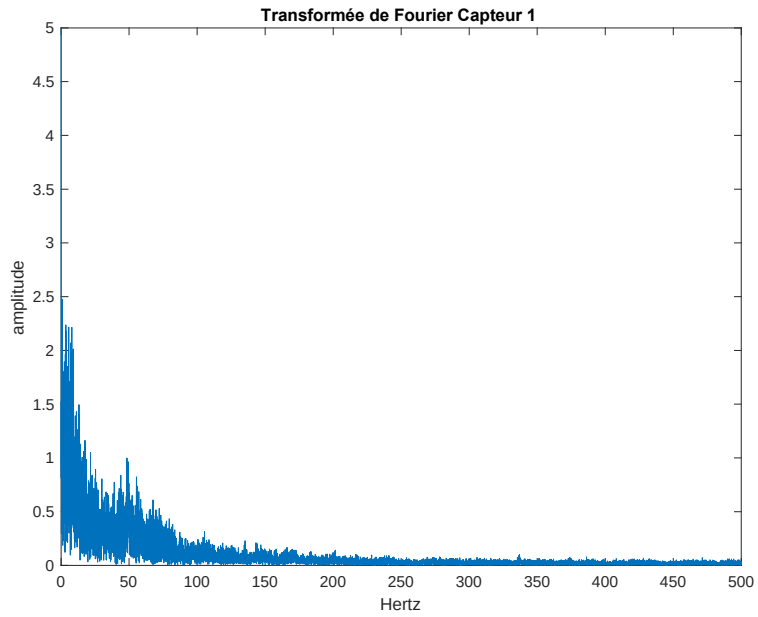
Le capteur 1 était relié à la masse témoin. Les capteurs 2 et 3 étaient collés à la peau.

■ Courbes de vibrations



Nous remarquons que l'aspect des courbes est semblable. Nous n'avons pas l'intégralité du vol. Les fortes variations d'amplitudes au début correspondent à la phase propulsive.

- Transformée de Fourier.



D'après ces Transformées de Fourier, nous pouvons constater qu'il y a beaucoup plus de basses fréquences.

Conclusion

Raccoon est une fusée expérimentale qui a été réalisée au cours de l'année scolaire 2018-2019 par le club ESO.

Cette fusée de près de 2 mètres a deux expériences principales. La première est une étude de vibration. La deuxième est un système de récupération innovant. Celui-ci consiste à éjecter le parachute par une séparation transversale à l'aide d'un fil cassant.

9 membres du projet ont pu participer au C'Space 2019. Raccoon a été qualifiée le mercredi soir et a réalisé un beau vol nominal le jeudi après-midi.

L'objectif premier de l'étude de vibration était de comparer différents amortisseurs. Malheureusement, nous n'avons pas pu récupérer les données des capteurs qui étaient reliées aux masses amorties. Cependant, nous avons pu analyser les vibrations d'une peau de la fusée. Nous pouvons conclure qu'une fusée expérimentale est soumise à des vibrations de basses fréquences.

Pour les années à venir, il faudrait encore approfondir le système de séparation transversale. En effet, même si le système a très bien fonctionné, il est encore difficile à mettre en œuvre. De plus, les capteurs de vibrations choisis n'étaient pas de très bonnes qualités. Il aurait fallu un capteur de vibration plus précis.

Ce projet a permis tout d'abord de former des nouveaux membres. La plupart d'entre eux étaient nouveaux dans l'association.

De plus, ce type de projet permet d'appliquer les cours appris en école et d'améliorer nos compétences techniques. En effet, l'expérience nécessitait d'avoir des connaissances à la fois en traitement du signal et en électronique qui sont deux matières enseignées à l'école.

Enfin, construire une fusée expérimentale permet de travailler sur un sujet qui nous passionne et c'est cette passion pour le spatial qui nous a motivé toute l'année pour accomplir ce projet.





Document de fin de projet

