



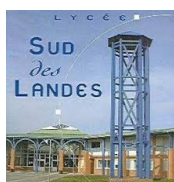
ASL

SCALLI



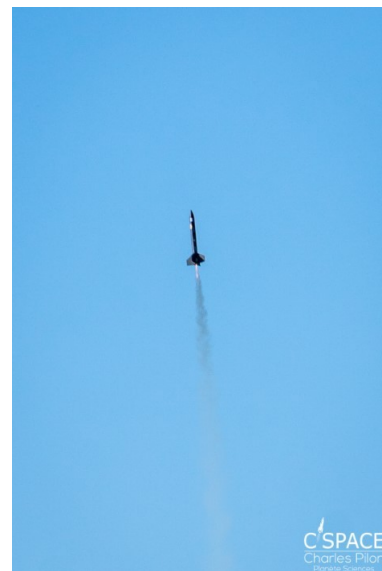
Rapport de projet ASL – SCALLI projet MF-28 année 2023-24

Résumé: Créer et fabriquer une minifusée fonctionnelle capable de calculer son altitude, par trois jeunes mineurs de 16 ans, partant de zéro et en autonomie.



Sommaire:

- I. Remerciements
- II. Genèse du club et déroulé de l'année
- III. Caractéristiques SCALL I
 - III.1. Présentation générale
 - III.2. Paramètres de la fusée
- IV. Conception Structurale
 - IV.1. Description structurelle
 - IV.2. Usinage des pièces
- V. Electronique
- VI. Expérience
- VII. Rapport de vol
- Conclusion



I - Remerciements

Avant de présenter notre projet, nous tenons à remercier tous les acteurs, toutes les personnes qui nous ont aidé à la réalisation du projet. Pour notre première participation, nous avons pu compter sur l'aide d'un grand nombre de personne. Sans ces aides, notre participation aurait été impossible.

Nous remercions :

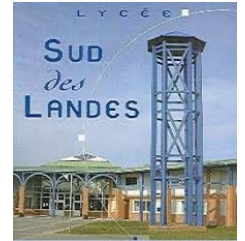
- Nos familles qui nous ont accompagnés, aidés et supportés car 3 jeunes qui parlent d'une fusée toute l'année, ça peut inquiéter ! Nous remercions particulièrement Chantal Dufourg, qui a sacrifié une semaine de congés pour nous accompagner durant le C'Space, des fusées, du stress et de la sueur, il n'y a rien de plus reposant en vacances.
- Les participants de la cagnotte en ligne ainsi que les connaissances pour nous avoir aidé financièrement : Jean Jacques Dosba, Michel et Lucette Mancicidor, Jean-Claude et Marie Claire Degert, Sylvie Palliès, Ghislaine Chibrac, Wandanne, Joël et Martine Bodrefaux, Bernard Brutails, Philippe Dufourg, Alain Fini, Alain Térieur, Tonton Cassard, Tony Stark, Bruno Lagrave, Claude et Kinou Cassard, Laurence Jourdan, l'Agence Spatiale Corse. Nous remercions les participants de la cagnotte pour leurs noms originaux.
- Les mairies de St-Vincent de Tyrosse, tout particulièrement Monsieur le maire Régis Gelez, Sandrine Descazeaux-Hargous, Sandrine Petitgrand, Sandy Etcheguibel, ainsi que la mairie de Soustons avec Madame la maire Frédérique Charpenel et Nicolas Majerus, pour leur subvention et leur écoute.



- La mairie de St-Jean de Marsacq pour avoir relayé sur son site internet le lien de la cagnotte en ligne ainsi que les informations de notre projet.

- Le Lycée Sud de Landes et son personnel (M.Greco, M.Francis ainsi que les gestionnaires) pour l'aide qu'ils nous ont offert et leur intérêt à l'égard de notre projet. Merci au professeur de Sciences de l'Ingénieur Simon le Doze pour nous avoir :

- consacré des heures de son temps libre afin de nous apporter un regard critique d'ingénieur,
- aidé à la prise en main de logiciels comme SolidWorks
- laissé utiliser l'imprimante 3D de la salle de SI. Merci à tous les élèves de la classe de SI pour avoir proposé des design d'ogives, ailerons ...



- Tradi Carrelages Associés, Serge, Pascal et Sonia pour avoir été nos sponsors.



- Matthieu Laurine de l'atelier « Du fil à retordre » pour nous avoir aidé à usiner avec des machines de précisions le tube, la trappe, les bagues moteur et les ailerons de la fusée ainsi que pour nous avoir initié à la méthodologie de travail de l'usinage avec la mise en place d'un process, de mesures de sécurité. Un immense merci, nous avons grandement appris lors des journées passées dans ton atelier.



- Eric Dufourg pour nous avoir donné les suspentes de KitSurf qu'il avait trouvées sur la plage de Seignosse.

- Igor Decavele pour son fer à souder qui a tristement cessé de fonctionner au beau milieu de la semaine du C'Space. Merci à l'équipe KunturSat du Pérou pour le prêt de leur fer à souder pour la deuxième partie de la semaine !

- Isabelle Chambon pour l'écriture du magnifique article sur notre projet, paru dans le journal Sud Ouest.



- Jacinta Fauville pour son sac à fusée, indispensable à la RCE 3 pour transporter la fusée ressemblant à un « petit missile » dans les transports en commun parisiens à 1 mois des JO.

- Sébastien Lochet pour la découpe des premières versions des ailerons.

- Lilian Mancicidor pour l'usinage de bagues propulseurs en alu.

- Agathe Bricout qui a délaissé l'aviron pour faire la peinture et le design de notre fusée.

- Le CNES et Planète Sciences pour avoir organisé ce magnifique C'Space 2024 . Nous tenons à remercier Damien Poix pour les conseils de la RCE 1, Anthony Gautier (le chef de nous) pour la RCE 2, Valentin Sartoux pour la RCE 3, Zoé Dinety et Thomas Guérin pour avoir traumatisé notre pauvre fusée pendant les contrôles, nous nous en sommes remis, et enfin tout le personnel de la Débug team qui a pu trouvé avec l'électronique de notre fusée, un défi à la hauteur de leurs capacités pour comprendre jours après jours d'où venaient les problèmes.

- Enfin, merci aux équipes d'Élisa Aérospace, Alcespace, pour leur aide et leur optocoupleur !



II – Genèse du club et déroulé de l'année

Le club Agence Spatiale Landaise (ASL) a été créé en Octobre 2023 par ses trois membres fondateurs : Lukas Dufourg, Lucas Jourdan, Arthur Bodrefaux. Ayant pour but de participer au C'Space, nous nous sommes inscrits à cette campagne de lancement en Octobre afin de concevoir une mini-fusée : SCALL I, en parallèle de notre vie de lycéens en première. Nos spécialités ont fait que chacun de nous s'est spécialisé dans un domaine : Lucas (sciences de l'ingénieur) s'est occupé de la mécanique, Lukas (sciences de l'ingénieur) s'est occupé de la mécanique et de l'administratif, Arthur (numérique sciences informatiques) a fait les codes pour la minuterie et l'expérience.

Durant 10 mois, nous avons en totale autonomie :

- fondé une association loi 1901 du nom d'Agence Spatiale Landaise
- créé une cagnotte en ligne
- été mis en avant dans un article du journal « Sud-Ouest »
- ouvert un compte en banque
- élaboré un dossier de demande de financements
- rencontré des maires afin de présenter notre projet
- établi un budget prévisionnel
- demandé des subventions/ financements à des organisations publiques et privées
- sensibilisé des jeunes de 9 à 14 ans, après le C'Space, aux sciences et aux fusées en faisant des ateliers à l'espace jeune de Soustons
- réalisé une fusée répondant au cahier des charges du C'Space ... et passé notre bac de Français accessoirement.

Tout ces éléments ont été organisés par nos soins selon un rétroplanning :

<u>Octobre :</u> formation de l'équipe, inscription au C'Space et RCE 1.	<u>Novembre :</u> étude de concepts de fusées, formes, et envoi du dossier de définition.	<u>Décembre :</u> élaboration du dossier de demande de financements.	<u>Janvier :</u> étude de l'organisation interne de la fusée. StabTraj défini.	<u>Février :</u> RCE 2 à Bordeaux, rencontres avec élus pour subventions, création cagnotte en ligne.
<u>Mars :</u> rencontre avec journaliste et passage au Sud Ouest, création de l'association, découpe première version des ailerons.	<u>Avril :</u> achat de matériel, usinage du corps de la fusée, des ailerons, des bagues en impression 3D, du parachute, rencontres avec élus. Envoi Stabtraj.	<u>Mai :</u> ouverture du compte bancaire, fabrication de la première version du module électronique, intégration parachute, ponçage trappe, rencontres avec entreprises privées pour sponsors.	<u>Juin :</u> insertion des ailerons et bagues ailerons, RCE 3 à Paris avec préqualification au C'Space, (bac de français au passage), achat de matériel et fabrication 2ème version du module électronique, peinture de la fusée.	<u>Juillet :</u> Semaine du C'Space (finitions, fabrication de la 3 ÈME VERSION du module électronique et lancement). Sensibilisation des jeunes de l'espace jeune, rédaction du rapport juillet/août.

Pour cette première année de participation, nos objectifs étaient simples : faire voler une minifusée avec un parachute qui se déploie correctement. Nous ne savions pas si nous aurions pu mettre en place une expérience mais nous avons réussi à insérer un altimètre. Les procédures administratives et les demandes de subventions ont été très longues, nous avons donc été contraints de construire notre fusée pendant la période de révision du bac, un timing peu optimal qui a occasionné quelques jours de travail acharné, dans le stress pour avoir une fusée viable pour la RCE 3 notamment. Nous en avons tiré des enseignements et de potentiels futurs projets seront plus réfléchis et étalés le long de l'année.



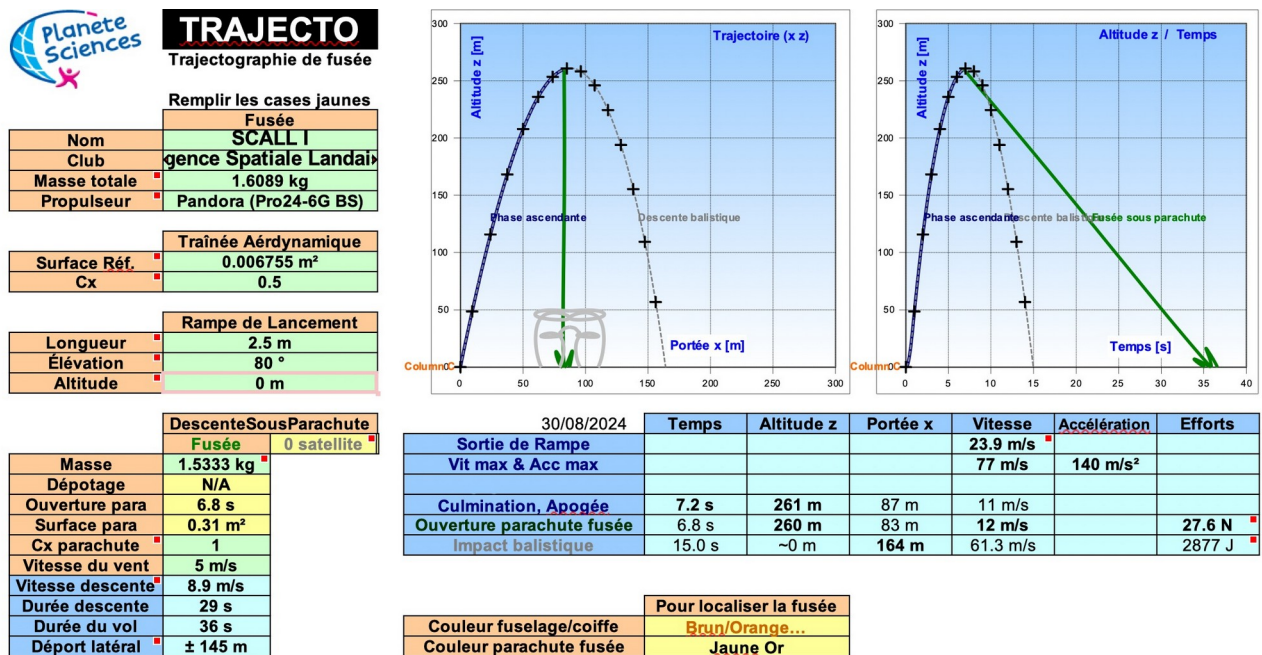
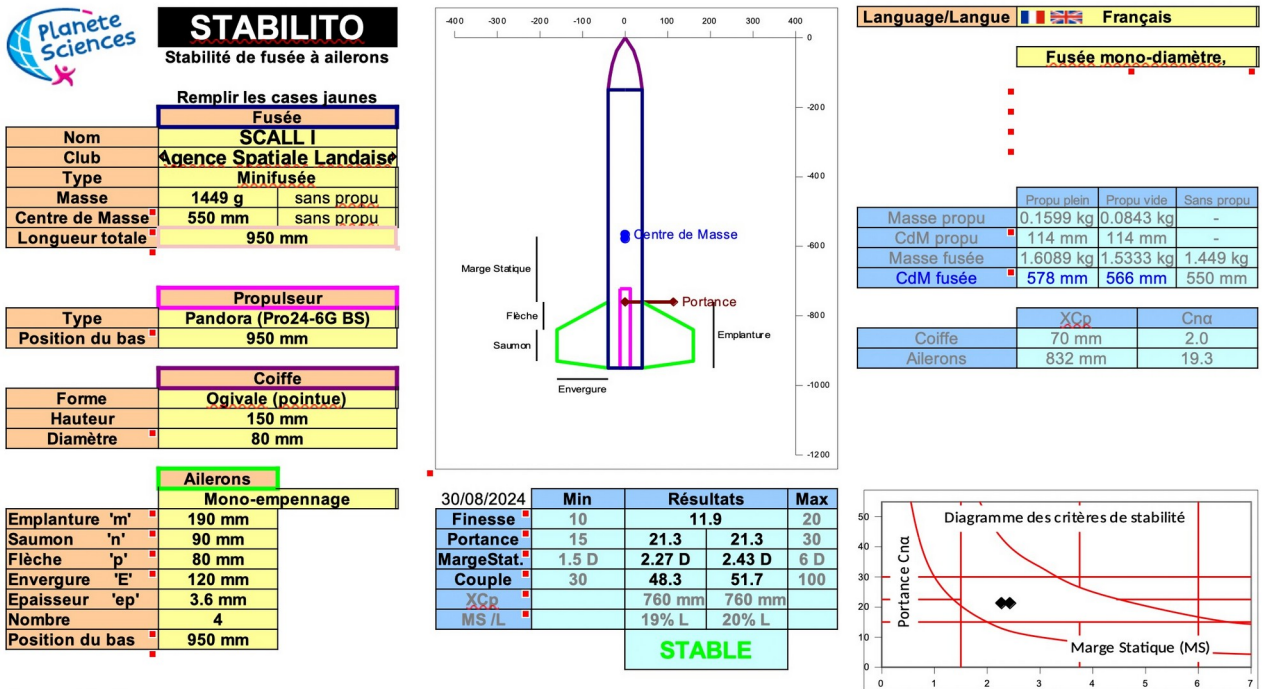
Photo de notre équipe :

De gauche à droite : Arthur Bodrefaux, Lucas Jourdan, Lukas Dufourg.

III – Caractéristiques SCALL I

1. présentation générale

La mini-fusée SCALL I doit répondre à un cahier des charges strict. Nous avons dû procéder à la conception des pièces pour les faire correspondre avec le cahier des charges. Equipée d'un propulseur à poudre pandora pro24-6G, les contraintes nous ont obligé à faire des choix sur les matériaux utilisés. Pour la modélisation, nous avons eu recours au logiciel StabTraj dont voici les images.



2. Paramètres de la fusée

Masse totale (sans propu) : 1 449 g

Centre de masse : 550mm

Longueur totale : 950mm

Propulseur : Pandora (PRO24-6G BS)

Coiffe : Forme : Ogivale

Hauteur : 150mm

Diamètre : 80mm

Ailerons : Emplanture : 190 mm

Saumon : 90mm

Flèche : 80mm

Envergure : 120mm

Epaisseur : 3.6mm

Nombre : 4

Position du bas : 950mm

Estimation de trajectoire : Apogée : 261 m

Durée de vol : 36 secondes

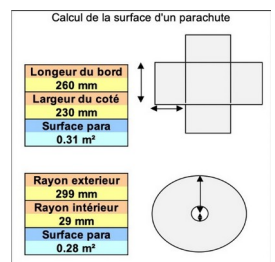
Impact balistique : 164 m

IV. Conception structurelle

1. description structurelle

La fusée Scall I est une fusée composée en majorité de PVC (tube pour le corps de la fusée) mais est aussi dotée de pièces en PLA comme l'ogive. Il y a 4 ailerons qui s'insèrent dans la fusée avec les bagues moteur. Nous avons utilisé une rampe rail pour le lancement de notre projet.

Pour récupérer notre fusée en un seul morceau (ce qui est préférable) nous l'avons équipée d'un parachute en forme de croix de dimensions 260 mm pour les bords et 230 mm pour les côtés. L'aire totale du parachute est au final de 0.31m². Les suspentes sont faites en suspentes de Kit-Surf, trouvées sur la plage de Seignosse. La trappe latérale a été poncée à la main avec précision pour assurer un emboîtement parfait sans prise au vent. Le système d'ouverture est assuré par un servomoteur SG-90 et un crochet.



Trappe avec crochet et servomoteur



Module électronique

Ensuite, les supports des cartes électroniques ont été imprimés en 3D en PLA. Ils nous ont ainsi permis de maintenir la partie électronique à l'abri de turbulences trop importantes durant le vol ce qui aurait pu empêcher l'ouverture du système de récupération. Dans une optique d'écologie, d'économie surtout et de réutilisation, nous avons récupéré les composants électroniques (comme les résistances, prise jack mâle, câbles) dans un coffret d'expérience électronique pour enfant.

La prise jack femelle quant à elle, a été récupérée dans un casque audio défectueux, désossé et désoudé par nos soins. De plus, les bagues moteur en bois ont été découpées dans une planche de bois massif venant d'une ancienne armoire ayant fait son temps, désossée également par nos soins.

Pour finir, nous avons dessiné le bord de l'ogive pour qu'elle s'insère dans le tube de PVC qui compose le corps principal de la fusée. Nous avons solidifié cet assemblage avec des vis. Les ailerons ont, quant à eux, été assemblés à 3 bagues insérées dans le tube à l'aide d'équerres en métal.

2. Usinage des pièces

La construction de la fusée a commencé par la découpe du tube. Pour cela, nous avons été aidé d'un maquettiste, Matthieu Laurine de l'atelier « Du fil à retordre ». Durant une journée, il nous a expliqué la méthode d'usinage professionnelle avec les règles de sécurité et les conseils d'organisation. Pour lui, le tube que l'on avait préalablement découpé pour des tests à la disqueuse et poncé frénétiquement, était un travail « d'amateur du dimanche » ! Il nous a donc sorti la scie radiale, la scie à chantourner, la scie à ruban, la scie à un peu tout ... et après un process écrit, beaucoup de réglages et de préparation, nous sommes sortis avec un tube parfaitement coupé à 800 mm pile, et une ouverture de trappe parfaitement coupée à la scie sauteuse. La trappe elle, a été poncée manuellement avec une ponceuse à bande et notre tube était prêt.



Usinage du tube

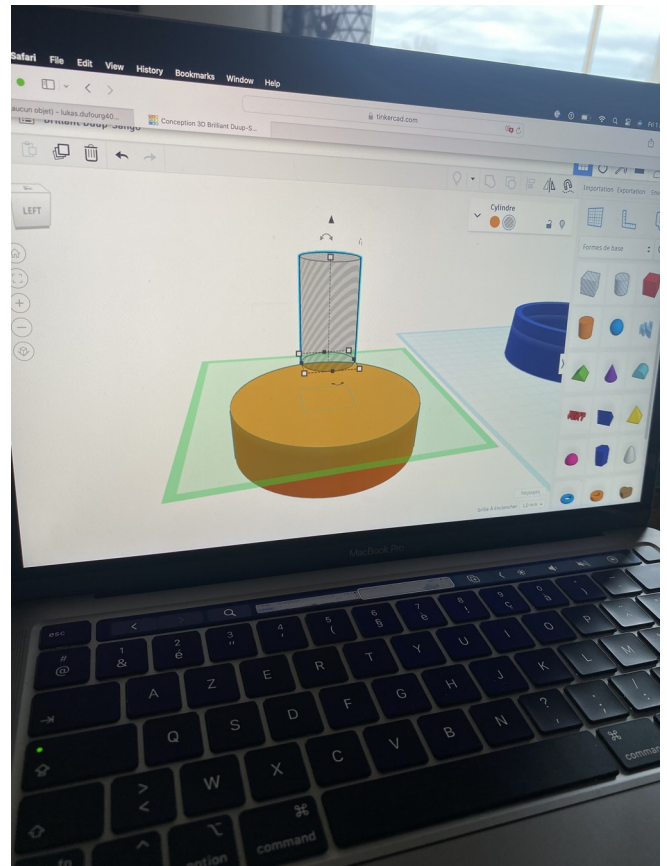


Ponçage de la trappe

Les pièces en impression 3D ont été réalisées avec le logiciel Tinkercad et SolidWorks et imprimées avec l'imprimante 3D de la salle de Sciences de l'Ingénieur. Le parachute a lui été découpé dans de la toile spi à partir d'un patron.



Parachute avant découpe



Modélisation de bagues moteur

La peinture a été faite par Agathe Bricout, un ornement qui a été très apprécié et félicité par les étudiants pendant la semaine du C'Space. La symbolique de représenter nos signes astrologiques sur la fusée a été remarquée.

Durant le C'Space, nous avons construit ou inséré des « choses prévues » comme coller les patins, visser les bagues ailerons ... et des « choses imprévues » car comme tout bon C'Space qui se respecte, l'air Tarbais porte visiblement malheur et fait dysfonctionner toutes les fusées. Nous avons donc dû refaire TOUTE notre électronique qui ne marchait plus dès le premier jour, nous avons également dû gérer un problème d'optocoupleur capricieux qui n'a jamais voulu marcher et nous avons dû refaire notre crochet qui était trop fragile, l'impression 3D était trop risquée selon les contrôleurs et nous avons dû faire un crochet avec une équerre coupée en 2 et tordue avec l'établi de la salle Valmy 2 (merci Agnese) pour ENFIN qualifier notre fusée.



Crochet avant/après
pour comparaison



Les contrôles



Vérification des soudures

V. Electronique

Le compartiment de l'électronique se situe dans la partie supérieure de la minif au-dessus de la trappe du parachute.

Les cartes utilisées sont des nano-Arduinos programmables avec Arduino IDE, elles sont alimentées chacune par une pile 9 volt. La première carte contient le programme d'ouverture du parachute et la deuxième contient le programme de l'expérience. Chaque carte électronique a son interrupteur et une LED de témoin.

Comme dit précédemment, nous avons essayé de relier la carte de l'expérience à celle de l'ouverture du parachute via un optocoupleur, sans succès mais pas sans travail acharné. Nous

avons donc trouvé un moyen alternatif pour que la carte de l'expérience détecte le décollage. Ce système est expliqué dans la partie expérience.



Cellule de crise pour comprendre d'où venait le problème d'optocoupleur

La prise jack elle, se situe en bas de la fusée dans la première bague. Lors du décollage, le jack se détache et la carte reçoit un signal lui indiquant que la fusée est partie et lance alors le programme.

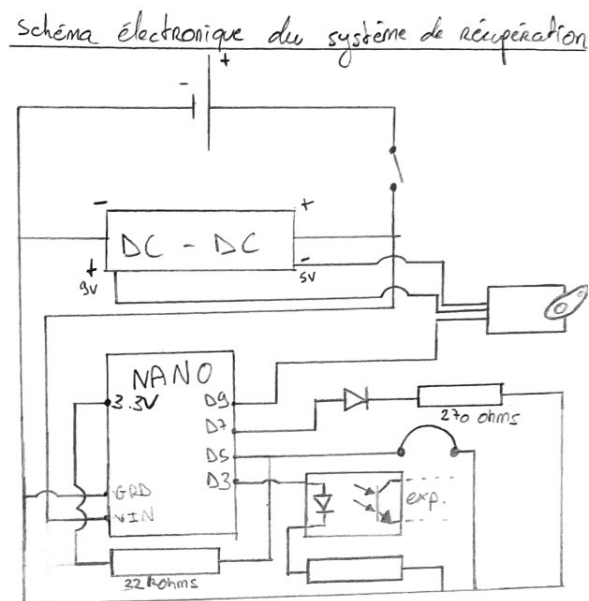
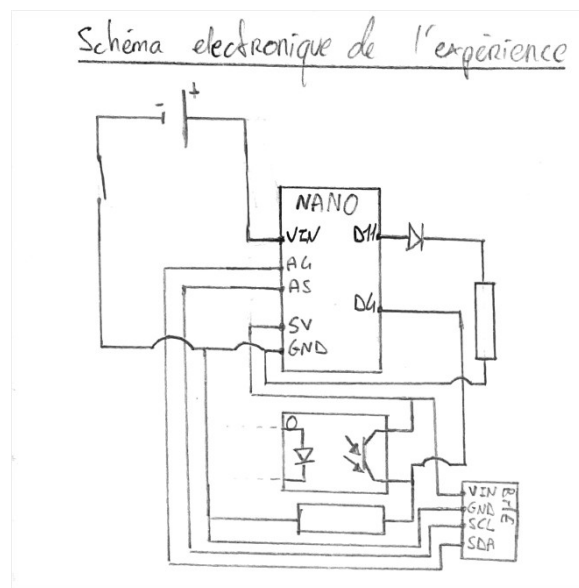


Schéma de la Carte 1 (Parachute)

Schéma de la Carte 2 (Expérience)



VI. Expérience

Le but de notre expérience était de calculer la hauteur de l'apogée de la trajectoire de notre fusée. Nous avons fait le choix de ne pas utiliser un simple capteur d'altitude mais un capteur de pression atmosphérique pour avoir des données plus fiables, et ensuite calculer la hauteur de notre fusée. Pour cela nous avons utilisé un capteur BME 280 permettant de mesurer la température et la pression atmosphérique.

Lorsque l'on allume la carte de la fusée sur sa rampe de lancement, le programme enregistre dans l'EEPROM la température (elle sera nécessaire lors du calcul de l'altitude). La carte Arduino détecte le décollage s'il y a une différence de pression atmosphérique de 0,5hPa (ce qui représente 4m) avec la pression atmosphérique au niveau de la rampe. A ce moment là, le programme se lance et enregistre la pression atmosphérique dans l'EEPROM toutes les 0,20 secondes enregistrant sur une durée de 40 secondes.

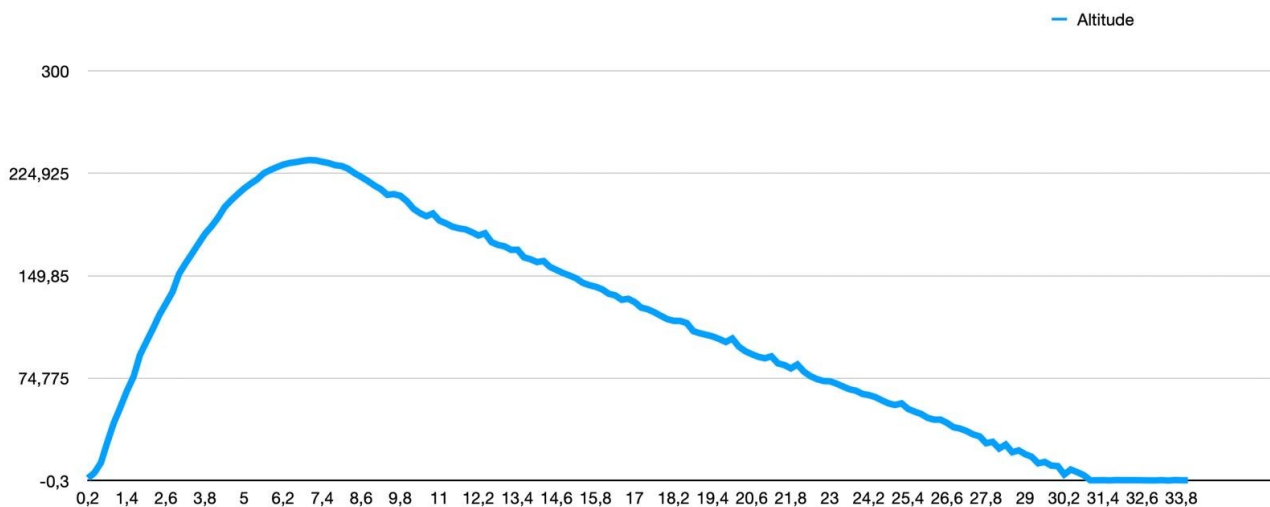
Un groupe utilisant une carte SD nous a dit que notre système de stockage dans l'EEPROM était « bourrin mais du génie », espérons que le coté génie prédomine ...

Après avoir récupéré la fusée, nous avons connecté la carte de l'expérience à l'ordinateur pour y insérer un programme de récupération de données. Après extraction nous avons la température avant le décollage et une longue liste de valeurs atmosphériques. Nous avons au préalable récupéré la pression au niveau de la mer, utile pour le calcul ci joint.

$$P_{sea} = P_{init}(h) \left(1 - \frac{0.0065h}{T_{init}(h)} \right)^{5.255}$$
$$H = \frac{\left(\frac{P_{sea}}{P} \right)^{\frac{1}{5.255}} - 1.0}{0.0065} (0.01T + 273.15)$$

Pour exploiter les données, nous avons d'abord créé un tableur contenant les valeurs de pressions et une fonction pour convertir ces valeurs en altitude. Malheureusement, Excel n'a pas aimé le calcul et n'a pas pu effectuer la conversion. Nous nous sommes donc rabattus sur Python qui n'a eu aucune difficulté à effectuer les calculs.

Après exploitation des données, nous en avons déduit une apogée à 234,08 m au-dessus du sol à 6,8 secondes. Nous avons pu dresser ce graphique représentant l'altitude en fonction du temps.



VII. Rapport de vol

Cette partie est une copie du rapport de vol que nous avons effectué le jour du lancement après le vol. Nous avons analysé et répertorié nos impressions sur le vol, les détails vidéos du public et nos images, l'état de la fusée à la récupération, afin de pouvoir avoir une trace pour les années suivantes et une démarche de questionnement sur notre fusée, ses points positifs et négatifs.

Le rapport est organisé de la manière suivante :

Détails du vol

Problèmes :

Constatation d'un fait $\Rightarrow$ problème lié à la constatation

Solutions possibles pour de futurs projets

Scall 1 : rapport de vol

Caractéristiques du vol:

Dates : Mercredi 10/07/2024 à 9h39

VOL NOMINAL

Conditions météo : dégagé avec un vent de environ 10 KM/H

pression au niveau de la mer : 1018 hPa

température au niveau de la fusée : 32,57 °C

Temps de vol : 33 sec

Apogée : 7 sec

Zone de récupération : 43°13'11" N; 0°3'13" O

Lanceur : Anthony Gauthier

Membre du club appuyant sur le bouton : Lukas

Problèmes

- Led témoin de détection du Jack pas très visible.

Solutions potentielles : mettre la LED plus visible. Choisir une autre couleur que le rouge, le bleu de l'expérience était très bien visible.

- Patin, sortie de rampes étrange. Patins avec du jeu et peu rigide. Cause probable de la sortie de rampe hasardeuse ⇒ danger pour le début du vol.

Solutions potentielles : utiliser des patins en métal/ imprimés en 3D avec une fixation interne.

- Parachute, déploiement difficile, à 2 doigts du balistique.

Solutions potentielles : réfléchir à une autre manière de plier, attacher la trappe au haut du parachute. Vérifier l'absence s'accroche potentielle de la corde. Faire une trappe plus large.

- Vitesse de descente trop importante, ⇒ casse à la fin.

Solutions possibles : agrandir la taille du parachute.

- Cassures d'impact dans les angles de la fenêtre d'information, vis dans fissure ⇒ point de faiblesse.

Solutions possibles, vérifier position des vis et le serrage. Ne pas faire de fenêtres carrées ou à angle droit pour une meilleure répartition des forces.

- Carte expérience qui a reculé ainsi qu'interrupteur. Carte para n'a pas bougé car colle mise pour sceller mais qui s'est enlevée avec l'impact ⇒ faiblesse de la solidité des fixations internes

Solutions possibles : sécuriser avec de la colle/scotch tous les éléments susceptibles de bouger pendant le vol.

SYNTHÈSE : Un SUCCÈS !!!!! À tous les niveaux. Un vol nominal couplé d'une récupération de données parfaite. Les efforts d'une année ont été récompensés. Des problèmes ont été signalés pour améliorer le vol de potentielles futures fusées.

Conclusion :

Ce C'Space fut une aventure très enrichissante pour nous 3, Arthur a pu assister aux conférences pour connaître les métiers du spatial et voir les fusex des grandes écoles, quelque chose de motivant et impressionnant ; Lukas a pu repérer les écoles d'ingénieurs dont-il pourrait faire parti dans quelques années et rencontré des personnes passionnés comme lui par le spatial et retrouver l'équipe et la bonne ambiance du Rocketry challenge.

Lucas a pu découvrir des personnes avec le même centre d'intérêt que les siens et qui partagent des parcours proches de ceux qu'il voudrait entreprendre à l'avenir.

Cette expérience nous servira pour remplir nos CV ParcoursSup.

Mais au-delà des études, nous avons pu découvrir un milieu passionnant, découvrir des bénévoles et des étudiants passionnés, découvrir le travail en équipe qui fut quelques fois compliqué et surtout, SURTOUT ... nous sommes allés à Paris en TGV, tout seuls les trois, au nom de l'Agence Spatiale Landaise ! Les lycéens de 16 ans n'ont pas tous fait cela dans leur vie, on peut vous l'assurer !

Finalement, nous avons pu constater que construire des choses sérieuses (comme une association) et s'amuser (comme en l'appelant Agence Spatiale Landaise) font très bon ménage !
Enfin, le succès de Scall 1 nous a montré une chose, que notre slogan a bien été choisi :

« L'ASL, des fusées qui ne s'écraseront jamais ! ».

