



PANDORA

Document de fin du projet



Fait par : Rémy Mousson / Adrien Vinatier



Membres présents sur le projet

- **Chef de projet** : Rémy Mousson
- **Equipe structure** : Adrien Vinatier, Alexander Postnikov
- **Equipe électronique** : Rémy Mousson, Antoine Jean
- **Parachute** : Jules Dailland

Résumé du projet

Cette année l'ENSMA SPACE PROJECT (ESP) a décidé de fabriquer plusieurs fusées dont une mini fusée : le but de cette mini-fusée était d'être le plus aérodynamique et le plus léger possible avec une structure totalement imprimée en 3D. Ce projet fut nommé OLYMPUS, cependant, lors de la RCE1, on nous a dit qu'au vu du nombre de Fusex, il y avait de bonnes chances de ne pas pouvoir lancer OLYMPUS sur les rampes fusex. Etant encore tôt dans le développement et ne voulant pas gâcher nos chances de vol ni devoir brider la fusée, nous sommes partis sur un autre objectif : filmer la descente sous parachute.

Le projet s'est donc transformé en fusée avec une coiffe ouvrable cachant une camera 360° et a été renommé PANDORA pour rester dans la mythologie grecque et faisant référence à l'ouverture de la coiffe comme la boîte de Pandore.



Table des matières

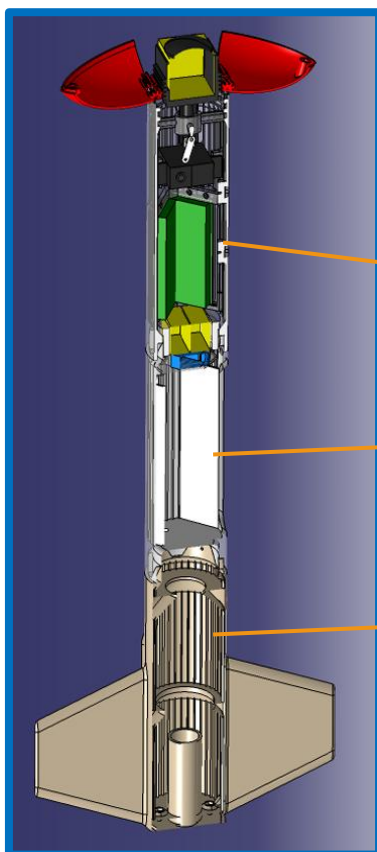
PANDORA	1
1.Introduction.....	3
2.Description mécanique	3
2.1.Description globale.....	3
2.2.Stabtraj et ailerons	3
2.3.Système de parachute.....	3
2.4.Structure électronique	3
3.Description électronique.....	3
4.Déroulement du vol.....	3
5.Problèmes rencontrés	3
6.Conclusion	3

1. Introduction

La fusée PANDORA a été réalisée totalement par des élèves de 1ère année de l'école d'ingénieur à l'ISAE ENSMA. Aucun de nous n'avions d'expérience sur la réalisation de fusée mais une grande envie de découvrir plus profondément ce domaine. Nous avons travaillé sur ce projet afin d'acquérir cette expérience pour pouvoir la réutiliser pour des projets plus ambitieux dans le futur.

2. Description mécanique

2.1. Description globale



La structure est composée de 3 modules :

- Un module électronique, contenant les deux cartes Arduino ainsi que le système d'ouverture de la coiffe
- Un module parachute qui contient le parachute et le servo contrôlant son ouverture
- Un module moteur composé du fuselage et des 4 ailerons en une pièce et de la bague de fixation du moteur

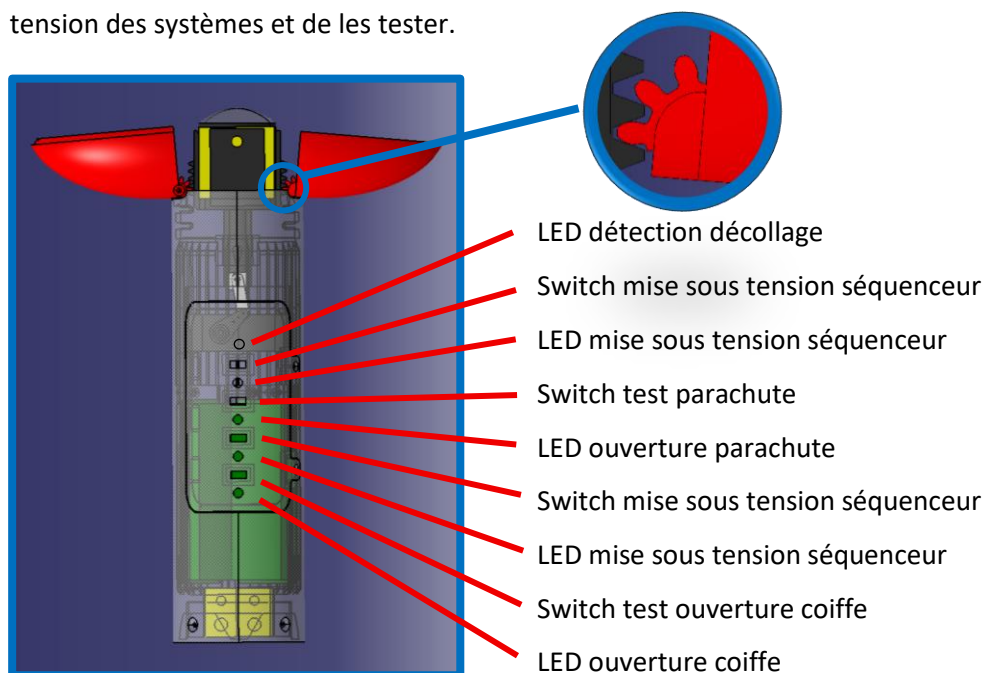
Le module électronique et parachute sont en PLA, le module moteur quant à lui est en PETG.



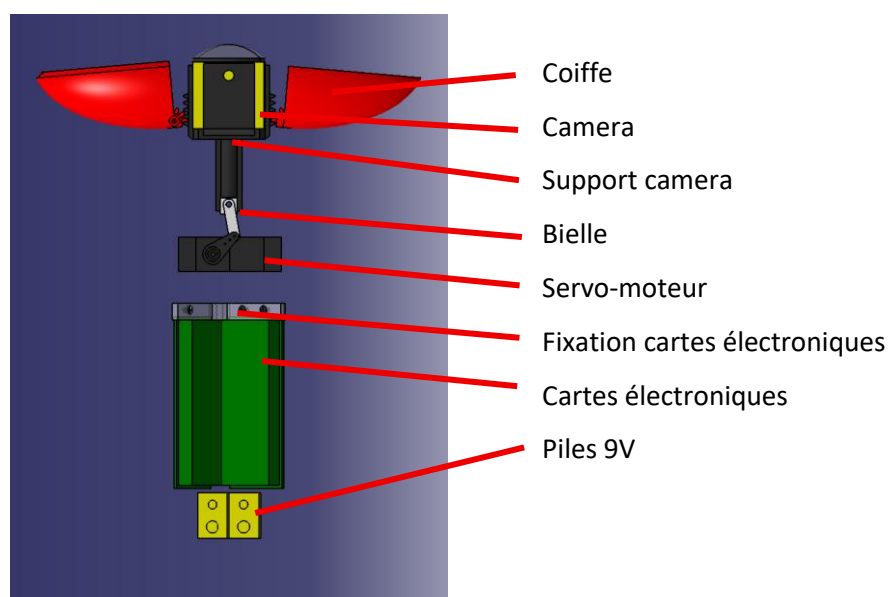
■ Module électronique

Le module contient toute l'électronique de la fusée mais supporte aussi la caméra et la coiffe. Pour ouvrir la coiffe, on utilise un système composé d'un servo-moteur et d'une bielle pour pousser le support de camera vers l'avant, en avançant, le support camera ouvre les 2 demi-coiffe avec une crémaillère.

Une porte sur le module permet l'intégration des cartes électroniques, du servo ainsi que le système d'ouverture de la coiffe. Des interrupteurs et LEDs sont fixés sur la porte, ils permettent la mise sous tension des systèmes et de les tester.



Dans le module, nous trouvons les 2 cartes électroniques, elles sont glissées dans des rails puis bloquées en place avec une pièce vissée. 2 piles, une pour chacun des systèmes se trouve dans la jonction entre ce module et le module parachute, elles sont fixées à la structure par du scratch adhésif.



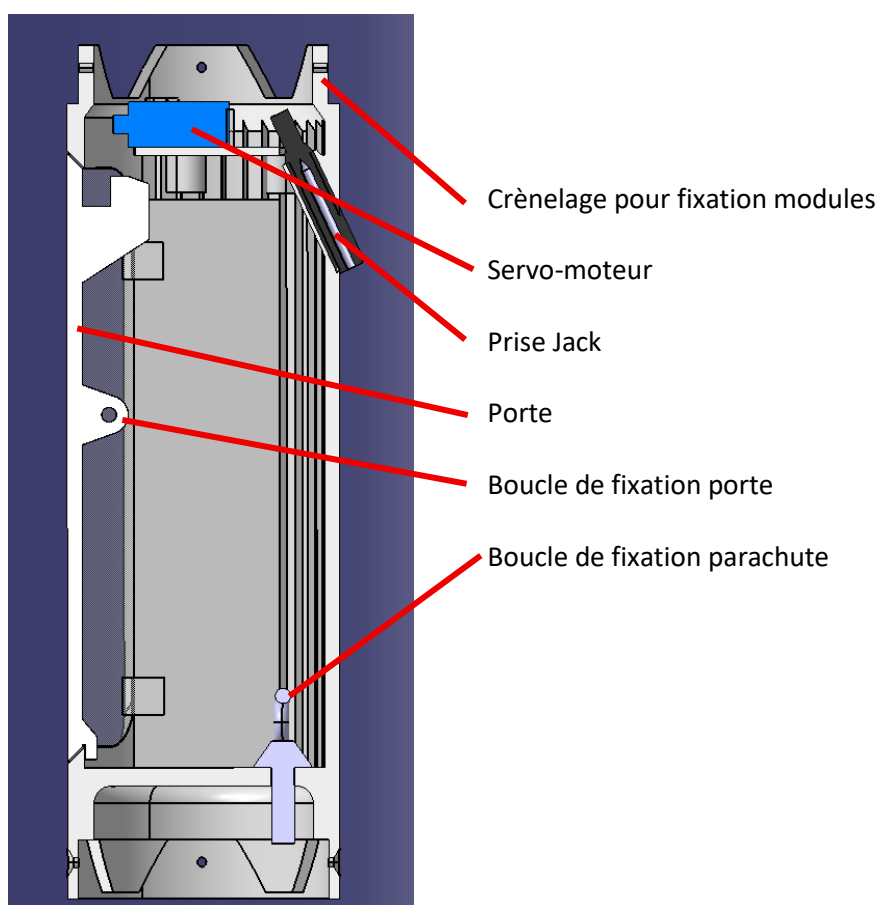


■ Module Parachute

Le module parachute contient bien sur le parachute mais aussi le loquet de la porte du parachute ainsi que la prise jack permettant la détection du décollage.

Le loquet de la porte est juste un petit servo tourant dont le bras de 75° pour déverrouiller la porte. La prise jack se trouve à l'opposé de la porte.

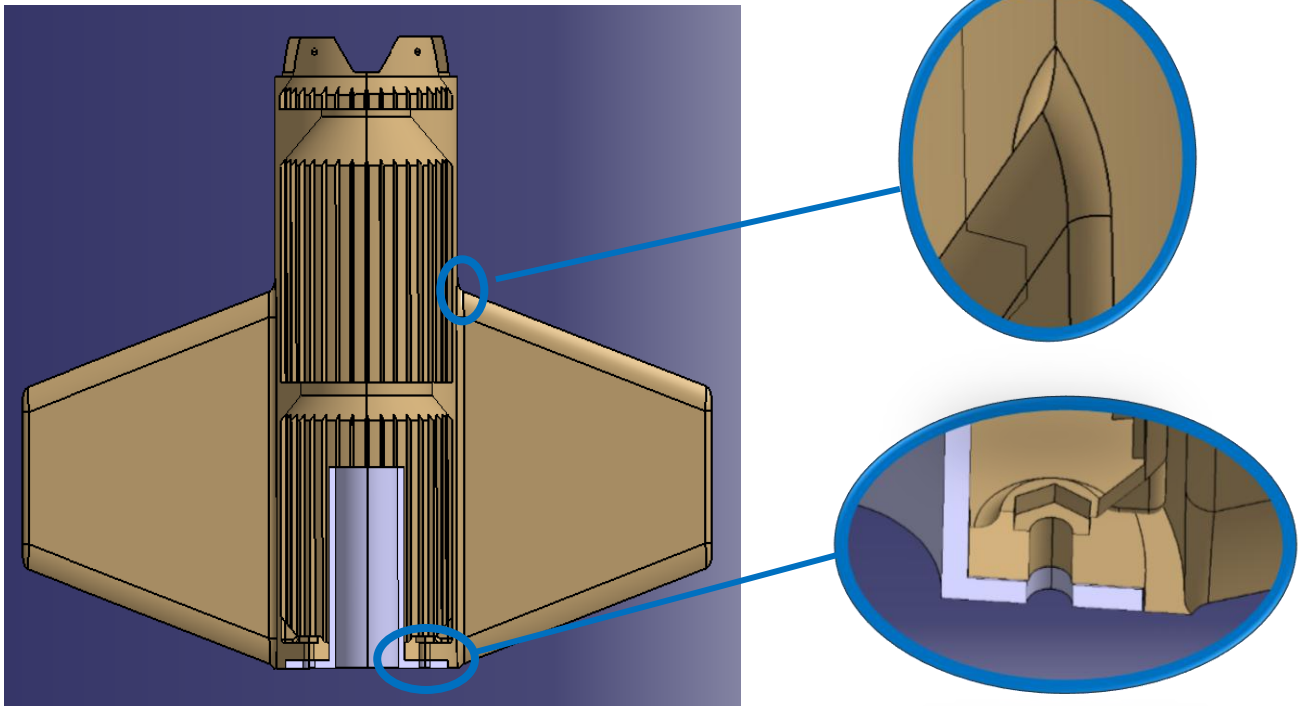
La porte est attachée au parachute par un fil attaché à une boucle au centre de la porte et le parachute est attaché à la structure par une boucle en acier vissée au plancher du module.



Le servo-moteur ne fait pas que déverrouiller la porte mais il la pousse aussi vers l'extérieur : la porte étant incurvée pour suivre la géométrie du fuselage, sur la fin de course du servo le bras pousse le côté droit de la porte vers l'extérieur dans le flux d'air afin de la dégager et faciliter le déploiement du parachute.

Le parachute et ses filins sont pliés de façon que dès que la porte est tirée par le flux d'air, elle emporte sans effort tout le parachute encore plié dehors. Le parachute se déploie donc totalement à l'extérieur de la fusée aidé par le vent relatif.

■ Module moteur



Le module moteur est composé du fuselage et d'une bague en aluminium, la bague supporte le moteur et isole la structure en PETG de la chaleur de celui-ci.

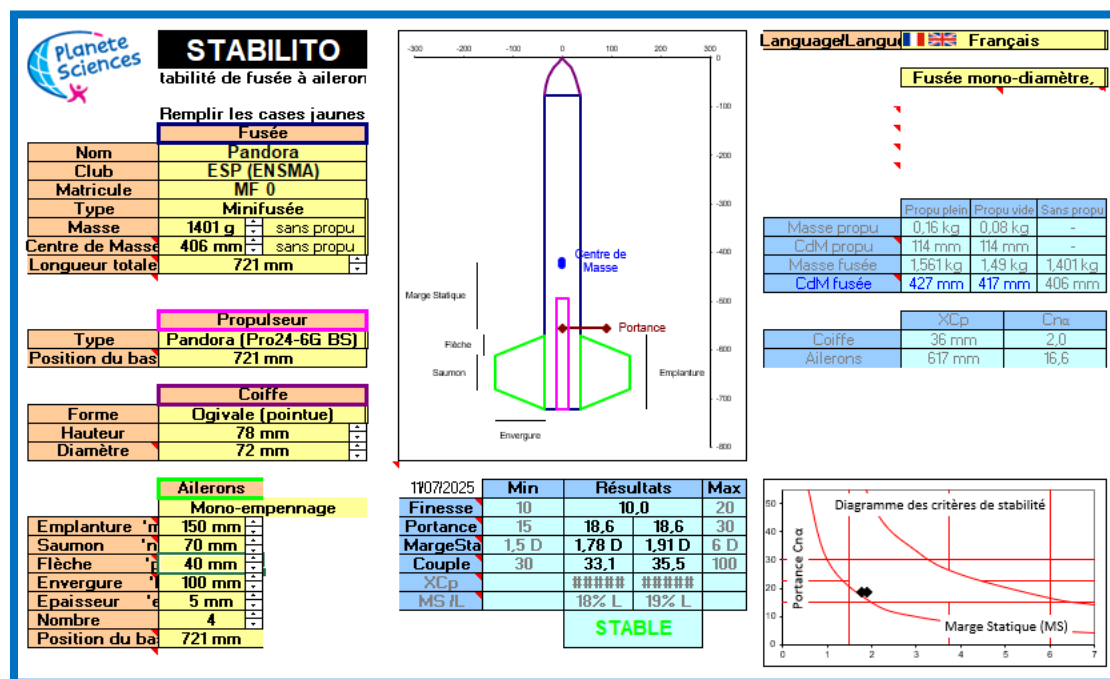
Les 4 ailerons et la structure du module sont imprimés en une pièce pour avoir une transition entre le cylindre du fuselage et les ailerons adoucis par des congés et donc être plus aérodynamique (Design gardé de OLYMPUS). La forme trapézoïdale des ailerons a été choisie seulement pour son apparence.

Pour tous les modules, la peau du fuselage est de 2mm renforcée par des longerons tous les 10°, la fixation entre les modules est sur une plutôt grande surface et les ailerons font 5mm d'épaisseur. Cela donne à la fusée une grande rigidité et résistance.

Lors du vol, il est prévu que la fusée impact le sol la coiffe en premier, la fixation de la coiffe étant l'un des points le plus fragile de la fusée, celle-ci est quasi assurée de cassé à l'atterrissage.

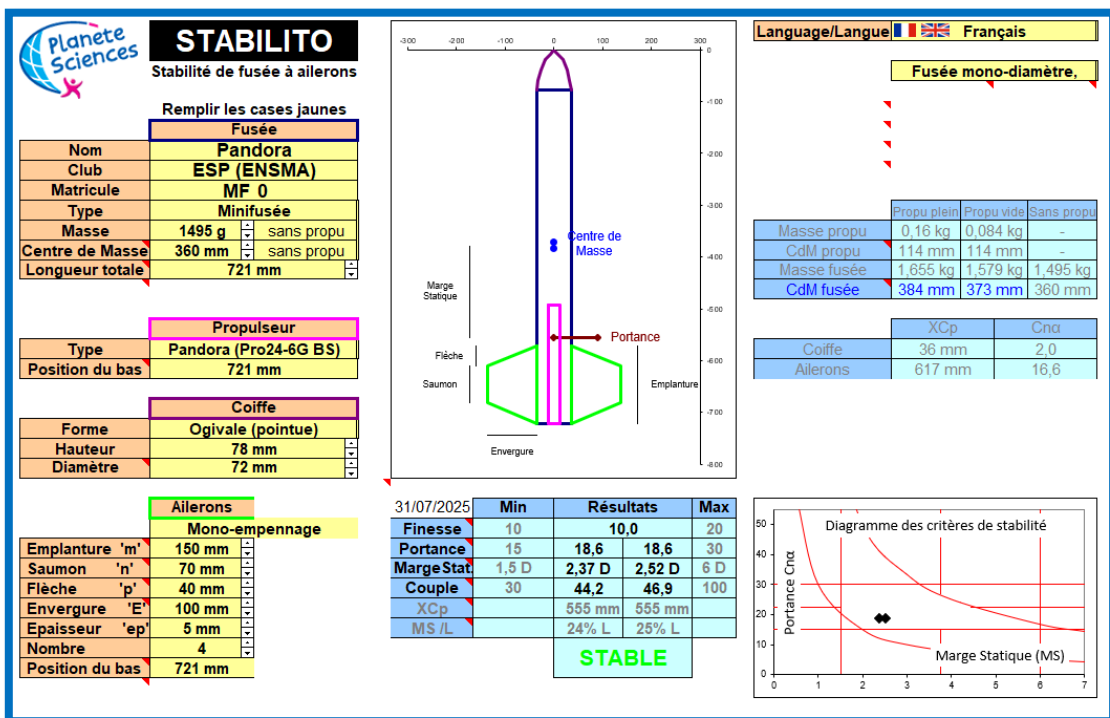


2.2. Stabtraj et ailerons



Stabtraj post RCE3

Ici la fusée est à la limite de la stabilité cependant à la suite du changement de place de quelques composant électronique, le centre de gravité a été changé de façon à être plus stable.

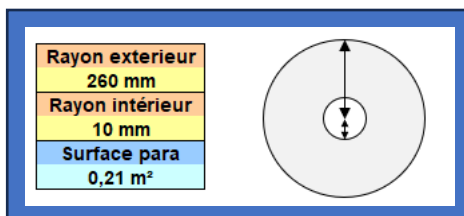


Stabtraj post changement



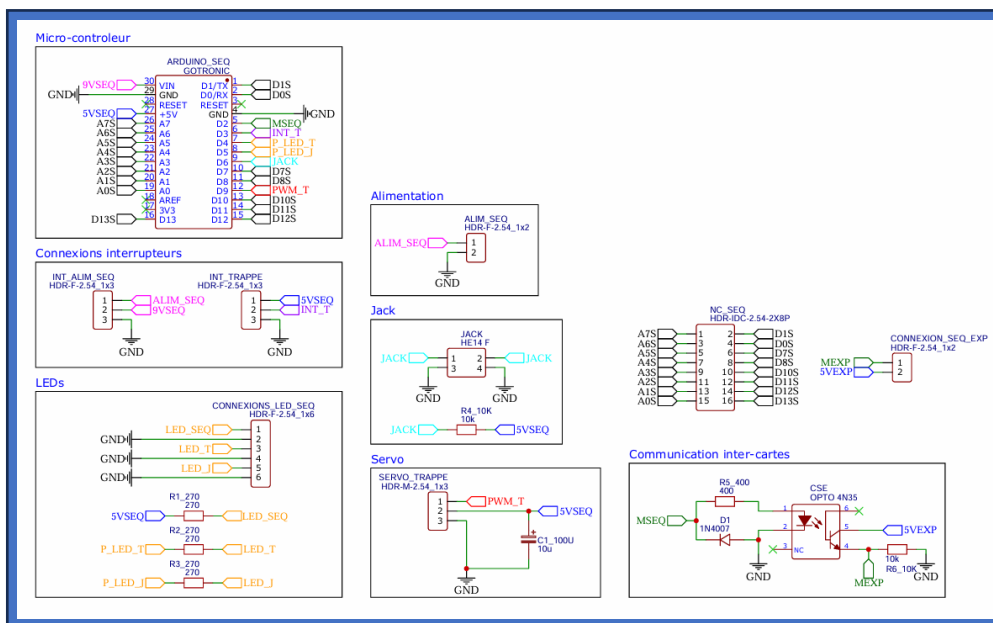
2.3. Système de parachute

En raison du manque de place dans notre module parachute, nous avons opté pour un parachute minimal. Avec le poids de 1.4kg de notre fusée, et les dimensions de notre parachute, la vitesse de descente est de 10 m/s. Ce qui est parfaitement compris entre 5 et 15 m/s, même si cela reste relativement rapide.

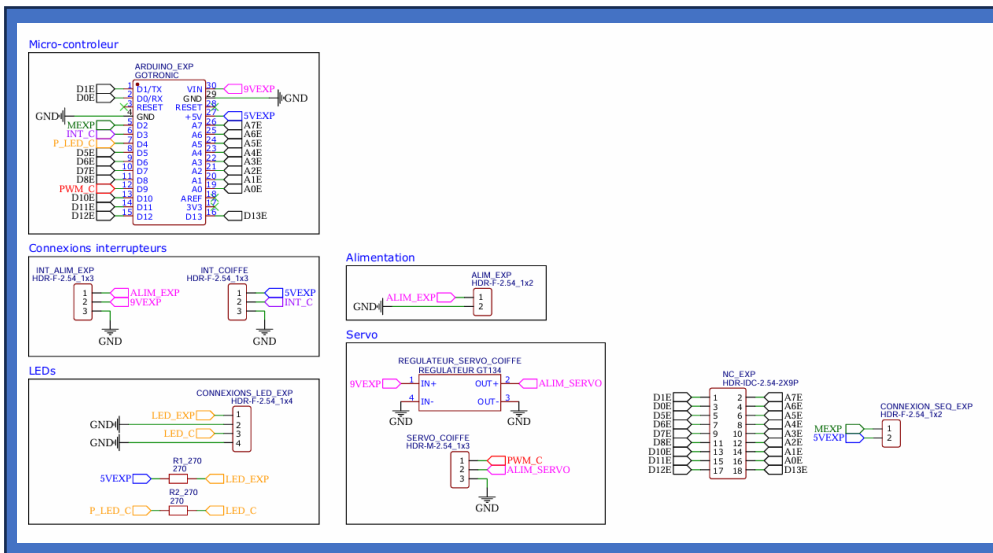


3. Description électronique

Carte séquenceur



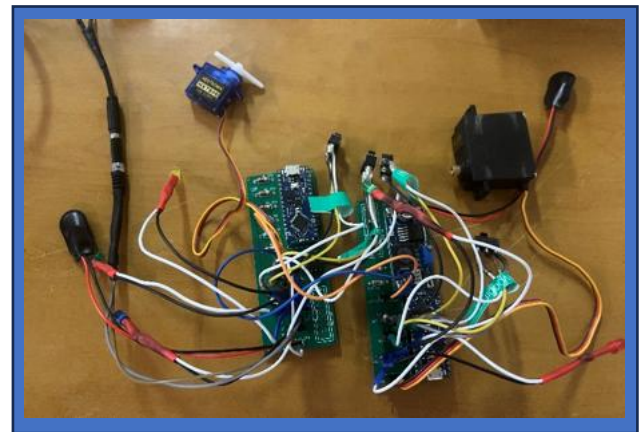
Carte expérimentale





- Cette fusée utilise deux circuits imprimés (PCB) de notre conception. Grâce à la prise en main du logiciel EasyEDA, on a pu avoir nos PCB, un moyen bien plus pratique et sûr que de le faire sur une carte trouée vierge. Chacun des PCB accueille une carte Arduino Nano Every.
- Le PCB du séquenceur sert dans cet ordre à la détection du décollage, lancé le chronomètre, ouvrir la porte du parachute puis lancé un signal au second PCB. Ce PCB est relié à 3 interrupteurs et 3 LEDs pour tester les servo-moteurs et avoir un feedback sur les agissements de l'Arduino.
- Le PCB de l'expérience à moins de tâches, une fois mis en tension, il attend le signal du PCB séquenceur via un opto coupleur et ouvre la coiffe dès qu'il le reçoit. Il n'est relié qu'à 2 LEDs et son interrupteur d'alimentation.

Le tout assemblé donne ce résultat. Le tout semble brouillon mais l'abondance de fils est dû aux LEDs et interrupteurs positionnés sur la porte, les fils doivent être assez longs pour atteindre celle-ci mais aussi avoir assez de mou pour l'ouvrir afin de travailler dans le module si besoin.



4. Déroulement des tests et du vol

La carte Arduino séquenceur à 2 modes : mode "sol" et mode "vol" :

Les tests se déroulent en mode "sol", la mise sous tension des PCB allume 2 LEDs vertes, une par PCB pour montrer qu'elles sont bien sous tension.

Actionner l'interrupteur de test coiffe ouvre la coiffe et allume la LED jaune, le réactionné referme la coiffe et éteint la LED.

Actionner l'interrupteur de test parachute ouvre la porte du parachute et allume la LED rouge, le réactionné ferme le loquet et éteint la LED rouge.

La dernière LED est la bleue et elle est liée au mode vol, si la prise jack est déconnectée, le PCB séquenceur passe en mode "vol" :

En mode vol, l'Arduino lance le chronomètre allume la LED bleue, ferme la coiffe et le parachute si ça n'était pas le cas et ignore tout signal des interrupteurs test. L'apogée de la fusée arrivant 7 secondes après le décollage selon le Stabtraj, le PCB ordonne l'ouverture de la porte du parachute 7,5 secondes après le décollage, puis l'ouverture de la coiffe 0,5 seconde plus tard.



Tourne vis plat / Scotch / ciseaux					
Etapes	Actions	Personn	Où	Durées	Total
1	Devisser entre compartiment para et elec	Adrien	vie	1min30s	
2	changement piles	Adrien	vie	5s	
3	Visser entre compartiment para et elec	Adrien	vie	1min30s	8min
4	Alimentation coiffe : leds verte/rouge allumées	Remy	Club	5s	
5	Alimentation parachute : leds vertes/jaune/bleue allumées	Remy	Club	5s	10s
6	Ouverture coiffe : servo c	Remy	Club	5s	
7	Devisser support caméra	Remy	Club	20s	
8	Enlever caméra	Remy	Club	10s	
9	Allumer caméra : Appuyer sur le bouton MODE jusqu'au bip puis appuyer sur le bouton OK	Remy	Club	15s	
10	Poser caméra	Remy	Club	10s	
11	Visser support caméra	Remy	Club	20s	
12	Fermeture coiffe : servo c	Remy	Club	5s	
13	pose du scotch sur la coiffe	Remy	Club	2min10s	3min30
15	Mise en place rampe et à 80°	Remy	rampe	20s	
15	Fixation Jack	Remy	rampe	1min	
13	Alimentation coiffe : leds verte/rouge allumées	Remy	rampe	5s	
14	Alimentation parachute : leds vertes/jaune/bleue allumées	Remy	rampe	5s	1min30

La chronologie pré-vol de PANDORA était essentiellement en tente club avec juste le placement en rampe et la mise sous tension des PCB en zone de lancement

5. Problèmes rencontrés

Nous avons rencontré quelques problèmes durant le développement mais aussi durant la certification vol aux C'space mais nous avons pu les régler avant le vol.

Malgré l'utilisation de 3 imprimantes 3D, la seule pièce finale ayant été imprimé en PETG fut le module moteur. Les imprimantes ne sont pas arrivées à imprimé plus de 5 couches malgré le changement de buses/paramètres d'impression alors que les prototypes imprimés quelques semaines plus tôt était parfaitement bien sorties. Pour cette raison, aux lieux d'être 100% PETG comme prévu, PANDORA est 70% en PLA transparent avec seulement le module moteur en PETG.

Aux C'space, nous avons été informés que la prise Jack 'n'était pas au bon endroit : pour ne pas toucher la cage de lancement, la prise doit être alignée avec un aileron, or la nôtre était pile entre deux ailerons. Il a donc fallu sortir la prise, colmaté le trou, en percé un nouveau au bon endroit et recollé la prise à la hâte pour repasser la validation dans les temps pour pouvoir voler le mardi, étant le dernier jour où les minif sont prioritaire au lancement.

Aussi durant l'intégration finale des faut contact son apparu sur la prise pour le servo de la coiffe sur le PCB. Ressouder la prise n'a bizarrement pas totalement régler le problème, nos essais montrant bien la prise du doigt comme coupable de ce problème, ce fut régler en branchant la prise de façon qu'une légère contrainte soit tout le temps présente au niveau des contacteurs et le tout sécurisé par une bonne plâtrée de colle.

6. Conclusion

Le projet de PANDORA s'est conclu avec un vol nominal, nous avons pu récupérer de belles images de la descente de la fusée. Comme prévu la coiffe n'a pas résisté à l'atterrissage mais la caméra à parfaitement résistée malgré qu'elle soit la seconde à voir impacté le sol à 10m/s.

Ce projet nous a permis de tirer beaucoup d'enseignements sur les aspects électroniques et de la construction d'une fusée. Nous n'avions aucune expérience sur le sujet à par pour du codage mais nous avons réussi à faire une fusée fonctionnelle ensemble. Je tiens à remercier tous les membres de l'équipe de PANDORA pour leur contribution au projet et à sa réussite.

