



DOSSIER DE DÉFINITION

HELLFIRE

2023-2024

BENAY Clément

CHAUVIN Geoffroy

FAJAL Dimitri

KAE-NUNE Damien

LORIN DE LA GRANDMAISON Alexandre

LORIN DE LA GRANDMAISON Clément

PINGLIER Etienne



SOMMAIRE

Présentation de l'équipe	Page 3
Présentation générale	Page 3
Les membres de l'équipe	Page 3
Présentation de KARLAVAGNEN	Page 5
Présentation d'HELLFIRE	Page 6
Objectifs	Page 6
Reprise du corps de KARLAVAGNEN	Page 6
Expériences	Page 9
Mesures de la tension exercée sur les sangles du parachute «le tensionomètre»	Page 9
Caméra montée sur axe rotatif + ventilateur	Page 10
Mesures de la vitesse (Pitot, Venturi et accéléromètre)	Page 11
Mesures de l'altitude et de la température	Page 12



PRÉSENTATION DE L'ÉQUIPE

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Notre groupe est constitué de 6 étudiants aux études variées (médecine, commerce, prépas) et d'un lycéen (lycée Sonia Delaunay à Villepreux). C'est cette diversité qui crée la richesse d'innovation de nos projets. Nous avons déjà mené plusieurs projets auparavant dont 2 projet Fusex ensemble : OGMA et KARLAVAGNEN. Chaque membre a mené à bien plusieurs projets et a donc de l'expérience en terme de conception, d'électronique, de mécanique ou même en programmation. Nous sommes encadrés par Roger POISSON, vétéran du C'SPACE et habitué des projets fusées et Sylvain BEAU, ingénieur en aérospatiale dans les systèmes embarqués.

LES MEMBRES DE L'ÉQUIPE

Geoffroy CHAUVIN : étudiant à l'ESTACA. 7 projets à son actif dont 2 projets Fusex, OGMA et KARLAVAGNEN.

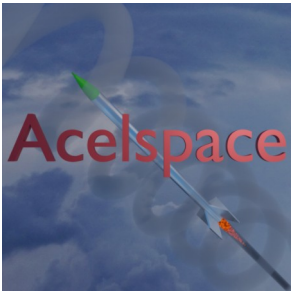
Clément LORIN DE LA GRANDMAISON : élève de Première au lycée Sonia Delaunay à Villepreux. 5 projets à son actif dont un projet Fusex, KARLAVAGNEN.

Clément BENAY : étudiant en BTS maintenance des véhicules. 5 projets à son actif dont 2 projets Fusex, OGMA et KARLAVAGNEN.

Damien KAE-NUNE : étudiant en mathématiques, informatique, option éco finance à CYTECH. 5 projets à son actif dont 2 projets Fusex, OGMA et KARLAVAGNEN.

Etienne PINGLIER : étudiant à l'INSA de Rouen. 5 projets à son actif dont 2 projets Fusex, OGMA et KARLAVAGNEN.

Alexandre LORIN DE LA GRANDMAISON : étudiant en médecine à la Sorbonne. 5 projets à son actif dont 2 projets Fusex, OGMA et KARLAVAGNEN.



Dimitri FAJAL : étudiant en CPGE MPSI au lycée Jeanne d’Albret. 5 projets à son actif dont 2 projets Fusex, OGMA et KARLAVAGNEN. Chef de projet de la Fusex KARLAVAGNEN l’an passé.

Le chef de projet pour le projet de cette année est **Alexandre LORIN DE LA GRANDMAISON**.

Illustration 1 : Fusex KARLAVAGNEN en rampe





PRÉSENTATION DE KARLAVAGNEN

KARLAVAGNEN est le projet que nous avons mis en œuvre durant la campagne de lancement 2022-2023 et qui a abouti à un vol nominal.

Le but du projet était de mesurer la tension aux sangles du parachute via notre tensionomètre maison. Nous mesurons aussi la vitesse de deux manières différentes, par tube de Pitot et par effet Venturi. Pour cela nous avons mis en place 4 blocs de PLA (deux qui contenaient nos capteurs et deux factices pour équilibrer) qui faisaient office d'ailerons : la Fusex possédait donc un bi-empennage pour le moins spécial. A cela s'ajoutait des mesures d'altitude via un BMP 180 et une ogive dôme qui abritait notre caméra montée sur servomoteur et refroidie par un ventilateur dont l'objectif était de filmer l'entièreté du vol. Enfin, notre Fusex embarquait à son bord une carte CATS qui nous fournissait des données en temps réel (position GPS, vitesse, altitude) via de la télémesure (système LoRa, 2,4GHz). Cette carte nous avait été prêtée par l'école d'ingénieur Air Esia. Notre Fusex servait de test pour calibrer cette carte afin que nous fassions remonter, post-vol, à Air Esia les différents problèmes que nous aurions pu rencontrer avec la carte. En effet, Air Esia compte utiliser cette carte comme système de backup dans leur Fusex lors du concours européen EuRoc. Ce fut un excellent partenariat qui s'est soldé par une réussite puisque la carte a très bien fonctionné même si nous avons dû leur faire remonter quelques petits problèmes auxquels ils devront faire attention. Fort heureusement, ces problèmes se résolvent par un meilleur réglage de la carte.

Illustration 2 : L'équipe Fusex KARLAVAGNEN au complet





PRÉSENTATION D'HELLFIRE

OBJECTIFS

HELLFIRE est le nouveau projet Fusex que nous allons mettre en œuvre cette année. Il s'agit d'un projet spécial. En effet, nous allons réutiliser le corps de notre ancienne Fusex KARLAVAGNEN qui est intacte suite à un vol nominal. Les objectifs seront les mêmes que ceux de KARLAVAGNEN, à savoir :

- la mesure de la tension aux sangles du parachute via notre tensionomètre maison que nous comptons améliorer.
- la mesure de la vitesse de la Fusex par effet Venturi et par tube de Pitot grâce à quatre blocs de PLA qui contiennent nos capteurs et font office d'ailerons du haut, procurant à la Fusex un bi-empennage d'exception. Cependant, cette année, nous rajoutons un accéléromètre pour avoir encore plus de valeurs à comparer et pouvoir décider lequel des deux systèmes (Pitot ou Venturi) est le plus précis.
- la mesure de l'altitude à laquelle nous rajoutons cette année une mesure de la température grâce un BMP 180.
- filmer le vol grâce à une caméra positionnée dans notre ogive dôme, sur un servomoteur, lui permettant d'avoir une vision 180°. Elle est refroidie par un ventilateur.

REPRISE DU CORPS DE KARLAVAGNEN

Pour la 1ère fois de l'histoire de notre club, nous comptons relancer une fusex ayant déjà volé. Ce sera donc le corps de Karlavagnen qui va reprendre sa route vers le ciel sous le nom d'Hellfire. Cela est possible pour plusieurs raisons :



- grâce à un vol nominal et une descente sans encombre, Karlavagnen nous est revenue en parfait état. On pourrait même croire qu'elle n'a pas encore volé..
- plusieurs expériences n'ayant pas fonctionné de manière optimale, il serait intéressant pour nous de les améliorer afin que cette fois-ci nous obtenions toutes les données voulues (Tensionomètre et effet Venturi) ;
- la majorité de l'équipe de Karlavagnen étant maintenant en études supérieures, nous ne pouvons que consacrer peu de temps à la réalisation d'une fusex. Avoir toute la mécanique déjà faite nous permet de nous centrer sur ce qui est important, à savoir, les expériences.

Ainsi, l'extérieur sera le même, c'est l'intérieur qui va se faire une peau neuve : toute l'électronique sera vérifiée et refaite dans la majorité des cas par précaution. Les expériences seront similaires à celles de Karlavagnen mais seront toutes modifiées de façon à fonctionner de manière optimale. De plus, plusieurs capteurs seront rajoutées. De même, la peinture aura le droit à un petit retouchage.

Illustration 3 : Karlavagnen avant le vol



Illustration 4 : Karlavagnen après le vol



De petites imperfections sont visibles sur la peinture suite au vol mais c'est tout, la mécanique, elle, dans son entièreté, est intacte.

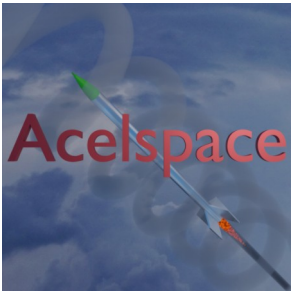
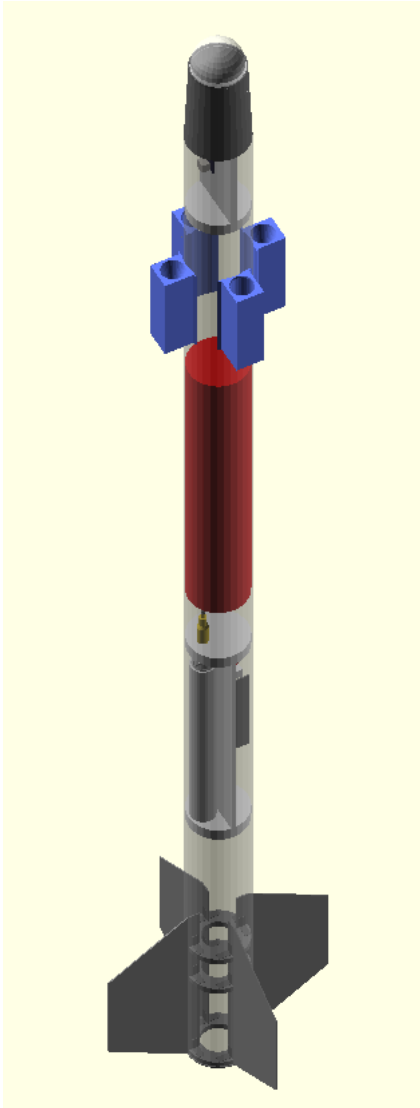


Illustration 5 : CAO d'Hellfire



La partie mécanique d'Hellfire sera donc similaire à celle de Karlavagnen.

Actuellement, nous avons vérifié et testé toute la mécanique ayant volé (ailerons, tube, blocs de PLA, ogive) à la recherche d'éventuelles défaillances.

La seule partie mécanique présentant un léger défaut est un des quatre ailerons qui présente une très légère torsion d'environ 2° à son extrémité, probablement due à l'atterrissage. Cela sera corrigé.

Tout le reste est intacte, que ce soit : la bague de poussée, les bagues de centrage propulseur, les 3 autres ailerons, l'ogive, le dôme, les 4 blocs en PLA, la trappe et bien sûr la peau porteuse en aluminium.

Aucune déformation du tube d'aluminium n'a été détectée.

Le principal avantage que nous procure l'usage d'un tube d'aluminium est la grande résistance de ce dernier envers les chocs. C'est d'ailleurs une des garanties nous poussant à relancer cette peau porteuse sans risque.



EXPÉRIENCES

MESURES DE LA TENSION EXERCÉE SUR LES SANGLES DU PARACHUTE «LE TENSIONOMÈTRE»

Malheureusement, lors du vol de Karlavagnen, nous sommes à nouveau arrivés en buté du ressort. Cette année, nous comptons refaire entièrement la partie mécanique de cette expérience, en changeant notamment le ressort, pour la faire fonctionner correctement.

La tension sera mesurée sur les sangles du parachute. Toutefois, lors de l'ouverture du parachute, les sangles de ce dernier ne seront pas directement alignées avec le potentiomètre. Elles passeront dans une poulie fixée à l'intérieur de la fusée afin de rediriger l'effort directement sur le potentiomètre. Sans cette poulie, le parachute arracherait le système et la fusée n'aurait alors plus de système de récupération.

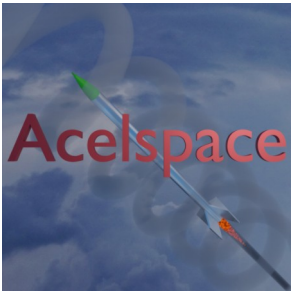
Le potentiomètre linéaire sera relié à un Arduino permettant d'effectuer l'acquisition des données qui seront sauvegardées en temps réel sur carte MicroSD.

Le nouveau ressort aura donc une capacité de compression strictement supérieure à 1000N pour nous éviter tout désagrément et nous permettre d'avoir une plage de mesure complète.

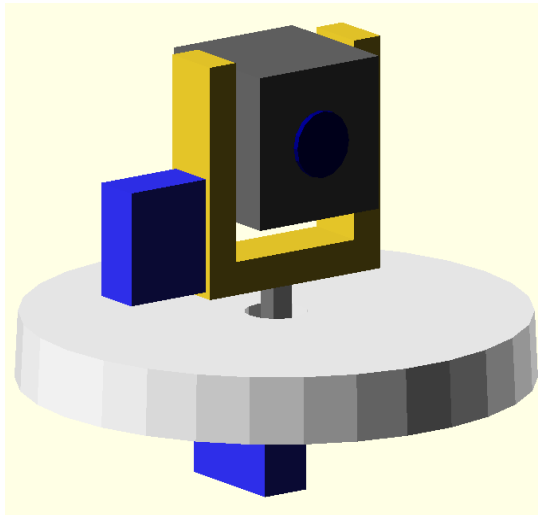
Il sera protégé par un tube en PVC qui lui permettra de se compresser de manière linéaire sans déviation. Le tube en PVC sera lui-même immobilisé par deux équerres métalliques présentes de chaque côté. Une encoche présente dans la longueur du tube permettra le raccordement du capteur au ressort. Le capteur pourra donc suivre l'entière compression du ressort pour des mesures les plus précises possibles.



Illustration 6 : Le tensionomètre maison qui sera refait en terme de mécanique



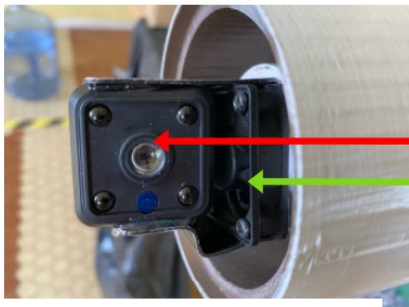
CAMÉRA MONTÉE SUR AXE ROTATIF + VENTILATEUR



Une caméra cubique, de 3.1 cm de côté, se trouvera au sommet de la fusée, protégée par un dôme de plexiglas. Une vidéo complète du vol sera enregistrée sur une carte MicroSD et pourra être récupérée après le vol. Un système de servomoteur, faisant des allers-retours entre 0° et 180° , permettra de l'orienter.

Ayant remarqué une perte de performance de la caméra lorsqu'elle surchauffait, nous avons décidé d'installer sous elle un ventilateur dans le dôme afin d'éviter d'avoir une vidéo inexploitable.

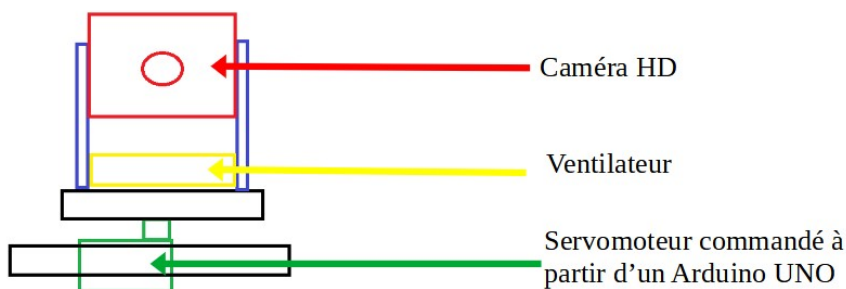
Illustration 7 : La caméra



Caméra HD

Ventilateur

Illustration 8 :
L'ensemble du système
caméra mis en place



Si nous jugeons la qualité de la caméra trop faible quant à la résolution vidéo et au framerate, il se peut que nous la changions.



MESURES DE LA VITESSE (PITOT, VENTURI ET ACCÉLÉROMÈTRE)

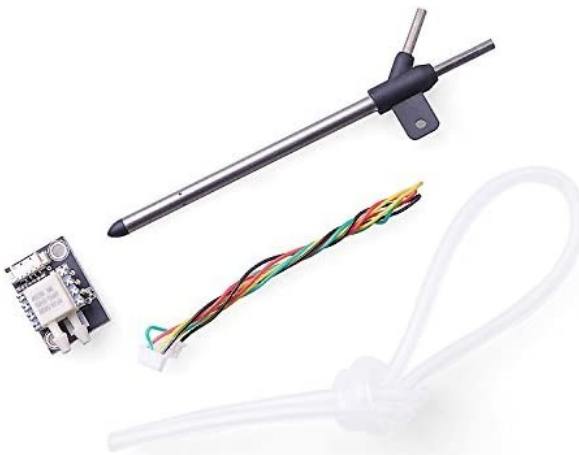


Illustration 9 : Exemple de tube de Pitot (à titre illustratif)

La mesure de la vitesse sur notre fusée va s'effectuer de deux manières. Tout d'abord nous utiliserons un tube de Pitot (ci-contre) pour réaliser une première mesure. Nous utiliserons ensuite un effet Venturi pour réaliser une seconde mesure que nous comparerons à la première afin d'avoir une estimation beaucoup plus précise de la vitesse de la fusée.

Les données seront récupérées à l'aide de quatre parallélépipèdes en PLA placés sur le haut de la fusée, alignés avec les ailerons dans son axe. Ce système sera le même que celui de notre ancienne Fusex

KARLAVAGNEN : deux des 4 blocs en PLA contiendront les tubes de mesure de vitesse, qui achemineront l'air jusqu'au MPX5010DP, capteur différentiel de pression placé sur la carte Arduino.

Ainsi, l'un des blocs contiendra un tube de Pitot et un autre nous permettra d'utiliser l'effet Venturi avec un rétrécissement du diamètre intérieur. Les deux autres seront factices, afin d'éviter de perturber la stabilité.

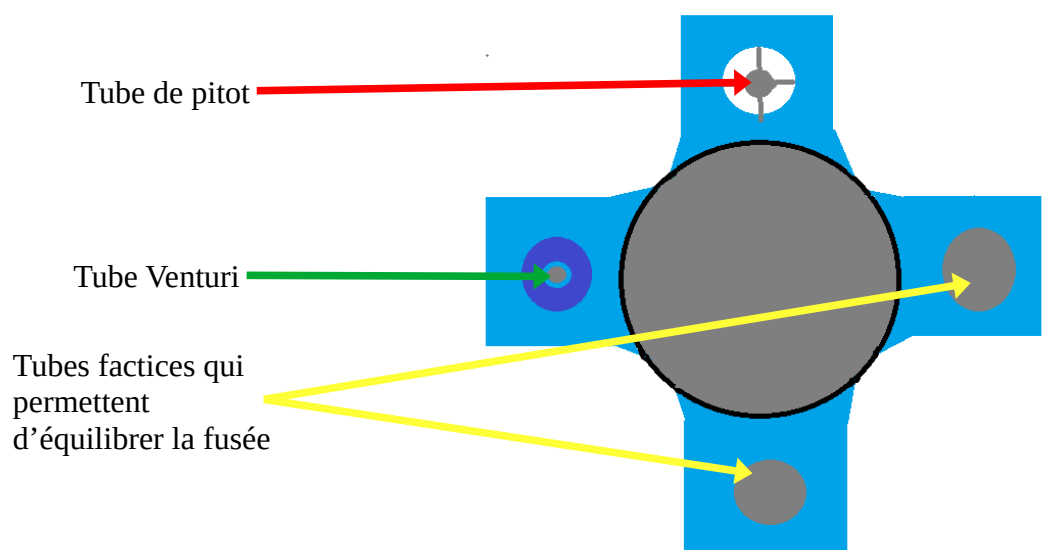


Illustration 10 : Positionnement des différentes expériences (Venturi et Pitot)

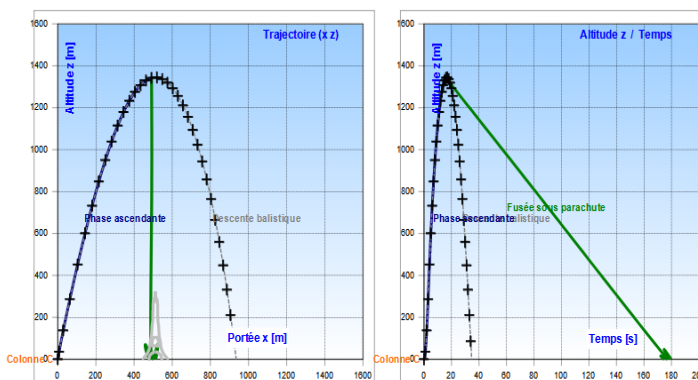


Pour avoir encore plus de précision quant à la fiabilité des mesures, nous avons décidé d'intégrer en complément de ces dernières, un accéléromètre, géré par un Arduino NANO, qui nous permettra post-vol de déterminer lequel des deux système (Pitot ou Venturi) est le plus fiable.

Enfin, il faut savoir que cette année nous allons améliorer la fixation du tube de Pitot en rajoutant un tube de centrage métallique à l'intérieur du bloc de PLA. Sur la Fusex Karlavagnen, nous avons eu beaucoup d'interférences dues aux vibrations du tube Pitot. En fixant mieux Pitot, nous comptons régler ce problème. Du côté de Venturi aucun changement à venir si ce n'est que nous ne nous tromperons pas quant au raccordement du capteur à la basse et haute pression. En effet, lors du vol de Karlavagnen, les raccordements étaient inversés ce qui nous avait empêché d'obtenir des mesures exploitables.

MESURES DE L'ALTITUDE ET DE LA TEMPÉRATURE

L'Arduino qui s'occupera des mesures du tensionomètre gèrera aussi un BMP 180 qui nous fournira des mesures d'altitude que nous pourrons ensuite comparer avec le Stabtraj. Les données seront enregistrées sur carte MicroSD et exploitables à la fin du vol. Ce même BMP 180 mesurera aussi la température de la fusée durant toute la durée du vol.



Avec un C_x de 0,6 le Stabtraj nous donne une altitude maximum de 1344m. Grâce aux mesures que prendra le BMP 180, nous comptons comparer la réalité à la simulation.

Le BMP 180 pouvant aussi mesurer la température, nous comptons utiliser cette fonction afin d'étudier les variations de température qu'aura subi notre tube en aluminium. Cela nous permettra de savoir post-vol si les composants électroniques auront été mis à rude épreuve ou pas.

25/07/2023	Temps	Altitude z	Portée x	Vitesse	Accélération	Efforts
Sortie de Rampe				25,0 m/s		
Vit max & Acc max				174 m/s	83 m/s ²	
Culmination, Apogée	16,7 s	1344 m	511 m	28 m/s		
Ouverture parachute fusée	16,0 s	1342 m	492 m	29 m/s		1049,1 N
Impact balistique	34,7 s	~0 m	936 m	130,6 m/s		73821 J

Illustration 11 : Stabtraj d'HELLFIRE