

Mini-fusée Supa Hot Fire



Yann SCHITTER

Jason LE COZ

2021-2022

Remerciements

Nous souhaitons tout d'abord remercier les membres de l'équipe STAR avec lesquels nous avons travaillé pour nous avoir fournis de si bons conseils et pour avoir contribué au projet par leur expérience.

Nous souhaitons remercier l'équipe de planète sciences pour l'organisation et pour nous avoir permis de participer au C'Space 2022.

Nous souhaitons également remercier l'UTC, le BDE de l'UTC et la Société Générale pour nous avoir permis de réaliser ce projet du point de vue budgétaire.

Finalement, nous souhaitons remercier infiniment Supa Hot Fire pour l'inspiration et la motivation qu'il nous a procuré tout au long de ce projet extrêmement enrichissant.



Merci Supa hot fire. Nous ne t'oublierons jamais...

Présentation

Le projet de Mini-fusée Supa Hot Fire est réalisé par Jason LE COZ et Yann SCHITTER et s'inscrit dans le cadre de l'association STAR, anciennement UTSpace, pour l'année scolaire 2021-2022.

Cette Mini-fusée a pour but d'obtenir expérimentalement des mesures de température au niveau du moteur ainsi que des mesures de pression à l'intérieur de la fusée lors du vol.

Ce projet aura permis la formation des deux membres à l'électronique embarquée, aux matériaux composites et aux machines de prototypage rapide comme la découpeuse laser ou l'imprimante 3D.

Gestion de Projet

Le projet s'est déroulé dans le temps comme suivant le diagramme ci-dessous.

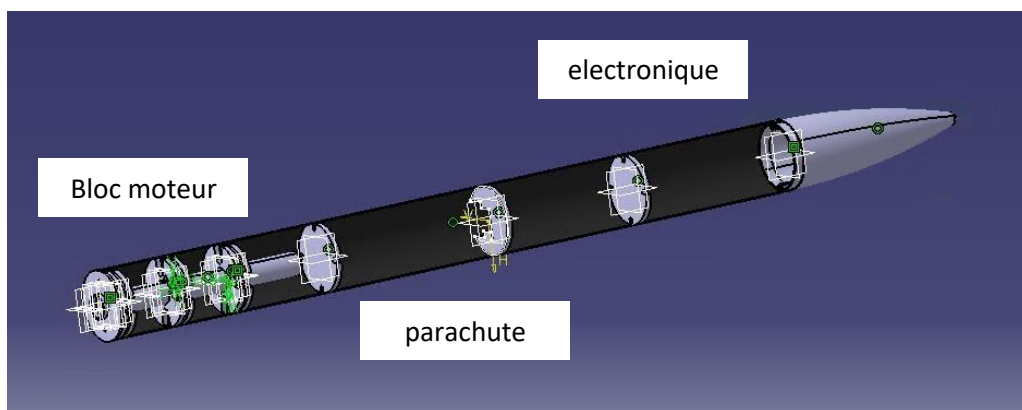
Membre	Tâches	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Yann	Electronique					
	PCB					
	Parachute					
Jason	CAO					
	Fabrication					

Tâches	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Electronique					
PCB					
Parachute					
CAO					
Fabrication					

Réalisation

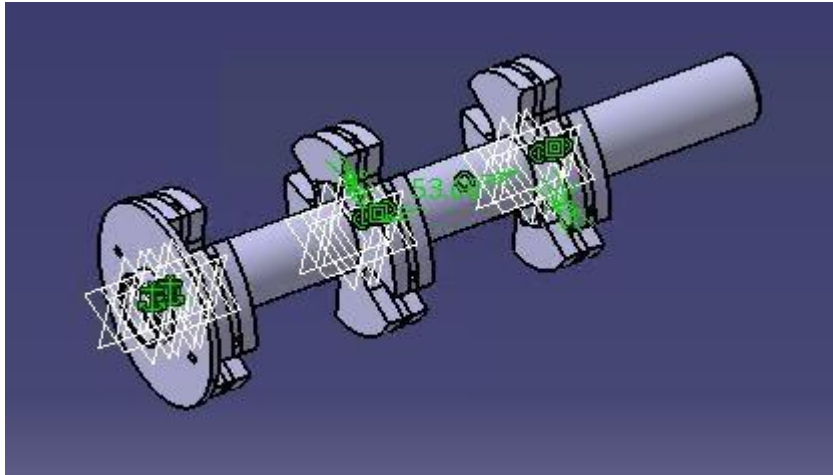
a. Mécanique

Une contrainte nous était imposée dès le départ : nous devions utiliser des tubes en carbone de 70mm de diamètre déjà possédés par l'association pour le corps de la fusée. En ayant en tête ces contraintes, nous avons pu remplir le fichier Stabtraj pour déterminer la forme et la dimension des ailerons et des autres parties de la fusée que nous allions utiliser.



A parti des dimensions données dans ce fichier, nous avons réalisé la CAO des différentes parties de la fusée sur le logiciel Catia (bloc moteur, bloc parachute, pièces pour l'insertion électronique).

Les ailerons et les bagues intérieures ont été réalisés en MDF et découpés à la découpeuse laser.



Nous avons essayé de réaliser la coiffe de notre mini-fusée en fibre de verre à l'aide d'un moule en PLA imprimé en 3D mais nous avons rencontré des problèmes au moment d'enlever le moule : la coiffe a collé au moule ce qui a causé un trou à l'extrémité de la coiffe. Suite à cela, nous avons opté pour garder la base de la coiffe qui n'avait pas collé, découper l'extrémité avec le trou et la remplacer par un bout de pièce imprimé en 3D et collé à la coiffe.



Coiffe en fibre de verre avec la zone trouée à remplacer

Le parachute a été dimensionné et conçu à l'aide du fichier fourni sur le site de planète science concernant les systèmes de récupération. Nous avons utilisé du tissu SPI.

Enfin, les différentes pièces contenues dans la fusée pour l'intégration de différents éléments ont été réalisés en impression 3D.

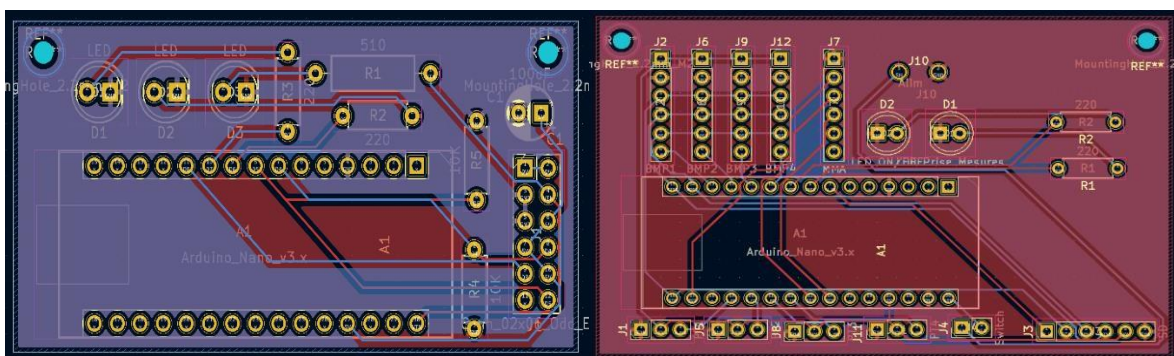
b. Electronique

La conception électronique a commencé avec le prototypage sur une breadboard du séquenceur et de l'expérience.

Le séquenceur est conçu avec un Arduino Nano et fait un décompte à partir du moment de l'arrachage de la prise Jack au décollage. Le temps de décompte a été tiré du fichier Stabtraj.

L'électronique de l'expérience, qui est séparée de l'électronique du séquenceur, est composée d'un Arduino Nano qui communique avec 4 sondes de température PT100, 4 baromètres BMP388 et un accéléromètre MMA8452Q grâce aux protocoles de communication I2C et SPI. Les données récoltées lors du vol sont enregistrées sur une carte micro SD pour pouvoir être traitées après vol.

Nous avons ensuite réalisé les PCB des deux circuits électroniques sur le logiciel KiCad en insérant des broches pour permettre de relier les différents composants au PCB par la suite.



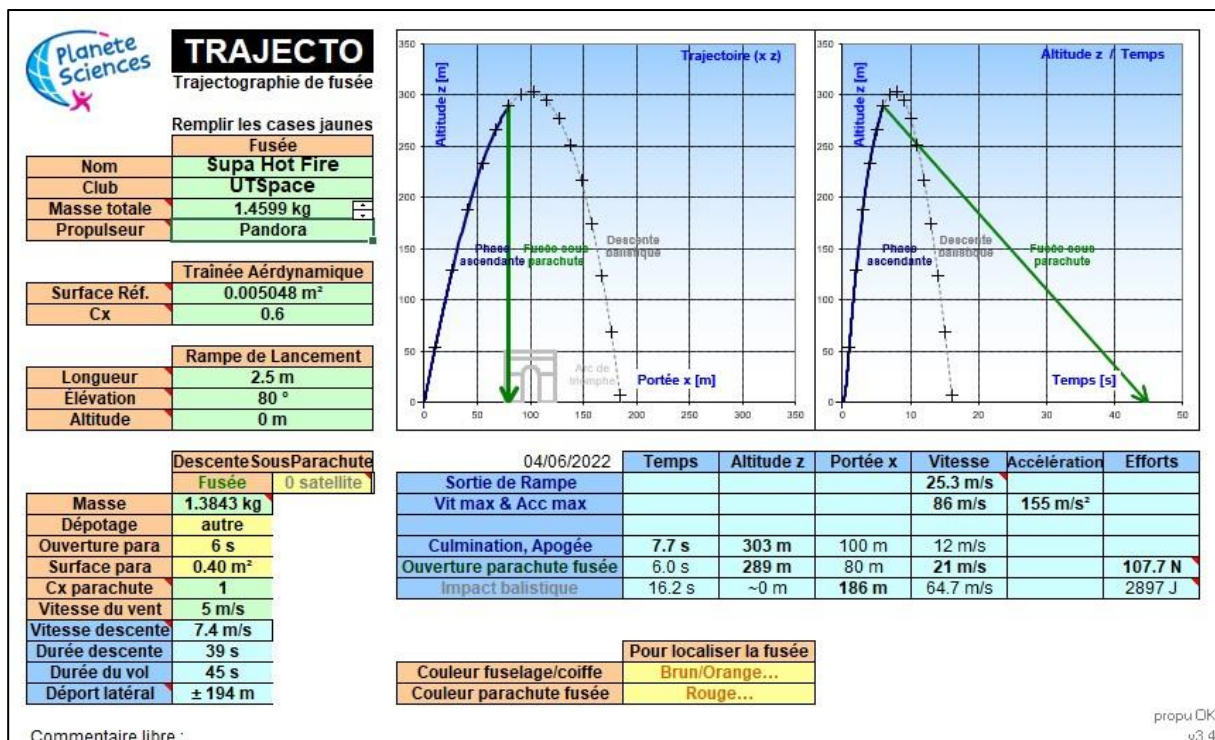
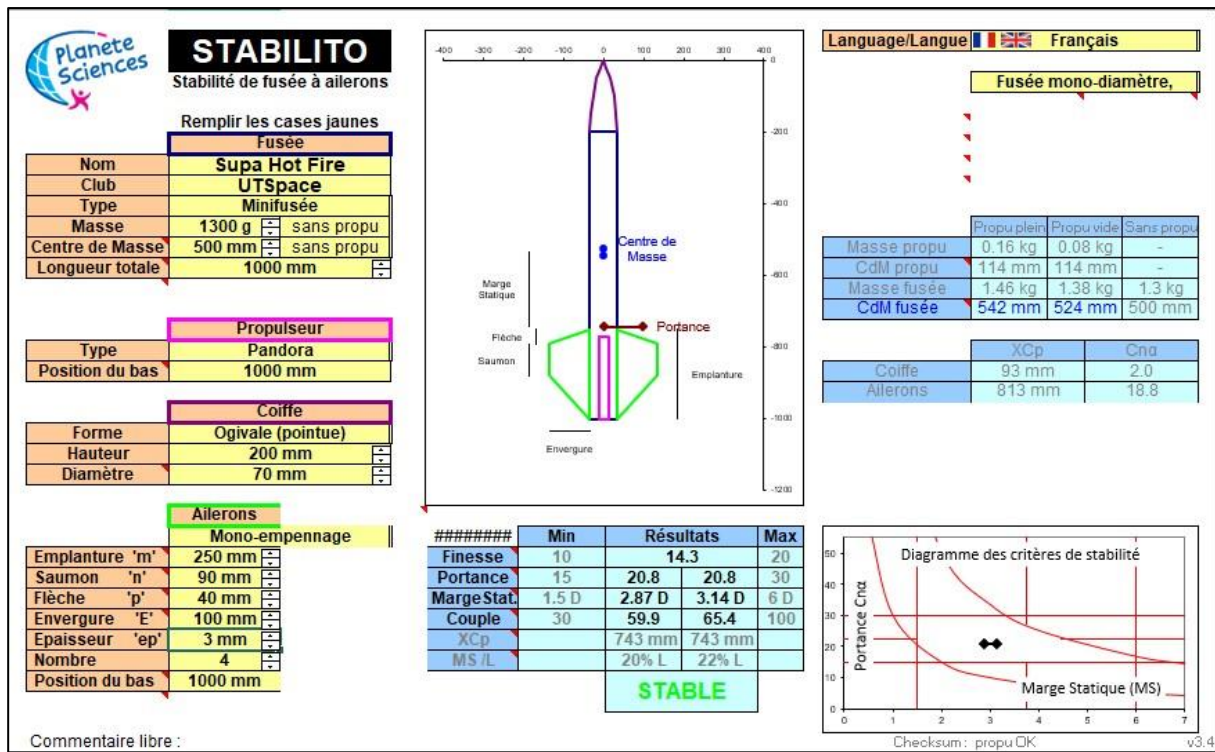
A gauche le PCB du séquenceur, à droite le PCB de l'expérience

En tenant compte des délais de livraison des PCB et des dates des rencontre des clubs spatiaux, nous avons réalisé un prototype de carte électronique du séquenceur.

Modification de dernière minute lors de la semaine du C'Space : Par souci de place et d'optimisation du code informatique de notre expérience, nous avons choisi de ne pas inclure les 4 baromètres BMP388 dans notre fusée.

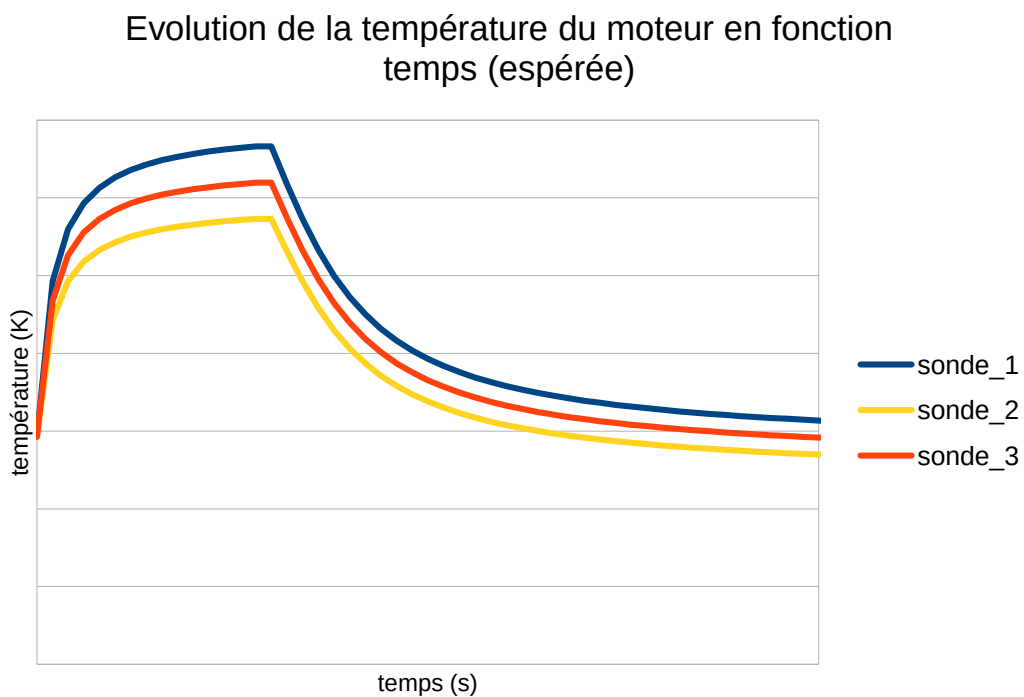
Stabilité et Trajectoire

Les dimensions de la fusée et le temps du décompte du séquenceur ont été calculés à l'aide de ces deux feuilles Excel du fichier StabTraj.



Résultats espérés

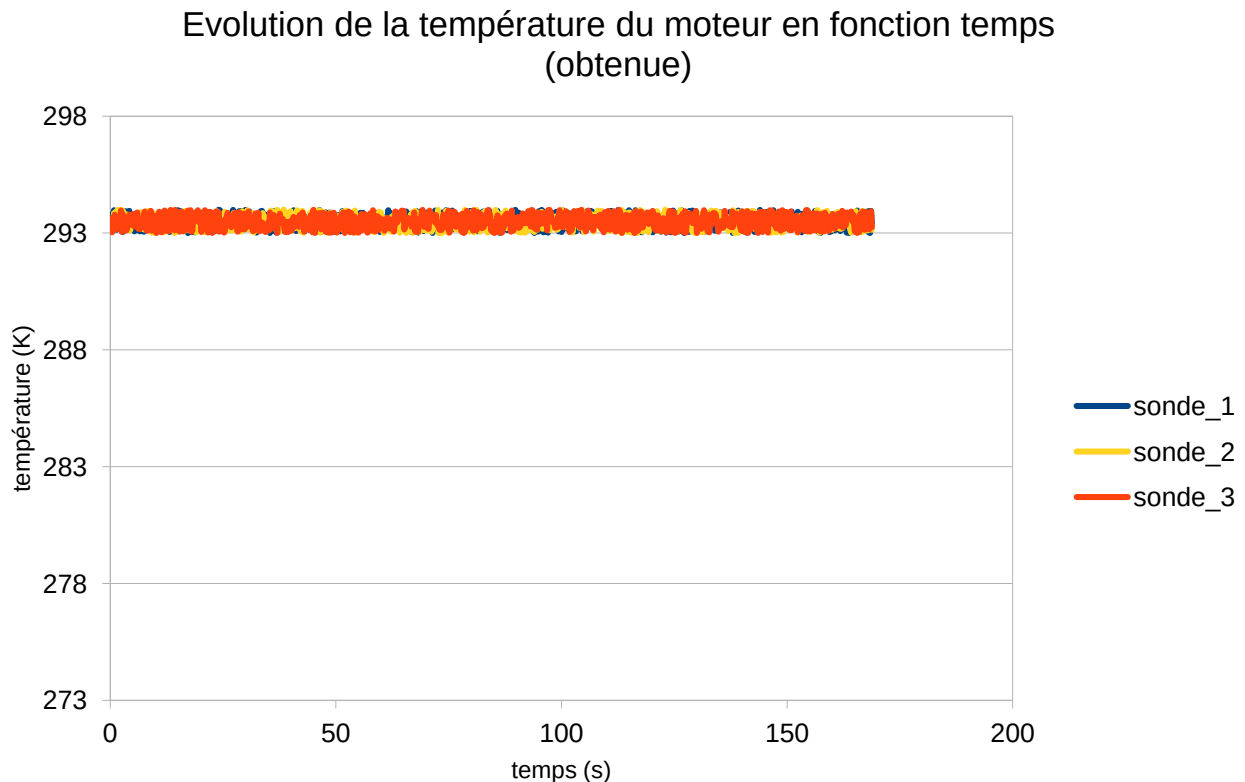
Les résultats que nous avons espéré obtenir montreraient l'évolution de la température en fonction du temps de vol. Les résultats seraient sous la forme d'une liste de données brutes que nous traiterons par la suite pour former un graphe de la température en fonction du temps.



Nous pensons que l'évolution en température du moteur connaît deux régimes distincts. Une montée en température brutale provoqué par la combustion du carburant et une phase de refroidissement prolongée. Grâce à l'expérience, nous espérons aussi déterminer la vitesse de montée en température du moteur et établir un gradient de température de ce dernier.

Résultats obtenus

Les résultats obtenus, après le vol nominal de Supa Hot Fire, n'ont pas été à la hauteur de nos espérances : la courbe de la température en fonction du temps s'est avérée plate, ce qui traduit quasi aucune variation de température.



Nous pensons que la différence entre les résultats espérés est due à plusieurs choses : la première est le mauvais choix de capteur de température que nous avons fait. La forme cylindrique de nos sondes de température n'a pas permis un contact optimal avec le propulseur. Nous n'avions pas de pâte thermique ou d'adhésif conducteur de chaleur pour permettre une bonne conduction entre le propulseur et la sonde. De plus, le fait de mettre le propulseur dans la fusée au dernier moment était un vrai défi pour s'assurer que le contact entre la sonde et le propulseur se fasse bien. Si une minifusée ultérieure souhaite reprendre la même base d'expérience que la nôtre, nous

conseillons de choisir des capteurs avec une forme plus adaptée au corps cylindrique du propulseur.

Les thermocouples étaient aussi très exposés à l'air ambiant toute la durée de l'expérience. Nous n'excluons donc pas non plus le fait que l'air dans la minifusée ait maintenu nos sondes à une température de 25°C et aurait empêché une montée en température de ces derniers.

Secondement, nous conseillons de rajouter un isolant thermique autour du bloc moteur (si l'expérience est effectuée avec des sondes de température tel que les notre) pour garder un maximum de chaleur et éviter que la vitesse de l'air lors du vol ne fausse les données. Cependant il est fort probable que la quantité d'énergie thermique libérée par le moteur lors de son fonctionnement n'est pas assez importante pour faire monter en température un grand volume de matière. Un montage avec de l'isolant thermique devrait donc s'accompagner d'une étude poussée du problème thermique pour faire le lien entre température mesuré (dans l'isolant) et la température réelle du moteur.

Finalement, nous avons peut-être simplement surestimé la température du propulseur lors de la combustion et sous-estimé les capacités isolantes de l'enveloppe autour de ce dernier. Choisir un capteur plus précis et avec une température mesurable maximale moins élevée aurait été plus judicieux.

Conclusion

Les résultats de notre expérience ne nous permettent malheureusement pas de certifier que le moteur Pandora ne subit pas de montées en température lors d'un vol. Cependant ces derniers nous permettent de conclure que le moteur ne restitue pas par conduction, une énergie thermique significative aux pièces en contact avec ce dernier (du moins aux points mesurés lors de notre expérience). Ce qui peut s'apparenter par une bonne nouvelle pour la conception de prochaine minif ou fusex, car le choix des matériaux utilisés ne sera pas contraint par leurs propriétés thermiques.