

Rapport de fin de projet

Equipe EIGSPACE

Projet XSI-2



31/08/2023

Table des matières

1. Introduction	2
1.1. Présentation du club	2
1.2. Objectifs	2
1.3. Organisation du projet	2
2. Description mécanique	3
2.1. Présentation générale	3
2.2. StabTraj	4
2.3. Système de récupération	5
2.4. Supports mécanique des circuits électroniques	5
2.5. Autres systèmes mécaniques	6
3. Description électronique et informatique	8
3.1. Présentation générale	8
3.2. Minuterie	8
3.3. Alimentation électrique	9
4. Expérience	10
4.1. But et paramètres mesurés	10
4.2. Principe de l'expérience	10
4.3. Etalonnage des capteurs	10
5. Déroulement du vol	11
6. Résultats	14
6.1. Analyse des résultats	14
6.2. Critique des résultats	15
7. Conclusion	16

1. Introduction

1.1. Présentation du club

L'ESEP, (Eigsi Student Engineering Project), est l'association technique de notre école, l'EIGSI La Rochelle. Cette association regroupe plusieurs clubs qui ont leur propre domaine d'étude, et leurs propres projets, en robotique, karting, mécanique, aéronautique et spatial.

Poussés par une attirance commune pour le monde du spatial, Corentin JULIE et Alexandre BANTON, ont créé en 2020, un nouveau club au sein de l'ESEP, ayant pour objectif de participer au concours C'Space. Son nom est EIGSPACE. Pour cette deuxième année de participation au concours C'Space, nous avons préparé le lancement d'une mini-fusée.

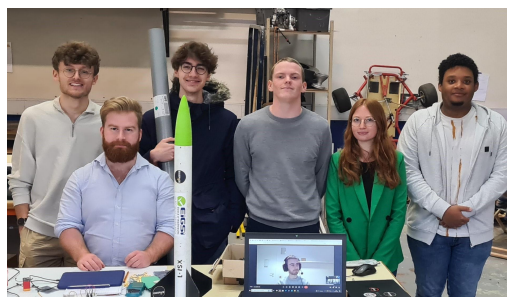
1.2. Objectifs

La responsable d'EIGSPACE et la cheffe de projet pour la minif est Margot MER, 4ème année à l'EIGSI, et membre du club depuis 2021. Nous avons choisi de nommer notre nouveau projet de fusée, XSI-2, en référence phonétique à la fusée "EIGSIenne" numéro 2. L'expérience acquise avec notre précédente fusée XSI-1 nous a été primordiale pour le développement de cette nouvelle fusée et cela nous a motivé à atteindre un vol nominal comme nous l'avons fait l'année passée. Comme XSI-1 ne comportait pas d'expérience, notre objectif pour XSI-2 était d'intégrer une expérience tout en gardant les éléments fondamentaux de notre ancienne fusée. Pour ce nouveau projet, l'équipe EIGSPACE est composée de 7 étudiants dont plus de la moitié a déjà travaillé sur la fusée XSI-1.

1.3. Organisation du projet

L'équipe était divisée en différents pôles:

- Margot MER et Alexandre BANTON pour la gestion de projet
- Sylvain AUGUSTE-CHARLERY pour la communication et le parachute
- Thomas ESPINOSA et Arnaud TRINIDAD pour la conception mécanique
- Yann CHEVIN pour l'électronique
- Nathan MESTAG pour la programmation

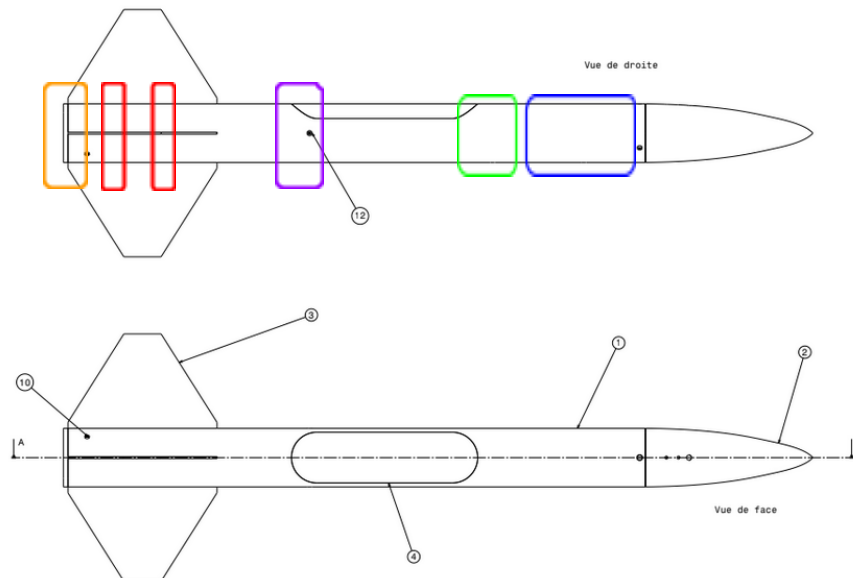


Photographie de l'équipe

2. Description mécanique

2.1. Présentation générale

La fusée est une fusée de mono diamètre 80 mm et de longueur 1 m. Le corps de XSI-2 était un tube en PVC, sa coiffe était en impression 3D et elle comportait 4 ailerons en aluminium de forme trapèze.



Vue de droite et de face de XSI-2

Légende :

Éléments externes

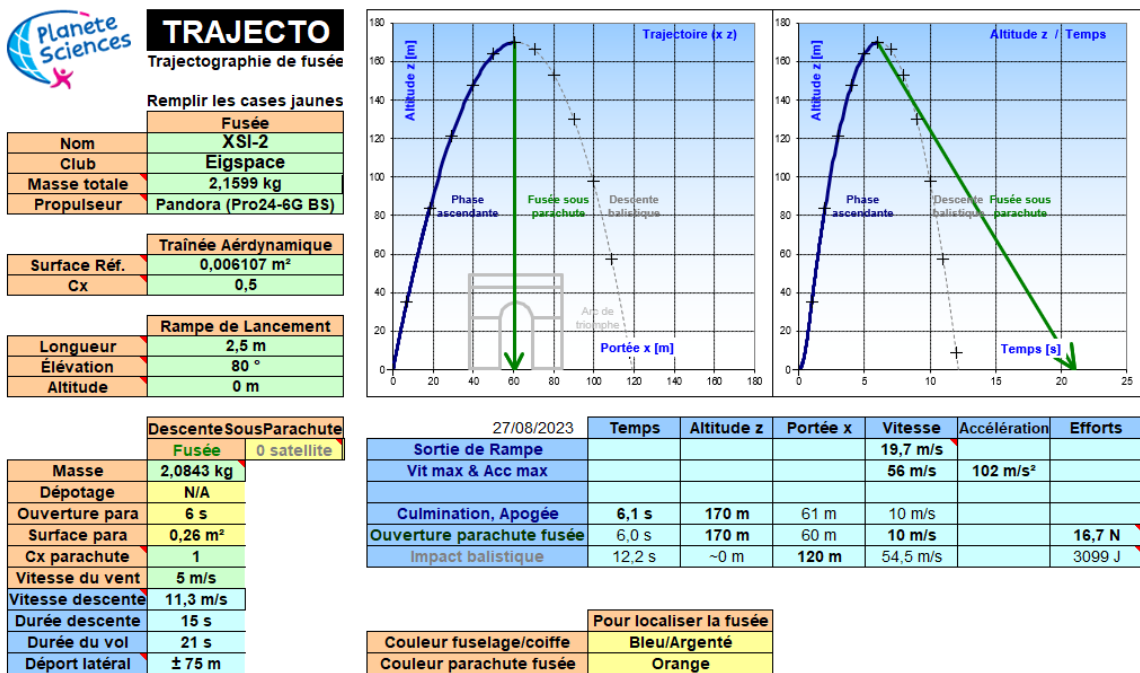
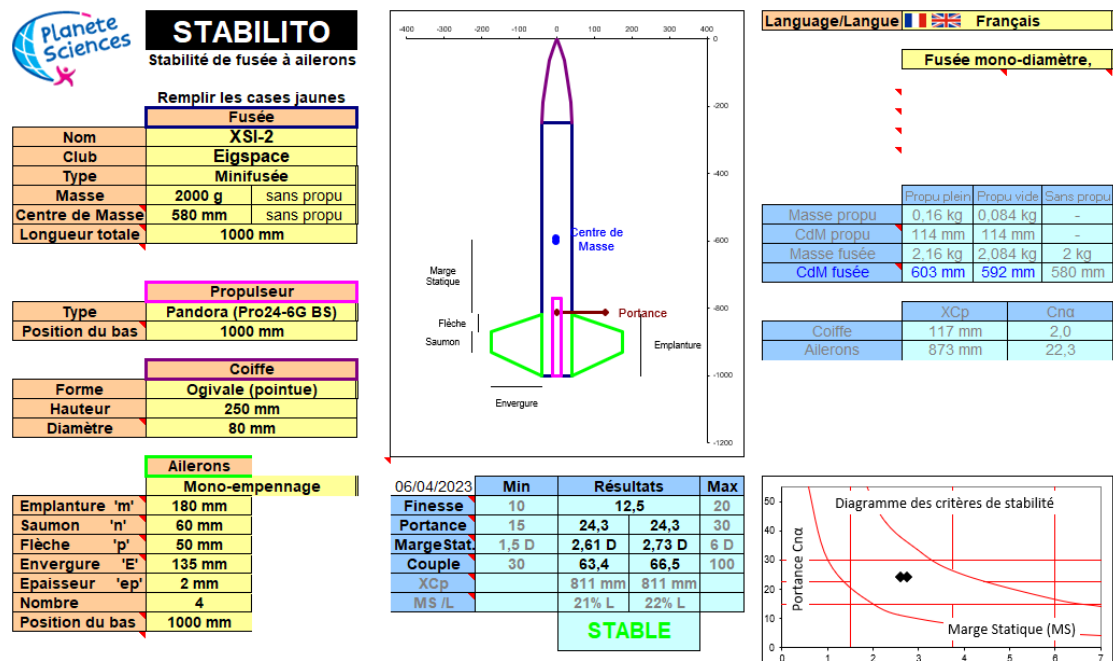
- 1 : corps de la fusée
- 2 : coiffe
- 3 : ailerons
- 4 : porte

Éléments internes

- SAP : Segment d'Arrêt Propulseur
- Disques
- Bouton
- MBS : Module Batteries-Solénoïde
- MIPEX : Module d'Intégration Porte-EXpérience

2.2. StabTraj

Lorsque nous avons rempli le StabTraj l'inconnu principal était la masse de notre fusée. Nous avons donc réalisé 3 scénarios différents avec 3 masses différentes. Finalement en avril, nous avons choisi notre dernier scénario avec une masse de 2 kg, il s'est avéré proche de la masse finale de notre fusée qui était de 1,9 kg.

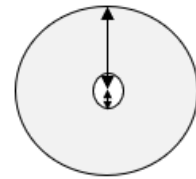


StabTraj

2.3. Système de récupération

Nous sommes partis sur un parachute de forme ronde avec les dimensions données par le StabTraj.

Rayon extérieur
299 mm
Rayon intérieur
29 mm
Surface para
0,28 m ²



Notre parachute a été fabriqué à partir d'une toile en polyester orange. Nous avons également découpé une cheminée au centre de la toile pour améliorer la stabilité.

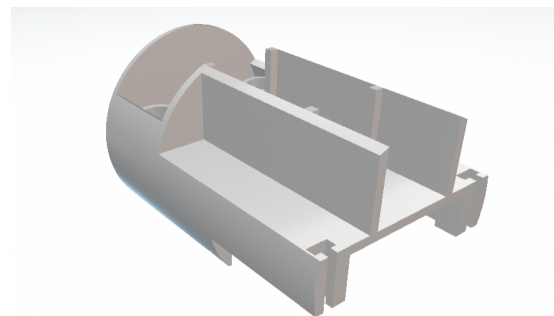
8 suspentes étaient attachées à la toile au travers d'œillets. Pour éviter que les suspentes s'emmêlent nous avons ajouté un séparateur de suspentes. Enfin les suspentes étaient reliées à la corde grâce à une émerillon.

Photographie du parachute

2.4. Supports mécanique des circuits électroniques

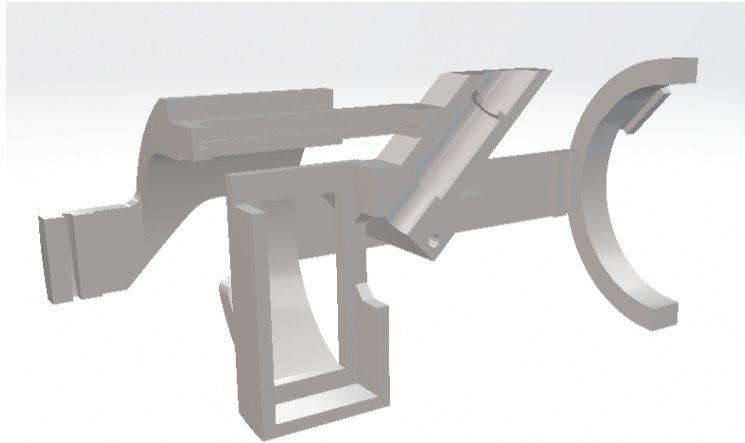
L'avant de la fusée est consacré au circuit électronique. Pour que ce dernier soit monté dans la fusée et reste en place lors du vol, les composants sont fixés sur deux pièces imprimées en 3D, le MBS et le MIPEX. Ces deux ensembles sont ensuite assemblés entre eux et glissés dans le corps de la fusée.

Le MBS accueille donc le solénoïde permettant l'ouverture de la porte du parachute, ainsi que les batteries qui alimentent le circuit d'ouverture de la porte. Il délimite aussi le haut du compartiment dédié au parachute. Le MBS comporte aussi un point de fixation par vis pour le bloquer en translation dans le tube.



CAO du MBS

Le MIPEX est une structure en deux parties qui permet de monter les deux PCB du circuit électronique, la pile alimentant le circuit de l'expérience, la prise jack, et une petite carte comportant les divers boutons permettant la préparation de la fusée.

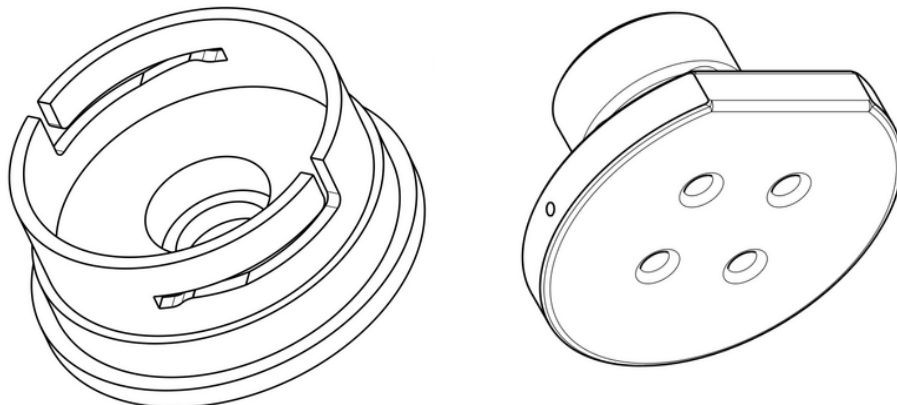


CAO moitié du MIPEX

2.5. Autres systèmes mécaniques

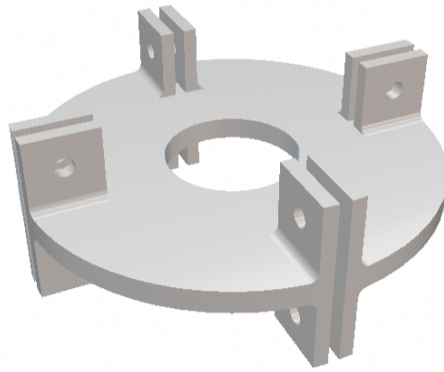
Le SAP permet de rapidement mettre le propulseur par le bas de la fusée en effectuant une rotation. La pièce Bouton sert à la fois d'arrêt en translation pour le propulseur et d'accroche pour la corde du parachute. Ces deux pièces ont été fabriquées en frittage

laser.



Vues isométriques du SAP et de la pièce Bouton

Pour maintenir les ailerons, nous avons choisi d'utiliser deux disques internes à la fusée dans lesquels sont insérés les ailerons. Des trous ont été prévus pour visser chaque aileron.



CAO du disque

3. Description électronique et informatique

3.1. Présentation générale

Le but de ce circuit est de déclencher l'ouverture de la porte de notre fusée. Pour cela, la tige d'un solénoïde passe au travers de la serrure de la porte et 6.2 secondes après le décollage la tige doit se rétracter grâce à une impulsion électrique. La porte et le parachute (accrochés à la porte) seront alors expulsés de la fusée.

Le premier PCB servait au circuit d'ouverture de la porte et le deuxième PCB servait pour l'expérience.



Photographie de l'électronique embarqué

Les deux circuits sont indépendants, aussi bien en alimentation qu'en contrôle. Le premier PCB (circuit d'ouverture), se compose principalement d'un branchement pour pile, d'un microcontrôleur (arduino Nano), d'un ensemble de LED et bouton servant au contrôle de la minuterie et des phases de lancement, d'un transistor alimentant le solénoïde et du solénoïde lui-même. Pour le second PCB (le circuit expérience), il se compose d'un branchement pour pile, d'un microcontrôleur (arduino Nano), d'un altimètre et d'un accéléromètre 3 axes.

3.2. Minuterie

Entre la conception de la minifusée et sa qualification le jour du C'Space, 2 versions de la minuterie ont vu le jour. La première, présentée ci-dessous, correspond au fonctionnement nominal. La seconde, expliquée plus loin, a été mise en place à la suite de nombreux problèmes de nature électronique, qui nous ont forcé à modifier cette minuterie.

Le circuit de commande abrite la carte Arduino Nano contrôlant l'ouverture du transistor. De plus, on trouve dans le circuit de commande un interrupteur, deux boutons-poussoirs, une LED et une prise jack. Pour mettre en tension le circuit, il suffit d'appuyer sur l'interrupteur. Puis en appuyant sur le deuxième bouton-poussoir, la LED va se mettre à clignoter (le premier bouton-poussoir est utilisé lors de l'installation de la porte de la fusée). Cela signifie que la fusée est armée et qu'elle peut décoller. Lors du décollage, le câble jack va se débrancher et le compte à rebours de 6.2 secondes débutera. Au bout de ces 6.2 secondes, le solénoïde va se rétracter.

Comme expliqué plus haut, des problèmes électroniques (dû notamment à la brasure) nous ont obligés à modifier cette séquence pour la faire passer à la qualification. Cette séquence est la suivante :

- JACK branché à la minif
- Mise sous tension
- Vérification du clignotement lent de la LED
- Lancement de la minif
- Lors du lancement, débranchement du JACK et la LED clignote plus rapidement
- Au bout de 6,2 seconde, le solénoïde se rétracte et le parachute s'ouvre

Les modifications effectuées sont la suppression d'un des boutons poussoir de la séquence et le clignotement long qui est actif dès la mise sous tension de la fusée.

3.3. Alimentation électrique

2 alimentations distinctes ont été mises en place pour alimenter à la fois le circuit "porte" et le circuit "expérience". La première alimentation consiste en 3 piles 9V répartis ainsi : 1 pile pour l'alimentation du solénoïde et 2 piles pour l'alimentation de l'arduino Nano. La seconde alimentation consiste en 1 pile alimentant l'arduino Nano (l'arduino alimentant le reste du hardware).

4. Expérience

4.1. But et paramètres mesurés

Le but principal de l'expérience était de mesurer l'altitude maximale de la fusée XSI-2. Pour ce faire nous avons utilisé un altimètre et, comme il nous restait encore de la place, nous avons décidé d'y ajouter un accéléromètre pour mesurer l'accélération. Les capteurs sont de la marque "Adafruit", connue pour se combiner parfaitement avec des cartes arduino, les mêmes cartes que nous avons utilisées.

Avant le lancement, nous avions une idée de la plage de valeurs possible grâce à l'Excel fourni par Planète Sciences. La valeur maximale était attendue à un peu plus de 170 m.

4.2. Principe de l'expérience

L'expérience consistait à prendre des mesures d'altitude et d'accélération toutes les X millisecondes et de les stocker dans l'EEPROM de la carte Arduino (un espace de stockage directement accessible en écriture et en lecture). Ensuite il fallait les lire et puis les copier dans une table Excel, les analyser, faire des graphiques et puis observer notre altitude maximale.

4.3. Etalonnage des capteurs

L'étalonnage des capteurs se faisait directement via des commandes de la librairie Arduino associée aux capteurs. Le "0" de l'altitude se faisait en captant d'abord la pression de l'endroit du test et en initialisant une altitude nulle pour cette même pression. La pression était donc captée en permanence (le capteur d'altitude pouvait également capter la pression) et l'altitude en était déduite directement.

5. Déroulement du vol

L'avant vol a suivi la chronologie prévue :

Quand ?	Où ?	Qui ?	Quoi ?
T - 60 min	Aire de lancement	Equipe EIGSPACE	Arrivée sur l'aire de lancement
T - 55 min	Tente Club	Equipe EIGSPACE	Arrivée dans la tente d'attente
T - 45 min	Tente Club	Margot	Pliage du parachute et mise en place dans la fusée
			Maintenir appuyé le bouton poussoir n°2
			Mise sous tension du circuit électronique via l'interrupteur gauche (uniquement celui lié à la porte)
			Vérification de l'allumage de la led de mise sous tension du circuit
			Au moment du retrait du solénoïde, placement de la porte dans son logement
			Éteindre le circuit via l'interrupteur
			Vérification de l'extinction de la led
T - 20 min	Zone Rampe	Equipe EIGSPACE, Accompagnateurs, lanceur	Rejoindre la rampe de lancement

Quand ?	Où ?	Qui ?	Quoi ?
T - 60 min	Aire de lancement	Equipe EIGSPACE	Arrivée sur l'aire de lancement
T - 15 min	Zone Rampe	Equipe EIGSPACE, Accompagnateurs, lanceur	Placer la fusée sur la rampe de lancement
		Margot	Brancher le jack à la fusée
			Amarrer le jack à la rampe
			Mise sous tension des deux circuits électronique via les

T - 15 min	Zone Rampe	Margot	deux interrupteurs
			Vérification de l'allumage de la led et de son clignotement
T - 10 min	Zone Rampe	Lanceur	Eriger la rampe à 80 °
T - 10 min	Tente Club	Equipe EIGSPACE, Accompagnateurs	Rejoindre la tente d'attente
T - 5 min	Pupitre	Equipe EIGSPACE	Rejoindre le pupitre de lancement
	Zone Rampe	Lanceur	Aller chercher le propulseur en zone de stockage. Mettre en place le propulseur. Mettre en place l'inflamateur.

T - 2 min	Pupitre	Lanceur	Rejoindre le pupitre
		Equipe EIGSPACE, Accompagnateurs	Ecouter les consignes de sécurité
T - 10s		Lanceur	Décompte final
T		Margot MER	Appuyer sur le bouton de mise à feu
T + 0s			Début des prises de mesures de l'altitude et de l'accélération par les capteurs dans le "circuit expérience"
T + 6.2s			Rétractation de la tige du solénoïde
			Ouverture de la porte
T + Xs			Déploiement du parachute
T + Xs			Atterrissage de la fusée sous parachute

Le vol s'est déroulé le mercredi 19 juillet à 12h34. Le ciel était voilé et il n'y avait pas ou peu de vent. La trajectoire de la fusée était conforme à celle attendue avec une belle parabole.

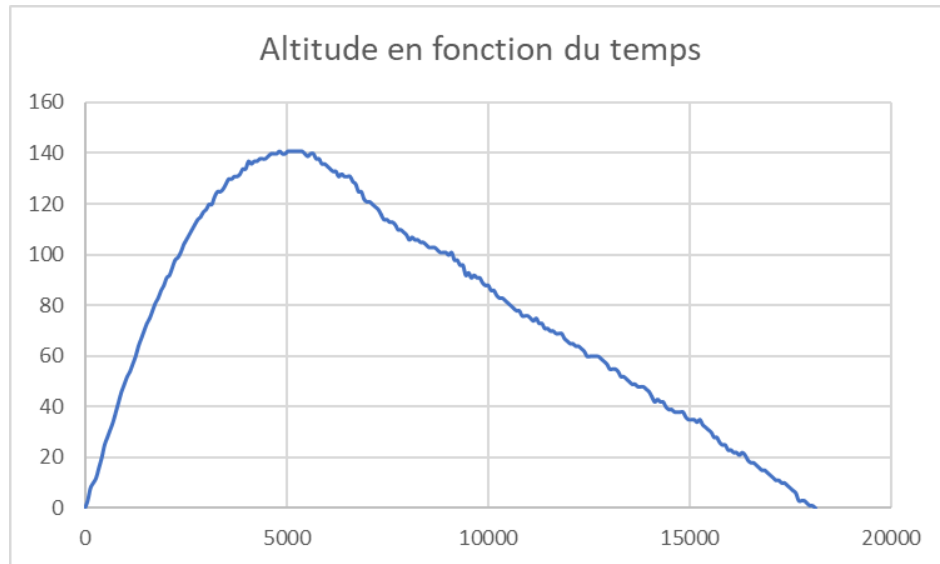
Le déploiement du parachute s'est fait un peu tardivement (sans doute en raison de sa grande taille par rapport à l'espace dans la fusée). Une fois le vol effectué et nominal, nous sommes allés chercher XSI-2. Trois parties de la fusée ont été endommagées lors de l'atterrissage, les disques maintenant les ailerons, la coiffe qui s'est scindée en deux et le SAP qui a perdu un léger bout.



Photographie de XSI-2 après le vol

6. Résultats

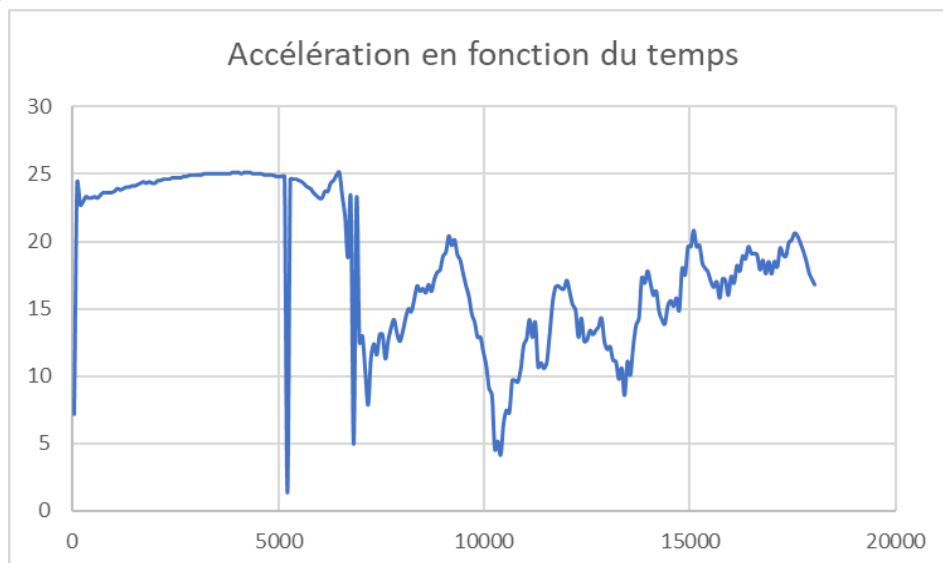
6.1. Analyse des résultats



Courbe obtenue des résultats lus de l'EEPROM de l'Arduino directement

Abscisse : temps en ms / Ordonnée : Altitude en m

La courbe qui ressort de la prise de mesure de l'altitude est cohérente. On observe une altitude maximale de 141 m et la descente sous parachute (temps plus long entre l'apogée et le sol, car freiner par le parachute, que entre le sol et l'apogée lors de l'ascension). L'apogée se situe aux alentours de 5 secondes de vol qui a lui duré environ 18 secondes.



Abscisse : temps en ms / Ordonnée : Accélération en m/s²

La courbe obtenue pour l'accélération est, elle, moins évidente à décrypter. On remarque cependant nettement l'allumage du moteur au départ et ensuite une progression douce de l'accélération jusqu'au pic brusque à presque zéro qui, couplé à la courbe d'altitude, correspond à l'apogée donc un peu après la coupure du moteur ce qui paraît logique. En revanche, ce qui se passe après est une sorte de chaos où on pourrait croire que le capteur à relever de fausses mesures.

Bien que cette hypothèse subsiste, nous pourrions avoir une explication :

Le capteur prenait l'accélération selon un axe "z" (celui dirigé vers le haut de la fusée) et donc une fois l'apogée atteinte, la fusée à commencer à tourner et se mettre plus à plat lorsque le parachute est sorti, donc les axes "x" et "y" de l'accéléromètre ont pris cette accélération alors que l'axe "z" lui, ne faisait plus face à la bonne direction. On observe donc tous ces mouvements erratiques qu'à pu avoir la fusée dans la descente.

6.2. Critique des résultats

L'expérience était une première et est déjà considérée par l'équipe comme une réussite, la question scientifique posée de relever l'altitude maximale a bien eu sa réponse. Cependant, il demeure des imprécisions qu'elles soient liées à la marge d'erreur des capteurs ou encore à l'impossibilité de vérifier nos hypothèses sur la mesure d'accélération.

7. Conclusion

Cette année s'achève sur une note positive pour le club EIGSPACE. L'équipe est très fière d'avoir conçu cette fusée et qu'elle ait pu faire un vol nominal au C'SPACE 2023. Les résultats de l'expérience nous ont permis de déterminer l'altitude maximale de notre fusée et nous espérons pouvoir nous consacrer davantage sur l'expérience pour les prochains projets de fusée.

Nous avons de nombreux axes d'améliorations pour les prochaines années notamment en termes d'organisation pour le concours mais également sur le circuit électronique et certaines pièces mécaniques.

Merci à tous les bénévoles et les autres participants du concours, ce fut une expérience intense, à l'année prochaine !



Photographie de la cheffe de projet avec la fusée XSI-2