



DOSSIER TECHNIQUE HELLFIRE

2023/2024

FAJAL Dimitri

CHAUVIN Geoffroy

LORIN DE LA GRANDMAISON Alexandre

LORIN DE LA GRANDMAISON Clément

BENAY Clément

KAE-NUNE Damien

PINGLIER Etienne



SOMMAIRE

I. Plan général	Page 3
II. Conception mécanique	Page 4
1) Informations générales	Page 4
2) Montage ailerons	Page 4
3) Système de retenue du propulseur	Page 4
4) Reprise du corps de notre ancienne fusex KARLAVAGNEN	Page 5
III. Système d'éjection	Page 7
1) Plan mécanique	Page 7
2) Plan électrique (séquenceur)	Page 7
IV. Expériences (Tensionomètre, mesures de vitesse, accéléromètre, mesures d'altitude, mesures de températures et caméra)	Page 8
1) Tensionomètre	Page 8
2) Mesures de vitesse + accéléromètre	Page 9
3) Mesures d'altitude + température	Page 10
4) Caméra montée sur servomoteur	Page 11
5) Alimentation des expériences	Page 12
6) Stockage des données	Page 13
7) Étalonnage des expériences	Page 13



I. PLAN GÉNÉRAL

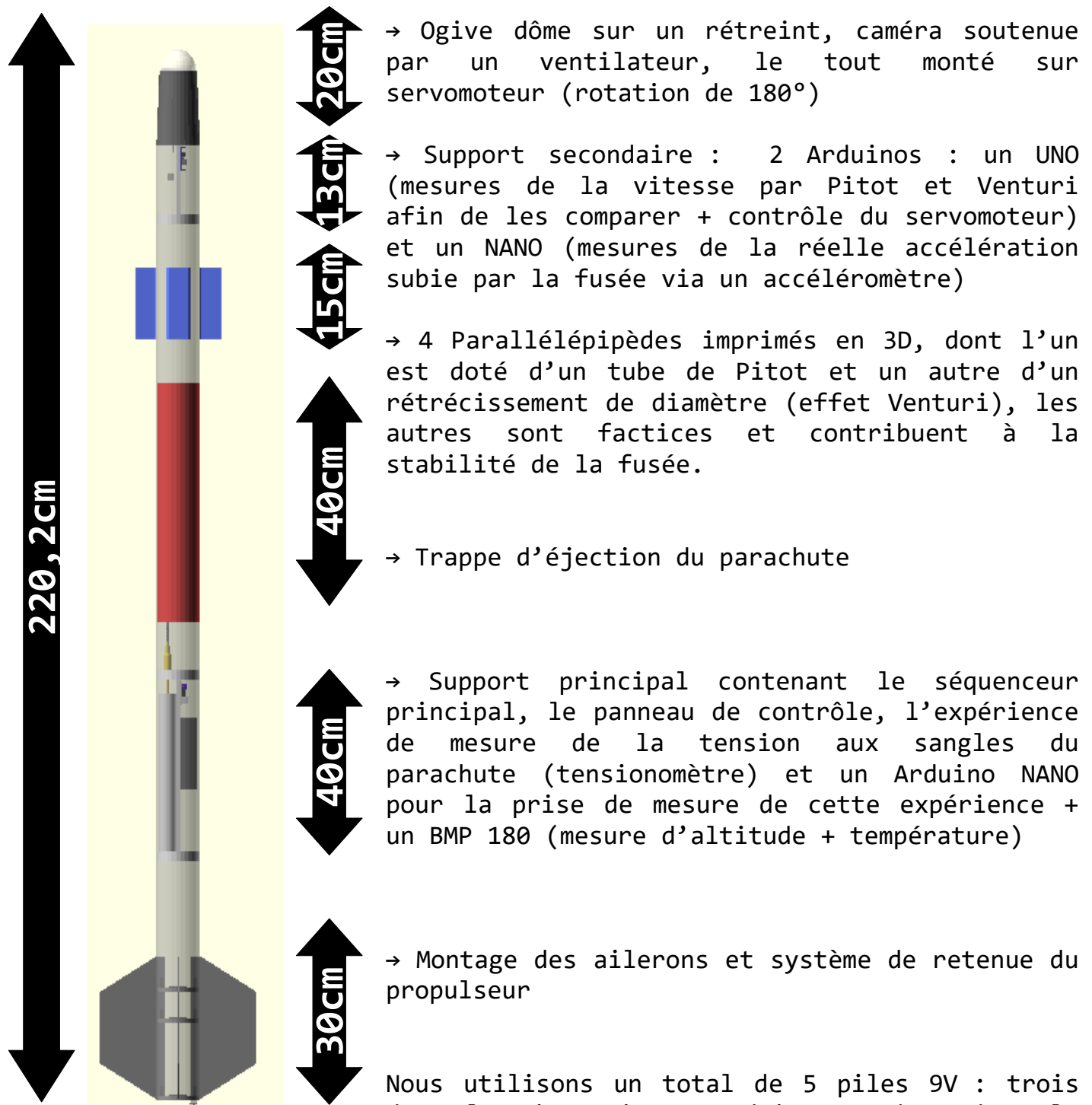


Figure 1 :
Implantation

Nous utilisons un total de 5 piles 9V : trois dans la minuterie secondaire et deux dans la minuterie principale.



II. CONCEPTION MÉCANIQUE

1) INFORMATIONS GÉNÉRALES

La peau porteuse est un tube en aluminium de 2mm d'épaisseur, de 100mm de diamètre et de 2m de long. Elle offre une grande solidité. L'ensemble des montages à l'intérieur sont solidement accroché au tube par des vis.

L'ogive est formée de deux parties : un rétreint réduisant le diamètre à 80mm et un dôme de plastique sur le dessus (ce montage permet l'installation d'une caméra). Le tout mesure 19,5 cm en hauteur.

2) MONTAGE AILERONS

Les ailerons sont attachés à trois bagues en aluminium à l'aide d'équerres de métal.

Le montage complet est accroché au tube par avec des vis. La bague la plus inférieure est la plaque de poussée. Elle transfère la poussée du propulseur au corps de la fusée.

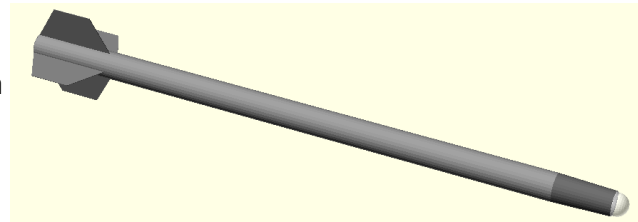


Figure 2 : Corps de la fusée

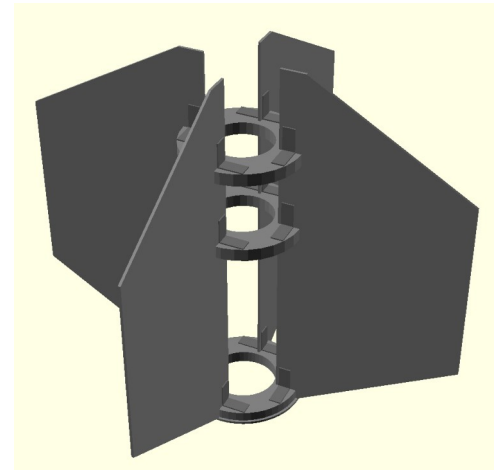


Figure 3 : Montage des ailerons

3) SYSTÈME DE RETENUE DU PROPULSEUR

Le propulseur est retenu par un petit montage en métal accroché à la plaque de poussée.

Celui-ci est construit à l'aide d'un «Sandwich» de pièces en aluminium usinées.

Pour monter le propulseur, il suffit de l'insérer dans le corps de la fusée. Lorsqu'il est bien montée, un petit «clic» est audible lorsque la pêne ressort du montage.

Pour enlever le propulseur, il faut pousser la poignée avec le doigt. Étant accroché à la pêne il relâchera le propulseur qui peut alors être retiré.

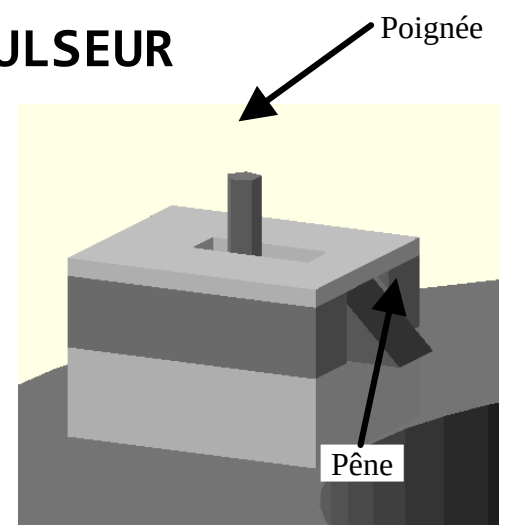


Figure 4 : Système de retenue du propulseur



4) REPRISE DU CORPS DE NOTRE ANCIENNE FUSEX 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.
- 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 rajoutés. De même, la peinture aura le droit à un petit retouchage.

Figure 5 : Karlavagnen avant le vol



Figure 6 : 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.

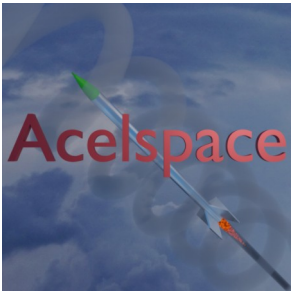
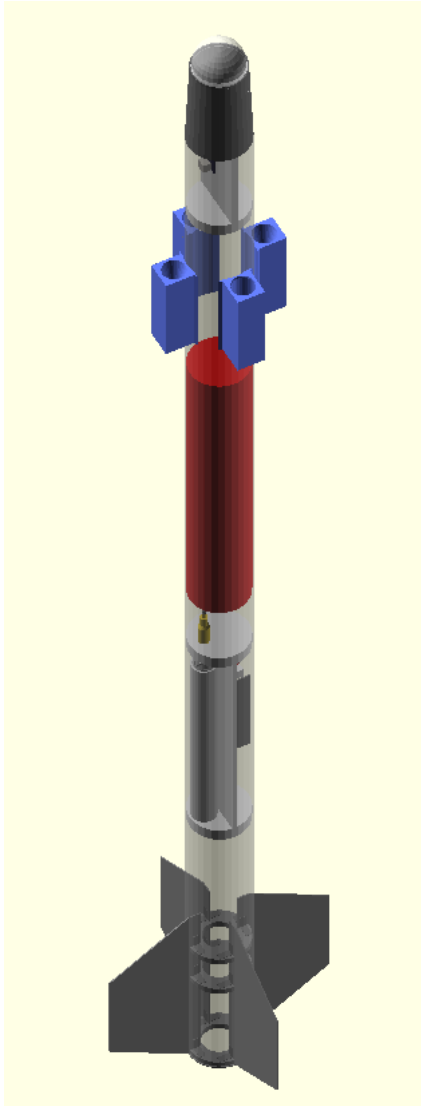


Figure 7 : CAO d'Hellfire



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.

III. SYSTÈME D'ÉJECTION

1) PLAN MÉCANIQUE

Le système de récupération est un parachute de ballon sonde circulaire éjecté latéralement de la fusée. Pour cela, il est attaché à la trappe qui l'emporte lors de son ouverture. Afin de s'assurer de l'ouverture de la trappe, elle est poussée par une lame d'essuie-glace à la manière d'un ressort.

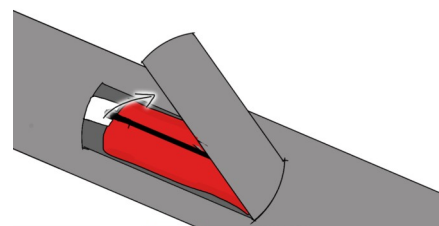


Figure 8 : Éjection de la trappe

2) PLAN ÉLECTRIQUE (SÉQUENCEUR)

Une minuterie analogique soudée par nos soins permet le décompte de l'ouverture de la trappe. Un peu avant l'apogée, le séquenceur enclenche un moteur. Sur celui-ci est accroché une cloche qui, en tournant, libère la trappe.

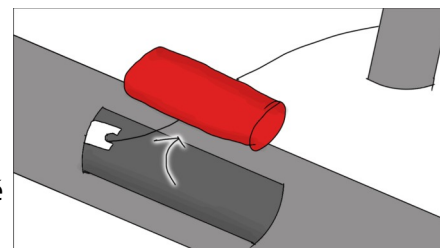


Figure 9 : Sortie du parachute

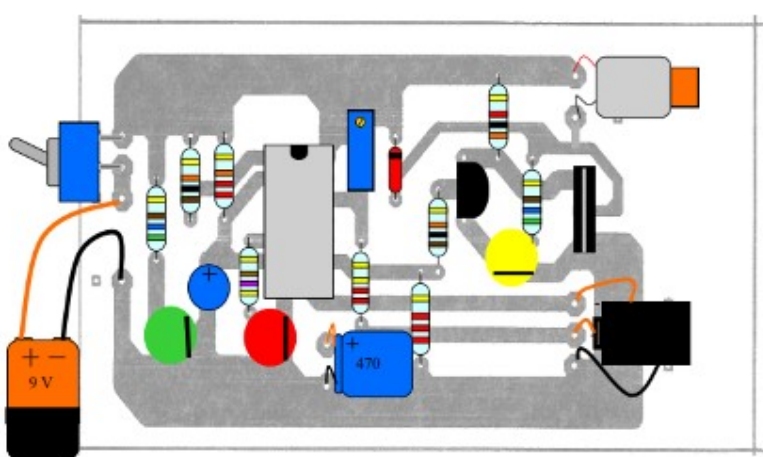
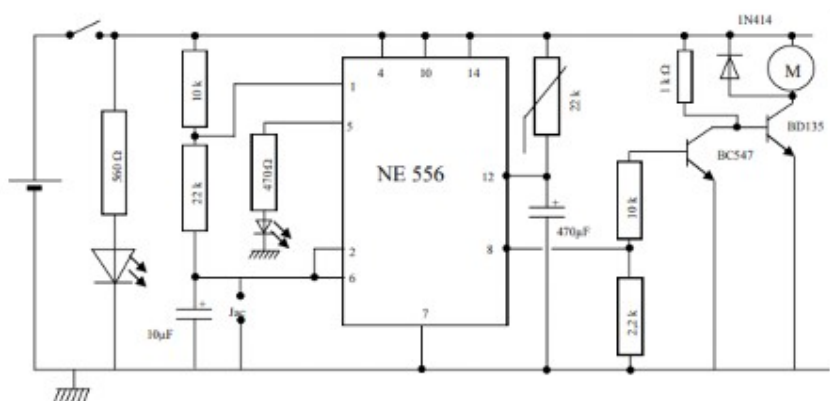
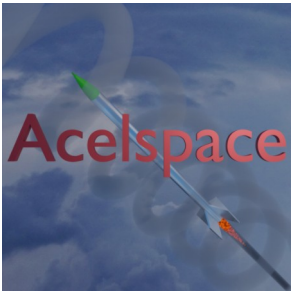


Figure 10 : Schéma du séquenceur



IV. EXPÉRIENCES

(TENSIONOMÈTRE, MESURES DE VITESSE, ACCÉLÉROMÈTRE, MESURES D'ALTITUDE, MESURES DE TEMPÉRATURES ET CAMÉRA)

1) TENSIONOMÈTRE

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

La tension est mesurée sur les sangles du parachute. Toutefois, lors de l'ouverture du parachute, les sangles de ce dernier ne sont pas directement alignées avec le potentiomètre. Elles passent 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 est relié à un Arduino permettant d'effectuer l'acquisition des données qui sont 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 est protégé par un tube en PVC qui lui permet de se compresser de manière linéaire sans déviation. Le tube en PVC est lui-même



immobilisé par deux équerres métalliques présentes de chaque côté. Une encoche présente dans la longueur du tube permet le raccordement du capteur au ressort. Le capteur peut donc suivre l'entière compression du ressort pour des mesures les plus précises possibles.



Figure 11 : Le système n'est plus aligné avec la sangle (il faut maintenant une poulie dans la trappe)

2) MESURES DE VITESSE + ACCÉLÉROMÈTRE

Nous utilisons deux systèmes de mesures de la vitesse afin de les comparer. Le premier utilise un tube de Pitot et le second exploite l'effet venturi. Les deux systèmes sont montés sur un support en PVC et les données sont compilées grâce à une carte Arduino, puis enregistrées sur carte MicroSD. Pour avoir encore plus de précision quant à la fiabilité des mesures, nous avons décidé d'intégrer 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.

De plus, les données sont récupérées à l'aide de quatre parallélépipèdes imprimés en PLA, placés sur le haut de la fusée et alignés avec les ailerons dans son axe. Deux d'entre eux contiennent les tubes de mesure de vitesse, qui acheminent l'air jusqu'au MPX5010DP, capteur différentiel de pression placé sur la carte Arduino.

En effet, l'un des blocs contient un tube de Pitot et un autre nous permet d'utiliser l'effet Venturi avec un rétrécissement du diamètre intérieur. Les deux autres sont factices, afin d'éviter de perturber la stabilité.

Enfin, il faut savoir que cette année nous améliorons la fixation du tube de Pitot en rajoutant un tube de centrage métallique à l'intérieur du bloc. 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.



Figure 12 :
Bloc
exploitant
l'effet
Venturi

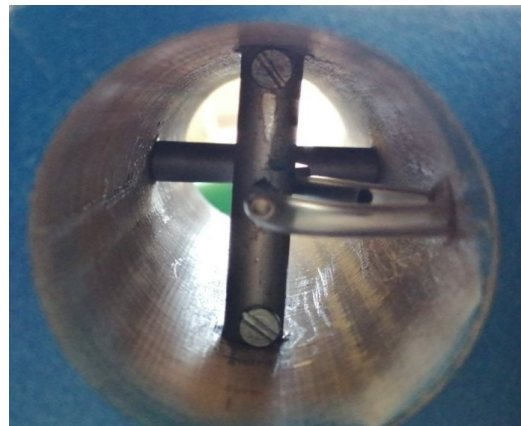


Figure 13 :
Bloc contenant
le tube de
Pitot

3) MESURES D'ALTITUDE + TEMPÉRATURE

L'Arduino qui s'occupe des mesures du tensionomètre gère 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.

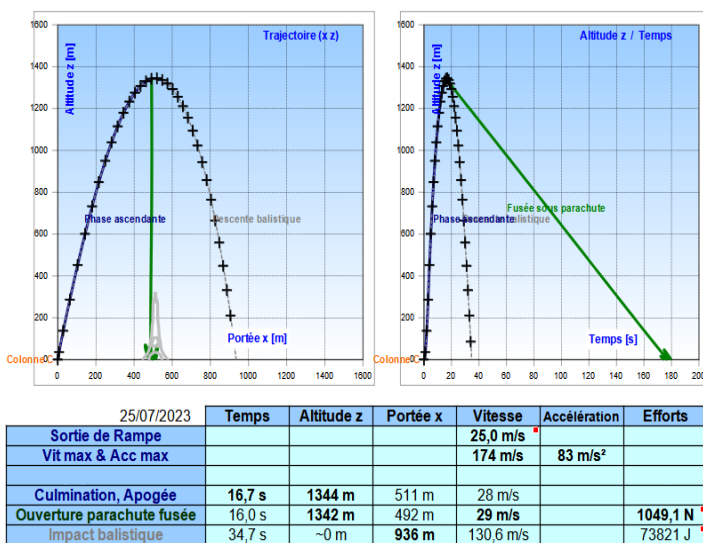


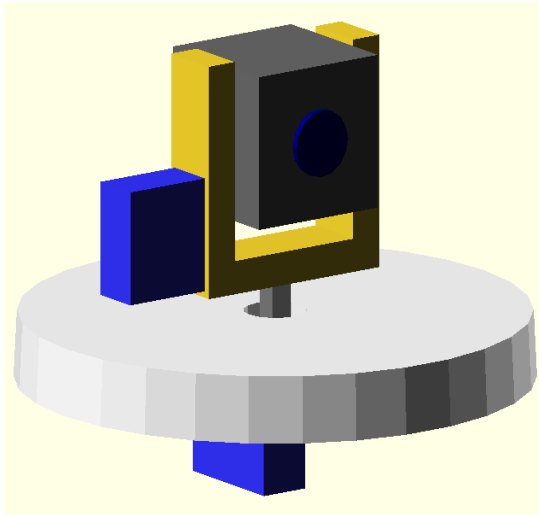
Figure 14 : Stabtraj

Avec un Cx 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.

4) CAMÉRA MONTÉE SUR SERVOMOTEUR

Figure 15 : La caméra



Une caméra cubique, de 3.1 cm de côté, se trouve au sommet de la fusée, protégée par un dôme de plexiglas. Les images seront enregistrées sur une carte MicroSD et pourront être récupérées après le vol. Un système de servomoteur, faisant des allers-retours entre 0° et 180° , permet 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.

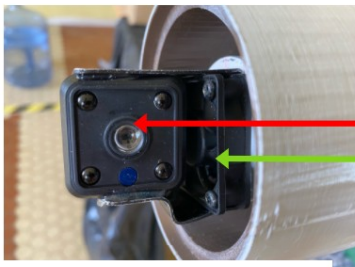
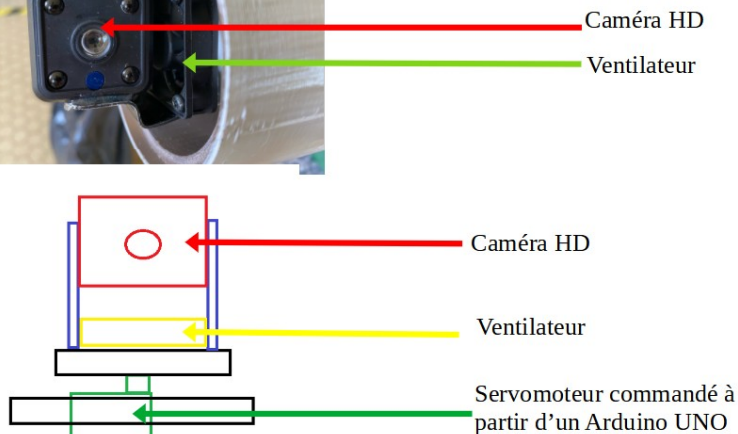
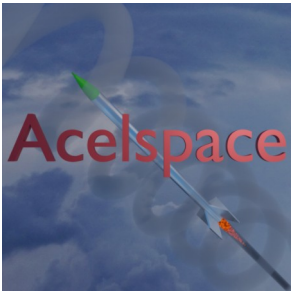


Figure 16 : l'ensemble du système caméra





5) ALIMENTATION DES EXPÉRIENCES

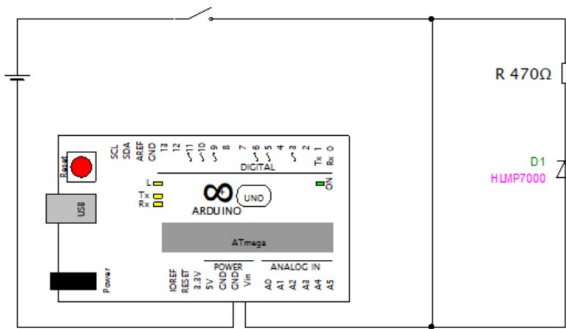


Figure 17 : schéma de l'alimentation de l'Arduino UNO

Sa consommation est d'environ 50mAh.

Arduino (Pitot + Venturi + contrôle servomoteur)

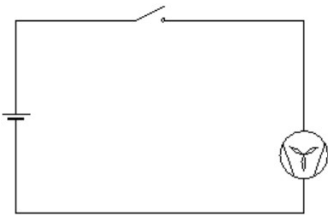


Figure 18 : alimentation du ventilateur

Ventilateur caméra

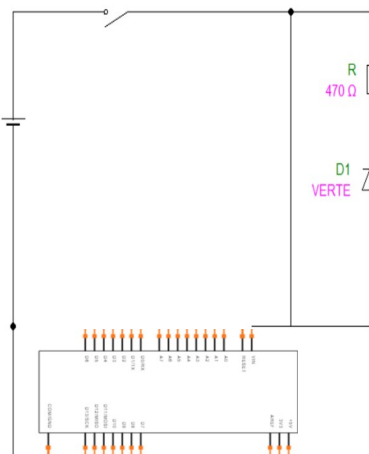


Figure 19 : alimentation d'un Arduino NANO

La fusée embarque 2 Arduinos NANO de ce type. Les deux alimentations sont similaires.

Un NANO s'occupe du tensionmètre et du BMP 180 (mesures d'altitude et de température).

Un 2ème NANO s'occupe de gérer l'accéléromètre.

Leur consommation est d'environ 20mAh.



6) STOCKAGE DES DONNÉES

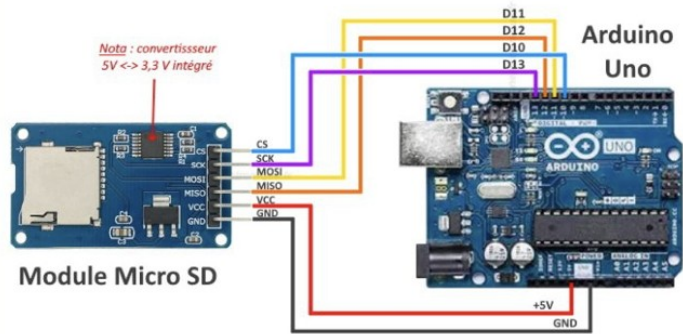


Figure 20 : raccordement du lecteur MicroSD à l'Arduino UNO

Toutes les données de nos mesures sont stockées sur carte MicroSD et exploitables post-vol. Voulant le moins de perte possible, nous enregistrons toutes nos données en temps réel. Pour avoir un maximum de valeurs et donc pouvoir tracer une courbe qui soit la plus représentative qui soit, nous prenons des mesures toutes les 50ms.

Cette année, nous n'embarquons pas de télémesure.

7) ÉTALONNAGE DES EXPÉRIENCES

Pour obtenir les valeurs du tube Pitot et du bloc exploitant l'effet Venturi, nous avons placé les blocs en dehors de la fenêtre de la voiture et nous avons roulé à différentes vitesses constantes afin d'obtenir des valeurs qui sont consignées dans les deux premiers tableaux ci-dessus.

Pour obtenir les valeurs du tensionomètre, nous avons simplement fait suspendre plusieurs poids de différentes masses au bout du ressort.

Figure 21 : données tube Pitot

Vitesse en Km/h	Valeurs mesurées
0	35
50	40
70	45
90	55
95	62
110	65
130	65
244,8	349

Figure 22 : données obtenues par effet Venturi

Vitesse en Km/h	Valeurs mesurées
0	36
55	40
70	45
80	50
85	55
90	60
95	62
100	65
110	72
130	85



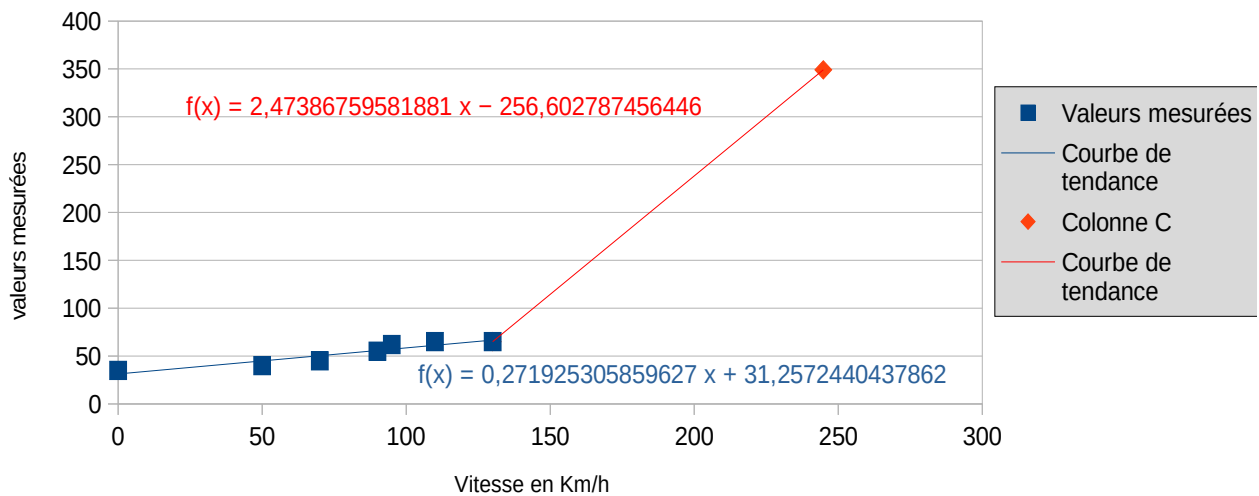
Figure 23 : données du tensionomètre

Masse	Valeurs mesurées
0	0
6,7	44
10	125
15	230
19,7	375
24,7	524
29,7	740
39,4	780
49,7	948

Ci-dessous voici les différentes courbes d'étalonnage de nos capteurs :

Courbe d'étalonnage du tube Pitot

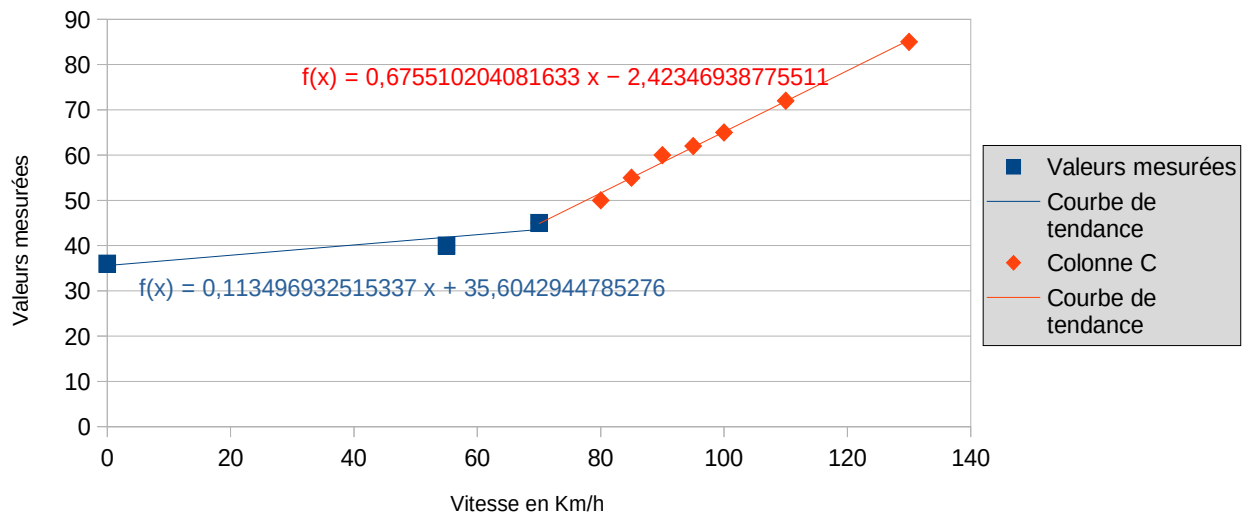
Valeurs mesurées en fonction de la vitesse





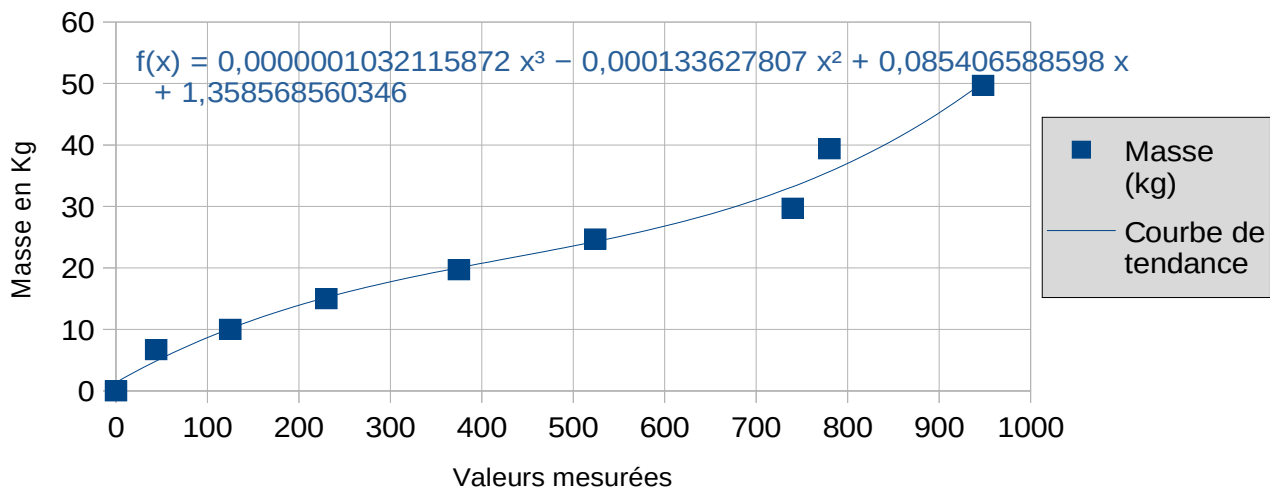
Courbe d'étalonnage de l'effet Venturi

Valeurs mesurées en fonction de la vitesse



Courbe d'étalonnage du Tensionomètre

Masse en fonction des valeurs mesurées



NB : Toutes les données mentionnées ci-dessus ne sont pas définitives et peuvent être amenées à changer si nous décidons de refaire des mesures d'étalonnage.