

Dossier de définition

Centre Spatial Toulouse Matabiau

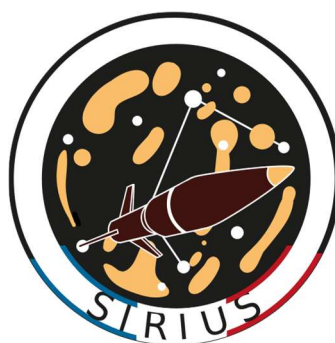


Table des matières

Introduction	3
1. Généralités.....	3
1.1 Présentation du club	3
1.3 Objectifs de l'expérience scientifique	3
2. Structure mécanique	6
2.1 Généralités	6
3. Systèmes électroniques embarqués.....	8
3.1 Séquenceur principal et système de récupération	8
3.2 Expérience	11
4. Résultats du précédent vol	11
Vol du C'Space 2025	13
5.Conclusion	13

Introduction

L'objectif de ce document vise à **présenter le projet de fusée expérimentale SIRIUS** portée par le Centre Spatial Toulouse Matabiau. Le document regroupe les **informations essentielles à la compréhension de l'expérience** que l'équipe souhaite réaliser en vol mais également, la **justification du vecteur choisi** et plus particulièrement l'utilisation du propulseur PRO75-3G.

1. Généralités

1.1 Présentation du club

Le Centre Spatial Toulouse Matabiau est un regroupement de bénévoles et de passionnés dont le but est de **participer aux campagnes de lancement organisées par Planète Sciences et le CNES**, que ce soit lors de la campagne **nationale du C'Space** ou lors des **campagnes régionales** se déroulant en région Occitanie.

1.3 Objectifs de l'expérience scientifique

Les **objectifs** de ce projet sont la réalisation d'une **expérience scientifique** avec SIRIUS comme vecteur et le **suivi temporel** des principales grandeurs associées au vol d'une fusée, telles que la température, la pression, la position, la vitesse et l'accélération de l'engin, cela grâce à un ensemble de capteurs.

Concernant notre expérience, nous allons utiliser les caractéristiques de vol des fusées. En effet, une fusée décrit une **trajectoire parabolique** qui se caractérise en différentes phases :

- Une **phase propulsée**, où le moteur fait **accélérer** la fusée en éjectant des gaz sous pression,
- Une **phase balistique**, où la fusée **conserve l'inertie** donnée par le moteur qui est désormais éteint,
- Une **apogée**, qui décrit l'**altitude maximum** atteinte par la fusée,
- Et enfin, une **phase de redescente**, qui peut être dans le meilleur des cas sous parachute et le cas échéant, balistique.

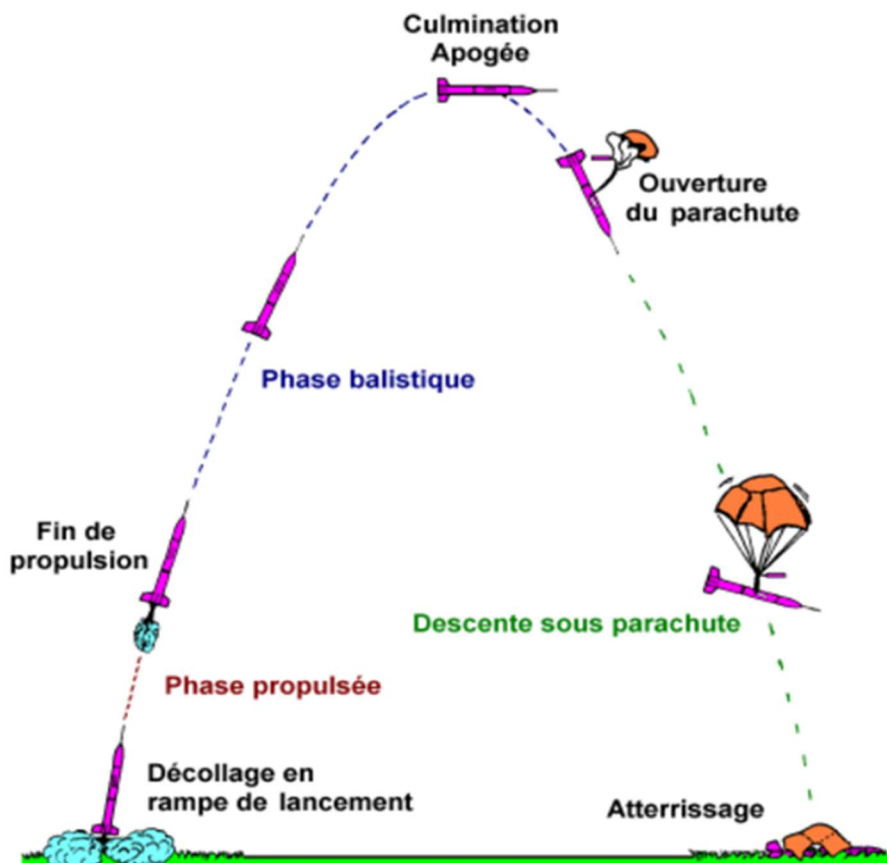


Figure 1 - Diagramme présentant les phases du vol de la fusée dans le document - Le Vol de la Fusée, Stabilité et Trajectographie v2.0 - Planète Sciences

La phase qui nous intéresse pour notre expérience est la **phase balistique**, qui se situe lors de **l'ascension de la fusée**, que nous pouvons comparer à la phase d'injection d'un avion 0g. La fusée est considérée dans ce cas en **chute libre** malgré le fait qu'elle monte encore dans le ciel pendant plusieurs secondes. Nous pouvons alors observer un état de **micropesanteur**, soit un bref état d'**impesanteur**, qui se caractérise par "l'état d'un système dans lequel **aucune accélération**, causée par la gravitation ou toute autre force, ne peut être mesurée par un observateur dans le système en question"¹. Pour quantifier cela, la fusée sera composée de **deux compartiments** pour l'expérience, tous deux **imprimés en 3D**.

Dispositif expérimental :

- Mise en place de 2x3 **tubes à essai** en plexiglass, de 10 mm de diamètre externe et de 8 mm de diamètre interne. Leur longueur sera d'environ 8 cm. Ils seront **encastrés dans le corps** du compartiment sur environ 5 mm en haut et en bas, afin d'être maintenus pendant le vol.

¹ Van Nostrand *Encyclopedia of Science* 10th edition. Wiley-Interscience. Article « *Weightlessness* »

- Dans chaque tube transparent sera disposée une **bille** de 5 à 6 mm, elle sera ainsi guidée sur **une seule composante** d'espace : la **verticale**.
- Les tubes seront ensuite remplis de **différents matériaux** de **viscosités différentes** : air, eau, huile, liquide vaisselle, miel et fluide non newtonien. Les deux **tubes d'eau** serviront **d'expériences témoins**.
- Piste privilégiée pour **augmenter la viscosité** si besoin : Eau + Alginate de sodium ($H_2O + C_6H_7NaO_6$)

Pour recueillir des **résultats** lors du vol, **deux caméras** seront placées dans chaque compartiment et suivront l'**évolution temporelle des billes** dans leur milieu. Par ailleurs, **deux LED** serviront à éclairer les cellules.

Ci-dessous, nous retrouvons le modèle 3D de l'expérience :



Figure 2 - Modèle 3D de l'expérience

De plus, nous voulons **démontrer** que les **briques logicielles développées** (Simulation, récupération, stockage, affichage des données de manière automatisée) **soient opérationnelles pour le vol**.

2. Structure mécanique

2.1 Généralités

La **structure** de la fusée est dite **treillis porteur** et a un diamètre allant de 120mm à 160mm. C'est-à-dire que c'est son treillis qui va permettre de fixer tous les éléments de la

fusée. Une peau viendra ensuite recouvrir les éléments et le treillis afin de protéger les éléments internes.



Figure 3 - Vue 3D de SIRIUS dans sa première version

La fusée est essentiellement composée **d'aluminium** et comporte également une peau en **PETG** sur sa partie supérieure.

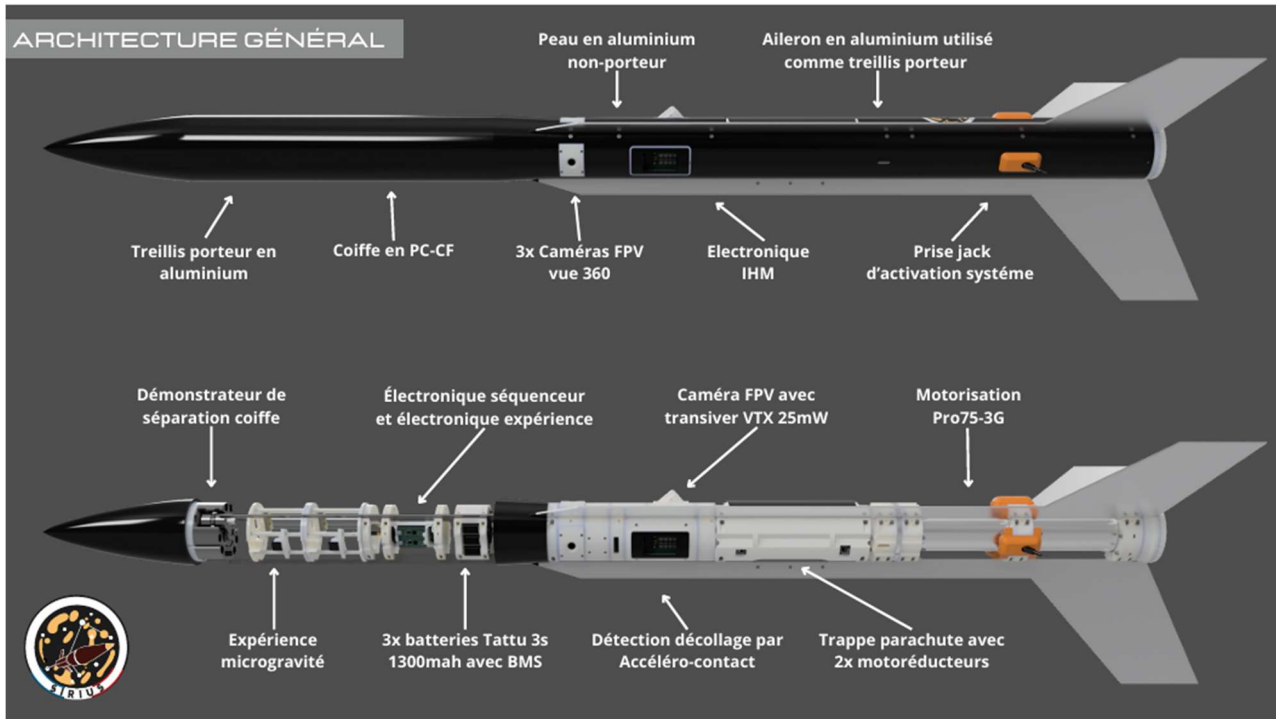


Figure 4 - Les différentes parties de la fusée

Deux caméras seront également présentes sur le **côté** de la fusée afin d'observer le vol. Celles-ci seront activées par le **séquenceur** et seront équipées d'un **IMU** permettant au sol de **supprimer les vibrations** enregistrées sur la vidéo.

3. Systèmes électroniques embarqués

3.1 Séquenceur principal et système de récupération



Figure 5 - OBC de SIRIUS

Le **séquenceur** et l'**électronique** sont des composants qui ont **déjà volés** à bord d'une fusée lors d'une **précédente campagne** du C'Space et lancée par Mines Space.

Le **système de récupération** imaginé pour SIRIUS se base sur deux **motoréducteurs** afin de déverrouiller la trappe. Les motoréducteurs ont une **tige qui va venir se prendre dans un accord à bride et plaquer la trappe** contre le corps de la **case parachute** en la verrouillant à la manière d'un servomoteur. Un jeu de **piston à ressort** vient se comprimer et permet d'expulser la trappe de **manière franche**.

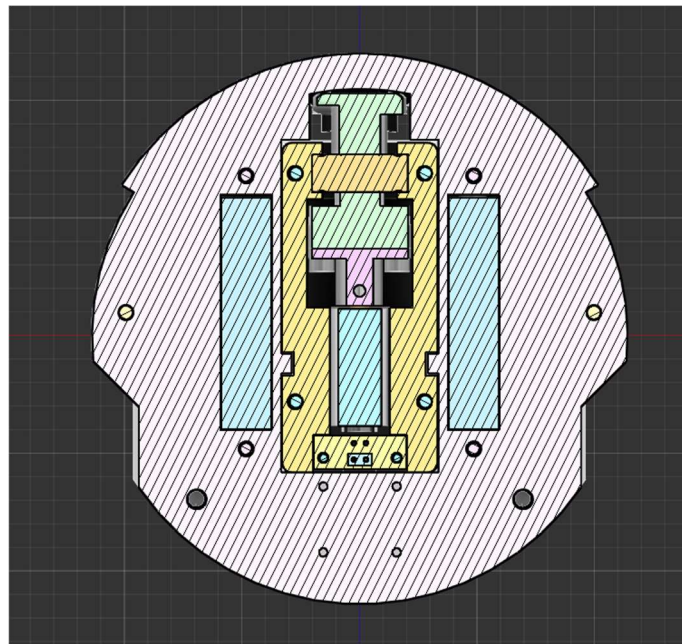


Figure 6 - Visualisation du système de récupération

Le **séquenceur** sera chargé de donner l'**instruction aux moteurs** au moment de faire **sortir le parachute** et de **déverrouiller la trappe**. Il est donc capable de détecter les étapes du vol tels que le **décollage** ou l'**apogée** grâce à un capteur **IMU** et un **baromètre**.

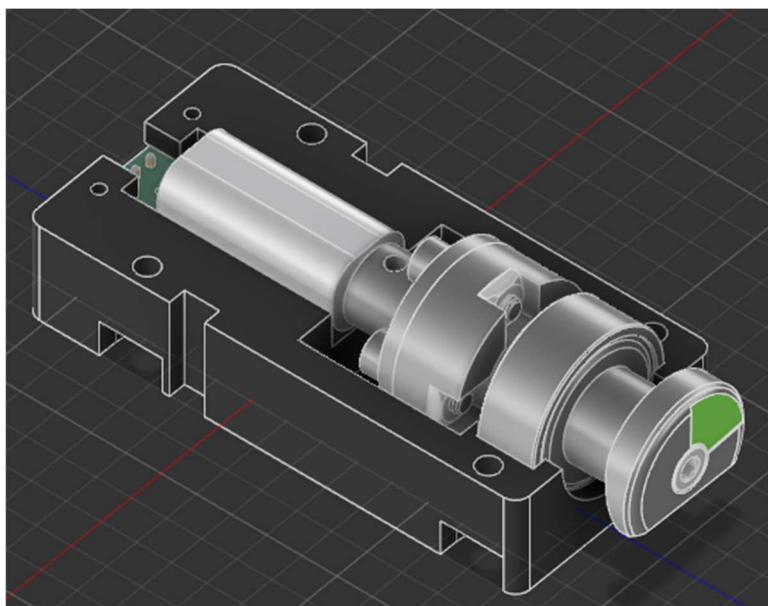


Figure 7 - Photo du système de récupération

Voici ci-dessous, en résumé, un schéma de l'électronique à bord de Sirius.

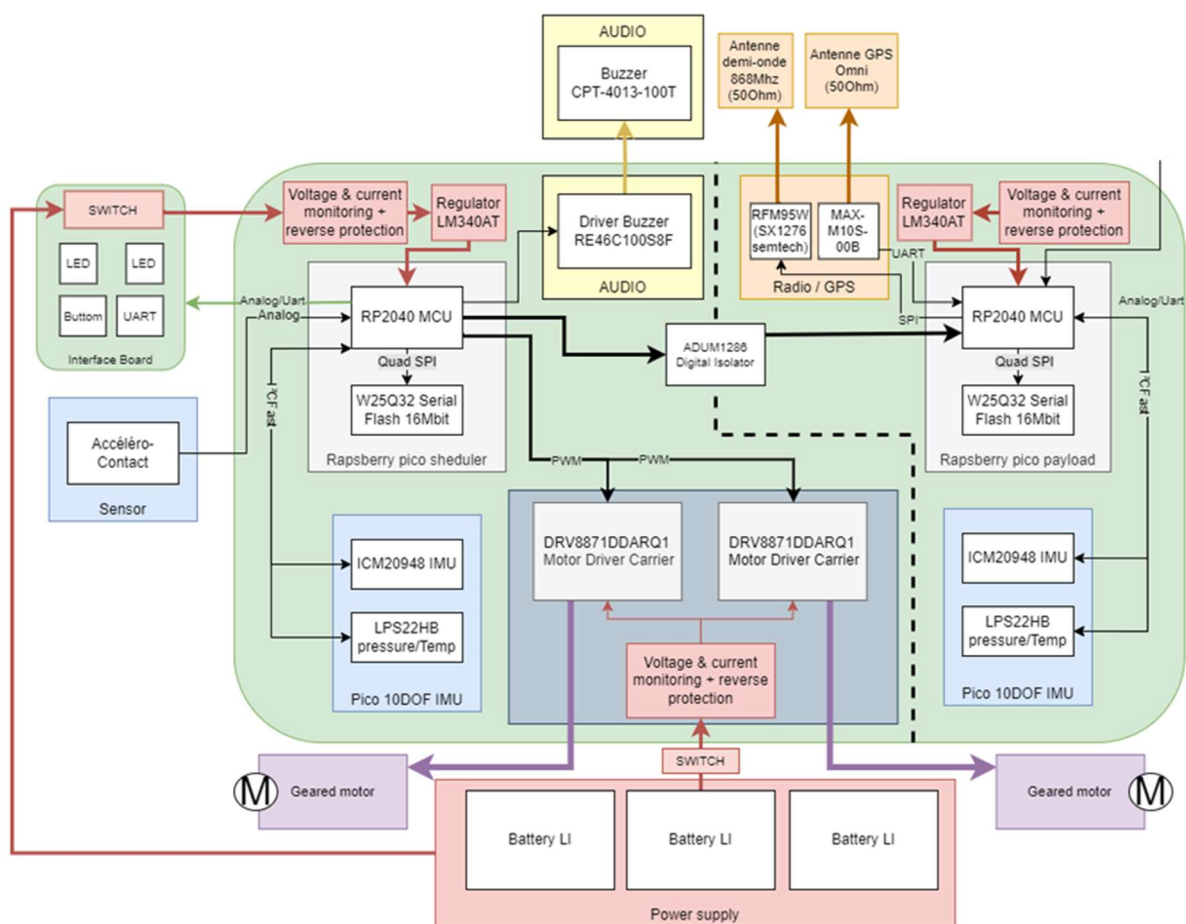


Figure 8 - Schéma de l'électronique

3.2 Expérience

Les **résultats** de l'expérience seront collectés grâce à des **caméras**. Les caméras sélectionnées sont des Hawkeye Firefly Split 4K. Elles ont l'avantage de pouvoir **stocker** les données sur une carte de SD.



4. Résultats du précédent vol

Malheureusement, suite à un incident pyrotechnique débutant par un long feu suivi d'une poussée énormément inférieure à la poussée nominale du PRO75, la fusée a réalisé un vol balistique.



Figure 9 - Photo de SIRIUS en vol

Comme on peut le voir sur cette photo, la fusée prend une trajectoire dangereuse dès la sortie de rampe. Et le système de déclenchement de la trappe étant actionné par une minuterie, impossible d'ouvrir le parachute au moment où la fusée prend une trajectoire balistique.

Concernant les expériences à bord, nous n'avons réussi à avoir des résultats que pour la caméra FPV qui a retransmis des images par radio. L'expérience de micropesanteur elle, n'a pas fonctionné car nous n'avons pas eu l'accélération attendue sans oublier les dégâts qu'on reçu les cartes SD rendant impossible leur exploitation. Du côté de la coiffe éjectable, elle était également actionnée par une minuterie, impossible donc de tester le système de récupération.

Enfin, le système de télémétrie lui a correctement fonctionné ce qui nous a permis d'avoir l'accélération de la fusée ainsi que sa position GPS.

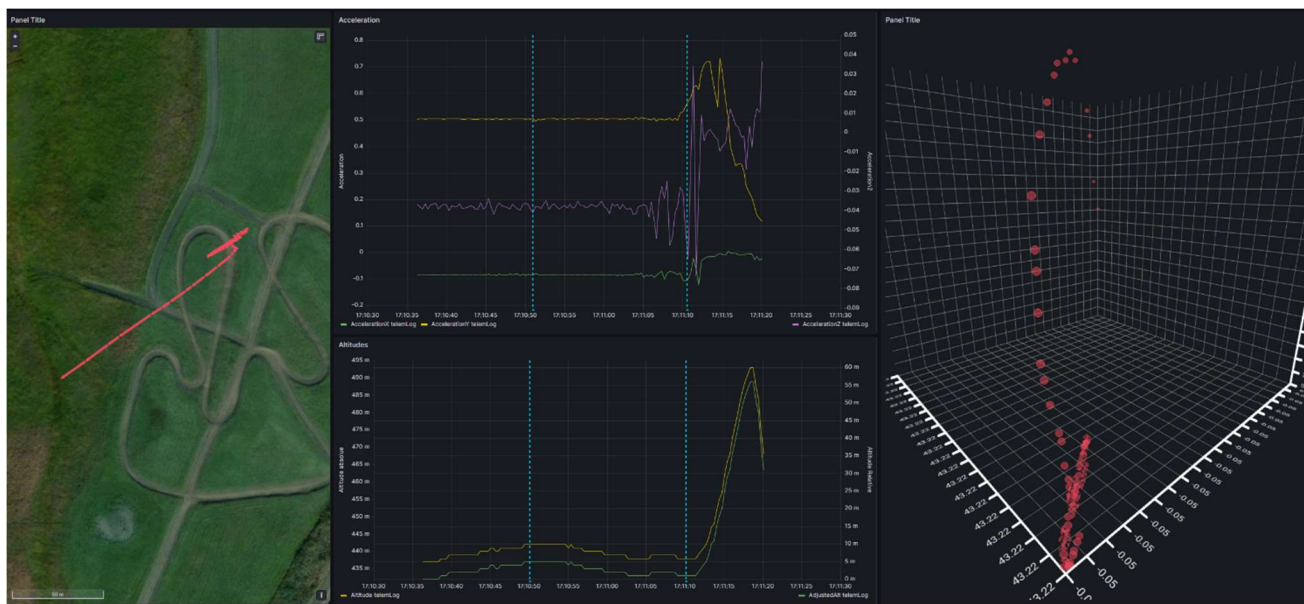


Figure 10 - Capture d'écran des données du vol

5. Vol du C'Space 2025

Cette année, le partie pyro a été nominale, le moteur à en effet permis à la fusée d'atteindre une altitude supérieure à 100m cette fois-ci ! Malheureusement, à cause des conditions météo, la fusée a pris une nouvelle fois un angle et atteint sont apogée trop tôt impliquant des contraintes mécaniques trop élevés au niveau des parachute. Nous voyons sur la télémétrie vidéo le MAIN qui a explosé (faisant effet de banderole) et le Drogue qui freine quand même la fusée donnant une torche plutôt qu'un simple balistique...

Lors de ce vol le GPS n'a pas fonctionné non plus.

Concernant l'expérience, la fusée n'est toujours pas revenu dans les locaux de PSOC, impossible donc d'avoir des données.

6. Conclusion

Actuellement et malgré que nous ayons la position GPS de la fusée, nous n'avons aucune nouvelle de celle-ci. SIRIUS fut un beau projet, autant sa première version que sa dernière version et ont permis à l'équipe de monter en compétence.

Nous tenons à remercier le Camp de Ger et le 1^{er} RHP, Planète Sciences et le CNES d'avoir organisé ce C'Space et de nous avoir permis de tirer une seconde fois notre projet malgré le nombre limité de PRO75.