

BRUNET Sébastien
LARUE Mathieu
LAURENT Jérémie
LE BRIS YANN
PAULOZ Emma



BLUE MOON

COMPTE RENDU DE PROJET

FUSEX



Enseignants tuteurs : Estelle HOMEYER

Semestre 4

Jean-François ROQUINARC'H

2016-2017

■ REMERCIEMENTS

Estelle HOMEYER

Jean-François ROQUINARC'H

Valéry WOLF

Planète Sciences

Gérard LAGARDE

Benjamin PAILLET

Yoann LAFON

Loïc NEYRET

CNES

Ronan LE BRIS

SINET

**Nous vous remercions de rendre ce projet possible, de le suivre,
de l'évaluer, de nous aider à le réaliser, de l'intérêt que vous lui portez.**

Merci pour votre soutien.

■ SOMMAIRE

A]	PRESENTATION DU PROJET	7
I.	Nos objectifs	7
II.	Qu'est-ce qu'une fusée expérimentale ?	7
III.	Commanditaires (Association BlueMoon, Organisme Planète Science, CNES...).....	7
IV.	Nos expériences.....	8
B]	CAHIER DES CHARGES	9
I.	Cahier des charges fourni par Planète Science	9
II.	Cahier des charges du projet ainsi que ses objectifs et validations	10
a.	Cahier des charges du projet	10
b.	Détermination des méthodes de validation du cahier des charges du projet.....	11
C]	STABILITE	16
I.	Forces en jeu.....	16
II.	Dynamique du vol.....	17
D]	Conception et fabrication.....	23
I.	Ogive et tube	23
a.	Cahier des charges.....	23
b.	Ogive	24
c.	Tube	27
II.	Case moteur.....	28
a.	Cahier des charges et fonctions	28
b.	Bagues.....	29
c.	Ailerons	32
III.	Case parachute	33

a.	Cahier des charges et fonctions	33
b.	Solution d'ouverture de la case parachute	35
c.	Parachute.....	38
IV.	Intégration de l'électronique.....	40
a.	Cahier des charges et fonctions	40
b.	Choix d'intégration	41
V.	Problèmes liés à la fabrication et solutions.....	42
a.	Ogive	42
b.	Tubes.....	44
E]	ELECTRONIQUE EMBARQUEE.....	46
I.	Séquenceur.....	46
a.	La platine séquenceur.....	46
b.	La platine générale	47
II.	Test de l'électronique.....	48
III.	Télémesure	50
IV.	Emplacement des jauge de contraintes.....	53
F]	Autour du projet.....	55
I.	Gestion d'équipe.....	55
a.	Les outils	55
b.	Gestion sous-traitant	56
II.	Financement	57
a.	Participatif	57
b.	Particulier.....	57
c.	En nature	57
d.	Bilan économique	58
e.	Les prochaines dépenses.....	58

III.	Association.....	58
a.	Pourquoi ?.....	58
b.	Création d'un logo	59
IV.	Rencontre planète sciences.....	59
a.	Les visioconférences.....	59
b.	visite à Paris	60
V.	Avenir du projet.....	61

■ INTRODUCTION

La deuxième année de DUT Génie Mécanique et Productique est rythmée par le projet tuteuré. Ici, il s'agit de concevoir et de réaliser une fusée expérimentale supersonique afin de mesurer les déformations au passage du mur du son. Cette fusée participe au concours CSpace encadré par Planète Science. Cette association aura la gestion des lancements prévus cet été à partir d'un terrain militaire et participe à plusieurs autres grands axes du projet, notamment le suivi technique.

Ce projet concerne principalement cinq étudiants et deux professeurs tuteurs. Cependant, étant proposé par le groupe, la participation de fournisseurs et sponsor est indispensable.

Le projet étant à l'initiative des étudiants, la première étape a été de la présenter afin de trouver des professeurs tuteurs. Cela commence par la création d'une première présentation (cf. Annexe 27). Celle-ci a pour objectif de définir le projet de manière claire et concise.

Dans un premier temps, le projet vous sera présenté au travers de la définition d'une fusée expérimentale, des commanditaires, de nos objectifs et de nos expériences. Puis, on s'attachera au cahier des charges, fil conducteur de ce projet et à l'étude de stabilité. Enfin, la conception et l'électronique embarquée seront présentées en détails.

■ Table des abréviations

CNES : Centre National d'Etudes Spatiales

FUSEX : FUSée EXpérimentale

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

REA : Réalisation

MEC : Mécanique

INI: Initialisation

REC : Système dans son ensemble

CR : Compatibilité Rampe

SEC : Séquenceur

LOC : Localisation

QUAL : Qualité

TEL : Télémétrie

A] PRESENTATION DU PROJET

I. Nos objectifs

Dans le cadre de ce projet, nous devrons concevoir et réaliser un vecteur, ici, une fusée, capable de passer le mur du son. Pour cela nos objectifs sont : la conception grâce aux ressources disponibles, la recherche de financement (Sponsoring, fournisseurs etc...) et enfin la réalisation via les ressources disponibles.

II. Qu'est-ce qu'une fusée expérimentale ?

On appelle fusée expérimentale une réplique à échelle réduite d'un fusée. Cette dernière est aussi appelée FUSEX. Dans le cadre de notre projet, elle mesure environ 1,70 m de hauteur. Sa masse ne dépasse pas 10 kg et elle est conçue pour atteindre une hauteur de 3000m environ. Le moteur au propergol est la seule source d'énergie de mise en mouvement de l'engin. Il est fourni par le CNES. La structure de la fusée doit être étudiée de telle sorte que la trajectoire reste globalement verticale durant le vol. Un parachute assurera la descente et un système de localisation permettra le repérage de l'engin.

De plus, une FUSEX doit obligatoirement être équipée d'une partie électronique embarquée qui aura pour but de réaliser une ou plusieurs expériences physiques comme la vitesse, l'accélération, ou encore, les microdéformations. La fusée peut donc être pourvue de capteurs ainsi que de jauge de contraintes. Le second objectif de cette partie électronique est de déclencher l'ouverture du parachute au bon moment, afin de garantir la sécurité du vol.

III. Commanditaires (Association BlueMoon, Organisme Planète Science, CNES...)

Nous sommes cinq étudiants agissant pour le meilleur avancement de ce projet, premiers commanditaires de celui-ci. En effet, nous avons proposé ce projet dans le cadre du projet tuteuré de deuxième année d'études de Génie Mécanique et Productique.

BlueMoon est aussi le nom de l'association créée pour le projet. Elle est indispensable car elle constitue l'interlocuteur avec l'organisme Planète Science. Cet organisme à but non-lucratif a pour but de promouvoir la science à l'échelle nationale et est à l'origine de ce projet. C'est la 5ème année consécutive que Planète Science organise des lancements de fusées expérimentales. Pour cela, elle accompagne tout au long de l'année (réunions, rencontres, ...) des personnes qui souhaitent concevoir leur propre fusée. Du matériel adéquat est aussi mis à disposition comme l'émetteur.

Le dernier commanditaire est le CNES. En effet, ce dernier est chargé de fournir le propulseur minutieusement choisi en fonction de la taille de la fusée, ainsi que par les expériences souhaitées. Le carburant utilisé dans ces moteurs est du propergol. Dans notre cas, le moteur PRO75-3G nous est fourni. Avec seulement 1,795 kg (masse totale 3,511 kg) de propergol, nous estimons amener notre fusée à plus de 3000 m de hauteur.

Cependant, cette technologie est très dangereuse, la mise à feu du propulseur se fera en présence d'un pyrotechnicien. Le décollage se déroulant durant la campagne de lancement qui est prévue fin Juin, 2017.

IV. Nos expériences

Notre expérience principale est de mesurer la déformation de la structure du vecteur lors de son passage en transsonique. En effet, les phénomènes physiques ainsi que leurs actions sur la structure sont peu connus. Cet objectif présente un réel intérêt scientifique et ainsi un défi technique, car il apporte de fortes contraintes de dimensionnement ce qui impose un coefficient de sécurité élevé. Ici, il est de trois.

Nos expériences secondaires sont la mesure de l'accélération réelle du vecteur, ainsi que l'altitude atteinte au cours de ce vol.

B] CAHIER DES CHARGES

I. Cahier des charges fourni par Planète Science

En ce qui concerne la mécanique, le cahier des charges de Planète Science se découpe en trois axes : sécurité des participants, intégrité de la fusée au cours du vol, et mécanique du vol optimale. Certains points de ces cent pages du cahier des charges ne sont pas à prendre en compte puisqu'ils ne sont pas en lien avec la fusée. Par exemple, les points pour une fusée expérimentale bi-étage ne sont pas importants dans notre cas puisqu'elle est mono-étage. Vous pouvez voir ci-dessous un bref résumé du cahier des charges.

➤ Sécurité des participants :

La sécurité de tous, est le point le plus strict du cahier des charges. Celle-ci est garantie en grande partie par le système de récupération. En effet, le parachute de la fusée doit être dimensionné correctement afin de garantir l'arrivée au sol en bon état. C'est-à-dire que la vitesse d'arrivée au sol doit être la plus faible possible. De plus, il faut minimiser la déportation de la fusée à cause du vent. La fusée doit rester dans le terrain imposé. Pour cela, la méthode de calcul est fournie par Planète Science.

➤ Intégrité de la fusée au cours du vol :

Le gabarit de la fusée est déterminé à la fois par ses caractéristiques dimensionnelles qui doivent rester dans des intervalles bien définis par les logiciels telle que la finesse par exemple et par le cahier des charges afin d'être compatible avec les rampes de lancement.

➤ Mécanique du vol :

La stabilité sera vérifiée à l'aide de trois logiciels fournis par Planète Science (Trajec, Trajecto et Stabilito). Dans notre cas, un 4^{ème} logiciel est utilisé pour vérifier la stabilité supersonique de la fusée (Fluent). Aussi, il est nécessaire d'assurer la bonne tenue mécanique de tous les éléments de la fusée. De nombreux autres points concernant, entre autres, le système électronique de la fusée doivent être pris en compte. Ceux-ci sont rappelés dans la partie concernant l'électronique de la fusée du présent compte-rendu.

II. Cahier des charges du projet ainsi que ses objectifs et validations

a. Cahier des charges du projet

En plus du cahier des charges fourni par Planète Science, il a été nécessaire d'en définir un complémentaire et spécifique à notre expérience.

➤ Traverser le mur du son :

Pour un système en déplacement dans un fluide (tel que l'air), passer le mur du son correspond au fait d'atteindre ou de dépasser la vitesse de déplacement du son dans ce fluide dans les mêmes conditions environnementales. La vitesse transsonique (= vitesse du son) varie donc avec l'altitude et la température du milieu où se trouve le système. Voici quelques chiffres qui pourraient intéresser le vol de la fusée, si elle doit s'approcher des 3000m d'altitude :

Altitude (m)	0	2000	5000
Vitesse (m/s)	340	331.4	320.5

Afin de garantir ce passage, nous nous imposons par conséquent une vitesse minimale de 340 m/s.

➤ Limiter les échauffements internes de la fusée :

La vitesse permettant le passage du mur du son est élevée (>340 m/s). L'échauffement dû à l'air est non négligeable dans ce système. C'est-à-dire que les frottements entre la flèche et l'air vont devenir source de chaleur. Une température supérieure à 100°C impose de nouvelles contraintes aux cartes électroniques et les rend beaucoup plus compliquées à dimensionner. La température au niveau de nos cartes ne devra donc pas excéder 100°C .

b. Détermination des méthodes de validation du cahier des charges du projet

Dans le cahier des charges, un grand nombre de points sont à valider. Vous trouverez ci-dessous, les points que nous pourrons vérifier par nous-même. Les autres seront vérifiés par Planète Science. Vous trouverez en annexes l'ensemble des points traités (cf. Annexe3).

➤ Résistance mécanique :

- *La Flèche*

La flèche statique doit être inférieure ou égale à 1%. La flèche dynamique doit être inférieure ou égale à 1% par rapport à la position à vide (flèche statique). Elle est mesurée à partir de la plaque de poussée quand la fusée est maintenue par le moteur vide à l'horizontal. La mesure se fait quatre fois. Il faut refaire le même test avec une masse de 800 grammes appliquées au bas de l'ogive (haut du corps). Ces deux tests explicités ci-dessus garantissent à la fois que la fusée ne comporte pas une flèche critique à vide (effet banane), et d'autre part, que la tenue mécanique en flexion de la fusée résistera aux efforts du vol sans influer de façon critique sur celui-ci.

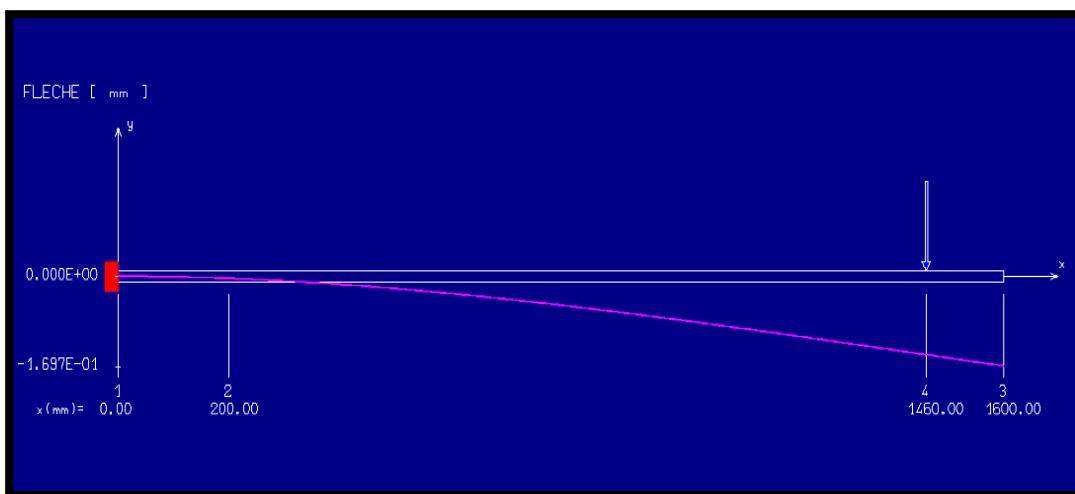


Figure 1 : Calcul par simulation à l'aide du logiciel RDM6

Dans notre cas, les flèches sont de 0,03% à vide et de 0,01% avec charge. Dès lors, nous sommes bien dans les valeurs autorisées.

- *Tenue en compression :*

Chaque élément de la fusée doit pouvoir supporter une force de compression F_c équivalente à :

$$F_c = 2 \cdot Acc_{Max} \cdot M = 2415 \text{ [N]}$$

Avec: - Acc_{Max} : accélération maximale = 150 [$m \cdot s^{-2}$]

- M : Masse de la fusée = 8,076 [Kg]

- 2 : Coefficient de sécurité

Donc, chaque élément de la fusée doit supporter un effort de 2415 [N]. Tous ces éléments ont été vérifiés.

- *Résistance longitudinale des ailerons :*

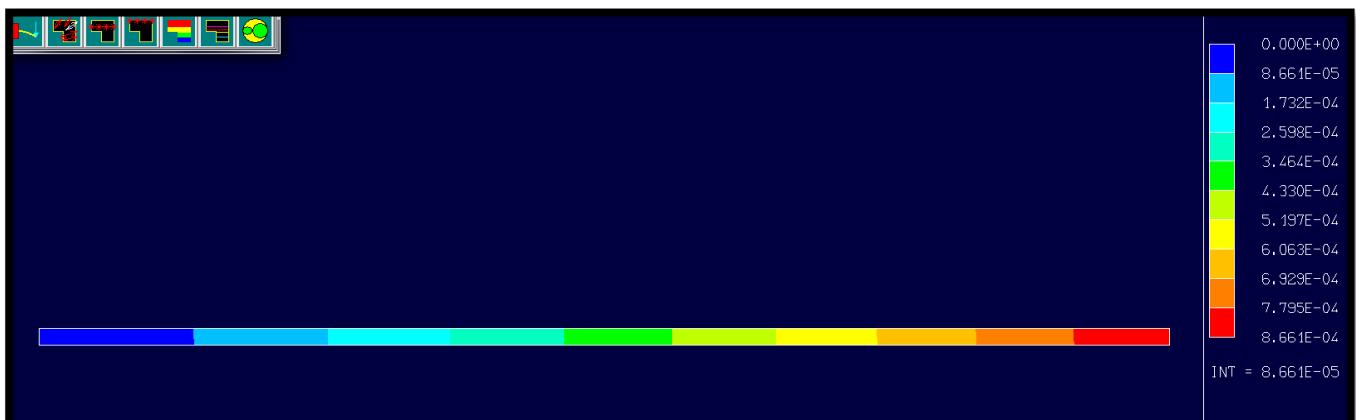


Figure 2 : Simulation de la résistance longitudinale des ailerons à l'aide du logiciel RDM6

Les ailerons doivent pouvoir supporter une force longitudinale F_l équivalente à :

$$F_l = 2 \cdot m_{aileron} \cdot Acc_{Max} = 60 \text{ [N]}$$

Avec: - Acc_{Max} : accélération maximale = 150 [$m \cdot s^{-2}$]

- $m_{aileron}$: masse d'un aileron = 0.2 [Kg]

- 2 : Coefficient de sécurité

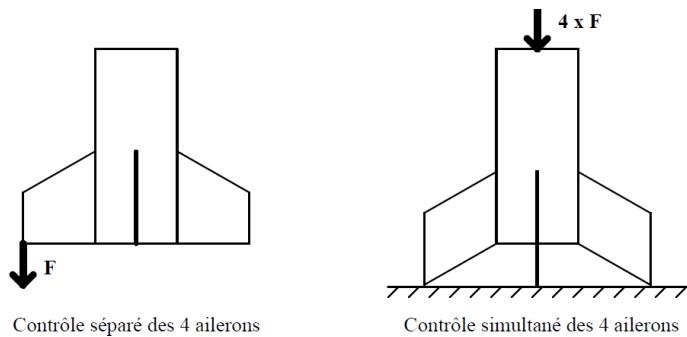


Figure 3 : Contrôle des ailerons

Un aileron devra supporter un effort longitudinal de 60 [N]. Ceci implique une déformation de 0,0009 mm. Cette valeur est donnée figure 2 via RDM6.

- *Résistance transversale des ailerons :*

La résistance transversale d'un aileron est donnée par la force F_t ci-dessous :

$$F_t = 0,1 \cdot S_{aileron} \cdot (V_{Max})^2 = 314 \text{ [N]}$$

Avec:

- V_{Max} : vitesse maximale = 150 [$m.s^{-1}$]
- $S_{aileron}$: Surface d'un aileron = 0.2 [mm^2]
- 0,1 : coefficient de Planète Science en [Kg/m^3]

Cette force transversale doit entraîner une flèche transversale des ailerons inférieure à 10°. Elle est appliquée au centre de gravité des ailerons. On contrôle simultanément deux ailerons diamétralement opposées en appliquant le double de la force F_t .

La force F_t est de 314 [N] sur un aileron. Elle entraîne une flèche de 100mm, donc inférieure à $l \cdot \tan(10^\circ) = 97 \text{ mm}$.

Avec:

- l : Envergure de l'aileron = [mm]

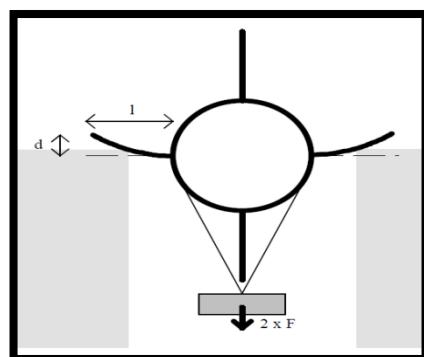


Figure 4 : Schématisation du phénomène

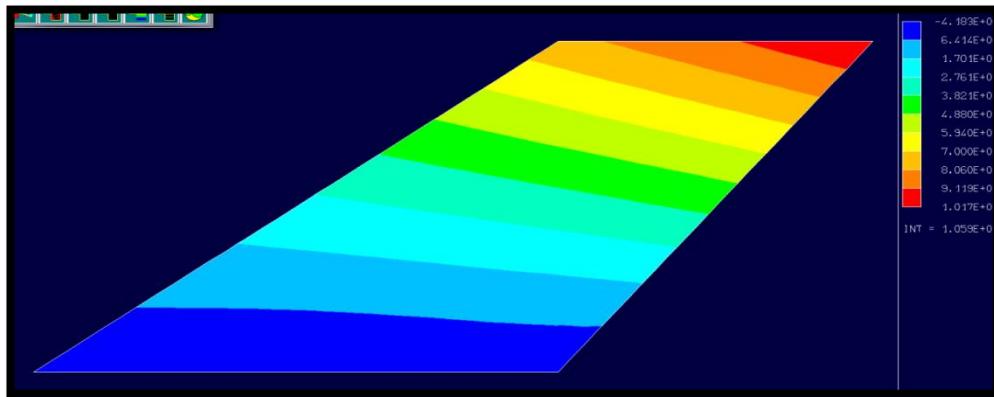


Figure 5 : Simulation sur un aileron à l'aide du logiciel RDM6

➤ Système ralentisseur :

- Le système ralentisseur doit permettre une arrivée au sol à moins de 15 m/s. On calculera la vitesse de descente V_D d'un parachute en suivant l'expression suivante :

$$V_D = \sqrt{\frac{2 \cdot M \cdot g}{\rho_0 \cdot C_x \cdot S_{para}}} = 10.1 \text{ [m/s]}$$

Avec: - M : masse de la fusée = 8,076 [Kg]

- g : pesanteur = 9,81 [m/s⁻²]

- ρ_0 : masse volumique de l'air [Kg/m³]

- Cx : coefficient de Planète Science = 1

- Avec cette conception, l'altitude maximale de la fusée est donnée par le logiciel *TRAJECTO* est 3047 m, on peut en déduire le temps de descente T :

$$T = \frac{D}{V_d} = 302 \text{ [s]}$$

Avec: - D : distance « Sol-Altitude_{max} » = 3047 [m]

- V_D : Vitesse de descente = 10,1 [m/s]

- A cela, il faut vérifier que le parachute résiste à la force d'ouverture du parachute. Cette force F_p est donnée par la formule :

$$F_p = 0,5 \cdot 1,3 \cdot S_p \cdot V_{apogée}^2 = 819 \text{ [N]}$$

Avec:

- S_p : Surface du parachute = 1,40 [m²]
- $V_{apogée}$: Vitesse "juste avant" ouverture parachute = 30 [m/s]
- 0,5 : Coefficient de Planète Science
- 1,3 : Coefficient de Planète Science

- Chaque suspente du parachute doit supporter une force égale à :

$$F_s = \frac{2 \cdot 2 \cdot F_p}{n_s} = 409 \text{ [N]}$$

Avec:

- F_p : force d'ouverture parachute = 819 [N]
- n_s : nombre de suspentes = 8

Et l'ensemble *sangle, émerillon, fixation à la fusée* doivent supporter une force F_e donnée par la formule :

$$F_e = 2 \cdot F_p = 1638 \text{ [N]}$$

Avec:

- F_p := 3047 [N]

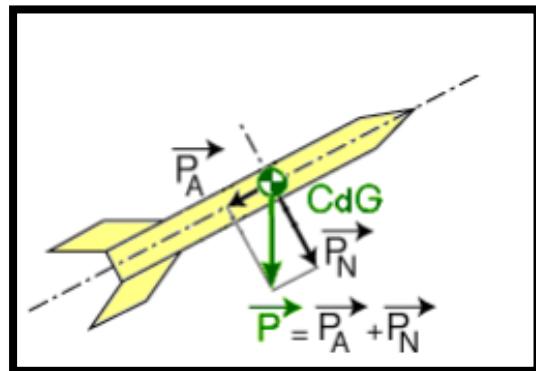
C] STABILITÉ

Comme mentionné dans les objectifs, nous cherchons à effectuer des expériences qui caractérisent les phénomènes au passage en vitesse supersonique. Ceci nécessite que la fusée soit stable à la fois en subsonique, transsonique et supersonique.

I. Forces en jeu

Au cours de son vol, la fusée est soumise à trois forces :

- Le poids de la fusée,
- La poussée du moteur,
- La résistance de l'air

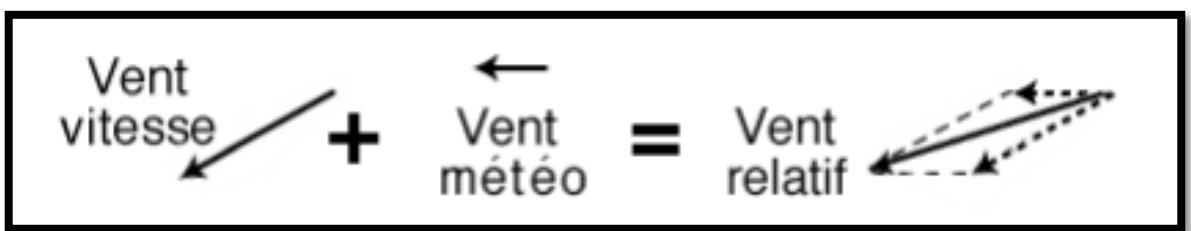


➤ Le poids de la fusée :

Le poids P s'exerce au centre de gravité (CdG) de la fusée et est dirigé verticalement vers le bas. Si la fusée n'est pas verticale, on procède à la décomposition sur les axes de la fusée : $\vec{P} = \vec{P}_A + \vec{P}_N$ (Voir figure ci-dessus).

➤ La résistance de l'air :

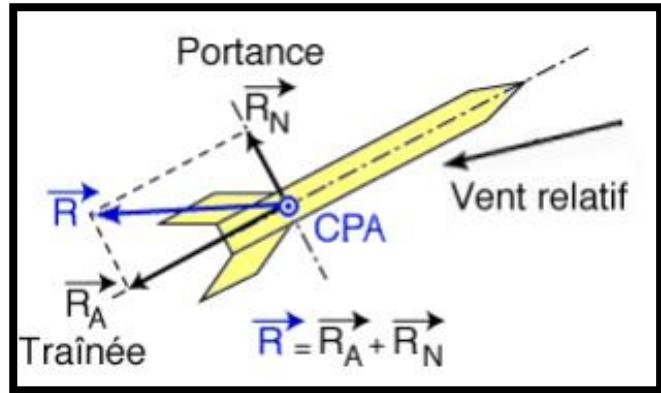
La résistance de l'air R s'oppose à l'avancement de la fusée dans l'air. Elle dépend donc du vent relatif, somme du vent créé par la vitesse de la fusée et du vent météo. Le vent relatif, ou le « vent apparent », est le vent ressenti par la fusée.



Elle s'applique en un point appelé Centre de Poussée Aérodynamique (CPA) généralement situé près des ailerons. Cette force dépend de la géométrie de la fusée. La résistance de l'air comprend deux composantes : $\vec{R} = \vec{R}_A + \vec{R}_N$ (Voir schéma ci-dessous).

\vec{R}_A : Composante axiale → la Traînée

\vec{R}_N : Composante normale → La Portance



➤ La poussée du moteur :

La poussée F s'applique au niveau du moteur, suivant l'axe longitudinal, vers l'ogive. En supposant que le propulseur est correctement positionné, la poussée s'applique au milieu de la plaque de poussé.

II. Dynamique du vol

L'évolution de ces trois forces va régir le comportement de la fusée :

- Le mouvement de la fusée autour de son Centre de Masse va définir sa stabilité.
- Le mouvement du Centre de Masse de la fusée dans l'espace va définir sa trajectoire.

Les forces qui sont capables de faire tourner la fusée sur elle-même sont celles qui créent un {Moment} par rapport au Centre de Masse. Le Poids, la Poussée moteur et la Traînée sont toujours alignés avec le Centre de Masse (CdM) sur l'axe de révolution de la fusée, et ne contribuent pas à la rotation de la fusée sur elle-même. Ainsi, la fusée tourne autour de son Centre de Masse sous la seule action de la composante normale de la résistance de l'air (R_N), nommée Force de Portance. La distance entre le Centre de Poussée Aérodynamique (CPA) et

le CdM est appelée Marge Statique (MS) ; elle représente le "bras de levier" de cette force de Portance.

La rotation de la fusée dépend donc uniquement de la valeur du Moment de Portance (Force de Portance \times Marge Statique).

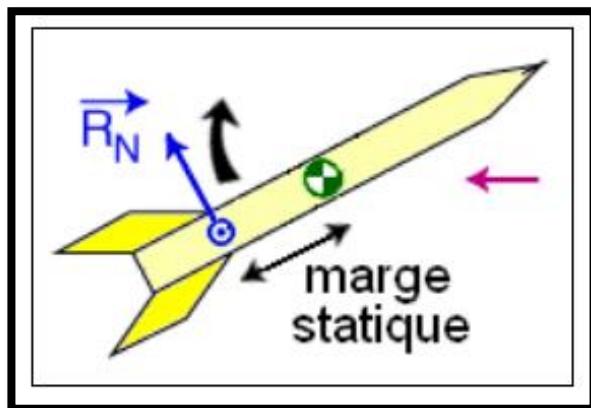


Figure 6 : Phénomène de rotation

Voici différents cas :

➤ Cas instable

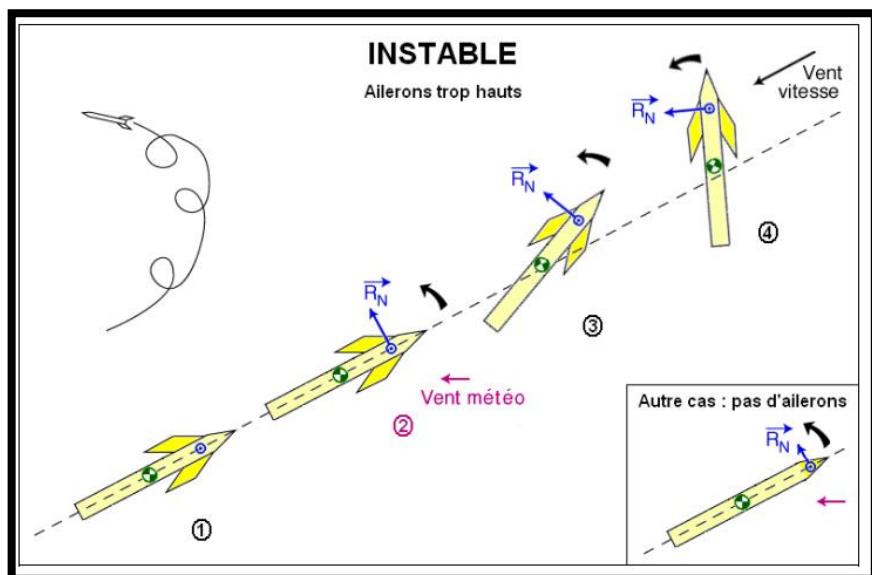


Figure 7 : Cas instable

Prenons une fusée dont les ailerons (donc le Centre de Poussée Aérodynamique) sont placés en avant du Centre de Gravité (Marge Statique négative). Dans ce cas, le couple de

portance va écarter la fusée de sa trajectoire initiale, de plus en plus. La fusée effectuera donc une série de tête-à-queue (loopings), avant de retomber disgracieusement au sol. Cette situation d'instabilité est dangereuse.

➤ Cas imprévisible

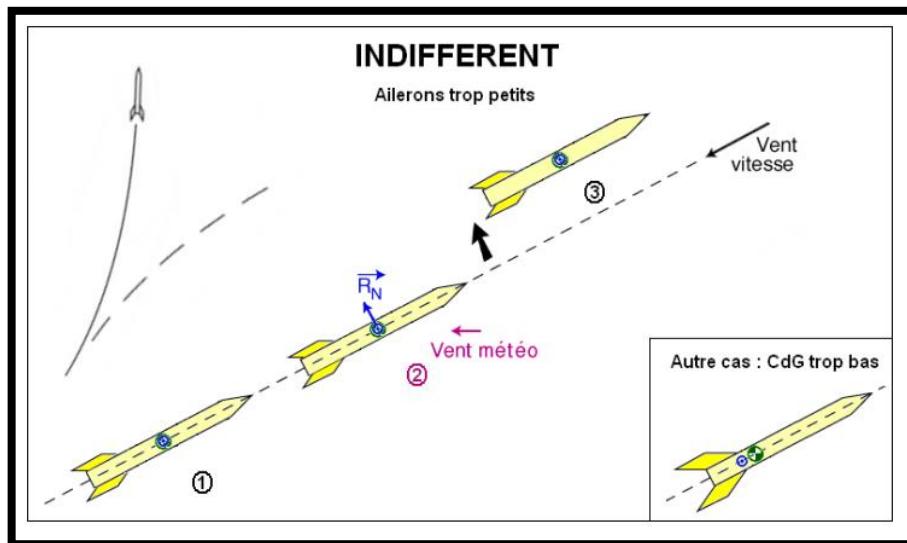


Figure 8 : Cas indifférent

Si les ailerons sont petits (faible portance), ou si le CPA est proche de CdM (faible Marge Statique), le Moment de Portance sera trop faible. La fusée va errer dans une position quelconque, sans suivre précisément la trajectoire voulue. L'indifférence constitue une situation intermédiaire entre stabilité et instabilité, qui donne aux fusées un comportement imprévisible. Dans beaucoup d'outils logiciels, cette situation est considérée comme de l'instabilité.

➤ Cas stable

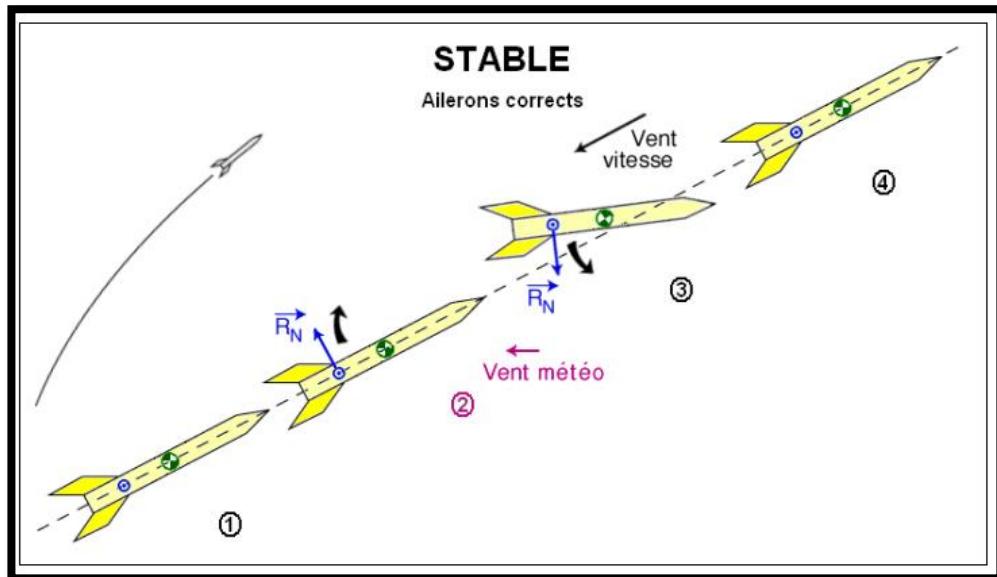


Figure 9 : Cas stable

Prenons une fusée normale, avec des ailerons de taille moyenne situés en bas de la fusée. Le Moment de Portance entraîne la fusée qui revient vers sa position initiale. Une fois la fusée dans cette position, la force de portance s'annule. En fait, la force rappel de la portance a tendance à entraîner la fusée en incidence de l'autre côté du vent relatif, et c'est seulement après plusieurs oscillations de plus en plus faibles, amorties, que la fusée retrouve sa position initiale. Cette situation de stabilité est recherchée pour garantir un vol maîtrisé (le plus sécuritaire).

➤ Cas surstable

Si la Portante ou la Marge Statique sont fortes, le Moment de Portance aura une grande influence et entraînera la fusée dans l'autre sens du vent relatif. En pratique, la fusée oscillerà continuellement sans jamais trouver de position d'équilibre. Cette attitude nommée surstabilité est généralement dangereuse. Cette situation peut devenir critique, notamment si la résistance des matériaux n'est pas suffisante pour supporter ces contraintes : fixation des ailerons, pièces de liaison, ...

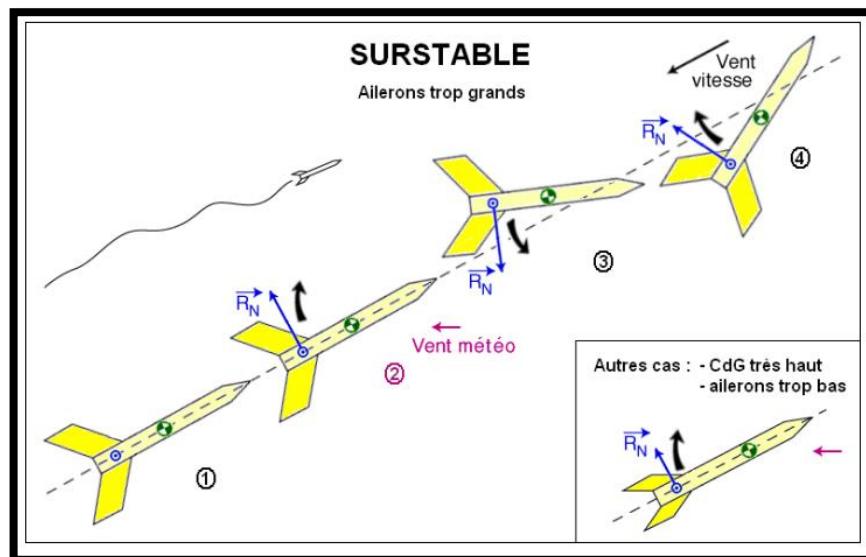


Figure 10 : Cas surstable

Par abus de langage, on dit qu'une fusée expérimentale est instable quand la fusée n'est pas suffisamment stable par rapport à des critères semi-empiriques (marge de stabilité et gradient de portance). Globalement, le problème de stabilité concerne principalement la sortie de rampe, où la vitesse de la fusée est faible, donc les ailerons peu efficaces, dès lors elle peut se diriger dans des directions non-souhaitées si elle est en limite de stabilité.

Dans notre cas, nous nous référençons à deux logiciels : une fiche Excel qui vérifie automatiquement la stabilité suivant les paramètres de conception (dimensions...), et Open Rocket qui assiste cette dernière. La fiche Excel nous délivre également le graphique suivant (cf : figure 11) qui est également un abaque que vérifie la stabilité suivant la portance et la marge statique.

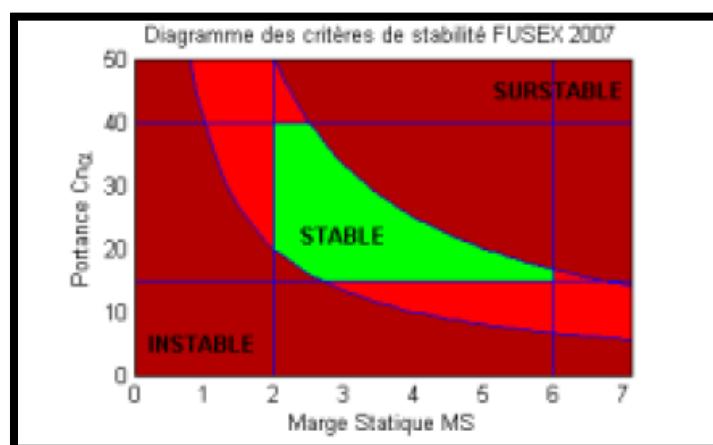


Figure 11 : Graphique de stabilité donné par Excel

La fiche Excel de Planète Science (cf : *figure 12*) impose les limites suivantes :

- Finesse L/D comprise entre 10 et 35.
- Gradient de Portance $Cn\alpha$ compris entre 15 et 40.
- Marge Statique MS comprise entre 2 et 6.
- Produit MS. $Cn\alpha$ compris entre 40 et 100.
- Vitesse en sortie de rampe supérieure à 20m/s.

Dans notre cas, nous obtenons :

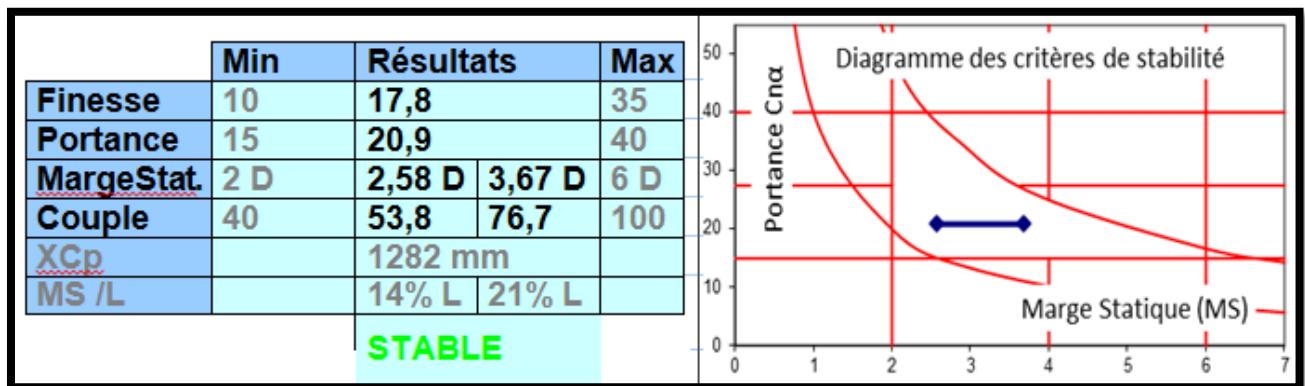


Figure 12 : Résultats des paramètres limités

Lors du passage en vol supersonique, le foyer aérodynamique change légèrement d'emplacement, ce qui change de quelques pourcents la marge statique et le $Cn\alpha$. Cependant, comme la vitesse est très importante, l'efficacité des ailerons reste suffisamment bonne. En effet, le seul risque que présente le passage en supersonique, est la marge statique négative alors qu'elle était positive avant. Dans ce cas, la fusée devient instable. Mais les critères donnés par Planète Science comportent un premier coefficient de sécurité important (valeur inconnue) pour ne pas rencontrer ce problème.

D] Conception et fabrication

Voici, la conception et la répartition des différentes parties de la fusée (cf : *Figure 14*).

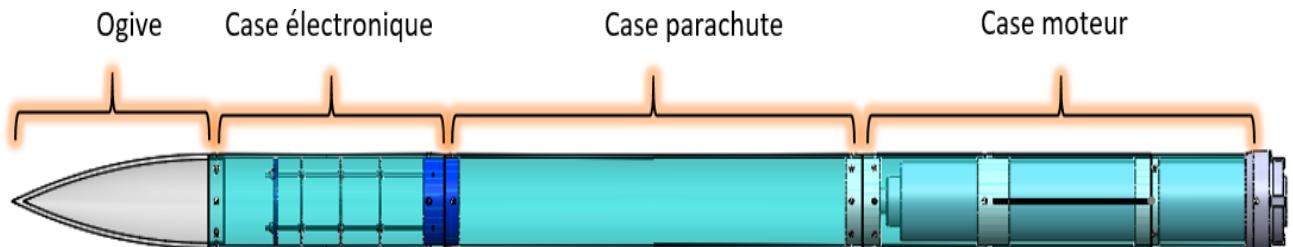


Figure 14 : Conception globale de la fusée ainsi qu'une photo durant la fabrication

I. Ogive et tube

a. Cahier des charges

L'ogive est située en haut de la fusée et a pour fonction d'assurer l'aérodynamisme de la fusée. Le tube contient tous les éléments de la fusée. Ces deux éléments associés aux ailerons forment le gabarit de la fusée. Afin d'être conforme au cahier des charges de Planète Science, nous devons respecter certains points en lien avec le gabarit, donc l'ogive et le tube.

- **La finesse** : C'est le rapport entre la longueur totale de la fusée et le plus grand diamètre. Ce rapport doit être compris entre 10 et 35. Dans notre cas, nous avons une finesse $f = 17,8$.
- **La portance** : elle est fournie par le logiciel *Stabilito* et vaut dans notre cas 20,9. Cette donnée est bien dans l'intervalle [15 ; 40].
- **La marge statique** : elle est fournie aussi par *Stabilito* et vaut 3,1. Elle est bien comprise entre 2 et 6.
- **Le rapport portance/marge statique** : il doit être compris entre 40 et 100. Dans notre cas, il vaut 64,8.

Toutes ces conditions sont le résultat de plusieurs études sur la conception générale de la fusée.

b. Ogive

La forme de l'ogive est particulière et adaptée pour les vitesses transsonique et supersonique. La popularité de cette forme est largement due à la facilité de la construction de son profil.

L'ogive, dite aussi la coiffe, est située tout en haut de la fusée, a pour fonction principale d'assurer l'aérodynamisme de la fusée. Elle a de plus, la tâche de maintenir en place l'antenne de télémesure.

Afin d'assurer le meilleur aérodynamisme possible, la coiffe doit être pointue en son sommet pour fendre l'air, et suivre la forme de la fusée là où elle rejoint la peau, ce qui implique une tangente verticale à sa base. Nous avons donc choisi une forme ogivale.

Pour réaliser notre ogive, nous devions trouver un compromis entre la masse et une résistance à la compression. Pour cela, la fibre de carbone semblait être un premier bon choix, mais un problème d'étanchéité d'ondes électromagnétiques se pose pour l'utilisation de la télémesure. Nous avons donc opté pour une ogive en fibre de verre, les critères étant également respectés, mais cette fois-ci sans problème d'étanchéité.

La réalisation de la pièce en fibre de verre se déroule en 3 étapes. Premièrement réalisation du moule mâle de l'ogive (avec un rayon réduit de 5 mm) plein, avec épaulement. Cette dernière est réalisée en tournage par une commande numérique avec un programme. La deuxième partie consiste à se servir de cette pièce comme moule et la recouvrir de fibre de verre. Une fois l'opération finie, on usine avec les conditions de coupe adaptées à la fibre de verre le profil fini.

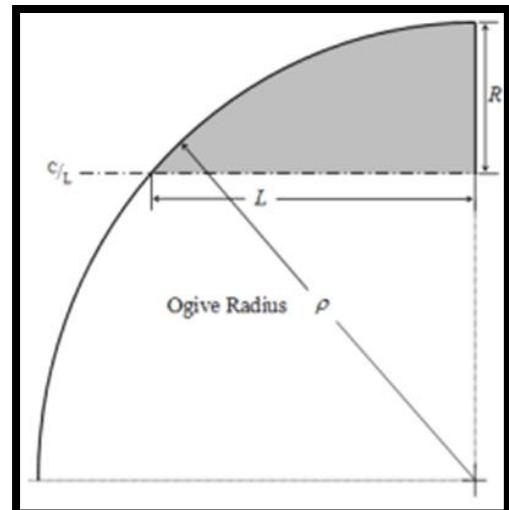
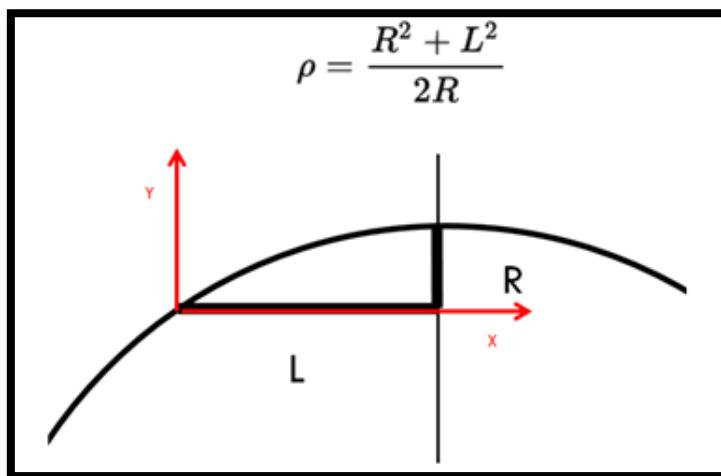


Figure 15 : Caractéristiques dimensionnelles de l'ogive

Dans notre cas, la hauteur est de 250 mm avec un diamètre de 90 mm. Mais nous souhaitons une coque ayant une épaisseur de 3 mm, il faut donc un diamètre de 87 mm donc un rayon $R = 43.5$ mm.

Le rayon de l'arc de cercle qui forme l'ogive est appelé rayon de l'ogive et est lié à la longueur et la largeur de la point avant, par la formule :

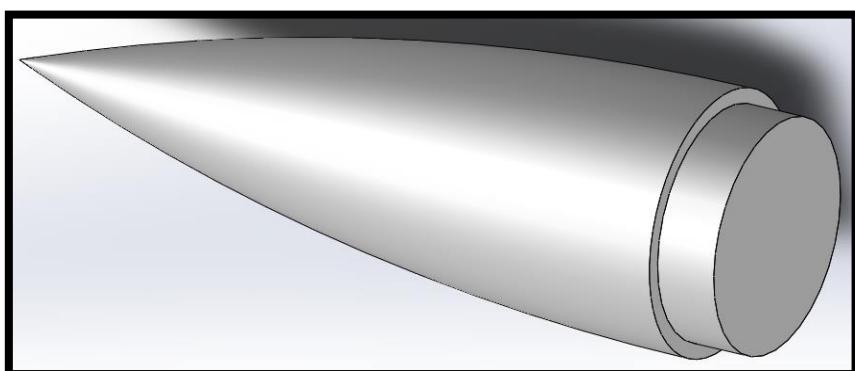


En appliquant la formule ci-dessus, on obtient : $\rho = \frac{257569}{348}$

Notre profil de courbe résulte alors de l'équation :

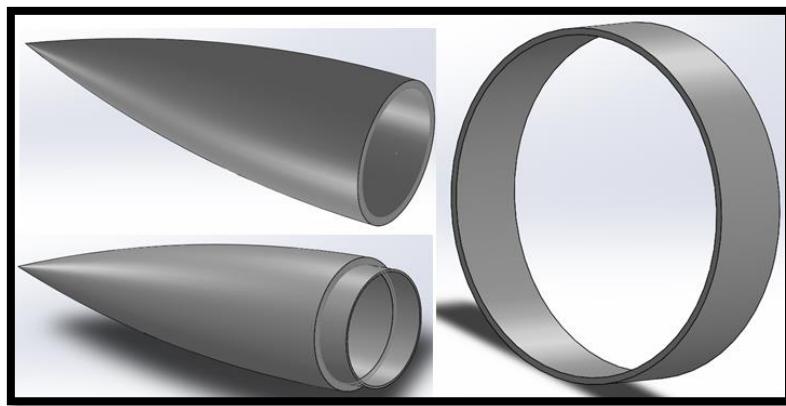
$$y = \sqrt{\left(\frac{257569}{348}\right)^2 - (250 - X)^2} + 43.5 - \frac{257569}{348}$$

Ce qui donne le modèle suivant, si on y rajoute l'épaulement de rayon 77 (car on souhaite un rayon de 80 avec 3 mm d'épaisseur) de 20 mm pour fixer l'ogive au tube.

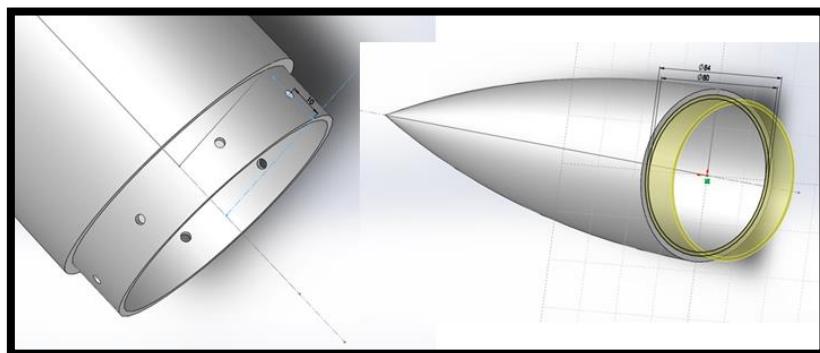


Une fois la pièce réalisée, on fait un usinage de finition avec de bonnes conditions de coupe pour ne pas déteriorer les outils et la pièce en fibre de verre. Pour cela, nous utilisons un outil carbure K05 ou K10 avec un rayon d'outil 0,4 sans lubrification avec un angle de coupe positif et une vitesse de coupe de 60 à 100 m/min.

On obtient alors une partie ogive et une autre en tube que l'on vient emboîter et coller (coller qui est possible ici, grâce à l'utilisation de la fibre de verre).



Puis des perçages afin de faire passer les 8 rivets à 10 mm du bord (cf. Annexe 6).



c. Tube

La conception du tube en fibre de carbone est complexe. Elle se décompose en quatre parties. Cette conception a de nombreux avantages et inconvénients. En effet, nous devons être rigoureux lors de la fabrication notamment pour les perçages qui sont nombreux. L'avantage principal est la masse faible mais aussi que l'on peut plus facilement choisir le volume de chaque case de la fusée. De plus, la fibre de carbone ne pouvant pas être soudée, nous avons opté pour une solution rivetée. En effet, bien que non démontable, cette solution est sûre, peu chère, et peu encombrante.

De ce choix, nous avons alors calculé le nombre de rivets nécessaires au niveau de l'ogive mais aussi de la bague de poussée. Pour cela, nous utilisons la formule suivante :

$$\frac{T}{n \cdot S} \leq \frac{\sigma_e}{3} \Leftrightarrow \frac{T}{n \cdot S} \leq 80 \text{ [MPa]}$$

Avec:
 - T : Effort maximal sur l'ogive = 2415 [N]
 - σ_e : Limite élastique de l'acier = 240 [MPa]
 - $n \cdot S$: Surface de n=1 rivet de Ø2,4 et $S = 7,1 \text{ [mm}^2\text{]}$

On en déduit le nombre de rivets n nécessaires :

$$n = \frac{T}{S \cdot 80 \cdot 10^6} = 6,7 \text{ rivets}$$

On arrondit à 8 rivets pour simplifier la fabrication.

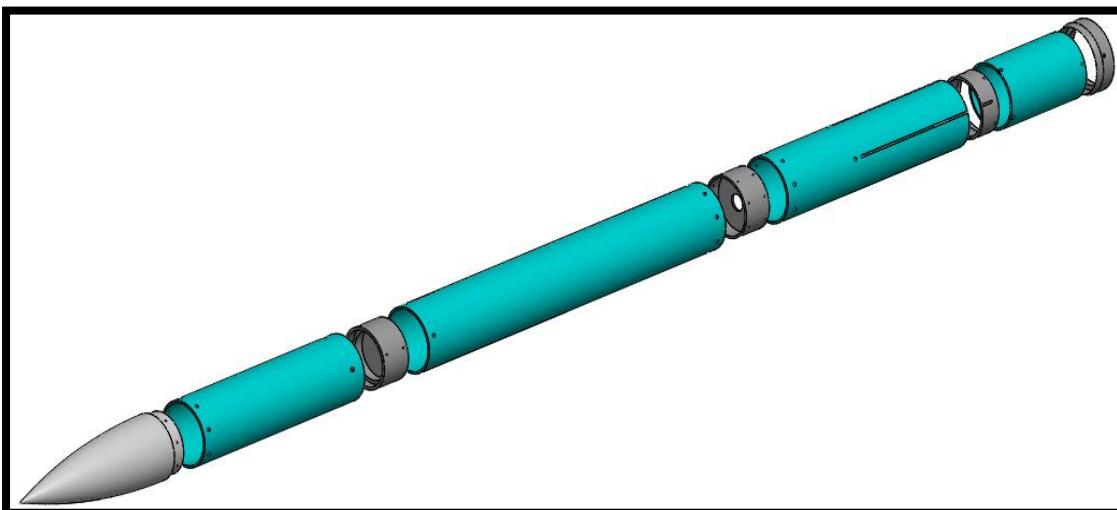


Figure 16 : Vue éclatée du corps de la fusée via SolidWorks

II. Case moteur

a. Cahier des charges et fonctions

Cette case va accueillir le propulseur à propergol. Il est fourni par Planète Sciences et a été choisi en fonction de nos expériences et objectifs. Il nous est impossible par la suite d'en demander un nouveau. Cette partie de la fusée doit être rigoureusement étudiée car il en va de la sécurité des pyrotechniciens.

L'association Planète Science impose l'architecture globale de cette case. Nous ne sommes pas autorisés à en définir une autre.

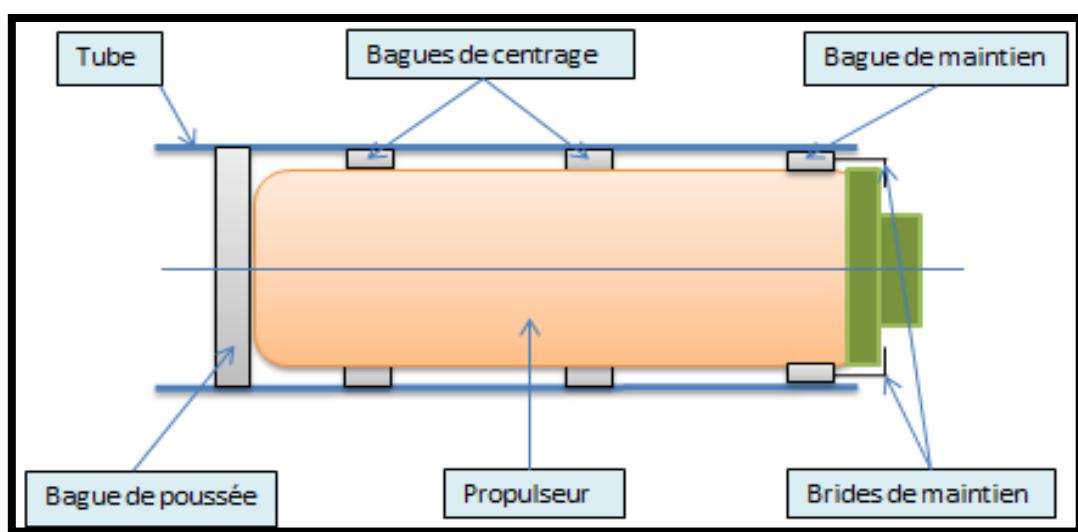


Figure 17 : Architecture imposée de la case moteur

Nous sommes alors amenés à réaliser les bagues qui vont maintenir le moteur Pro75 3G. Parmi ces bagues, nous pouvons en distinguer différents types. D'une part les bagues de centrage, d'autre part la bague de retenue, puis la bague de poussée. Tout en suivant le cahier des charges, le diamètre des alésages demande un jeu fonctionnel compris entre 0,5 et 1 mm pour un diamètre nominal de 89 mm. Celui-ci assurera le centrage long lors du montage du moteur.

De plus, sur la bague de retenue devront être fixées deux brides en forme de "Z" qui auront pour fonction de maintenir le moteur.

Enfin, sur la case moteur viennent se fixer les ailerons qui servent à stabiliser l'engin afin de permettre la meilleure trajectoire possible. Nous sommes dans l'obligation d'installer quatre ailerons.

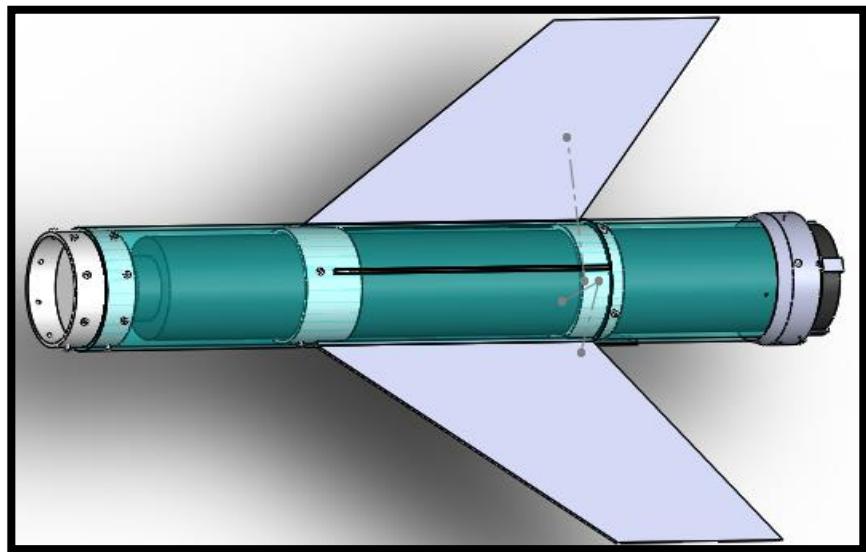


Figure 18 : Ensemble case moteur

b. Bagues

➤ Bagues de centrage et bague de maintien

Comme son nom l'indique, la bague de retenue permet de retenir le moteur dans cette case. Pour cela, comme imposé dans le cahier des charges, deux brides de maintien en forme de "Z" seront vissées par des vis M4. (cf: figure 19).

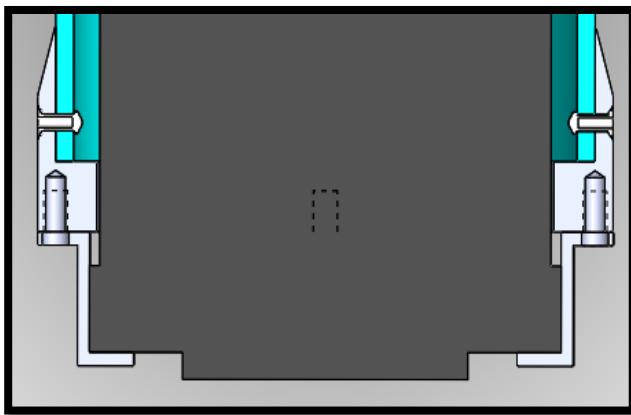


Figure 19 : système de maintien du moteur

Cette bague résulte d'un long travail de fabrication. Elle est fabriquée en usinage conventionnel par l'utilisation d'un tour mais aussi en commande numérique pour le

chanfrein. Le chanfrein est très important car il limite les frottements de l'air opposés au déplacement de la fusée ce qui risque de ralentir la fusée. La bague de maintien est présentée en figure 20.

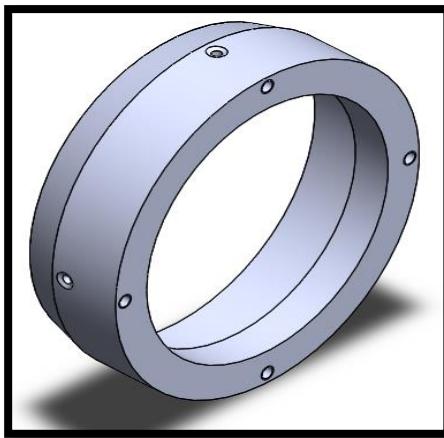


Figure 20 : Bague de maintien

Aussi, deux bagues de centrage guident le moteur dans sa position. Sachant qu'il y a un léger jeu entre le moteur et ces bagues obligatoire pour le montage, elles ne subissent donc pratiquement aucune contrainte pendant le vol. Nous avons alors décidé de les fabriquer en aluminium pour aussi gagner en masse. Pour toutes ces raisons, nous avons décidé de concevoir ces bagues de la même manière. (Cf: figure 21)

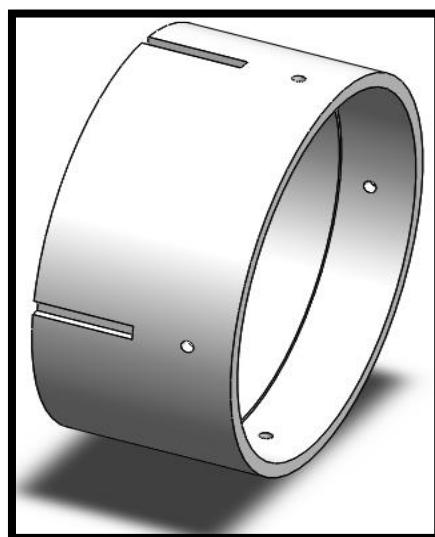


Figure 21 : bagues de centrage

➤ Bague de poussée

La bague de poussée est un élément majeur de la fusée. Elle est située tout en haut de la case moteur. Sa conception doit être rigoureusement bien étudiée car c'est elle qui subit le

plus de contraintes durant la phase de poussée. En effet, elle prend sur une faible surface toute l'impulsion du moteur, soit environ 1300 [N] pendant la phase de poussée qui est de 4,68s. Cependant, elle est dimensionnée pour tenir aux 2415 [N] (compression).

Elle doit donc être conçue dans le matériau qui possède le meilleur rapport entre résistance et masse afin de supporter le choc au lancement. La bague de poussée est en acier, qui est loin d'être le meilleur rapport masse/résistance mais par contre résiste suffisamment dans notre cas.

Une simulation sur SolidWorks (cf: figure 22) sur les déformations de la pièce par rapport aux contraintes appliquées montre que la pièce est bien dimensionnée.

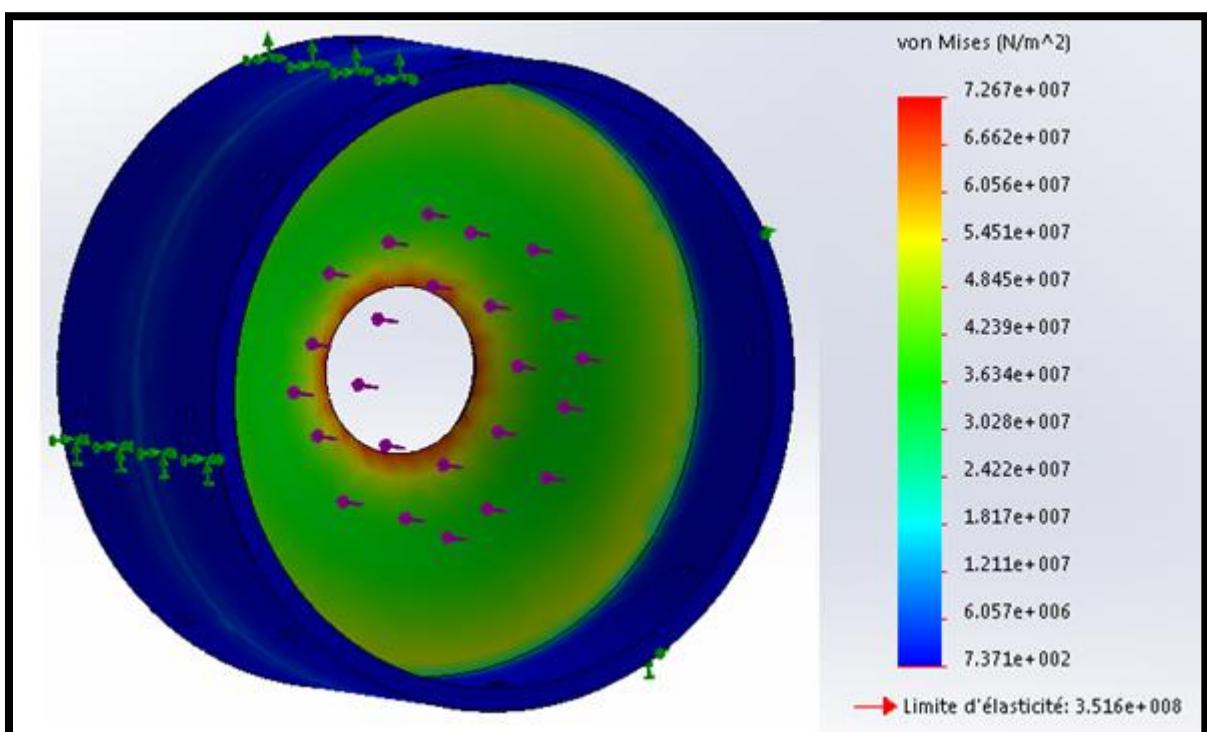


Figure 22 : simulation SolidWorks des contraintes appliquées sur la bague

c. Ailerons

La fonction principale des quatre ailerons situés sur le bas de la fusée est de stabiliser cette dernière durant son vol, notamment durant la phase propulsée et la phase balistique. La stabiliser au mieux permet d'empêcher une déviation de trajectoire, ainsi qu'un retournement de la fusée sur elle-même. Cela diminue les risques durant le vol et permet aussi de garantir les performances prévues auparavant lors de l'étude. Dès lors, il est indispensable que les ailerons soient bien dimensionnés.

Pour réaliser le dimensionnement de nos ailerons, l'organisme Planète Science nous donne accès à 2 logiciels de stabilité et de trajectographie (TRAJEC et CARINA). De plus, un fichier Excel (STABTRAJ) nous aide. Ce sont deux logiciels de calculs de stabilité suivant la méthode de Barrowman.

Nous réalisons les ailerons en aluminium, d'épaisseur 3 mm. Ils seront fixés sur les bagues de centrage par soudage. Les raisons de ce choix sont à la fois la sûreté du matériau car il a déjà été utilisé sur d'autres fusées par le passé, et notre budget.

Il y a aussi une facilité d'usinage, en effet les ailerons seront directement usinés dans une plaque d'aluminium par Jet d'eau.

➤ Longueurs des cordons de soudure

Le calcul de la longueur totale des cordons est donné par le résultat le plus grand entre le calcul en cisaillement ou en traction.

- La longueur en cisaillement $L_{cisaillement}$ est donnée par la formule :

$$L_{cisaillement} \gg \frac{k \cdot F}{n \cdot a \cdot R_{ey}} \geq 25[\text{mm}]$$

- La longueur en traction $L_{traction}$ est donnée par la formule :

$$L_{traction} \geq \frac{k \cdot F}{a \cdot R_e} \geq 25 [\text{mm}]$$

Avec: - k : facteur de sécurité = 2
- F : Force appliquée = 2415 [N]

- n : nombre de cordons = 2
- a : largeur cordons = 3 [mm]
- R_{ey} : Limite au cisaillement = 90 [MPa]
- R_e : Limite élastique = 90 [MPa]



Figure 23 : sous assemblage ailerons

III. Case parachute

a. Cahier des charges et fonctions

➤ Vitesse d'atterrissage

Elle doit être comprise entre $8 \text{m/s} \leq V_d \leq 15 \text{m/s}$ pour à la fois protéger la structure et son électronique à l'atterrissage sans toutefois trop se déporter au-delà d'un périmètre de 2 km de rayon. Elle est calculée en utilisant la formule suivante :

$$V_d = \sqrt{\frac{2 \cdot M \cdot g}{\rho_0 \cdot C_x \cdot S}} = 10,1 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Avec: - M : La masse de la fusée, propulseur vide = 8,076 [Kg]

- ρ_0 : Coefficient de Planète Science = 1,3 [\emptyset]
- C_x : Coefficient de trainée = 1 [\emptyset]
- g : Accélération terrestre = 9,81 [$m \cdot s^{-1}$]
- S : Surface du parachute déployé = 1,28 [m^2]

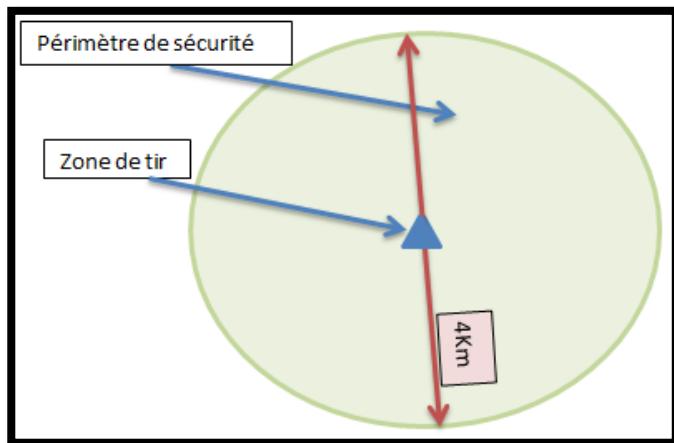


Figure 24 : Délimitation du périmètre maximal de déportation de Planète Science

➤ Parachute

Comme calculé page 13, le parachute doit résister au à l'ouverture qui est de 819 [N] et chacune des 8 suspentes doivent supporter une force de 409 [N]. Et l'ensemble *sangle, émerillon, fixation à la fusée* doivent supporter une force de 1638 [N].

De plus, le parachute doit être équipé d'un anneau anti-torche (glisseur) pour que les suspentes de s'emmêlent pas. Aussi, il est vivement conseillé par Planète Science d'utiliser un émerillon de qualité, de ne pas utiliser de tiges filetées pour la fixation, à placer au centre de gravité, ni de sangles usagées.

➤ Case de libération

Il faut la placer le plus haut possible, et ne doit pas dépasser le diamètre du profil de la fusée. De plus, elle ne doit pas s'ouvrir quand 1N.m est appliqué sur la fusée (torsion possible lors de la mise en rampe). Son éjection doit être franche.



b. Solution d'ouverture de la case parachute

Pour le système d'éjection du parachute, nous avons opté pour un système goupille-ressort. En effet, ce système est beaucoup utilisé dans ce domaine du fait de sa fiabilité. Il est essentiellement composé, d'un ressort facilitant l'éjection de la trappe, d'une goupille maintenant la trappe et d'un servomoteur. Celui-ci permet à la goupille de sortir de son encoche au moment voulu.

Par sécurité, pour lutter contre les vibrations durant le vol, nous placerons ses languettes collées à l'époxy afin d'ajouter un système de maintien de la trappe mais permettant l'ouverture de celle-ci au moment souhaité.

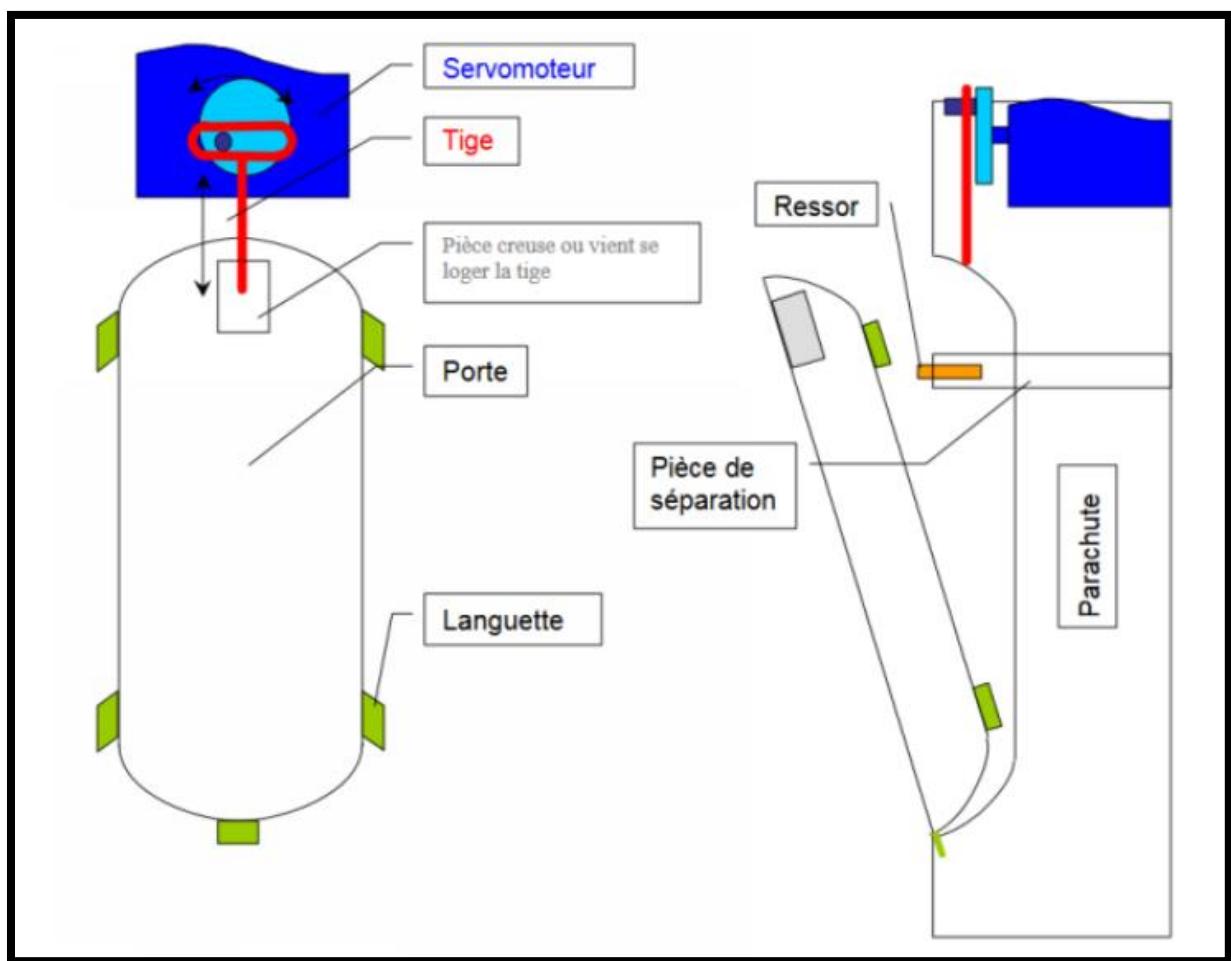


Figure 25 : Schéma du fonctionnement d'ouverture

Notre conception ne diffère guère de ce modèle, un ressort sera placé dans son logement et arrêté axialement par une goupille. Cette goupille de maintien est fixée au servomoteur via une tige flexible. Le maintien général est fait grâce à une goupille collé à l'époxy.

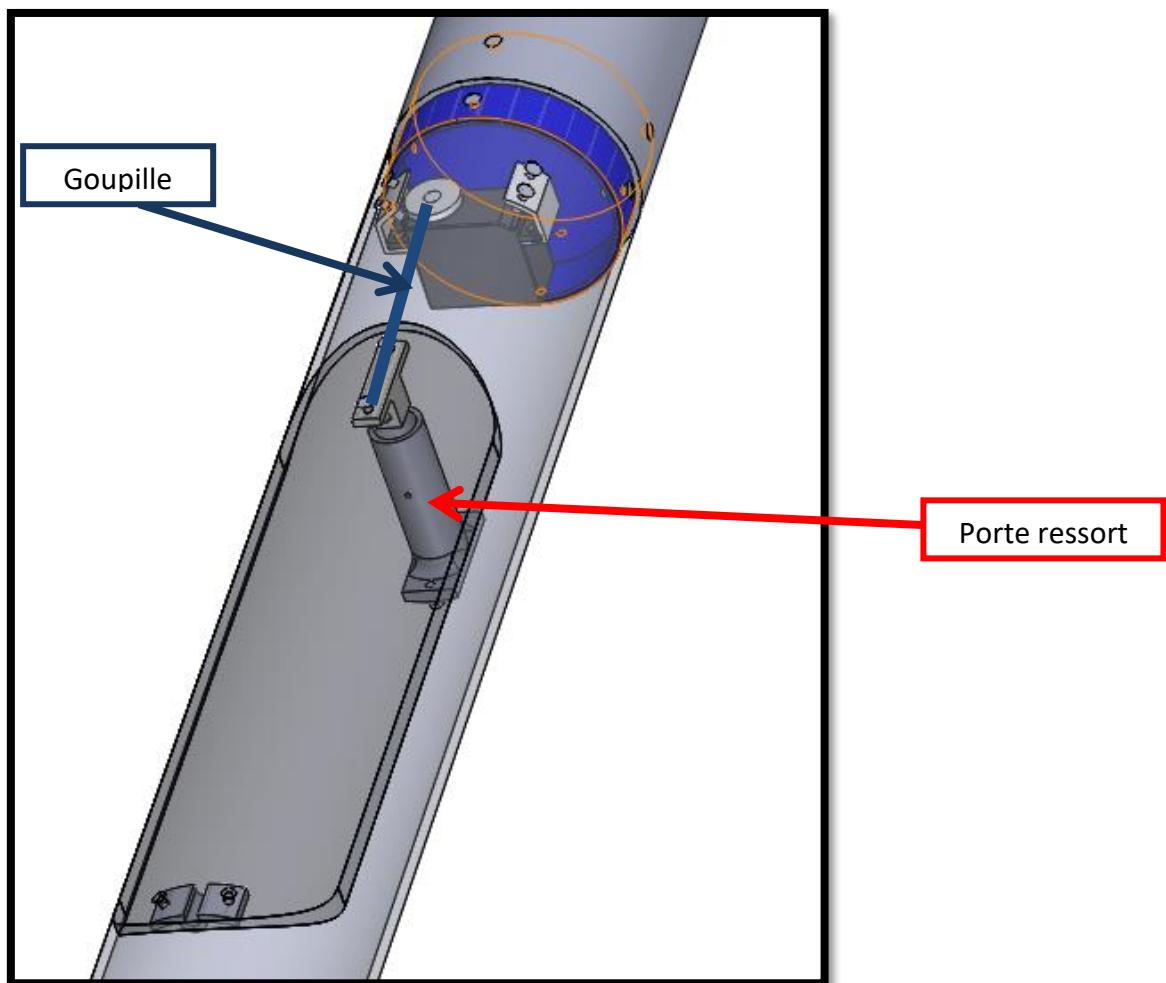


Figure 26 : CAO de la partie éjection via SolidWorks

Nous avons décidé de fabriquer le porte ressort, le porte servomoteur en polymère PLA via une imprimante 3D car ces dernières subissent peu d'efforts en plus des 16G d'accélération. Les avantages sont un gain de poids et d'argent. L'utilisation d'une imprimante 3D nous a permis de fabriquer des pièces qui sont impossibles à fabriquer par usinage conventionnel.

➤ La goupille

Pour déterminer le diamètre de la goupille pour des efforts en matage, nous avons par sécurité (surdimensionné), pris un ressort constructeur d'une raideur de 44 N/mm créant ainsi une force transversale à la goupille de 315 N.

Nous obtenons le diamètre D_g de la goupille en suivant la formule suivante :

$$D_g = \frac{F_t}{l \cdot p_{adm}} = 5 \text{ [mm]}$$

Avec:

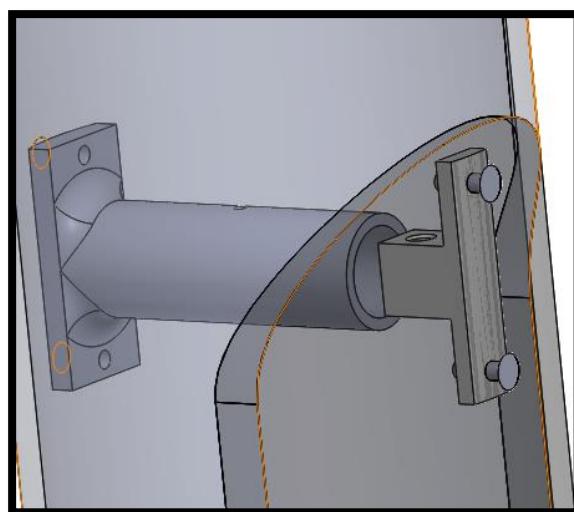
- D_g : Diamètre de la goupille en [mm]
- F_t : Force tangentielle = 315 [N]
- p_{adm} : Pression admissible au matage = 7 [MPa]

➤ Le servomoteur

Afin de contrer ces efforts et de permettre la sortie de la goupille de son encoche, nous avons déterminé qu'un couple de 2 Kg.cm. Le servomoteur choisi développe un couple de 2,2 Kg.cm. Il est alors adapté à notre système.

➤ Fixation des éléments

Chaque élément est riveté sur la paroi du tube de fibre de carbone.



De plus il est précisé dans le cahier des charges qu'aucun élément ne doit être éjecté et mis à part de la fusée. Pour cela nous allons attacher la trappe via un câble au parachute de la fusée, et cela facilitera aussi son éjection.

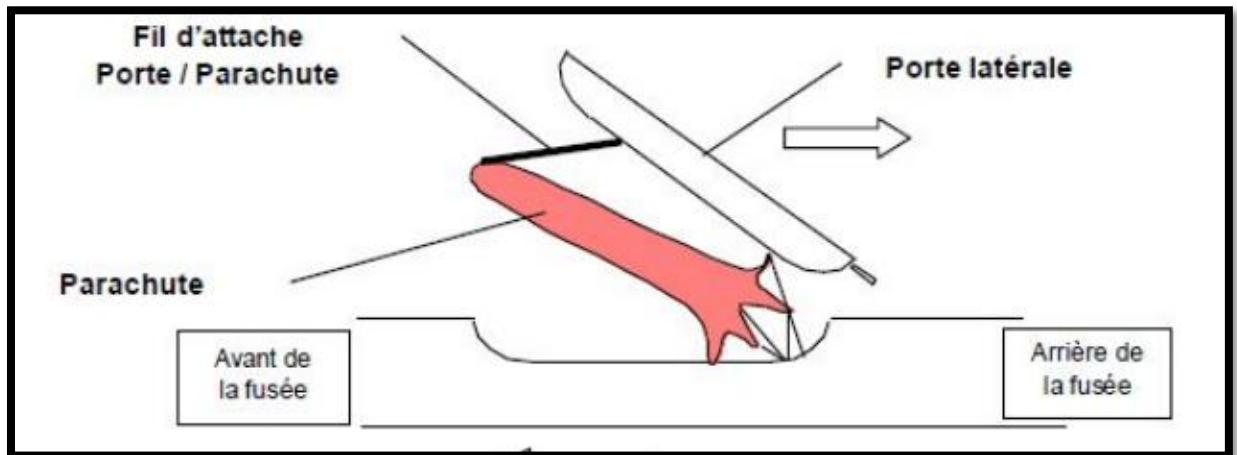


Figure 27 : attache du parachute

c. Parachute

Le logiciel *Traecto* permet de trouver les dimensions du parachute en fonction de la vitesse d'atterrissage voulue. On obtient alors les valeurs suivantes :

Calcul de la surface d'un parachute		Résultats détaillés					
		Temps	Altitude z	Portée x	Vitesse	Accélération	Angle
		s	m	m	m/s	m/s ²	°
Longeur du bord	269 mm	0	0	0	0	-	80
Largeur du coté	199 mm	0,27	3,78	0,67	31,7	121,2	80,0
Surface para	0,29 m ²						
Rayon	610 mm						
Surface para	1,17 m ²						

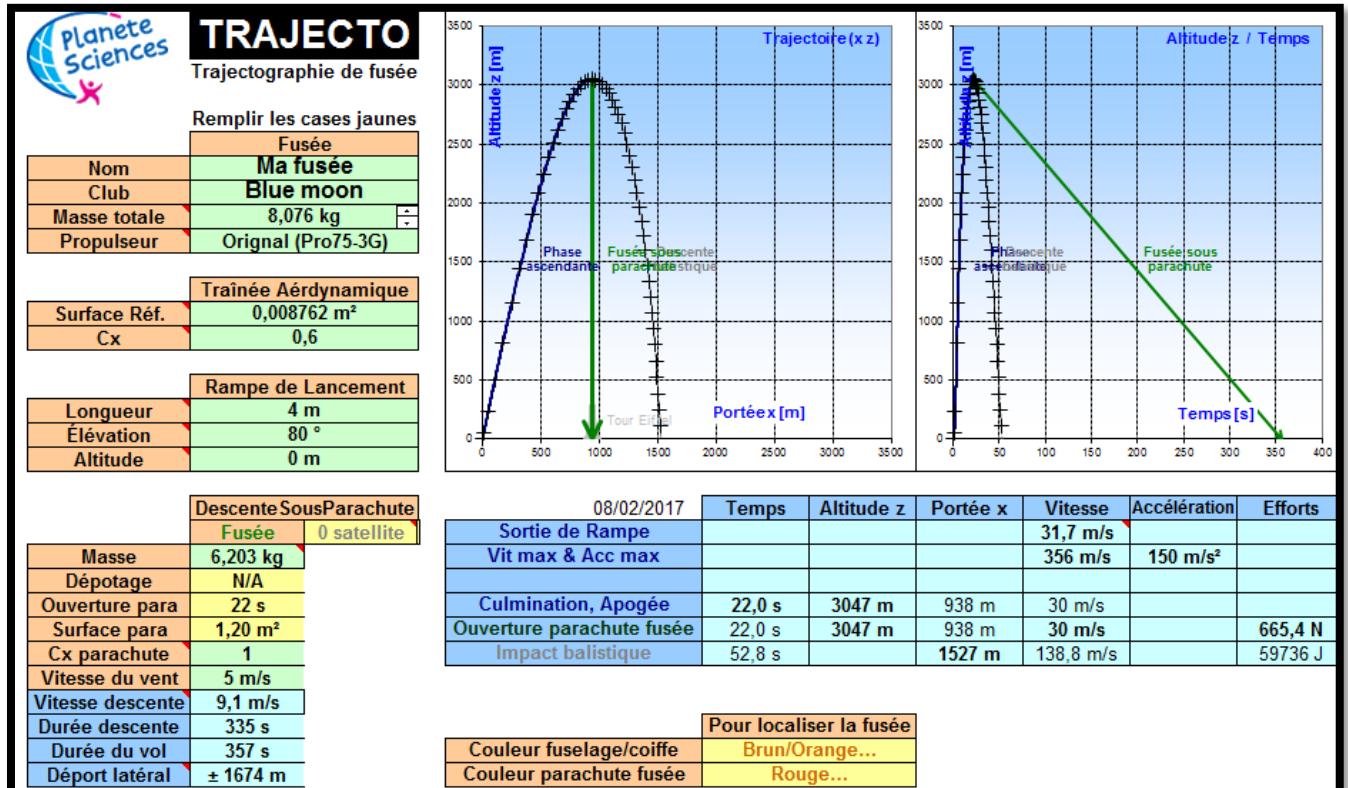


Figure 28 : Caractéristiques du parachute

Pour dimensionner les suspentes, nous avons suivi d'une part la méthode proposée par le cahier des charges, puis d'autre part, celle d'un abaque sur les parachutes de Planète Sciences (cf. figure 24).

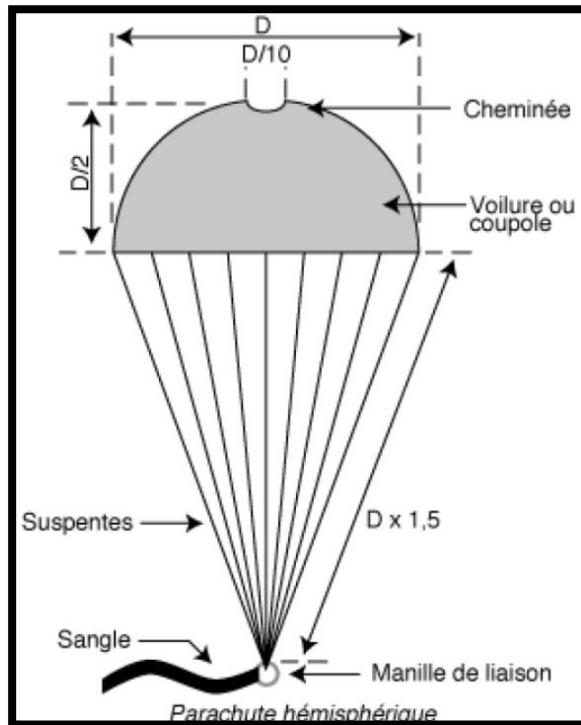


Figure 29 : Calculs des suspentes

Blue Moon 1bis	
Force maximale à l'ouverture (cf. CdC)	$F = 819.0 \text{ N}$
Charge supportée par chaque suspente	$F_{\text{suspente}} = 409.5 \text{ N}$
Charge supportée par {sangle, émerillon, fixation fusée}	$F_{\text{fixation}} = 1638.0 \text{ N}$
Longueur des suspentes (à vérifier)	$L_s = 2004 \text{ mm}$

Figure 30 : Résultats du calcul de longueur des suspentes

De plus, le parachute est fait en toile spécialisée pour les parachutes. Ils sont faits en polyester (55%) et nylon (45%).

IV. Intégration de l'électronique

a. Cahier des charges et fonctions

Cette case va accueillir les cartes électroniques ainsi que les batteries d'alimentation des composants électriques de la fusée. Ces cartes garantissent le bon fonctionnement de la fusée durant son vol.

Pour ce qui est du cahier des charges de Planète Science, il est imposé que cette case soit le plus loin possible de la case moteur afin d'éviter une température trop élevée, mais aussi pour éviter les vibrations qui pourraient être néfastes. Cependant, il n'y a pas de condition sur l'intégration des cartes dans la fusée.

De plus, la partie électronique est un point complexe qui a une incidence directe sur la conception du corps de la fusée. En effet, de nombreuses conditions vont justifier nos choix de montage de la partie électronique. Il est nécessaire d'avoir accès aux cartes durant les

phases de vérification par Planète Science ainsi que pour les phases de test. De plus nous devons avoir la main sur les batteries pour les recharger.

b. Choix d'intégration

Notre partie électronique est conçue de la façon suivante (cf: figure 20). Nos composants électroniques sont fixés et répartis sur deux cartes électroniques. Ces deux cartes seront positionnées horizontalement dans la case. Pour leur positionnement, elles seront enfilées sur quatre tiges filetées et le blocage en translation sera effectué avec un contre-écrou.

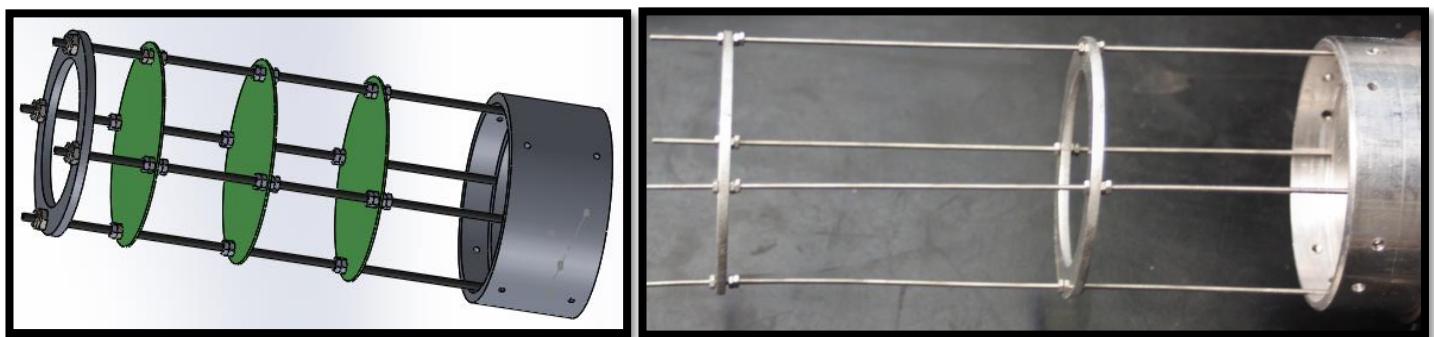
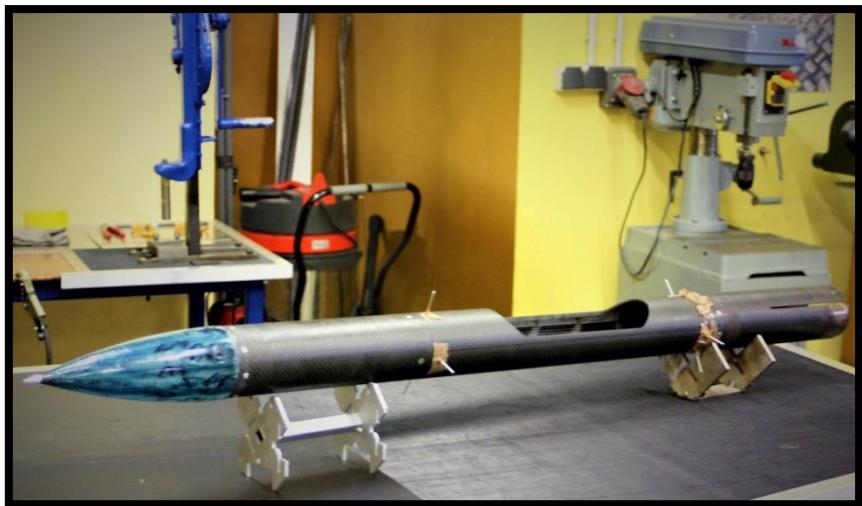


Figure 31 : Intégration de la partie électronique

Ce montage simple et peu coûteux possède de nombreux avantages. En effet, il est possible de minimiser le poids en ajustant la longueur des tiges filetées en fonction du nombre de cartes et du volume pris par les composants électroniques. L'avantage des tiges filetées est aussi qu'elles nous permettent de serrer nos câblages, une chose importante afin de limiter tout débranchement. Cela participe à la sécurité durant le vol. Nous rendons aussi l'accès facile aux composants en jouant sur l'entraxe entre chacune des cartes électroniques.

V. Problèmes liés à la fabrication et solutions



a. Ogive

➤ Problème(s) rencontré(s) et solution(s)

Comme détaillé dans la partie dédiée à l'ogive (page 24), cette dernière a été fabriquée à partir d'un moule mâle en nylon. Ce dernier a été usiné en commande numérique. Cependant durant cet usinage, plus précisément durant la phase de finition, l'ogive rentrait en vibration. Ce problème provient du porte à faux lorsque l'outil se rapproche de la pointe de l'ogive.



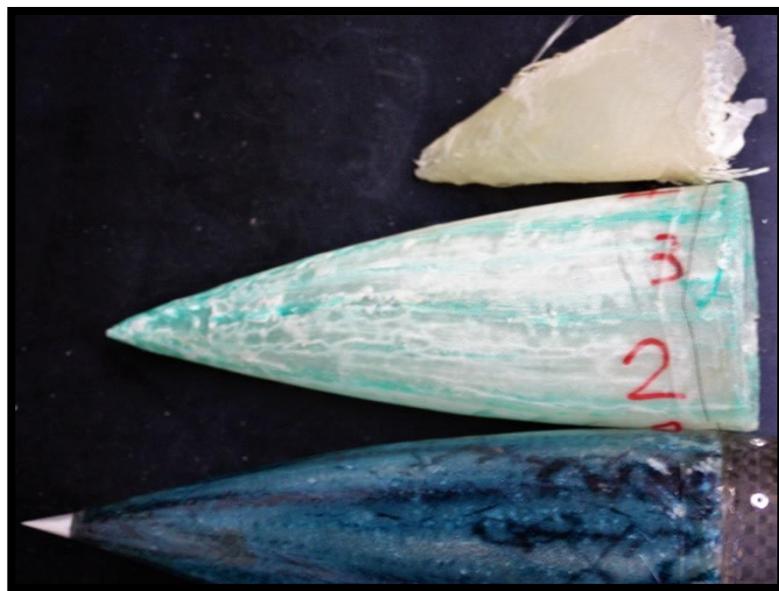
On peut penser que lorsque l'outil se rapproche du centre de rotation, il est nécessaire d'augmenter la vitesse de rotation. Dès lors, la vitesse d'avance de l'outil a été réduite au maximum afin de limiter les efforts de coupe. Cependant, cette partie à durée plus de 5h.

Le moulage en fibre de verre a été long et complexe à fabriquer. Afin de découper correctement les bandes aux bonnes dimensions, nous avons dû projeter la forme de l'ogive ce qui nous a permis de créer le patron pour la découpe des bandes numérotées que vous pouvez voir sur la photo à droite de la page.

Nous avons choisis de découper en 6 le périmètre de l'ogive, c'est-à-dire que nous avons préféré utiliser des « petites » coupes de fibre de verre afin d'empêcher la création de bulles d'airs si jamais nous utilisions qu'une seule coupe.



Ainsi, nous avons pu calculer le nombre de coupes à utiliser en prenant en compte l'épaisseur de la colle. Cela a été déterminé en faisant des tests (voir photo ci-dessous).



L'ogive à ensuite été usinée à l'IUT Lyon 1 sur le site de La Doua dans une salle spéciale avec une hôte étant donné l'utilisation de produits toxiques comme le mélange époxy-durcisseur.

Une pointe en aluminium a été usinée pour finaliser l'ogive et assurer son aérodynamisme à l'aide d'un tour d'horloger.



b. Tubes

➤ Problème(s) rencontré(s) et solution(s)

- Les rainures

L'IUT n'est pas équipé pour l'usinage de fibre de carbone, notamment pour le fraisage. Nous avons alors investi dans une fraise afin de réaliser les rainures à l'aide d'une fraiseuse. Afin de les orienter chacune à 90° et faire le serrage, nous devions utiliser un porte-outil adapté pour les dimensions de notre pièce ainsi qu'un diviseur d'angle. Ne trouvant pas de porte-outil adapté, nous nous sommes rabattu sur la commande numérique avec M. WOLF. Ce pendant nous n'avons pas pu utiliser le diviseur d'angle avec la fraise numérique, et donc les espaces de 90° ont dû être faits à l'œil. Cela a engendré des problèmes de cotation lorsque nous avons voulu relier les deux bagues aux ailerons. Dès lors, nous avons choisi d'adapter les défauts d'angles aux bagues pour des raisons de simplicités.

- La trappe

La trappe a été usinée par découpe jet d'eau, seul procédé à disposition permettant un résultat propre et précis. En effet, la buse se déplace perpendiculairement à la table en dessinant directement les coordonnées issues du dessin de définition (Cf. Annexe 20). Cependant, la précision est limitée par la mise en position dans le repère de la machine. Il est

question d'être au plus coaxial et de ne pas traverser le tube de part en part. Pour ce dernier point, l'unique montage possible a été utilisé : des cales ont protégé le fond à ne pas usiner.

E] ELECTRONIQUE EMBARQUEE

I. Séquenceur

a. La platine séquenceur

Le séquenceur est un élément de base de la fusée. Son but est de détecter le décollage et de commander le mécanisme de récupération en temps voulu.

Dans toute conception d'un séquenceur, il est nécessaire de se focaliser sur deux principes fondamentaux : la fiabilité et l'indépendance vis-à-vis des autres systèmes électroniques.

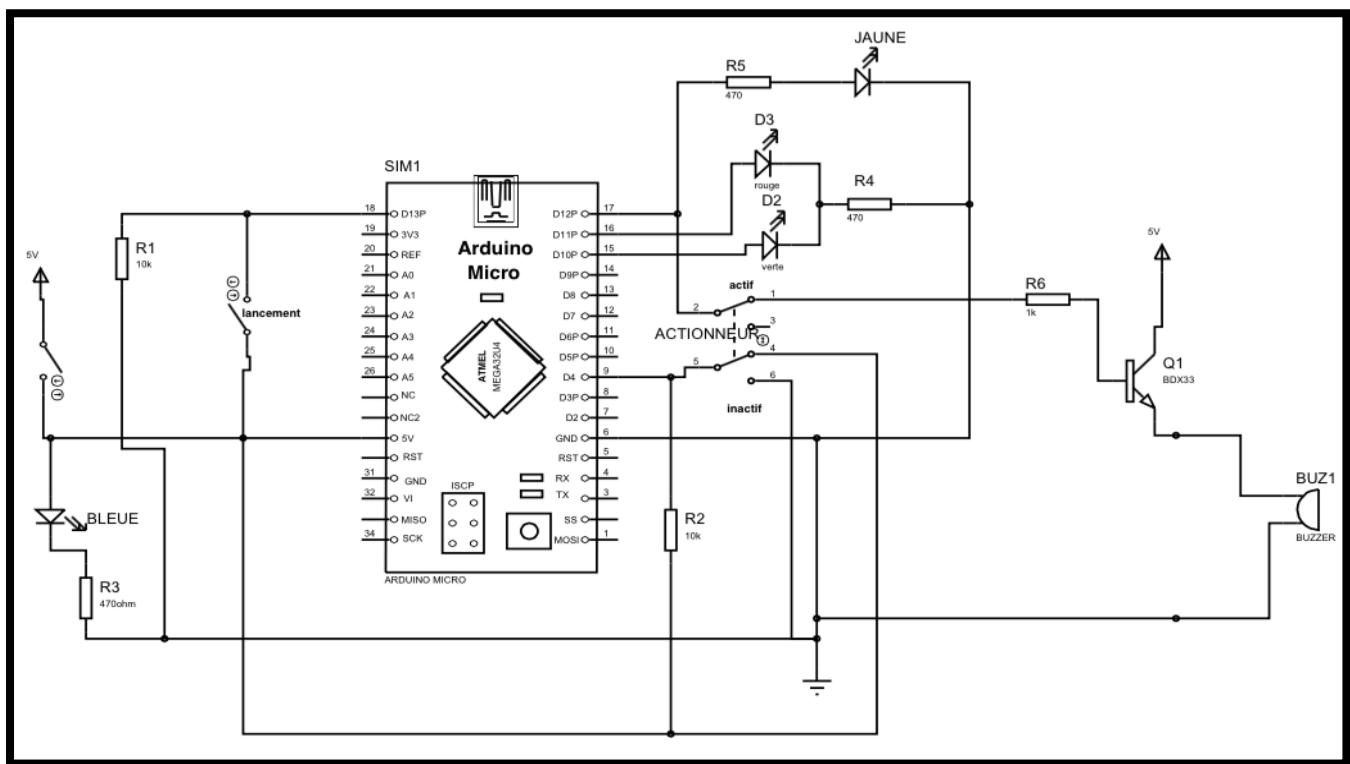


Figure 32 : Schéma du séquenceur

Ce séquenceur a été conçu de manière à être entièrement géré par la carte Arduino et son microprocesseur. L'avantage de cette conception par rapport à une conception mécanique est qu'elle permet une plus grande réactivité lors du décollage avec une meilleure précision sur la fenêtre temporelle pour l'ouverture du parachute. Cette carte gère aussi une partie de la récupération au sol de la fusée grâce à un buzzer (BUZ1) qui sera alimenté lors de l'atterrissement de la fusée.

Les différentes LED (D1, D2, D3, D4) permettent de transmettre avant le tir l'état de la fusée avant le décollage.

- Fusée en attente
- Fusée prête au décollage
- Fusée en vol

La Détection du décollage s'effectue grâce à un interrupteur arraché au décollage.

Accélération=0 (fusée prête au décollage).

Accélération>0 (fusée en vol).

Accélération=0 (fusée au sol alimentation du buzzer).

b. La platine générale

La carte principale en forme de cercle afin d'optimiser au mieux l'espace est composée de :

- 1 altimètre
- 1 accéléromètre
- 1 carte avec lecteur SD
- 1 altimètre

Cette carte a pour fonction de centraliser et d'enregistrer toutes les données du vol, en particulier les données de l'expérience.

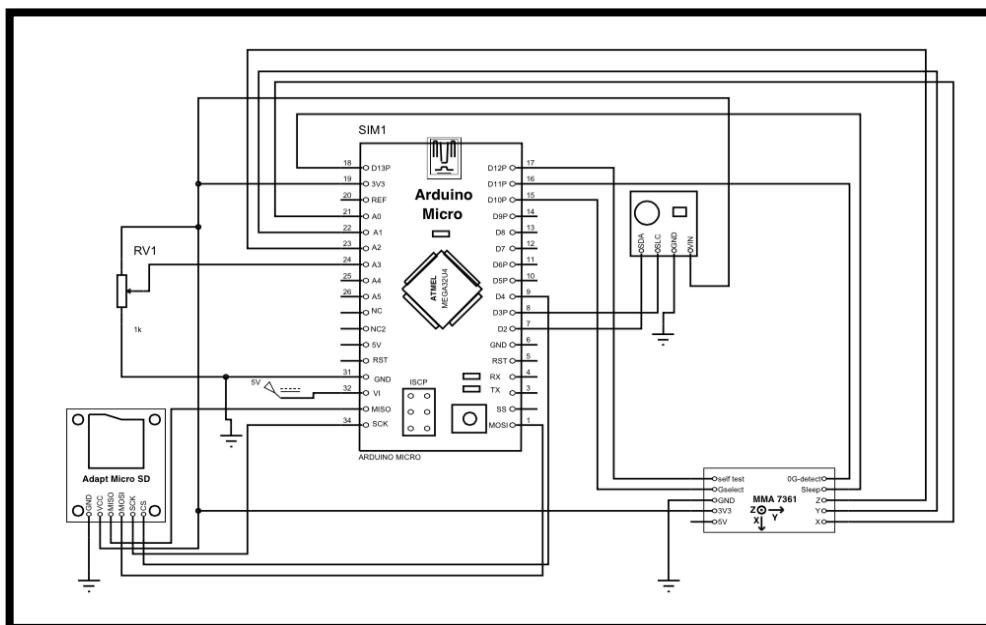


Figure 33 : Schéma de la platine générale

Nous pouvons voir sur la figure 22 que nous utilisons des cartes Arduino micro plutôt que des cartes de base. Les cartes micro sont un peu plus rapides (1 mesure tous les 37 cm soit 1 mesure toutes les 0,0023s) mais elles sont surtout beaucoup plus petites et permettent de minimiser la masse des cartes au maximum.

L'alimentation des cartes par des piles visibles sur la photo n'est pas définitive. Elle permet de tester les programmes des cartes mais aussi de vérifier la consommation générale.

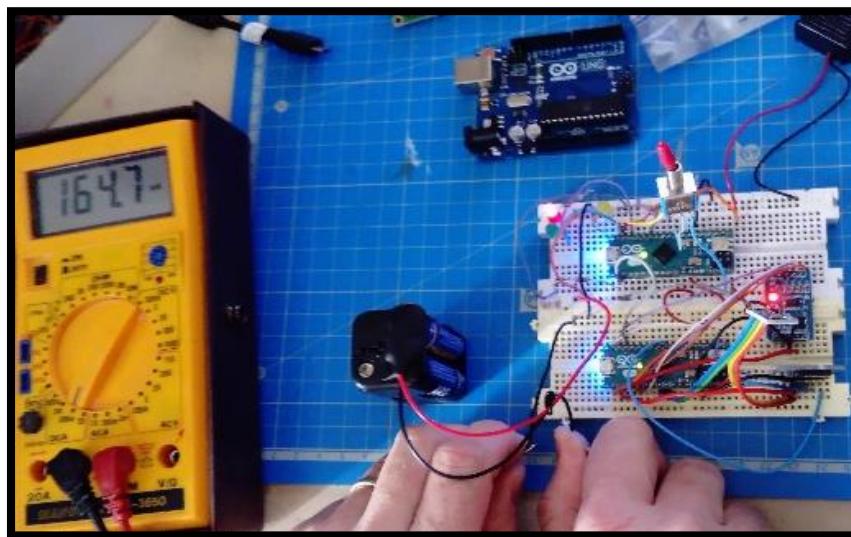


Figure 34 : Photo de la platine générale en vérification

II. Test de l'électronique

Le problème des cartes électroniques est de prouver la résistance des composants à une très forte accélération. Par conséquent nous avons opté pour la conception et la fabrication d'une fusée de test. C'est une micro-fusée servant à tester la viabilité des mesures sous Arduino et la fiabilité des cartes électroniques destinées à Blue Moon.

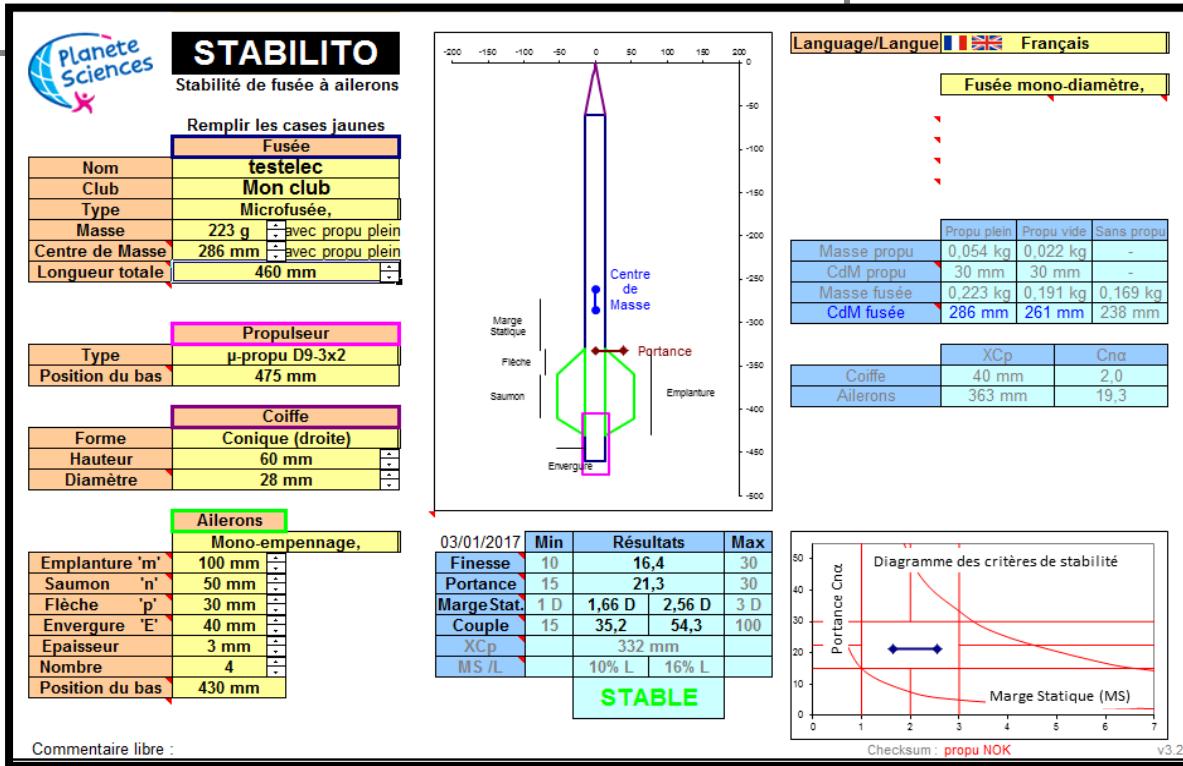


Figure 35 : Micro-fusée de test

En effet l'accélération de Blue Moon est de 16G environ. Avec de telles valeurs les câblages peuvent céder et l'échantillonnage des cartes Arduino peut être insuffisant. Néanmoins, il est impossible de tester l'électronique en conditions réelles car on ne peut pas avoir de moteurs supplémentaires, ni de NOTAM (autorisation de vol délivrée par la direction de l'aviation civile) pour des essais de FUSEX.

Testelec est une micro-fusée avec un moteur de mini-fusée. Elle nécessite un NOTAM simplifiée et doit être lancée par un lanceur agréé mini-fusée (David Geoffroy). Son coût de lancement est d'environ 10€ ce qui permet de multiplier les essais (à condition de se joindre à d'autres lancements car on ne fait pas un NOTAM pour une seule fusée). Elle accélère à 20G ce qui permet de tester la fiabilité des cartes en conditions réelles.

Par contre, ses propulseurs étant trop petits, elle ne peut pas atteindre la vitesse du son : elle plafonne à 120m/s. C'est le tiers de notre objectif mais cela permet d'avoir une idée assez précise de la vitesse d'échantillonnage nécessaire. Elle ne peut pas non plus emporter toutes nos mesures en même temps (70g de charge utile maxi, qu'il serait bon de réduire car la vitesse en sortie de rampe est un peu trop faible) mais vu le coût de lancement, les tirs peuvent être multipliés et les cartes pourront ainsi être testées séparément.



Figure 36 : Photo de la Testelec en cours de fabrication

III. Télémétrie

Pour respecter le cahier des charges, nous utilisons un moyen de transmission de données à distance. L'intérêt de la transmission de données en temps réelle, est de ne pas devoir attendre pour les récupérer. De ce fait, nous optons pour une transmission de données en temps réelle et un stockage interne par précaution. Nous utilisons pour cela un système appelé Kiwi fournis par planète science.

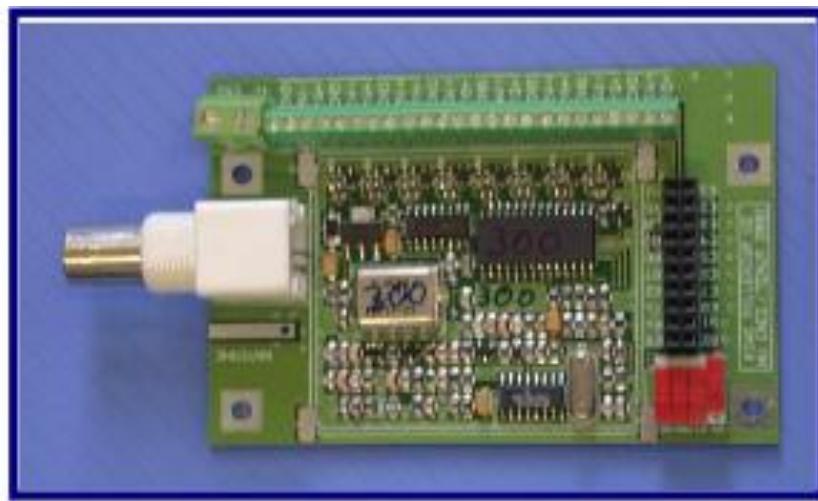


Figure 37 : L'émetteur Kiwi (version millénium)

Le système Kiwi est directement relié aux différents capteurs. La chaîne de télémétrie regroupe l'ensemble des éléments qui prélèvent l'information, la traite, la transmette et la restitue. Elle se décompose en plusieurs blocs fonctionnels.

Ci-contre le schéma de base :

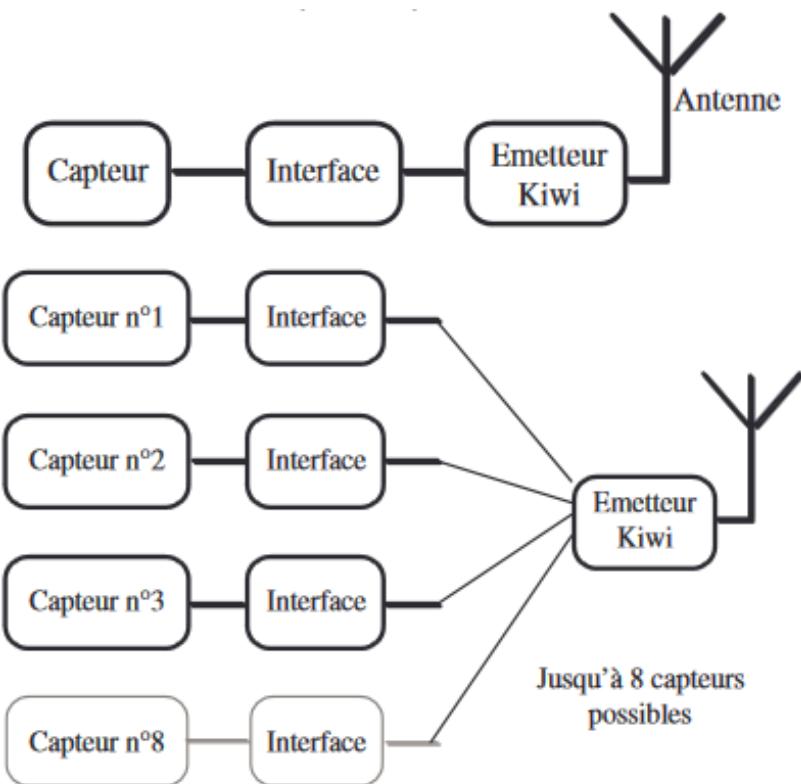


Figure 38 : Chaîne de télémesure à bord de la fusée

Le récepteur lui sera disposé au sol. Il sera également fourni par Planète Science.



Figure 39 : Système de réception des données

L'ensemble du matériel est rangé dans une housse rouge qui sert de sac de transport et de stockage. Les éléments de l'antenne, le récepteur ainsi que ses accessoires sont contenus dans cette housse.

On y trouve en particulier :

- Un récepteur fixé sur la « bôme » de l'antenne
- Le « trombone » de l'antenne qui inclut aussi le connecteur antenne de type N
- Un brin court à monter à l'avant de l'antenne
- Un brin long à monter à l'arrière de l'antenne
- Le câble USB de 5m.
- Un CD-ROM contenant le programme KICAPT_V4_NG ainsi que ce document.

Dans le but de simplifier sa mise en œuvre, le récepteur KIWI utilise une liaison USB avec le PC. Le câble USB permet la transmission de données mais fournit également l'alimentation électrique nécessaire au fonctionnement du récepteur.

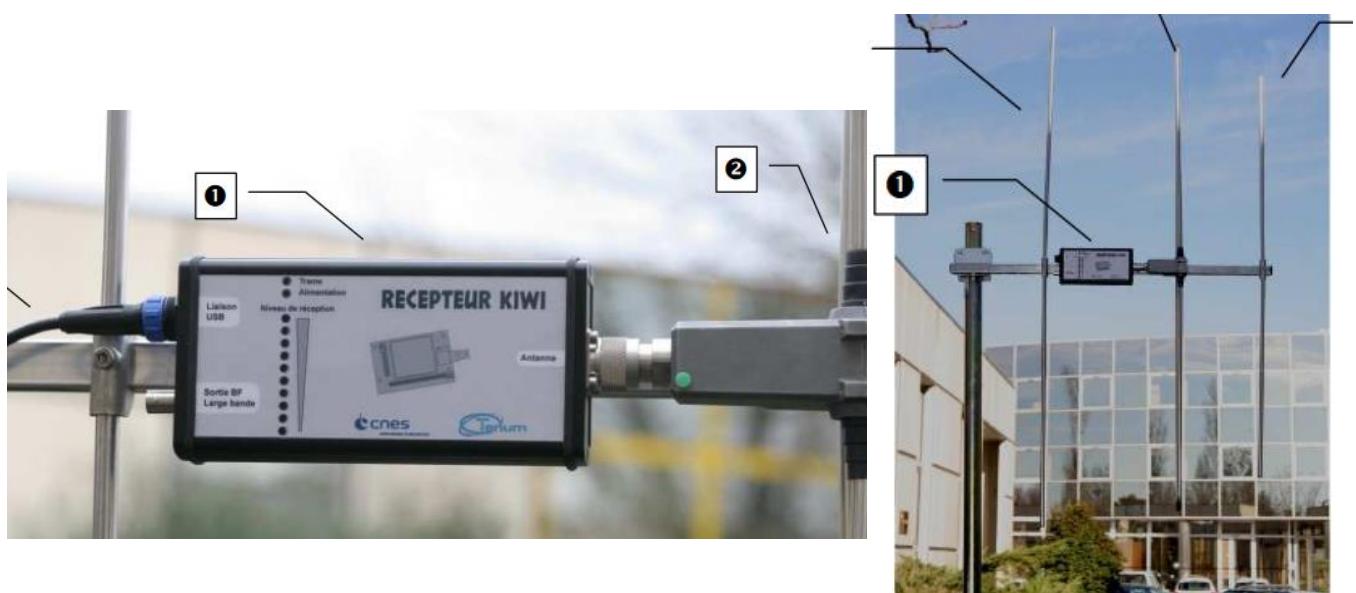
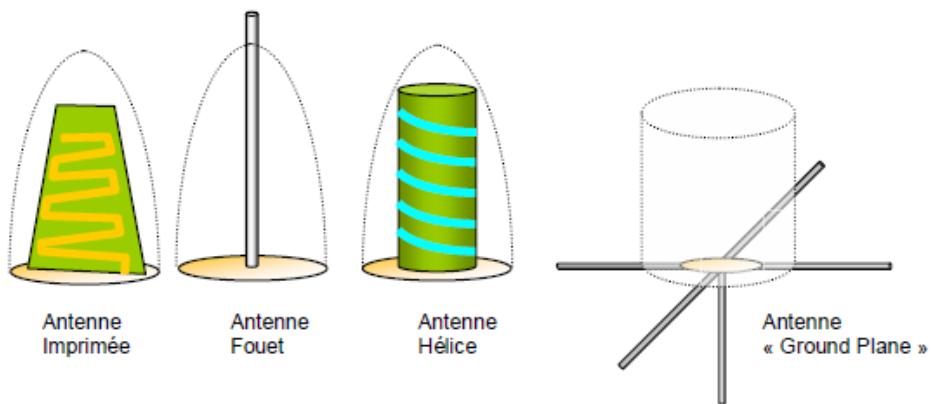


Fig 2 : Antenne et récepteur assemblés

Figure 40 : Système de réception des données monté

De plus, nous disposeront le jour de lancement du logiciel d'installation du programme, d'un manuel de montage pour l'antenne, ainsi qu'un guide d'utilisation du logiciel. En ce qui concerne l'antenne, elle doit être soudée avec le Kiwi avec soin. Cette antenne doit être accordée sur 50 Ohms pour transmettre un maximum de puissance et éviter l'échauffement de l'étage de sortie de l'émetteur. Voici quelques exemples :



Actuellement, nous n'avons toujours pas reçu le système Kiwi, nous n'avons donc pu pas le mettre en place sur le support de carte. De même pour l'antenne qui aurait été fixée à l'intérieur de l'ogive.

IV. Emplacement des jauge de contraintes

Notre objectif étant de mesurer la déformation au passage du mur du son, nous avons choisi de disposer les jauge suivant la méthode suivante. Nous réalisons le modèle de CAO de la fusée auquel subit une simulation de fluide avec FLOW Simulation (complément de SolidWorks)

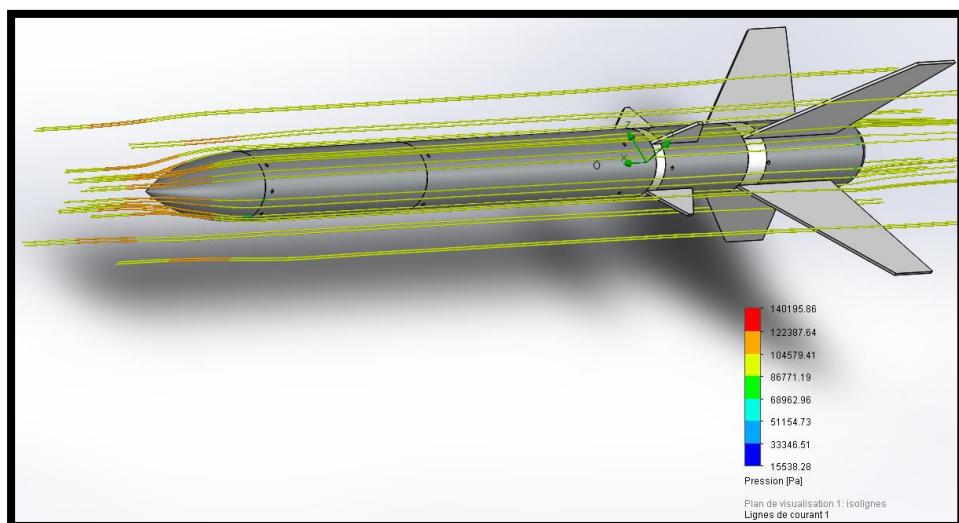
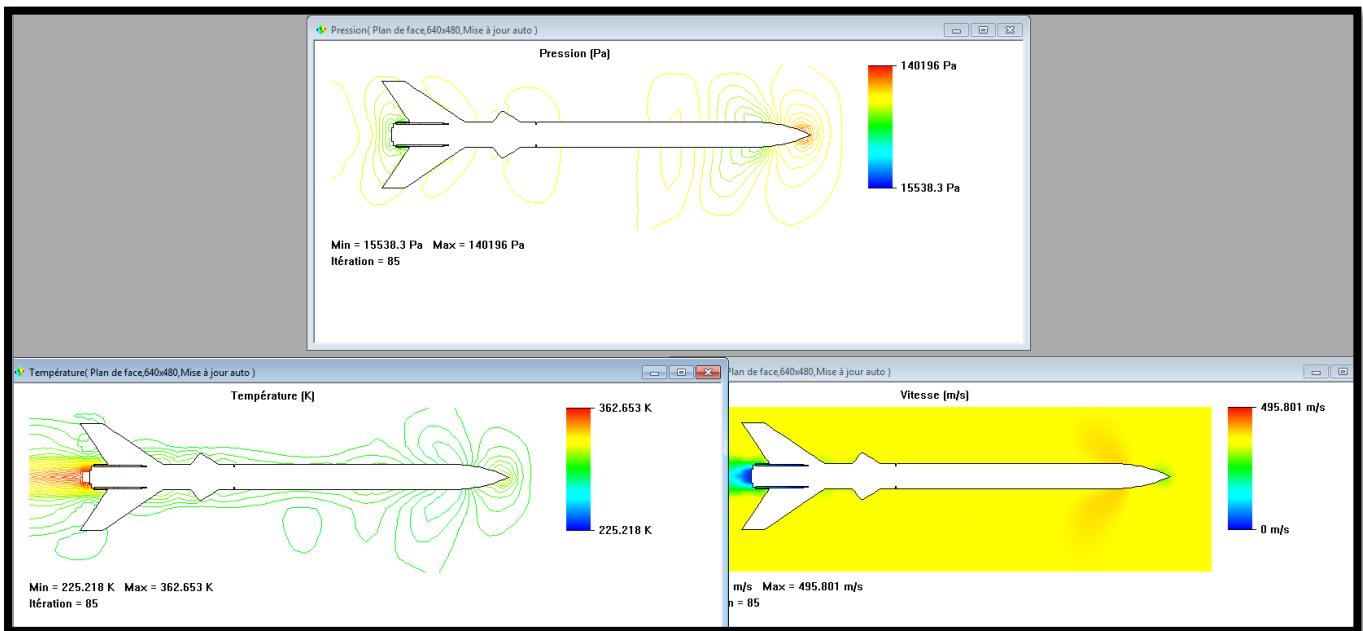


Figure 41 : Simulation via le complément Flow de SolidWorks



	(Pa)	(en Kelvin)	(C°)	(m/s)	Marge statique	Portance
(SIMU1)	123 267	360	86,85	370	[2,85;3,67]	[15 ; 20,9 ; 40]
(SIMU2)	120 870	353,6	80,45	350	[2,85;3,67]	[15 ; 20,9 ; 40]
(SIMU3)	125 769	367,83	94,68	390	[2,85;3,67]	[15 ; 20,9 ; 40]

Figure 42 : Résultats des simulations

On remarque d'après les schémas et le tableau récapitulatif, que la chaleur vers l'ogive sera proche des 80°C. Les pressions seront de l'ordre de 1,2 [MPa] sur l'ogive. Etant donné la forme complexe de l'ogive, il n'est pas facile d'exploiter les données si ces jauge sont disposées sur cette dernière. Elles sont donc misent en haut du tube, juste en dessous de l'ogive.

F] Autour du projet

I. Gestion d'équipe

a. *Les outils*

➤ Le planning

La création d'un planning permet de prévoir l'avancement du projet. Dans un premier temps, le planning est prévisionnel (cf. Annexe 2), il permet d'avoir une première vue de l'ensemble des tâches ainsi que leur répartition. Le planning est ensuite revu afin d'arriver au planning réel (cf. Annexe 2 bis). Nous pouvons ainsi constater les différences entre les deux, notamment la production de l'ogive qui devait être sous-traitée. Elle ne l'a pas été car le coût était élevé (tarif de pièce unique et sur mesure).

Nous pouvons aussi constater que la production en générale a été sous-estimée et qu'elle a duré beaucoup plus longtemps que prévu. Ceci entraîne un décalage sur le planning, notamment les tests ne figurant plus sur le planning. Les tests seront cependant quand même effectués par la suite et apparaîtront sur une nouvelle mise à jour de planning.

Pour conclure, la tenue d'un planning est extrêmement importante car elle permet de visualiser les tâches de chacun, d'évaluer le projet à court et moyen terme, mais aussi d'avoir une référence si le projet est repris.

➤ Fiche d'heures

La fiche d'heure (cf. Annexe 1) va de pair avec le planning car elle permet d'évaluer avec précision la durée de chaque tâche. Par exemple, si nous prenons la semaine 2, nous pouvons voir la tâche réalisation de l'ogive. En visualisant la fiche d'heure nous pouvons voir que cette tâche a duré 9h cette semaine-là.

b. Gestion sous-traitant

➤ L'appel au sous-traitant

Le projet de construire une fusée expérimentale est un projet très ambitieux et complexe. Il nécessite des compétences multidisciplinaires notamment en électronique, aérodynamique, mécanique générale ou encore en sciences des matériaux. De ce fait l'électronique étant le point faible de l'équipe nous avons décidé de faire appel à un sous-traitant.

➤ Rédaction d'un cahier des charges spécifique

L'appel aux sous-traitants commence tout d'abord par la rédaction d'un cahier des charges réduit. Celui-ci permet de spécifier les tâches à accomplir par le sous-traitant. Celui-ci servira de référence en cas de demande de modification et permettra de valider ou non le livrable. C'est un extrait du cahier des charges de Planète Science, partie électronique.

➤ Validation

Les méthodes de validation du cahier des charges réduit ont été conçues de manière à respecter à la fois les exigences liées au projet en matière de poids et d'implantation, mais aussi au cahier des charges de Planète Sciences.

➤ Avancement et modifications

À l'heure actuelle, les cartes électroniques ne sont pas finies. Récemment, le système déclenchement du séquenceur a été modifié (carte gérant l'ouverture du parachute). L'impossibilité de faire un déclenchement par variation d'accélération pousse à modifier le cahier des charges. De ce fait, il a été décidé de concevoir un système d'arrachement de câble au décollage respectant les exigences du cahier des charges de Planète Sciences.

II. Financement

Le financement du projet est une partie maîtresse de la gestion de projet. Il permet la concrétisation en objet d'une année d'étude. La bonne gestion de celui-ci permet de réduire les coûts et devient un élément de poids dans les choix de solutions techniques. Toutes les données concernant le financement sont consultables en annexe (cf. Annexe 26).

a. Participatif

Le financement participatif est une méthode permettant de mettre en contact les créateurs et le public. Il a pour objectif de permettre à un particulier de soutenir un projet qu'il trouve intéressant. Pour un projet scientifique, il est nécessaire de savoir communiquer avec des termes simples tout en rendant le projet attrayant. La difficulté d'un tel exercice est de toucher un public amateur et n'ayant pas forcément un profil scientifique (cf. Annexe 22). Dans notre cas le ce type de financement n'a pas fonctionné car nous n'avons pas réussi à atteindre l'objectif annoncé des 3500 euros.

b. Particulier

Il s'agit ici de lever une somme d'argent afin de permettre de soutenir les premiers besoins matériels du projet. Il permet aussi d'effectuer différentes dépenses afin de communiquer autour du projet (cf. Dossier secondaire). Au total ce type de financement a permis de récolter 510 euros. 200 par un étudiant et 310 par donation.

c. En nature

Le projet ayant besoin de matériel, il est nécessaire de faire appel à des entreprises. Ce type de financement s'adressant à des entreprises ciblées est la plus efficace. L'entreprise Hexcel a pu ainsi fournir 7 mètres de tube en fibre de carbone. Donation d'une valeur de 1750 euros évaluée par rapport au prix du marché à 500 euros les 2 mètres pour notre diamètre. Le Lycée st Paul a donné les servomoteurs et la matière pour finir l'ogive pour un montant de 52 euros. L'organisme Planètes Sciences a, quant à lui, financé les déplacements à Paris pour un montant de 250 euros. Au total la valeur des biens obtenus s'élève à 2052 euros.

d. Bilan économique

À ce jour le projet est financé à un montant de 2567 euros pour un total dépensé de 2496,82 euros. Les différents financements représentent :

- participatif représente 0% de la somme
- Étudiant 7,79% de la somme.
- Donateurs 12,07% de la somme.
- En nature 79,93% de la somme.

Nous pouvons en conclure que le financement en nature est réellement le plus efficace. Le solde du projet reste positif d'une valeur de 70,18 euros. Cependant le projet n'étant pas terminé. Cet argent servira à financer les derniers achats : les jauge et le traceur GPS.

e. Les prochaines dépenses

Le projet se terminant en juillet, il nécessaire de prévoir les prochaines dépenses comme :

- 1 voyage à Tarbes pour assister à la campagne du C'Space.
- Les derniers achats
- les dépenses non prévisibles.

III. Association

a. Pourquoi ?

Le projet de construire une fusée étant complexe et extrêmement réglementé par la loi, nous avons décidé de mettre en place une association. Cette association permet de donner un cadre législatif prouvant le sérieux de notre démarche. Possédant des objectifs clairs (Cf. Annexe 24 statut titre 1 article 2), elle accorde aussi la possibilité aux étudiants de construire une fusée ainsi que tout autre projet scientifique, protégé de la même façon. Par conséquent,

il est nécessaire pour l'association de mentionner le tribunal compétent en cas litiges ou de préjudice (Cf. Annexe 24 statut titre 12 articles 24). De plus, l'association permet de définir avec exactitude le rôle de chacun des membres afin de mieux répartir les tâches (Cf. Annexe 24 statut titre 4 à 7).

b. Crédit d'un logo

Il est nécessaire de posséder un logo. Le logo d'une association est la première étape dans la communication autour du projet. Il doit rappeler le sérieux de l'organisme et le type de produit qu'il fabrique. Un logo doit être simple et compréhensible de tous. Le logo de notre association, Blue Moon, de par sa couleur bleue rappel le ciel et un « o » en gris pour évoquer la lune. Le parallèle est aussi fait selon le nom de l'association afin de lier couleur et texte. Cela permet au public de facilement identifier que notre but est la création d'engins volants et plus particulièrement liés à l'espace (cf. Annexe : 23).

IV. Rencontre planète sciences

Durant l'année, les étudiants ont eu l'occasion de faire différentes rencontres avec l'organisme responsable des projets.

a. Les visioconférences

Les visioconférences ont pour but d'informer et de former les étudiants sans avoir besoin de les réunir à Paris. Dispensées sur la plateforme Twitch, les étudiants ont pu assister à :

- RCE1 Présentation de Planète sciences, ses objectifs et les différents types de projets.
- Formation stabilité et logiciel trajecto
- Formation télémesure
- Formation au management de projet

b. visite à Paris

Pour la RCE2 les étudiants ont été conviés à Paris afin de rencontrer leurs tuteurs et de faire un premier point sur les projets. Il a été sujet :

- présentation de Planète sciences, ses objectifs et les différents types de projets.
- Présentation du tuteur et de son parcours
- Des dates importantes du projet
- Du dossier CNES pour les projets spéciaux
- État d'avancement du projet

Ainsi, Planète Sciences a pu donner conseil directement, comme faire attention à l'usinage de la trappe parachute (cf. Annexe 28)

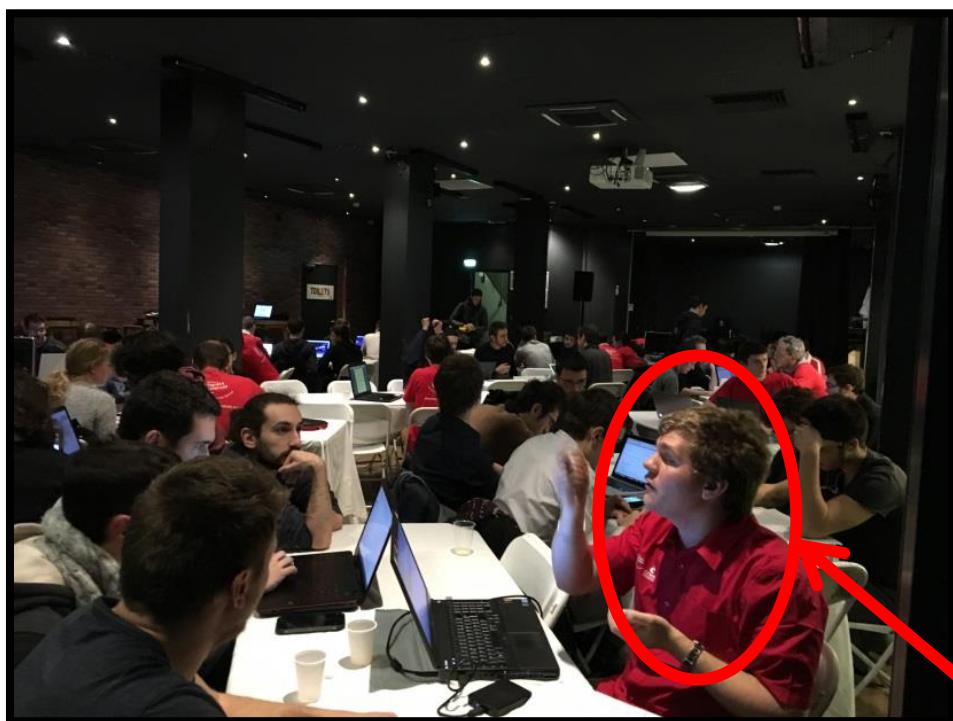


Figure 43 : Rencontre chez Planète Sciences à Paris

Notre tuteur : M. SIMONIN

V. Avenir du projet

Le projet Fusex a pour finalité le tir de celle-ci au cours du mois de juillet. Par conséquent, il reste des dates importantes afin de valider la conception.

Lors de sa prochaine RCE, les 3 et 4 juin 2017, il s'agira de valider une partie du cahier des charges. La fusée devra être réalisée à 70 %. Les points suivants seront abordés :

- validation de la stabilité
- Test du système de récupération
- Essai de réception/décodage des données stockées et/ou émises

Notre fusée est déjà réalisée à plus de 77%. De ce fait, nous négocions déjà avec Planète Sciences afin de valider l'intégralité du cahier des charges à cette date.

La dernière date importante du projet est la campagne du C'space. Cette campagne dure une semaine pendant juillet. Il s'agira de :

- valider l'intégralité du cahier des charges
- Tirer le projet.

Nous pouvons en conclure que le projet, malgré le fait qu'il ne soit pas fini, est bien avancé.

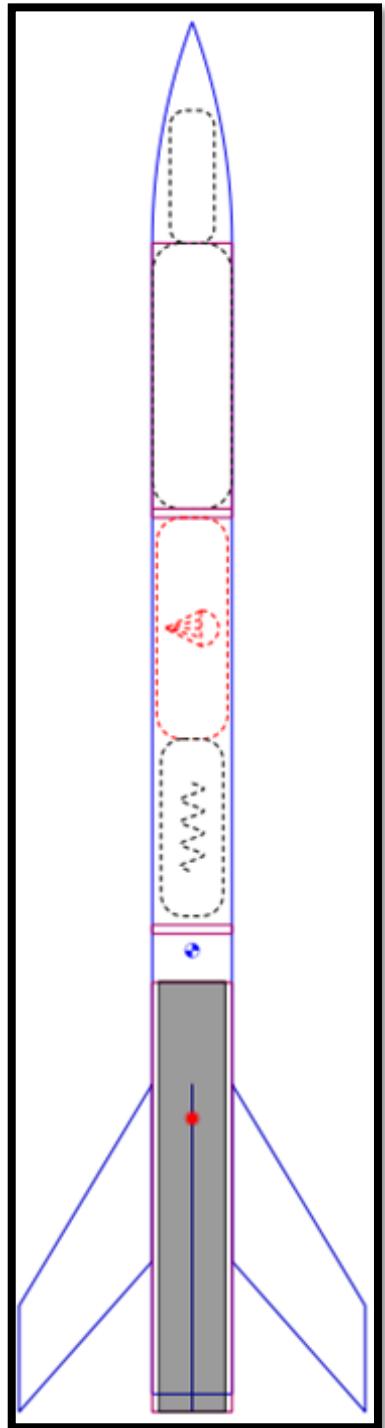
Nous avons atteint les 77% du projet (cf. Annexe 29) ce qui nous permet déjà d'être sûre de respecter les délais de livraison au prêt de Planètes Sciences.

■ CONCLUSION

Pour conclure, on peut dire que ce projet nous a permis d'exploiter de nombreuses compétences techniques acquises au cours du DUT et même de les creuser plus profondément. En effet, les phases d'études et de conception ont duré globalement jusqu'au mois de Janvier, et ont été rebouclées tout au long du projet. Elles nous ont permis d'utiliser d'autres logiciels de conception, tels qu'OpenRocket et le complément de SolidWorks, Flow Simulation, tout en approfondissant ceux déjà connus (SolidWorks, RDM6), mais aussi de nous intéresser à un phénomène peu courant : le régime transsonique. Aussi, l'utilisation de nombreux procédés de fabrication nous a apporté leur meilleure compréhension.

Cependant, de nombreuses difficultés ont été rencontrées, notamment pour la fabrication et l'organisation des tâches. Il faudrait pour les contourner être d'autant plus attentif à la quantité de travail et sa répartition en termes de temps et de travailleur, dès le début du projet. Aussi, la connaissance des ressources disponibles et l'obtention de la matière, surtout pour la production à l'IUT, sont indispensables pour gagner en efficacité de conception et de réalisation. Plus d'organisation en amont nous aurait sûrement amené plus loin dans l'aboutissement technique du projet.

Finalement, la recherche de financement ne doit pas être négligée car elle impacte directement l'avancement du projet et la qualité des relations au sein d'un groupe.



■ SOMMAIRE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Fiche d'heure
- Annexe 2 : Planning prévisionnel
- Annexe 2 bis : Planning final
- Annexe 3 : Ensemble des définitions des tests
- Annexe 4 : MEP Fusée
- Annexe 5 : MEP Propulseur
- Annexe 6 : MEP ogive
- Annexe 7 : MEP tube 1
- Annexe 8 : MEP tube 2
- Annexe 9 : MEP tube 3
- Annexe 10 : MEP tube 4
- Annexe 11 : MEP SA porte capteur
- Annexe 12 : MEP anneau
- Annexe 13 : MEP bague porte capteurs
- Annexe 14 : MEP SA ailerons
- Annexe 15 : MEP ailerons
- Annexe 16 : MEP bague inférieure aileron
- Annexe 17 : MEP bague supérieure aileron
- Annexe 18 : MEP bague maintien bas
- Annexe 19 : MEP bague de poussée
- Annexe 20 : MEP trappe
- Annexe 21 : MEP bride servomoteur
- Annexe 22 : Financement participatif
- Annexe 23 : Logo BlueMoon
- Annexe 24 : Statuts de l'association
- Annexe 25 : Budget
- Annexe 26 : Première présentation
- Annexe 27 : Compte Rendu Paris
- Annexe 28 Tableau des tâches (FAIT – NON FAIT – EN COURS)

Annexe 1 : Fiche d'heures

Année 2016																		
Semaine/horaire	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	totaux
Emma	9	11	6	10	2	0	0	2	11	6	3	5	4	4	3	3	81	
Sebastien	10	8	8	9	7	7,5	0	5	1	5,5	2	7	3	3,5	4	3,5	2,5	86,5
Mathieu	11	13	8	8,5	5,5	0	0	0	1	3	4	5	2	1	1,5	4	2	69,5
Jeremy	10	14	9,5	8	8,5	6	3	6	1	3	6	2	2	3	1,5	1	2	86,5
Yann	10	10	10	8	12,5	6	0	5	1	3	5	8,5	1,5	4,5	1,5	0	0	86,5
Totaux	50	56	41,5	43,5	35,5	21,5	3	16	6	25,5	23	25,5	13,5	16	12,5	11,5	9,5	410

Année 2017																
Semaine/horaire	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	totaux
Emma	12	15	6	4	10	11	2	0	4	6	4	6	9	12	4	105
Sebastien	14	10	11	6	7	9	7	0	9,5	1,5	1,5	8	11,5	12	4	112
Mathieu	9	8	6	5	4	4	4	1	7	5	6	10	8	13	4	94
Jeremy	16	11	6	4	6	6	6	2	8	7	4	7	8	13	4	108
Yann	8,5	10,5	12,5	12	20	6	4	0	9	5	1,5	8,5	12	15	4	128,5
Totaux	59,5	54,5	41,5	31	47	36	23	3	37,5	24,5	17	39,5	48,5	65	20	547,5

VACANCES	VACANCES	total projet
		957,5

Annexe 2: Planning prévisionnel

Prénom/semaine	10/10/16 (s41)	17/10/16 (s42)	24/10/16 (s43)	31/10/16 (s44)	7/11/16 (s45)	14/11/16 (s46)	21/11/16 (s47)	28/11/16 (s48)	05/12/16 (s49)	12/12/16 (s50)	19/12/16 (s51)	26/12/16 (s52)
Emma	Conception des ailerons Bbm	Conception des ailerons Bbm	Conception de l'ogive Bbm	Conception du ralentiisseur Bbm	Conception du support de carte Bbm	Conception du système de refroidissement Bbm	Conception du système de refroidissement Bbm	Conception système de refroidissement Bbm	Conception système de refroidissement Bbm	Equibrage Bbm	Equibrage Bbm	Equibrage Bbm
Jeremy	étude de stabilité supersonique basique	étude de stabilité supersonique basique	étude de stabilité supersonique basique	Définition zone de collage des aubes	Définition zone de collage des jauge	Etude de la température échauffement de l'ogive Bbm/Bbm interne Bbm/Bbis	Etude du système de refroidissement	Etude du système de refroidissement	Etude du système de refroidissement	Étude de stabilité supersonique final	Étude de stabilité supersonique final	Étude de stabilité supersonique final
Mathieu	Conception d'un support pour la fusée	Conception d'un support pour la fusée	Conception d'un support pour la fusée	Calcul des température échauffement de l'ogive Bbm/Bbm interne Bbm/Bbis	Calcul des température échauffement de l'ogive Bbm/Bbm interne Bbm/Bbis	Conception du support de carte Bbis	Conception du support de carte Bbis	Conception du support de carte Bbis	Conception du support de carte Bbis	Conception des tests	Conception des tests	Conception des tests
Sébastien	Conception des ailerons Bbis	Conception de l'ogive Bbis	Conception du ralentiisseur Bbis	Conception du ralentiisseur Bbis	Conception du ralentiisseur Bbis	Conception du système de refroidissement Bbis	Conception du système de refroidissement Bbis	Conception du système de refroidissement Bbis	Conception du système de refroidissement Bbis	Conception système de refroidissement Bbm	Conception système de refroidissement Bbm	Conception système de refroidissement Bbm
12 semaines												
Prénom/semaine	20/11/16 (s51)	30/11/16 (s52)	16/12/16 (s53)	23/12/16 (s54)	30/12/16 (s55)	6/01/17 (s56)	13/01/17 (s57)	20/01/17 (s58)	27/01/17 (s59)	03/02/17 (s60)	10/02/17 (s61)	17/02/17 (s62)
Emma	réalisations du corps	réalisations du corps	réalisation du ralentiisseur	réalisation du ralentiisseur	réalisation du ralentiisseur	Montage de l'ogive	Montage de l'ogive	Montage de l'ogive	Montage de l'ogive	Montage des cartes	Montage des cartes	Montage des cartes
Jeremy	réalisation des ailerons	réalisation des ailerons	réalisation du support de carte	réalisation du support de carte	réalisation du support de carte	Montage des ailerons	Montage des ailerons	Montage des ailerons	Montage du support de carte	Montage des cartes électroniques	Montage des cartes électroniques	Montage des cartes électroniques
Mathieu	réalisation du support fusée	réalisation du support fusée	réalisation du système de maintien du propulseur	réalisation du système de maintien du propulseur	réalisation du système de maintien du propulseur	Montage support	Montage support	Montage support	Montage du ralentiisseur	Montage des cartes électroniques	Montage des cartes électroniques	Montage des cartes électroniques
Sébastien	réalisation de l'ogive	réalisation de l'ogive	réalisation de la carte électronique	réalisation de la carte électronique	réalisation de la carte électronique	réalisation de la carte électronique	réalisation de la carte électronique	réalisation de la carte électronique	Montage du ralentiisseur	Montage des cartes électroniques	Montage des cartes électroniques	Montage des cartes électroniques
12 semaines												
Vacance de noel												
Test												

Annexe 2 bis: Planning final

Prénom/semaine	10/10/16 (s41)	17/10/16 (s42)	24/10/16 (s43)	31/10/16 (s44)	7/11/16 (s45)	14/11/16 (s46)	21/11/16 (s47)	28/11/16 (s48)	05/12/16 (s49)	12/12/16 (s50)	19/12/16 (s51)	26/12/16 (s52)
Emma	Conception des ailerons Bbm	Conception des ailerons Bbm	Conception de l'ogive Bbm	Conception du ralentisseur Bbm	Conception du support de carte Bbm	Conception du support de refroidissement Bbm	Conception système de refroidissement	Conception système de refroidissement	Équilibrage Bbm	Équilibrage Bbm	Équilibrage Bbm	Équilibrage Bbm
Jeremy	étude de stabilité supersonique basique	étude de stabilité supersonique basique	étude de stabilité supersonique basique	étude de stabilité zone de collage des jauge	Définition zone de collage des jauge	Définition zone de collage des jauge	Contenu dossier	Contenu dossier	Contenu dossier	Contenu dossier	Contenu dossier	Contenu dossier
Mathieu	Conception d'un support pour la fusée	Conception d'un support pour la fusée	Conception d'un support pour la fusée	Calcul des échauffement température de l'ogive Bbm interne fusée	Etude de la refroidissement	Etude du système de refroidissement	Etude du système de refroidissement	Définition des test	Conception des test	Conception des test	Conception des test	Conception des test
Sébastien	Conception des ailerons Bibis	Conception de l'ogive Bibis	Conception du ralentisseur Bibis	Conception du support de carte Bibis	Conception système de refroidissement Bbm Bibis	Conception système de refroidissement Bbm Bibis	Conception système de refroidissement Bbm Bibis	Conception système de refroidissement Bbm Bibis	Equi	Orage Bibis	Mise en plan	Vacances de noel
1/2 semaine												
Prénom/semaine	2/01/17 (s1)	9/01/17 (s2)	16/01/17 (s3)	23/01/17 (s4)	30/01/17 (s5)	6/02/17 (s6)	13/02/17 (s7)	20/02/17 (s8)	27/02/17 (s9)	6/03/17 (s10)	13/03/17 (s11)	20/03/17 (s12)
Emma	dossier S3	réalisation des ailerons(mardi)/ conception SW ralentiisseur SW	réalisation des ailerons(mardi)/ conception SW ralentiisseur SW	réalisation du ralentiisseur-fab	réalisation du ralentiisseur-fab	réalisation du ralentiisseur-fab	Montage de l'ogive	Montage de l'ogive	Réalisation parachute	Réalisation barachute	Réalisation parachute	Réalisation parachute
Jeremy	dossier S3	réalisation de l'ogive	réalisation de l'ogive	réalisation du tube	réalisation du prod (mardi-mercredi)	réalisation du tube+ fab 07/02	Montage des ailerons	Montage des ailerons	Usinage rainure	Usinage rainure	Usinage	Etude de soudage
Mathieu	dossier S3	DMOS de soudage	réalisation des ailerons(mardi)	système de maintien du propulseur/di propulseur	réalisation du système de maintien du propulseur	réalisation du système de maintien du propulseur	Vacance	Vacance	Usinage tubes	Usinage tubes	Usinage tubes	Soudage ailerons
Sébastien	dossier S3	+DMOS support	réalisation des bagues(mardi)	support de bagues(mardi)	finir revue dossier/prod (mardi-mercredi)	finir revue dossier/prod (mardi-mercredi)	support(+fab 07/02)Montage Tube/ support	Mises en plan	Usage bague	Usage bague	Usage bague	Finition ogive
Yann	dossier S3	Financement	Financement/financement + bague	Financement/prod ue cañer des weekend Paris	Financement/rev Production/commande	Financement/rev Production/commande	Assemblage Assemblage ogive/commande	Assemblage Assemblage ogive/commande	reprise ogive	reprise ogive	reprise ogive	Percage rivetage

Annexe 3 : Ensemble des définitions des tests

-DEF1 : Le club doit choisir les maillons de la chaîne de mesure (capteurs, conditionneurs, codeurs, ...) à partir des performances requises

➔ Regarder la correspondance

-DEF2 : Le club doit prévoir les méthodes d'étalonnage des différentes voies de Mesure.

➔ Voir comment on étalonner les composants (cf CR)

REA1 : Le club doit établir les plans de tous les sous-ensembles

Électriques et mécaniques.

➔ Regarder si les plans sont faits

-REA2 : Le club doit établir les plans de câblage électrique.

➔ Regarder s'ils sont faits aussi

-REA3 : Le club doit établir les plans d'intégration électronique mécanique.

➔ Idem

-IRIG1 : Des points de test et des cavaliers doivent être présents entre chaque élément de la chaîne de télémesure : capteur, conditionneur, VCO, multiplexeur, émetteur (voir figure 1).

➔ Vérification de la présence des points de test et cavaliers (des « jumpers » que l'on peut trouver par exemple sur les cartes mère des PC).

-IRIG2 : L'excursion en fréquence sur chaque voie IRIG doit être de $\pm 20\%$.

➔ Mesure de la fréquence en sortie des VCO à l'aide d'un fréquencemètre en faisant varier le paramètre physique mesuré par le capteur entre ses valeurs extrêmes ou en simulant le capteur. Pour chaque bande on doit avoir :

$$\left| \frac{F_{\max} - F_{\min}}{2 \cdot F_0} \right| \leq 20 \% \quad \text{avec } F_0 = \frac{F_{\max} + F_{\min}}{2}$$

-IRIG3 : Les fréquences centrales des bandes IRIG utilisées doivent correspondre au tableau suivant :

➔ Vérification des bandes IRIG utilisées.

-IRIG4 : Dans le cas de l'utilisation de plusieurs canaux IRIG, ils doivent tous avoir la même amplitude à $\pm 10\%$ près.

➔ Comparaison du niveau des signaux des différentes voies à l'entrée du multiplexeur.

-MES2 : La chaîne de mesure globale doit avoir une autonomie d'au moins 45 minutes.

➔ Mesure du courant consommé par la chaîne globale à l'aide d'un ampèremètre, puis estimation de l'autonomie en fonction de la capacité des sources d'alimentation (piles, batteries, ...).

-TELS : L'émetteur doit être capable de transmettre dans de bonnes conditions les données issues de l'expérience, en respectant la réglementation internationale des télécommunications.

Cette condition est vérifiée dans le cas de l'utilisation correcte d'un émetteur fourni par PLANETE SCIENCES. Ainsi pour le Kiwi, il faut notamment que :

- l'alimentation de l'émetteur soit entre 7.5V et 14V.
- la tension de modulation soit entre 0.1V et 5V crête à crête.

Si le club utilise un autre émetteur, il devra indiquer la fréquence et la puissance d'émission dans le dossier de conception.

➔ Dans le cas de l'utilisation d'un émetteur KIWI :

Vérification du respect des spécifications d'utilisation de l'émetteur (cf. manuel utilisateur du KIWI référence [R5]).

-TEL7 : L'émetteur doit avoir sa propre alimentation, avec un interrupteur de mise sous tension indépendant des autres interrupteurs. L'autonomie de l'émetteur doit être d'au moins 45 minutes.

➔ Vérification du câblage de l'émetteur et mesure du courant consommé par l'émetteur à l'aide d'un ampèremètre, puis estimation de l'autonomie en fonction de la capacité des sources d'alimentation (piles, batteries, ...).

-TEL8 : Le TOS (Taux d'Ondes Stationnaires) doit être inférieur à 2 (à la fréquence d'émission).

→ Mesure du TOS grâce à un TOSmètre intercalé entre l'émetteur et l'antenne.

Attention : Pour que la mesure soit significative, on doit pouvoir intercaler le TOSmètre entre l'émetteur et l'antenne sans modifier la structure de la fusée. Le TOSmètre de PLANETE SCIENCES est équipé de prises BNC.

-MEC1 : Le club doit réaliser les plans mécaniques de chaque pièce ainsi que de l'intégration.

➔ Voir si tous les plans sont faits

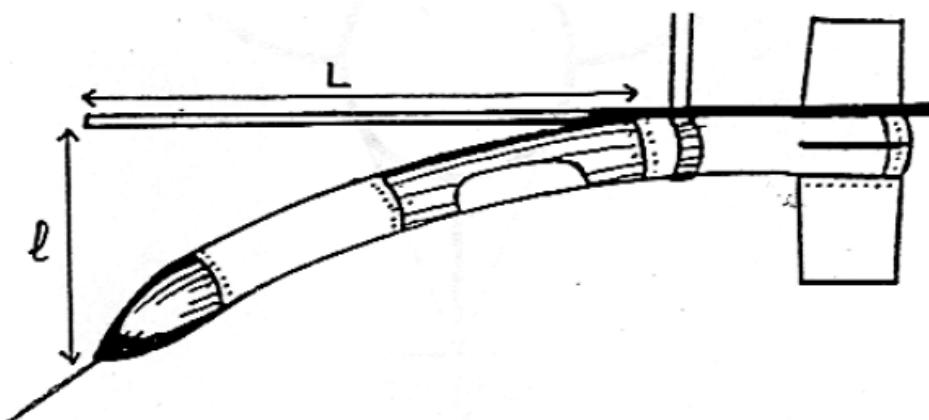
-MEC2 : Flèche

La flèche statique doit être inférieure ou égal à 1 % (10 mm/m).

La flèche dynamique doit être inférieure ou égal à 1% par rapport à la position à vide (flèche statique).

➔ La flèche est mesurée à partir de la plaque de poussée quand la fusée maintenue par le moteur vide à l'horizontal. La mesure se fait 4 fois en tournant la fusée d'un quart de tour (porte en haut, en bas, à droite, à gauche). La flèche à vide doit être $\pm 1\%$

$$\text{Flèche} = \frac{l}{L} < 1 \%$$



Refaire le même test avec une masse de 800 grammes appliquée au bas de l'ogive (haut du corps). La flèche doit être $\pm 1\%$ par rapport à la position à vide. Ce double test garantit à la fois que la fusée ne comporte pas une flèche critique à vide (effet banane) et d'autre part que la tenue mécanique en flexion de la fusée résistera aux efforts du vol sans influer de façon critique sur celui ci

-MEC3 : Tenue en compression :

Chaque élément de la fusée doit pouvoir supporter une compression équivalente à $F = 2 \times \text{Accélération Max} \times M_{sup}$ (en NEWTON) M_{sup} où est la masse de la partie supérieure (numériquement la masse en kg et l'accélération en m/s² donnent F en Newton).

Particulièrement, la bague de reprise de la poussée doit résister à la poussée maximale du propulseur.

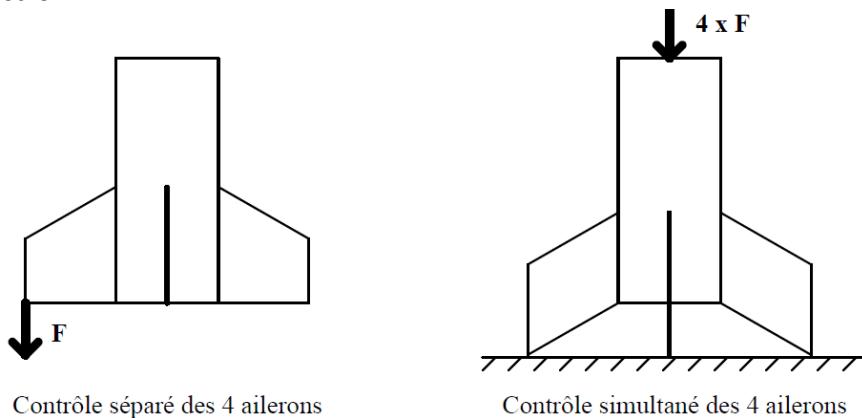
➔ Faire les calculs pour chaque élément

-MEC4 : Résistance longitudinale des ailerons :

Les ailerons doivent pouvoir supporter une force longitudinale de :

$F = 2 \times \text{Masse d'un aileron} \times \text{Accélération Max}$ (numériquement la masse en kg et l'accélération en m/s² donnent F en Newton)

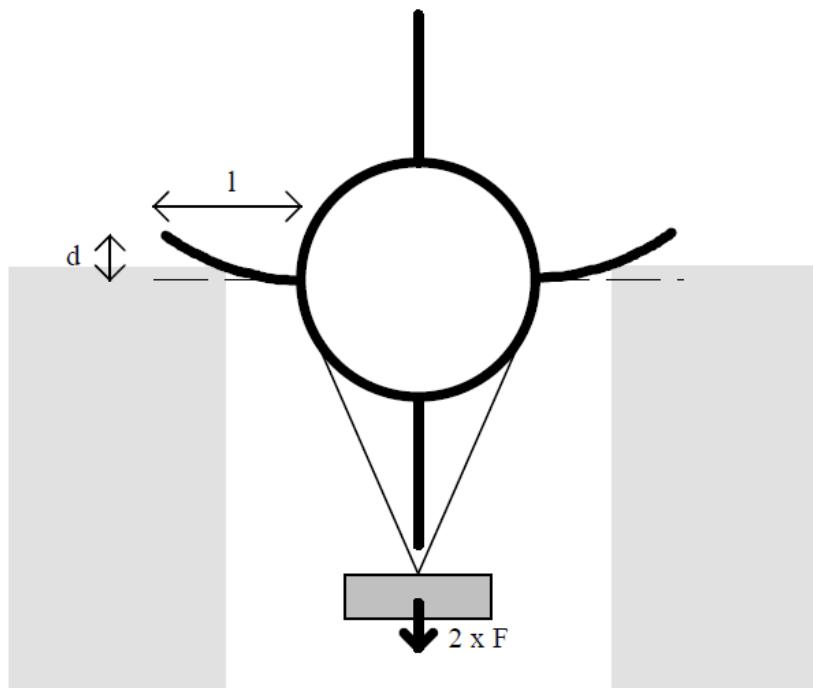
➔ Faire les calculs



MEC5 : Résistance transversale des ailerons :

Une force $F = 0.1 \times \text{Surface d'un aileron} \times V_{max}^2$ (en NEWTON) doit entraîner une flèche transversale des ailerons inférieure à 10° (la surface en m² et la vitesse en m/s).

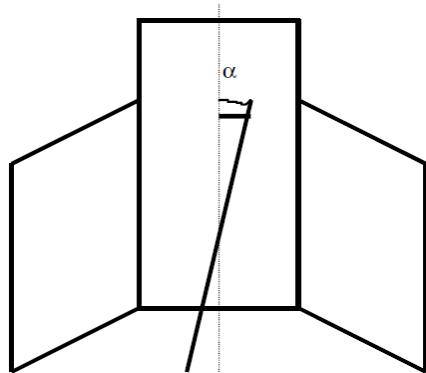
➔ La force est appliquée au centre de gravité des ailerons. On contrôle simultanément 2



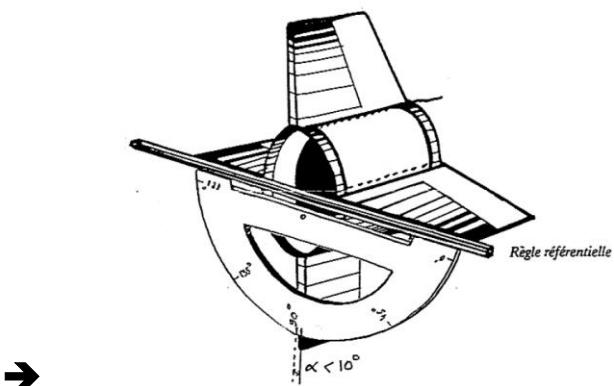
ailers diamétralement opposés en appliquant le double de la force $F = 0.1 \times \text{Surface d'un aileron} \times V_{max}^2$. On doit alors avoir
➔ $d \geq l \times \operatorname{Tg}10^\circ$ (voir figure ci-dessus).

MEC6 : Alignements des ailerons < 1°

➔ Il faut $\alpha < 1^\circ$ (ce qui représente un décalage de 1,7 mm/m).



-**MEC7** : Angle entre deux ailerons consécutifs : $90^\circ \pm 10^\circ$



-**MEC8** : Les ailerons ou les fixations d'aileron en matériaux composites sont interdits pour les fusées dont la vitesse dépasse Mach 0,8. Sauf justification du club agréée par PLANETE SCIENCES

➔ Non concerné

-**MEC9** : Les éléments de la fusée doivent rester fixés jusqu'au déclenchement du système de récupération et doivent ensuite restés liés les uns aux autres.

➔ Tous les éléments internes et externes de la fusée doivent être fixés avec la plus grande attention. La fusée devra pouvoir être secouée vivement (manuellement) dans tous les sens lors des contrôles. Les « grosses masses » (moteur électrique, piles, ...) devront résister à une force équivalente à 1,5 fois (coefficient de sécurité) sa masse multipliée par l'accélération maximale de la fusée (donnée par le logiciel Trajec). (ATTENTION AU GOUPILLES)

-**REC1** : On vérifiera le fonctionnement du système de récupération en simulant le vol de la fusée. Ce contrôle sera spécifique au système de récupération employé et sera réalisé 3 fois successives pour s'assurer de la fiabilité du système.

-> mettre verticalement la fusée et actionner le(s) servomoteurs pour éjecter la porte et ainsi éjecter le parachute

-REC2 : Le système ralentisseur doit permettre une arrivée au sol à moins de 15 m/s.

- ➔ On calculera la vitesse de descente V_d d'un parachute comme suit : V_d est calculée en utilisant la formule : $V_d = \sqrt{\frac{2*M*g}{\rho_0*C_x*S}}$ où M est la masse en Kg de la fusée avec un propulseur vide, S est la surface du parachute déployé, g = 9,81, $\rho_0 = 1,3$, $C_x = 1$

-REC3 : La fusée doit descendre suffisamment rapidement pour rester dans le gabarit autorisé (Contacter Planète Science pour avoir les informations relatives au terrain).

- ➔ Calcul du temps de descente (à partir de V_d).

-REC4 : L'instant de déploiement du système ralentisseur doit être compatible avec l'expérience menée par le club.

On mesurera l'instant effectif de déploiement du ralentisseur et on

- ➔ vérifiera qu'il correspond bien à l'objectif du club.

-REC5 : Le club doit réaliser les plans des différents éléments mécaniques du système de récupération et de leur intégration.

- ➔ Vérification de l'existence de ces plans dans le dossier de conception.

-INI1 : Les accéléro-contacts utilisés pour détecter le décollage de la fusée et dont la masselotte se verrouille mécaniquement une fois le seuil à détecter dépassé, ou basés sur la déformation irréversible d'un matériau, sont interdits.

- ➔ Vérification de la reproductibilité du processus d'initialisation.

-INI2 : L'initialisation à partir de la ligne de mise à feu est interdit. Par contre un Top feu est disponible au pupitre de mise à feu pour commander des systèmes annexes non embarqués (appareil photo, ...).

-AUCUNE LIAISON ELECTRIQUE, autre que la masse, n'est autorisée entre le séquenceur et tout autre système électrique embarqué.

- ➔ Vérification sur les schémas de l'isolation électrique du séquenceur, et éventuellement vérification du câblage du séquenceur, qui doit être facilement identifiable.

-SEQ2 : Le séquenceur doit avoir une autonomie d'au moins 45 minutes.

- ➔ Toutes alimentations coupées (mise à part celle du séquenceur), mesure du courant consommé avec l'actionneur inactif i1 ; même chose avec actionneur actif i2, ceci à l'aide d'un ampèremètre. Puis estimation de l'autonomie en fonction de la capacité des sources d'alimentation (piles ou batteries).

-SEQ3 : Le séquenceur doit avoir la puissance nécessaire pour déclencher le mécanisme de séparation.

➔ Mini simulation de vol afin de vérifier :

- l'initialiseur,
- la signalisation,
- la comptabilité actionneur

-SEQ4 : Signalisation : Trois informations doivent être données explicitement (position claire des interrupteurs, voyant, buzzer, ...):

- séquenceur sous tension ou hors tension
- séquenceur actif (la fusée a décollé) ou inactif (la fusée attend le décollage)
- actionneur actif (séparation commandée) ou inactif (séparation non commandée)

-SEQ5 : Dans le cas d'un déclenchement de la séparation par des capteurs (i.e différent d'une minuterie), un fenêtrage temporel [T1, T2] par un séquenceur est obligatoire.

$T1 \geq T - 2 \text{ sec}$. $T2 \leq T + 2 \text{ sec}$. Avec T = instant prévu de déclenchement

Un cavalier et des points de test devront permettre d'isoler et de vérifier facilement le fonctionnement du module de fenêtrage temporel.

➔ Vérification du réglage de T1 et de T2 via un chronométrage des capteurs et de l'indépendance vis-à-vis de la commande externe d'ouverture parachute. L'entrée de forçage, celle qui vient de T2, doit être accessible pour simplifier les essais (cavalier).

-SEQ6 : Le club doit connaître la formule donnant la valeur du temps de déclenchement du séquenceur à partir des valeurs des composants employés.

➔ Fournir, dans le dossier de conception, un dossier complet sur le séquenceur, c'est-à-dire :

- schéma fonctionnel
- schéma électronique avec valeurs des signaux d'entrées/sorties
- routage et implantation des composants
- schéma de câblage
- documentation des différents composants utilisés
- formule reliant le temps de déclenchement du séquenceur aux valeurs des composants utilisés

-SEQ7 : Le club doit réaliser les plans du séquenceur et de son câblage électrique (à la prise d'initialisation, à l'actionneur, aux alimentations, ...).

➔ =SEQ6

-REC8 : La case contenant le système de récupération doit rester opérationnelle lorsqu'elle supporte en compression longitudinale une force : $F = 2 \times \text{Accélération Max} \times M_{sup}$ où M_{sup} est la masse de la partie supérieure (numériquement l'accélération en m/s² et la masse en kg donnent F en

Newton).

➔ Une feuille de papier est calée dans l'ouverture de la case (dans le sens de la hauteur), le contrôleur applique une force équivalente à $2 \times \text{Accélération Max} \times M_{sup}$ à l'extrémité supérieure de la case parachute, le contrôle est positif si la feuille de papier n'est pas déformée

-REC9 : En position fermée, la porte latérale ne doit pas dépasser du profil de la fusée.

➔ On pose une règle sur la porte latérale en position fermée. Les deux extrémités de la règle doivent toucher la peau de la fusée.

-REC10 : La porte ne doit pas s'ouvrir ou se bloquer lorsqu'on applique un couple de torsion de 1 N.m entre le haut et le bas de la fusée.

➔ Le bas de la fusée étant fixé, on applique un couple de 1 N.m en haut de la fusée dans un sens puis dans l'autre (par exemple en suspendant un poids de 1 kg à 10 cm de l'axe de la fusée grâce à une clef de filtre à huile à ruban).

-REC13 : Le ralentisseur doit être suffisamment solide pour résister au choc à l'ouverture.

➔ Vérification des calculs de résistances

Force maximal à l'ouverture parachute :

$$F = 0.5 * 1.3 * S * V_{apogee}^2 \text{ en Newton}$$

Suspentes du parachute : Chaque suspente doit supporter une force égale à $2 \times 2 \times F$ /Nombre de suspentes (coefficient de sécurité de 2)

Sangle, émerillon, fixation à la fusée : ils doivent supporter une force de $2 \times F$ (coefficient de sécurité de 2).

-REC14 : Dans le cas de l'utilisation d'un parachute, celui-ci doit être Equipé d'un anneau anti-torche (également appelé glisseur). Voir figure 11.

➔ Vérification de la présence d'un anneau anti-torche ou d'un émerillon.

-QUAL1 : Le club doit établir assez tôt un planning détaillé de son projet allant jusqu'à l'exploitation des résultats. Il doit également répartir les tâches entre les différents participants au projet.

➔ Voir le planning

-QUAL2 : Le club doit réaliser les plans de tous les sous-ensembles électriques et mécaniques.

➔ Voir si tous les plans sont réalisés

-QUAL3 : Le club doit réaliser les plans d'intégration de l'ensemble des éléments de la fusée.

➔ Voir si tous les plans sont réalisés

-QUAL4 : Le club doit réaliser les plans de câblage électrique.

➔ Voir si tous les plans sont réalisés

-QUAL5 : Le club doit disposer de la documentation technique de l'ensemble des composants électriques et électroniques qu'il utilise.

➔ Photocopier et mettre tous les documents techniques

-QUAL6 : La tenue mécanique de tous les éléments de la fusée doit leur permettre de fonctionner correctement lorsqu'ils sont soumis aux perturbations du vol (accélération, vibrations, ...).

➔ Vérification par les calculs

-LOC4 : Ils ne doivent pas rejeter de corps toxiques ou incandescents. Si besoin est, ils doivent être équipés de crêpines.

➔ Le dossier de conception doit comporter une notice du fabricant précisant ce point.

-SECU1 : Tout système actif modifiant le lacet ou le tangage de la trajectoire est interdit. Tout système modifiant le roulis doit être inhibé au neutre durant la phase propulsée.

➔ Non concerné

-SECU2 : Il est interdit d'embarquer à bord des fusées des produits pouvant être dangereux.

➔ Vérification dans le dossier de conception et lors des contrôles que le club n'embarque pas à bord de la fusée des substances dangereuses.

-SECU3 : Il est interdit d'embarquer à bord des fusées des animaux morts ou vivants.

- ➔ Vérification dans le dossier de conception et lors des contrôles que le club n'embarque pas à bord de la fusée des animaux.

-SECU4 : Les systèmes qui commandent des processus actifs sur rampe avant le décollage doivent être équipés d'un système permettant au P.C. de connaître leur état à chaque instant.

- ➔ Non concerné

-SECU5 : Seuls les actionneurs pyrotechniques (cisailles, cordons, vérins, etc.) conçus et fabriqués par des professionnels, non modifiés et non périmés, peuvent être montés dans les fusées. La puissance d'un système pyrotechnique doit être strictement adaptée à la fonction à remplir.

- ➔ Non concerné

-SECU6 : Tous les systèmes pyrotechniques déclenchés électriquement doivent avoir un des deux fils de mise à feu connecté à la masse mécanique de la fusée, l'autre étant relié au séquenceur par l'intermédiaire d'un dispositif pouvant déconnecter le séquenceur et assurer le court-circuit et la mise à la masse mécanique de la fusée des fils de mise à feu. La position mécanique de ce dispositif doit permettre de déterminer sans ambiguïté son état.

- ➔ Non concerné

-SECU7 : Tous les systèmes pyrotechniques déclenchés mécaniquement (percuteur, ...) doivent être équipés d'un dispositif mécanique assurant le verrouillage du système pendant le transport (loquet, goupilles, ...). Ce verrouillage doit être identifiable sans ambiguïté.

- ➔ Non concerné

-SECU8 : Pour les systèmes éjectant des éléments, une protection mécanique (chaîne, bandeau) doit empêcher leur sortie normale en cas de déclenchement pendant les manipulations.

-> Voir si le ressort est bien fixé

-SECU15 : La ligne de mise à feu du moteur est inaccessible à l'expérience.

➔ faire en sorte que seul le pyrotechnicien est les commandes

SECU16 : Les tensions ($V_{max} - V_{min}$) supérieures à 30 V sont interdites dans la fusée.

- ➔ Mesure des tensions d'alimentation via un Voltmètre et analyse du schéma si nécessaire. Une alimentation en +16V –16V n'est donc pas admise.

-**STAB1** : Vitesse en sortie de rampe > 20 m/s

→ Voir fiche Excel « CTRL »

-**STAB2** : Finesse : $10 < f < 35$

→ Idem

-**STAB3** : Portance : $15 < C_n < 40$

→ Idem

-**STAB4** : Marge Statique : $2 < M_S < 6$

→ Idem

-**STAB5** : Produit $M_S \times C_n = C_m$: $40 < C_m < 100$, un produit supérieur à 100 nécessite des conditions de lancement particulières.

→ Idem

-**CR1** : La fusée doit être compatible avec au moins une des 4 rampes dont les caractéristiques figurent ci-dessous :

Rampes	longueur maxi (mm)	\emptyset mini (mm)	\emptyset maxi (mm)	envergure maxi (mm)	largeur patin (mm)	masse maxi de la fusée (kg)
IDEFIX	2000	40	60	260	20	5
ASTERIX	4000	40	130	370	20	25
OBELIX	4000	40	160	370	20	25
MENHIR	4000	90	200	720	20	80

NB : La longueur maxi s'entend hors antenne. Cette règle est sans objet si le club fournit sa rampe de lancement ; dans ce cas, le club doit prévenir dès la revue de définition PLANÈTE SCIENCES, qui examinera le dossier technique de la rampe.

→ Vérifier la correspondance entre le tableau ci-dessus et la fiche Excel de la fusée

-**CR2** : Toutes les fusées doivent avoir 4 ailerons identiques.

→ Vérifier si les quatre ailerons sont identiques (superposition des ailerons, à l'œil)

-**CR4** : D'éventuels éléments éjectés doivent se trouver dans une zone accessible autre que celle de signalisation ou de mise en œuvre.

→ Non concerné

-**CR5** : La fusée doit être prévue pour être introduite horizontalement dans la rampe.
 → Tester avec le support en guise de rampe

-**CR6** : Angle des cordons arrachables : 5 à 30°.
 → Les initialiseurs et les cordons ombilicaux qui se détachent lors du départ de la fusée, doivent pouvoir s'arracher sous un angle allant de cinq à trente degrés par rapport à l'axe de la fusée (voir figure 15). Ceci est imposé par la méthode employée actuellement pour accrocher les cordons ombilicaux et les initialiseurs à la rampe.

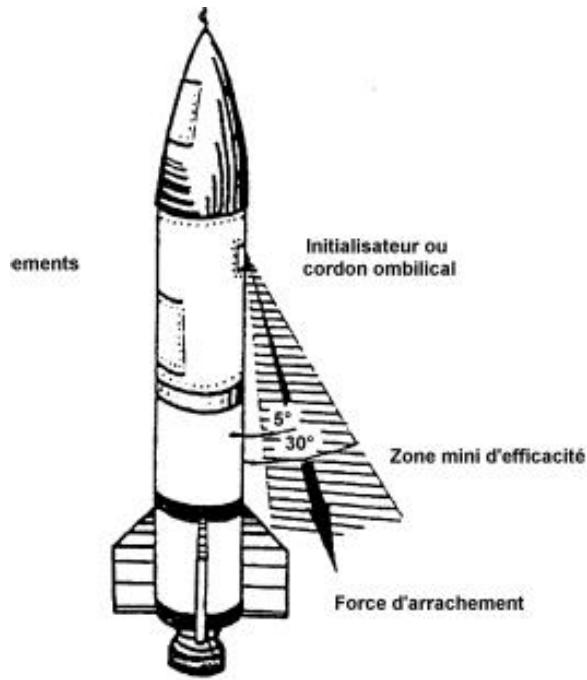


FIG. 15 - angle d'arrachement

-**CR7** : Les interrupteurs de mise en œuvre doivent être accessibles de l'extérieur de la fusée, sans démontage.
 → Vérifier si c'est le cas (à l'œil)

-**CR8** : En rampe, le diamètre extérieur de la fusée devra être le même tout au long de la fusée entre le bas du cône et le bas du moteur. Donc si la fusée a une jupe ou un rétreint, le club devra prévoir des coquilles pour supprimer la différence de diamètre extérieur lors du glissement dans la rampe.

→ Non concerné

-**CP1** : Le propulseur doit entraîner la fusée en reprenant la poussée soit par le haut, soit par le bas.

→ Vérification de l'emplacement de la bague de poussée

-**CP2** : Les propulseurs doivent être centrés sur le diamètre.

→ Le centrage du propulseur sera vérifié avec une enveloppe de propulseur vide, qui ne sera pas nécessairement celle utilisée lors du vol. Veiller à bien respecter le jeu de 0.5 à 1 mm entre les différentes bagues de centrage et le propulseur.

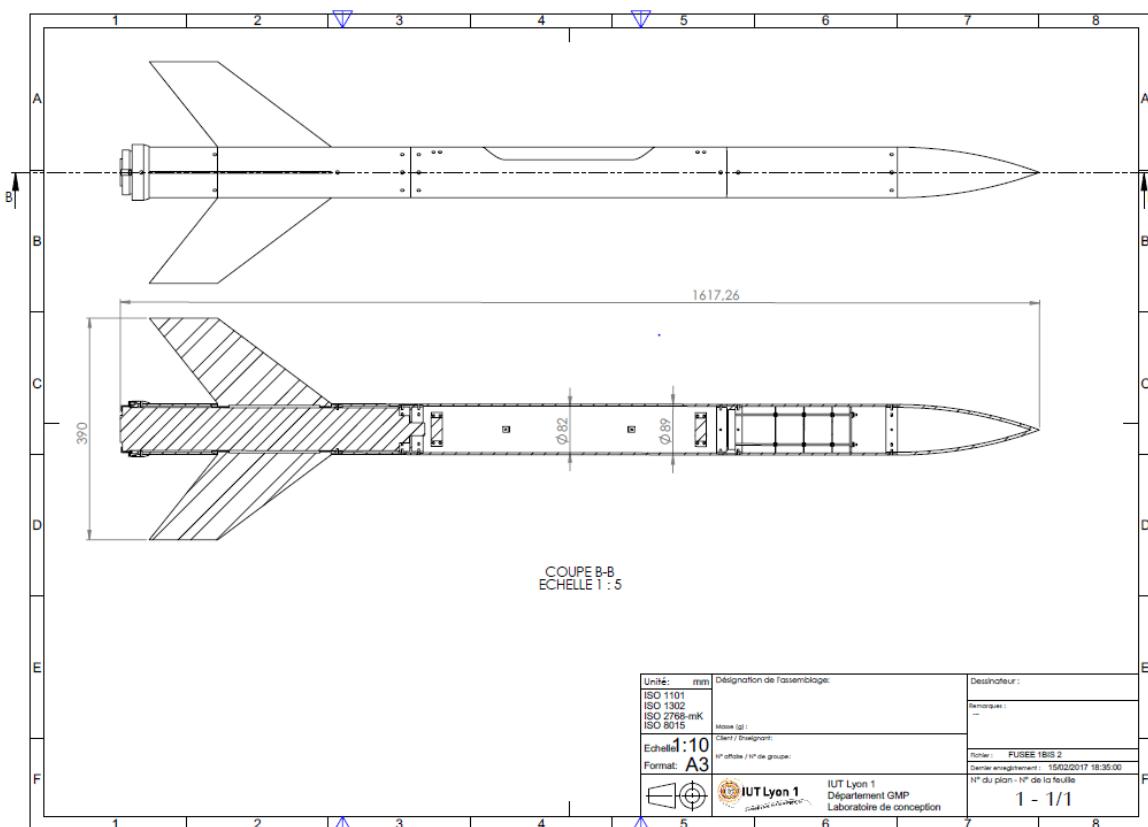
-**CP3** : Les rétreints équipant les fusées ne doivent pas couvrir la bague inférieure des propulseurs pour laisser l'accès et le dégagement nécessaire aux opérations pyrotechniques.

→ Vérification via CAO et mise en plans

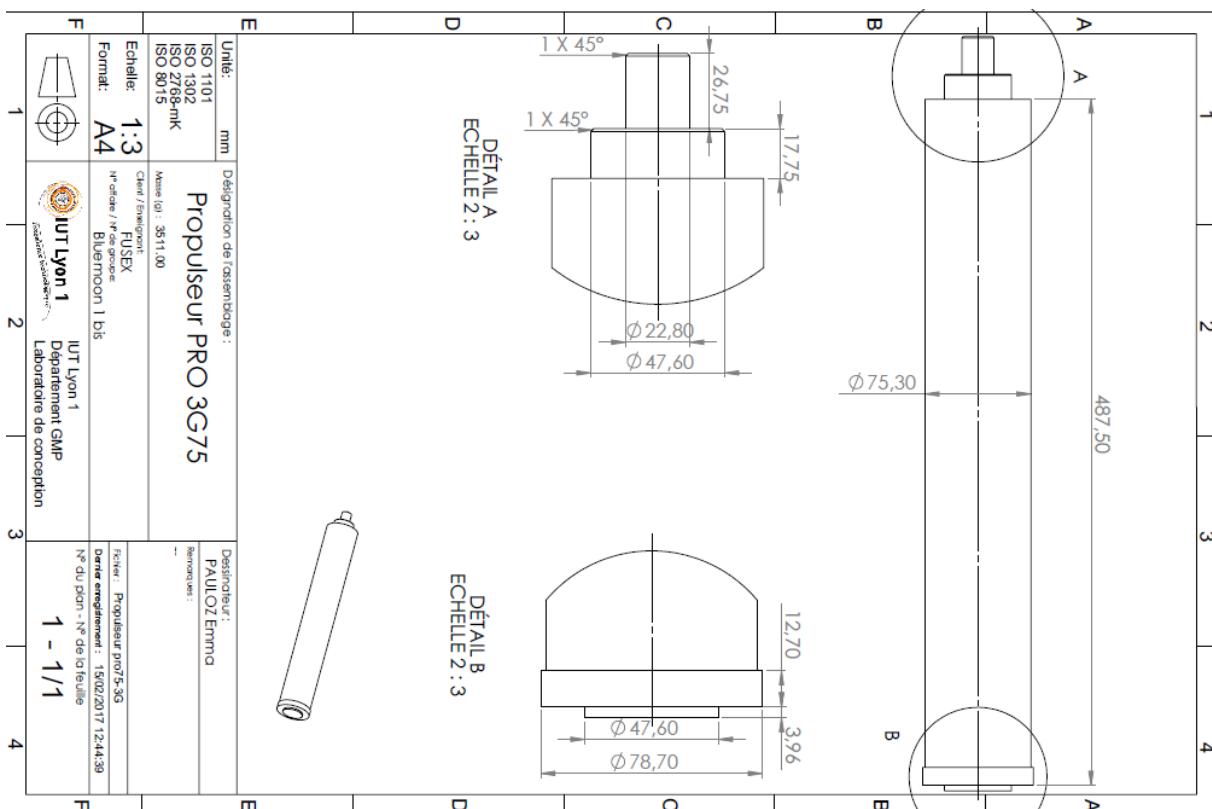
-**CP4** : Les propulseurs doivent être maintenus avec au moins 2 brides de retenue (type Z) fixées à l'aide d'une vis de 4mm à 6 pans creux (dite aussi « Allen » ou « BTR »)

➔ **Obligatoire**

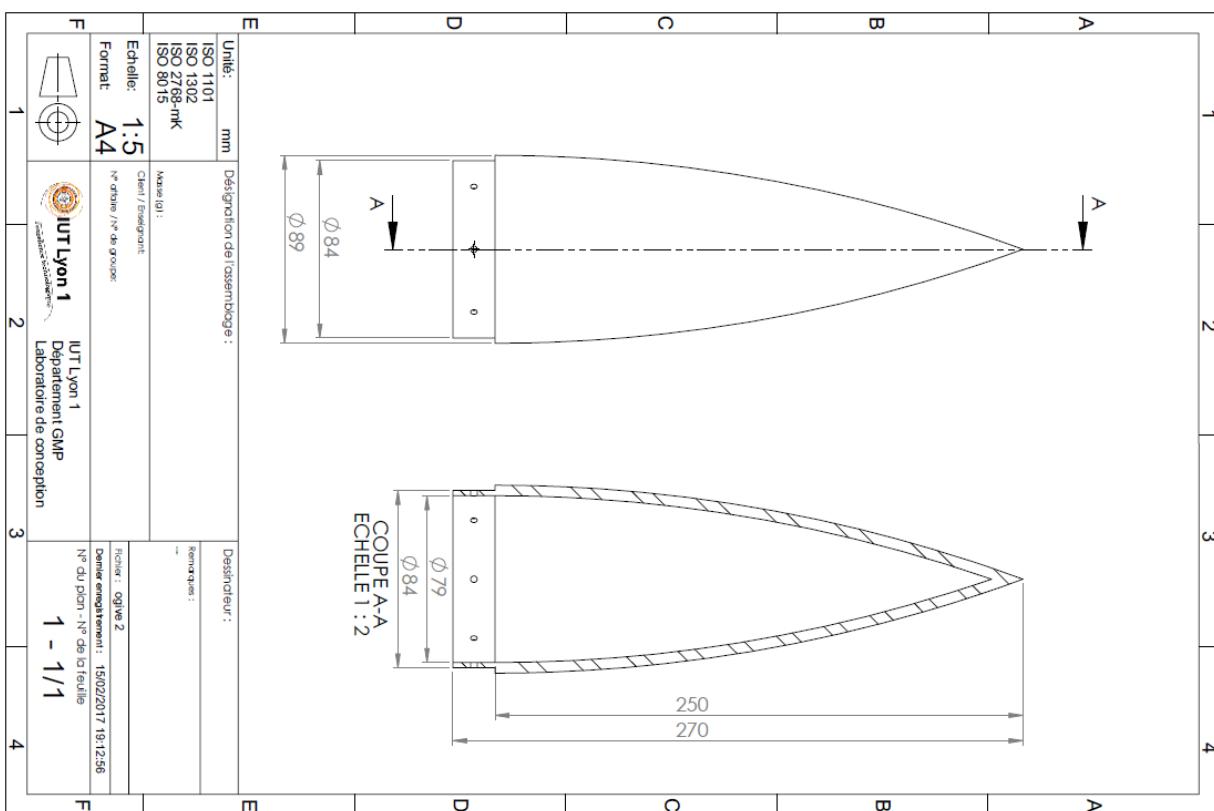
Annexe 4: MEP FUSEE GENERALE



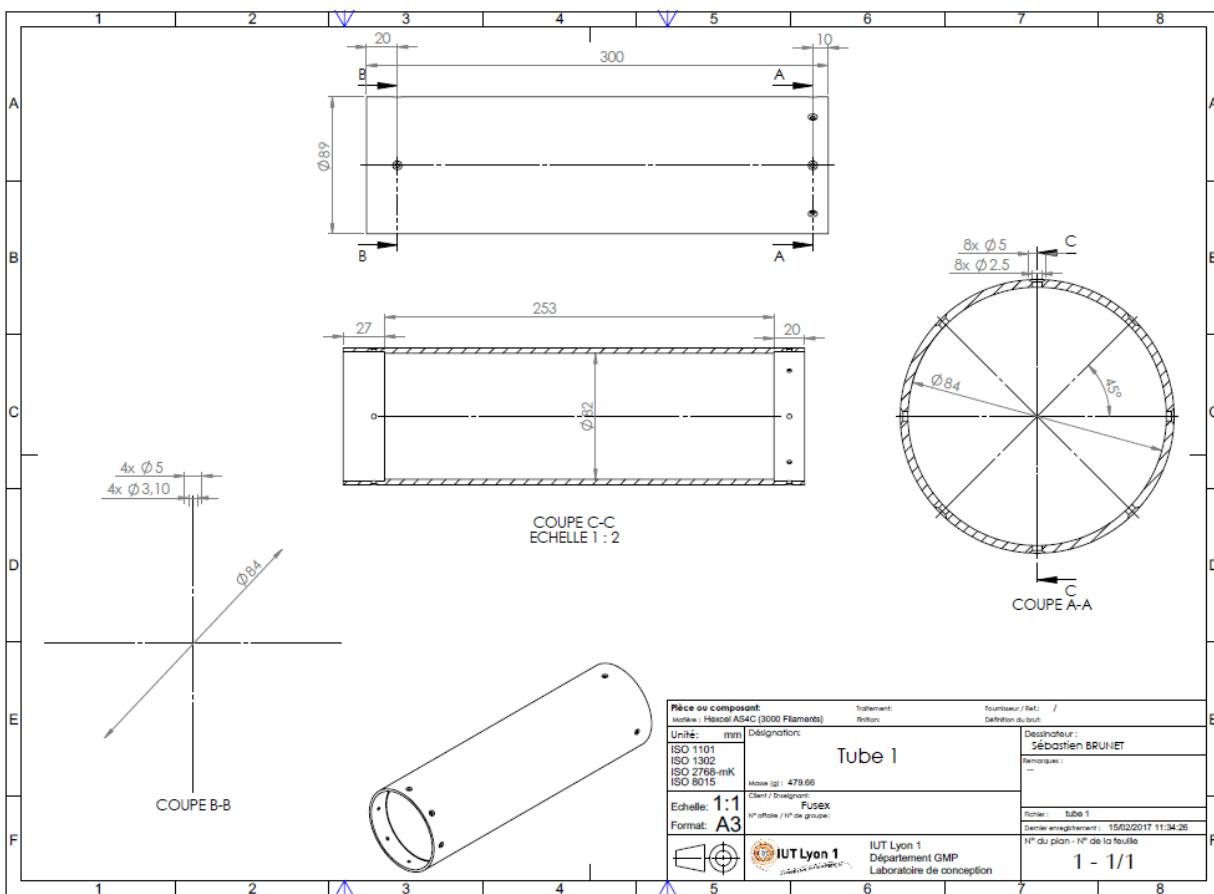
Annexe 5 : MEP Propulseur



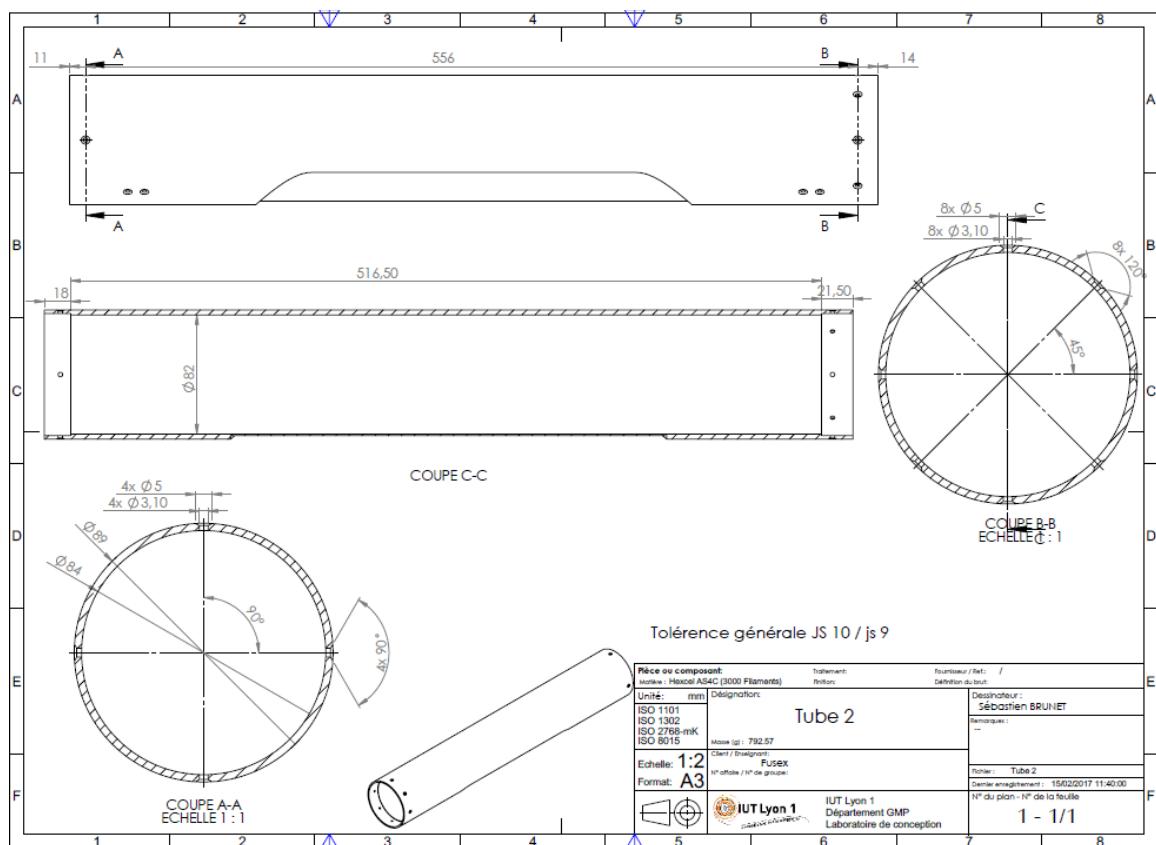
Annexe 6 : MEP ogive



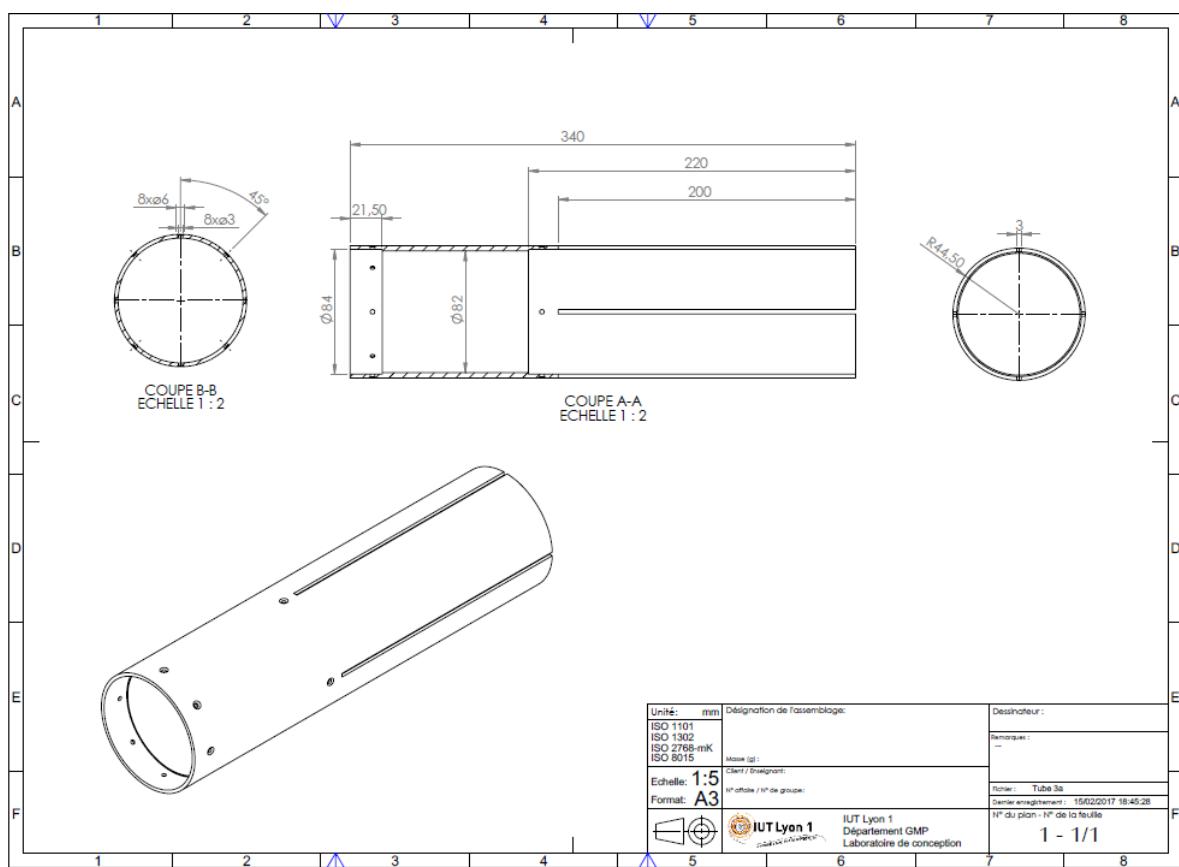
Annexe 7 : MEP tube 1



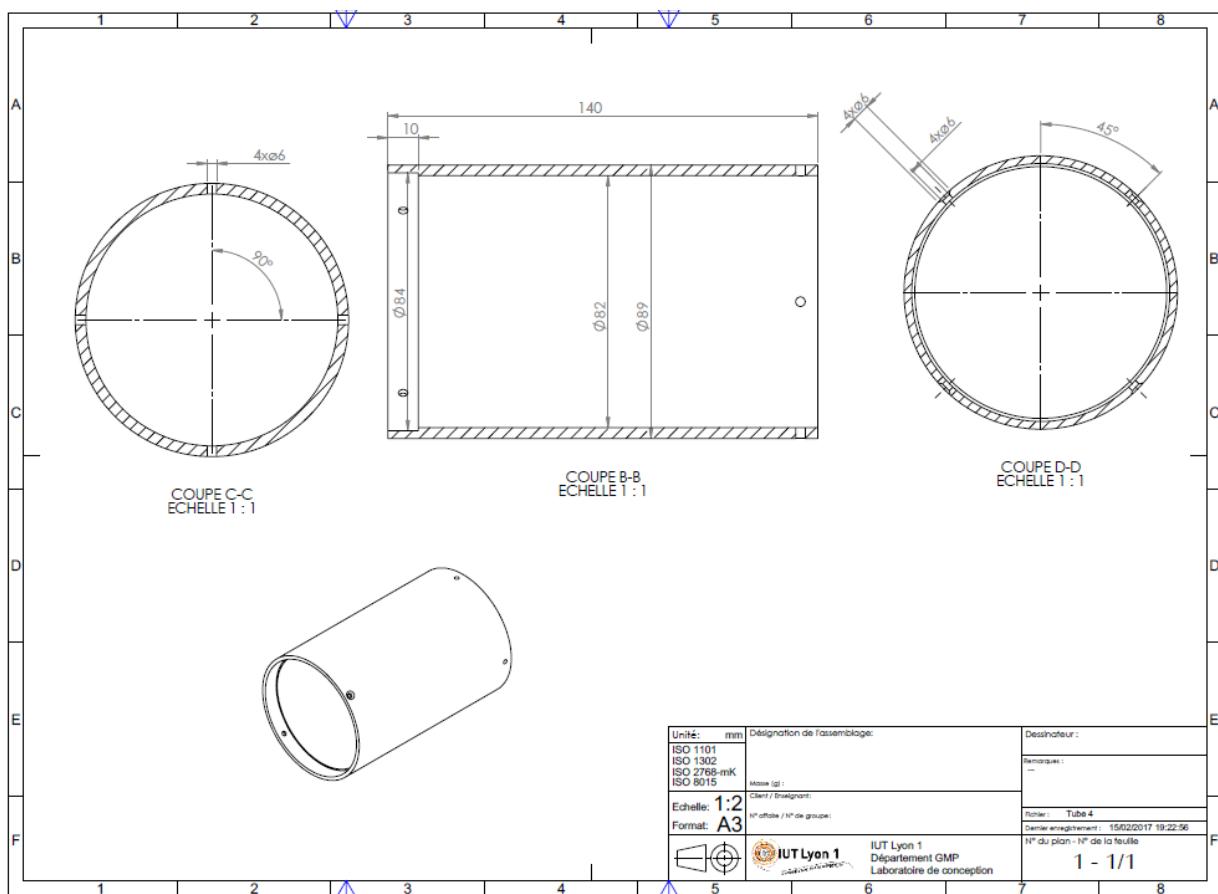
Annexe 8 : MEP tube 2



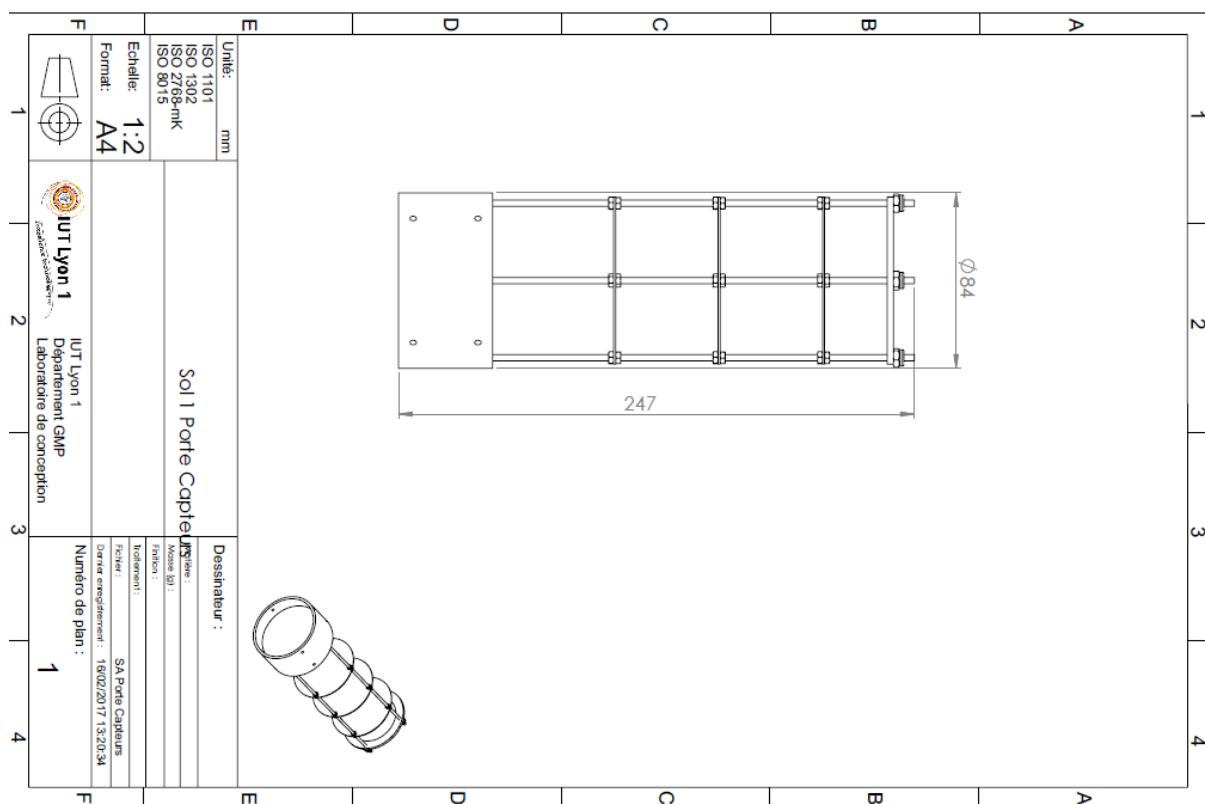
Annexe 9 : MEP tube 3



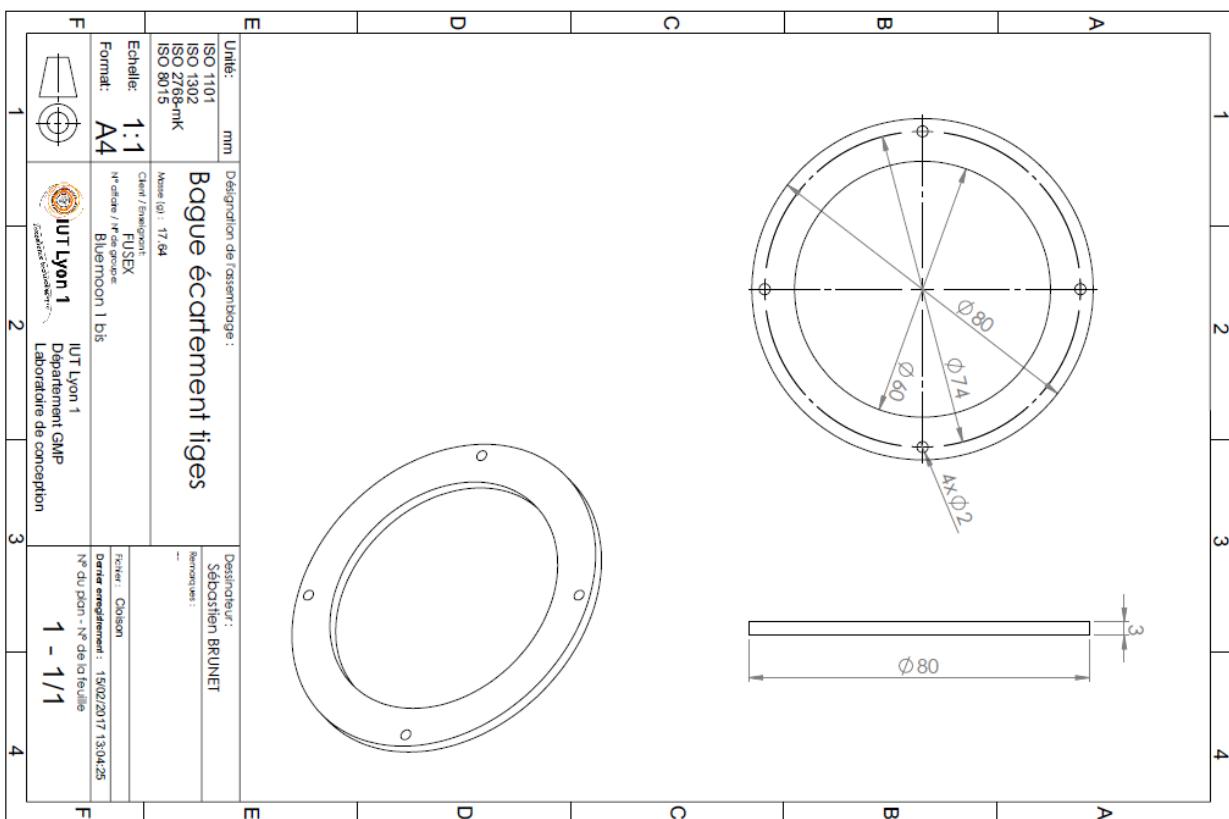
Annexe 10 : MEP tube 4



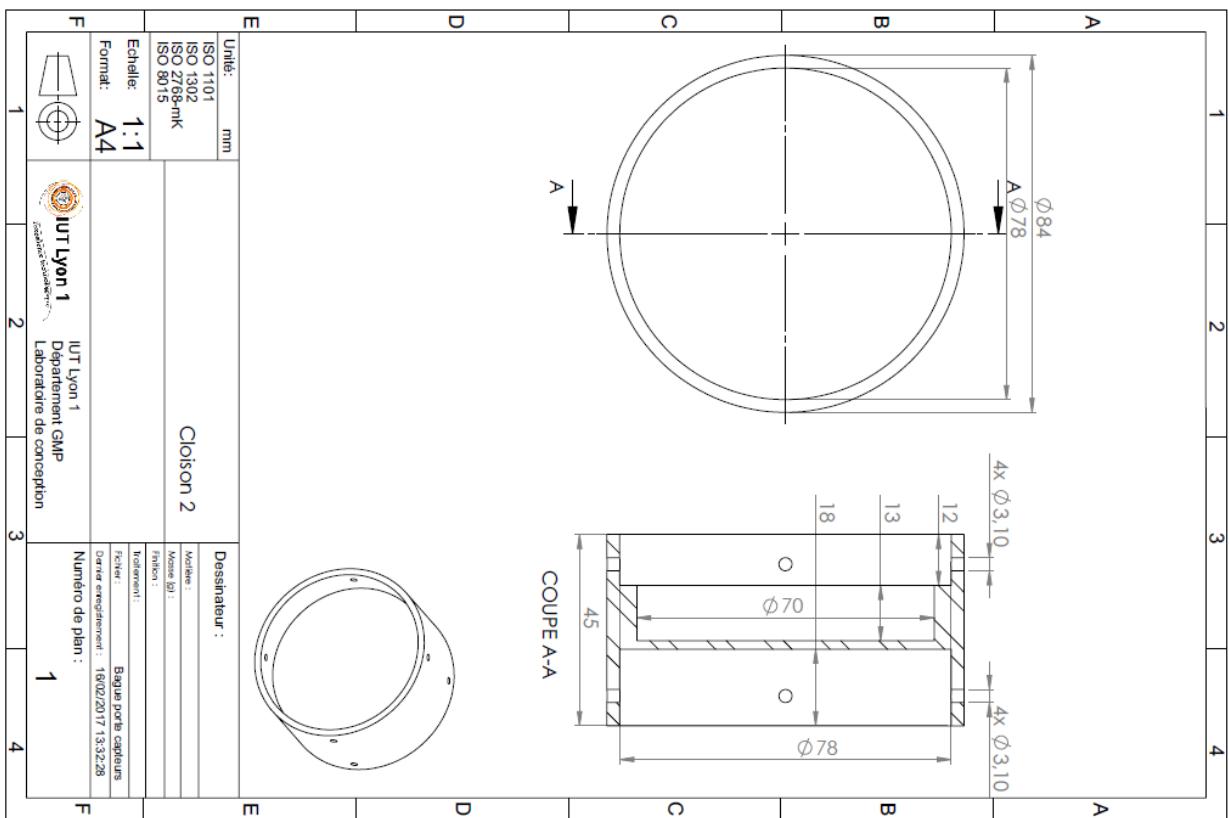
Annexe 11 : MEP SA porte capteur



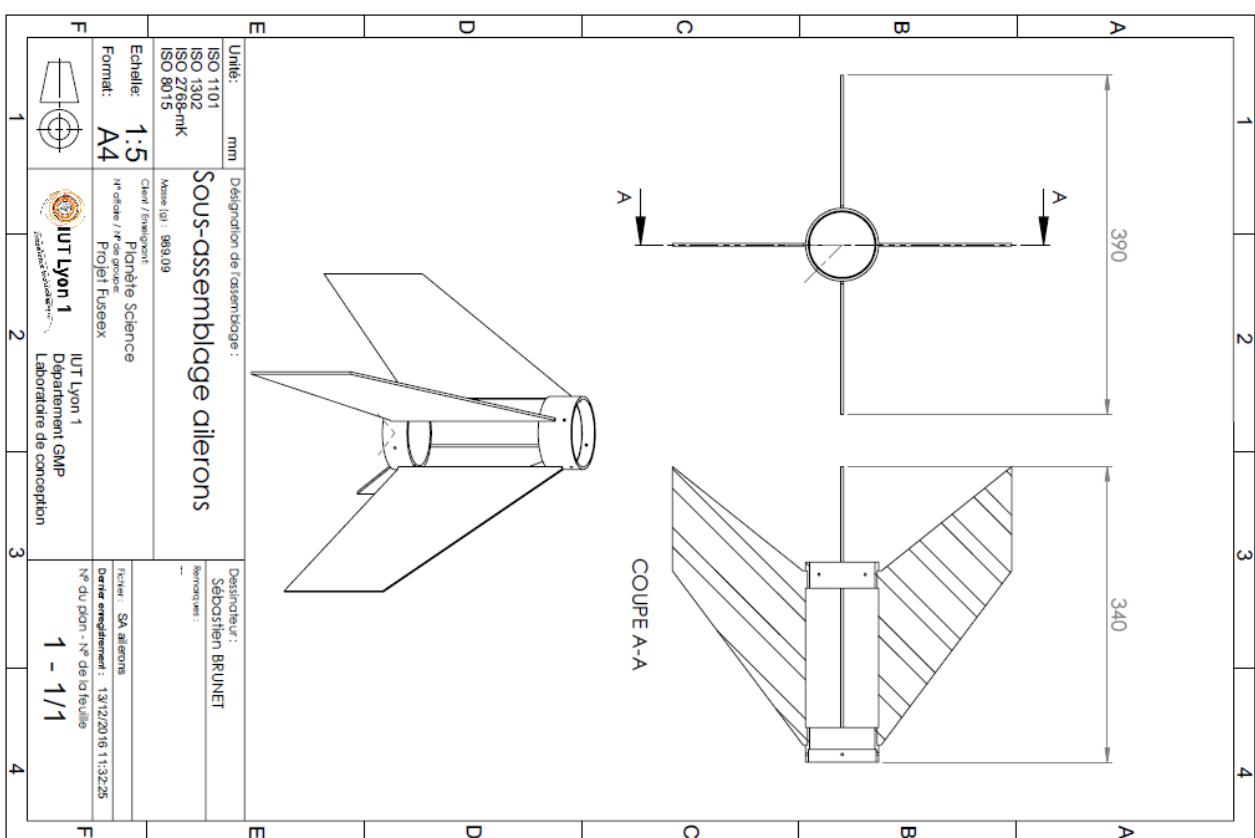
Annexe 12 : MEP anneau



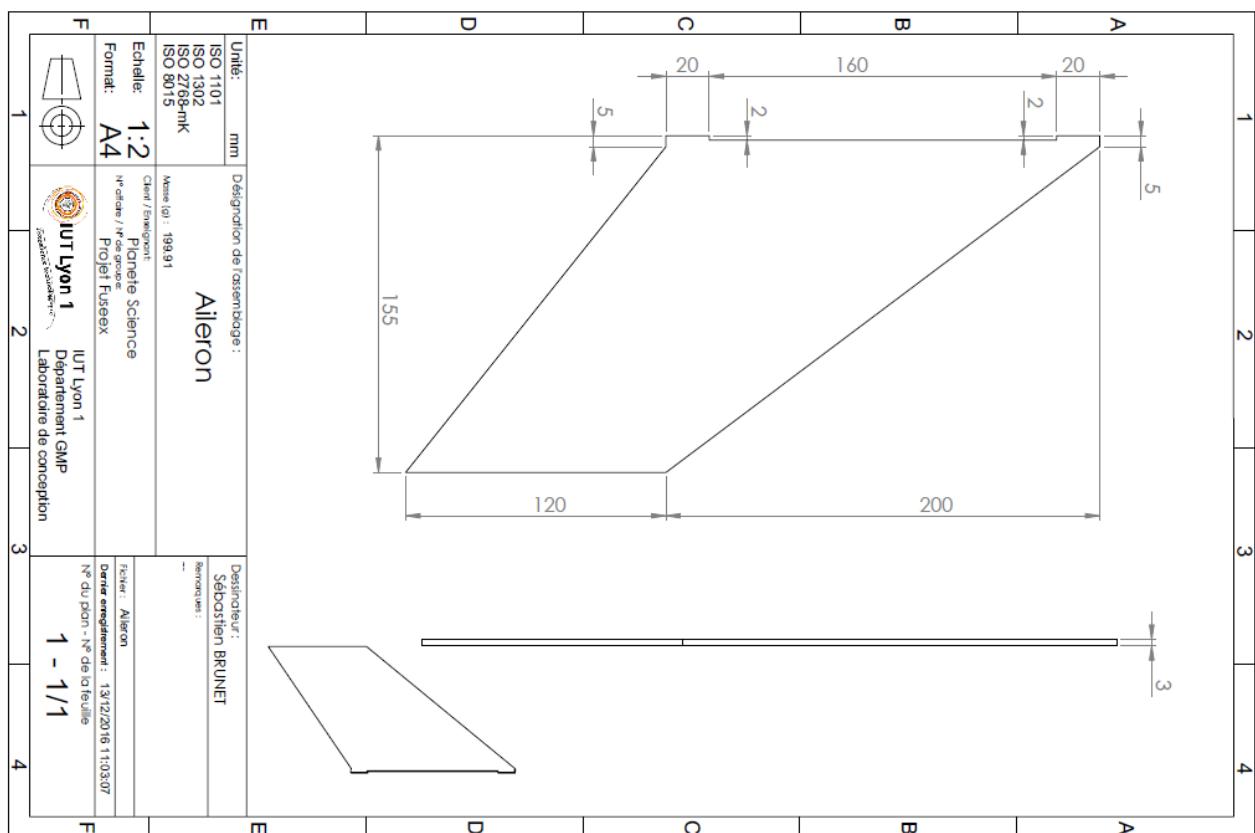
Annexe 13 : MEP bague porte-capteurs



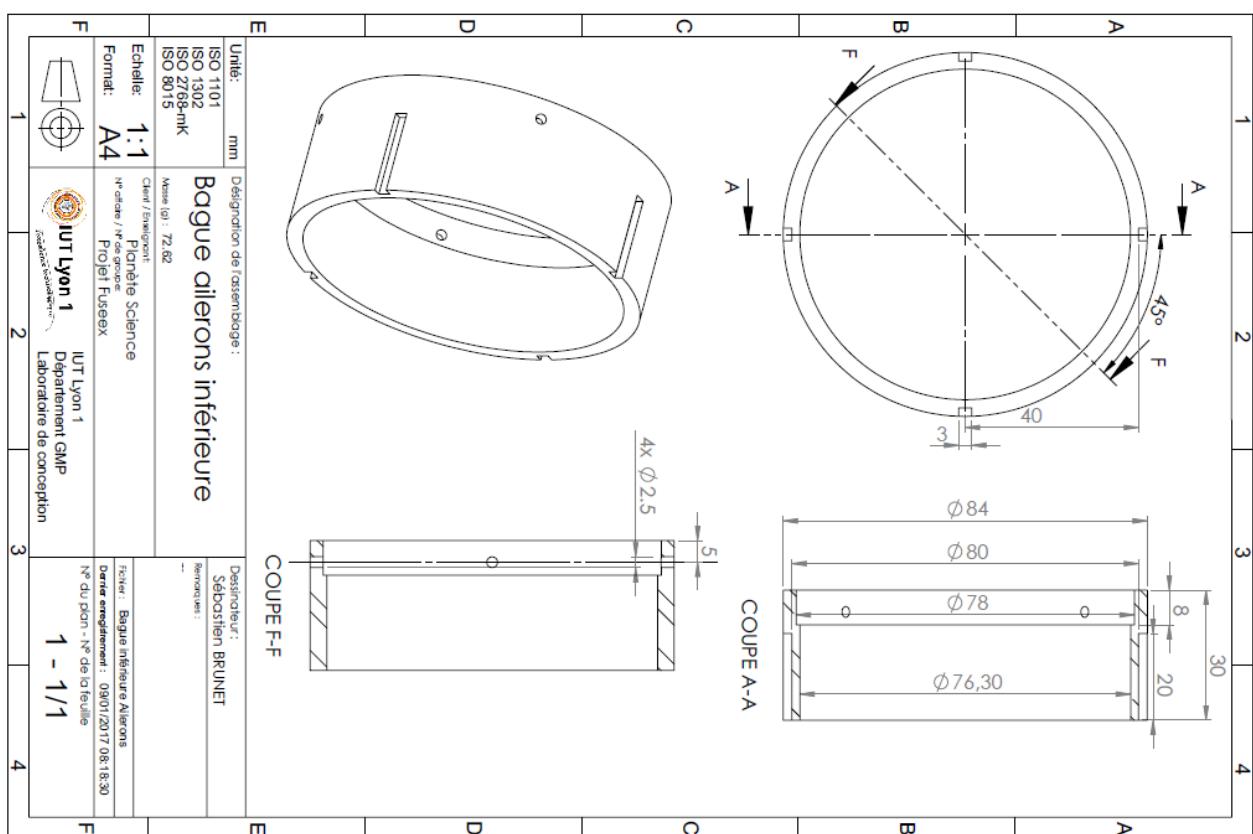
Annexe 14 : MEP SA ailerons



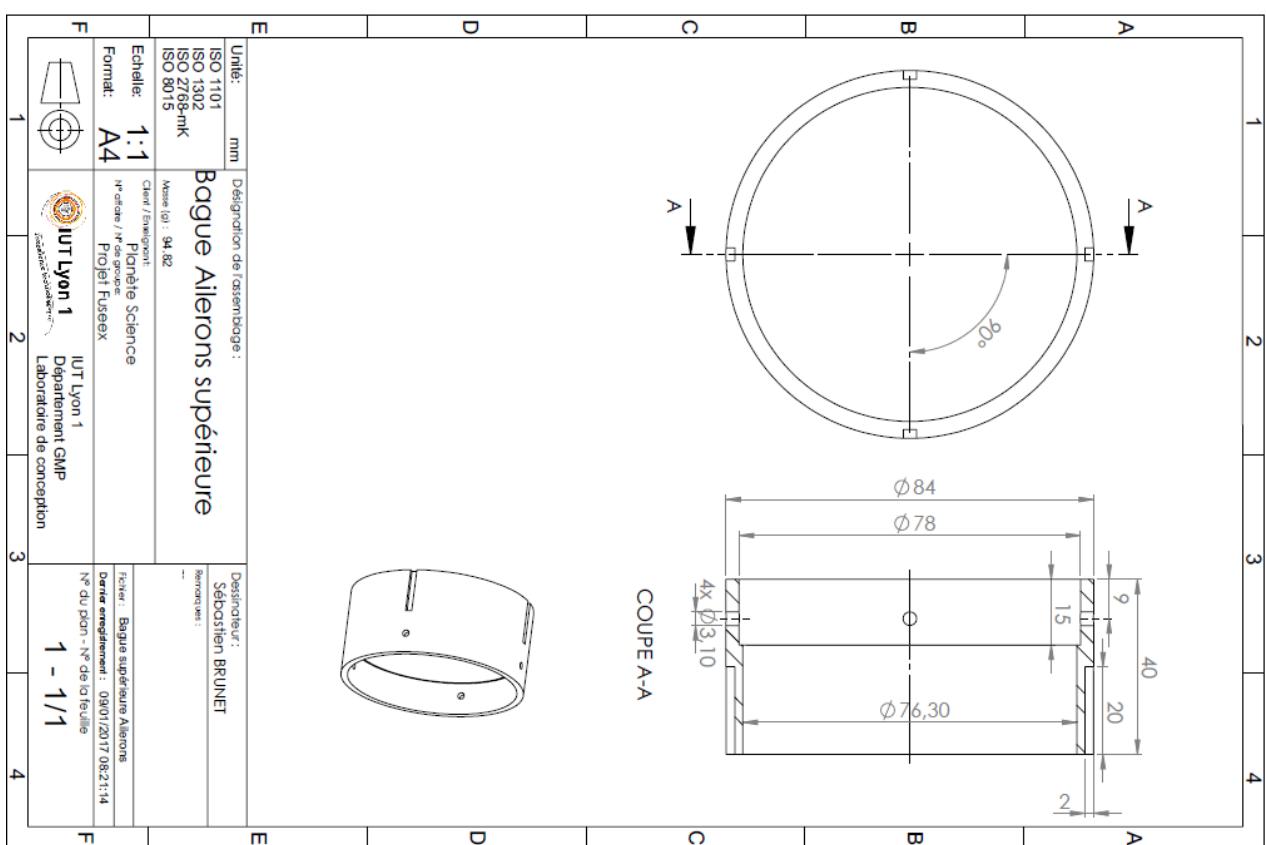
Annexe 15 : MEP aileron



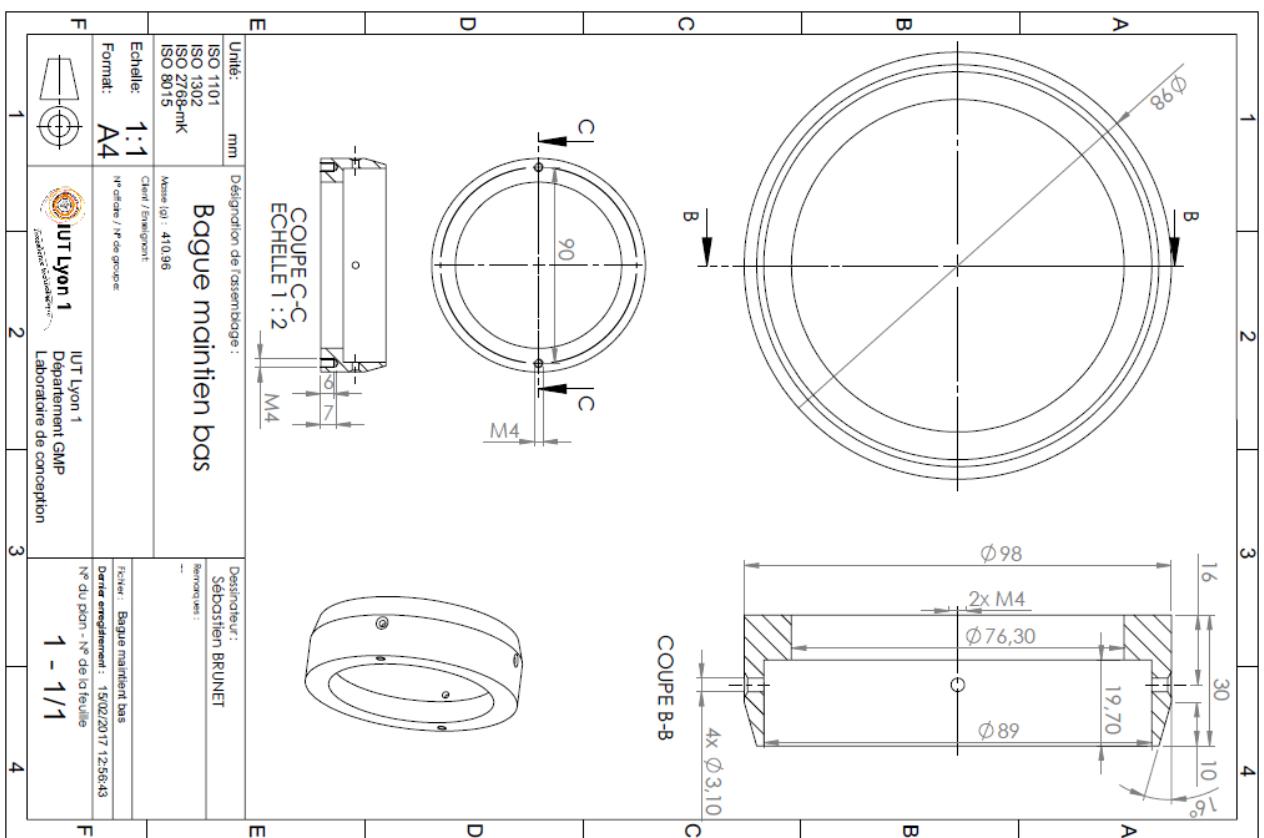
Annexe 16 : MEP bague aileron inférieure



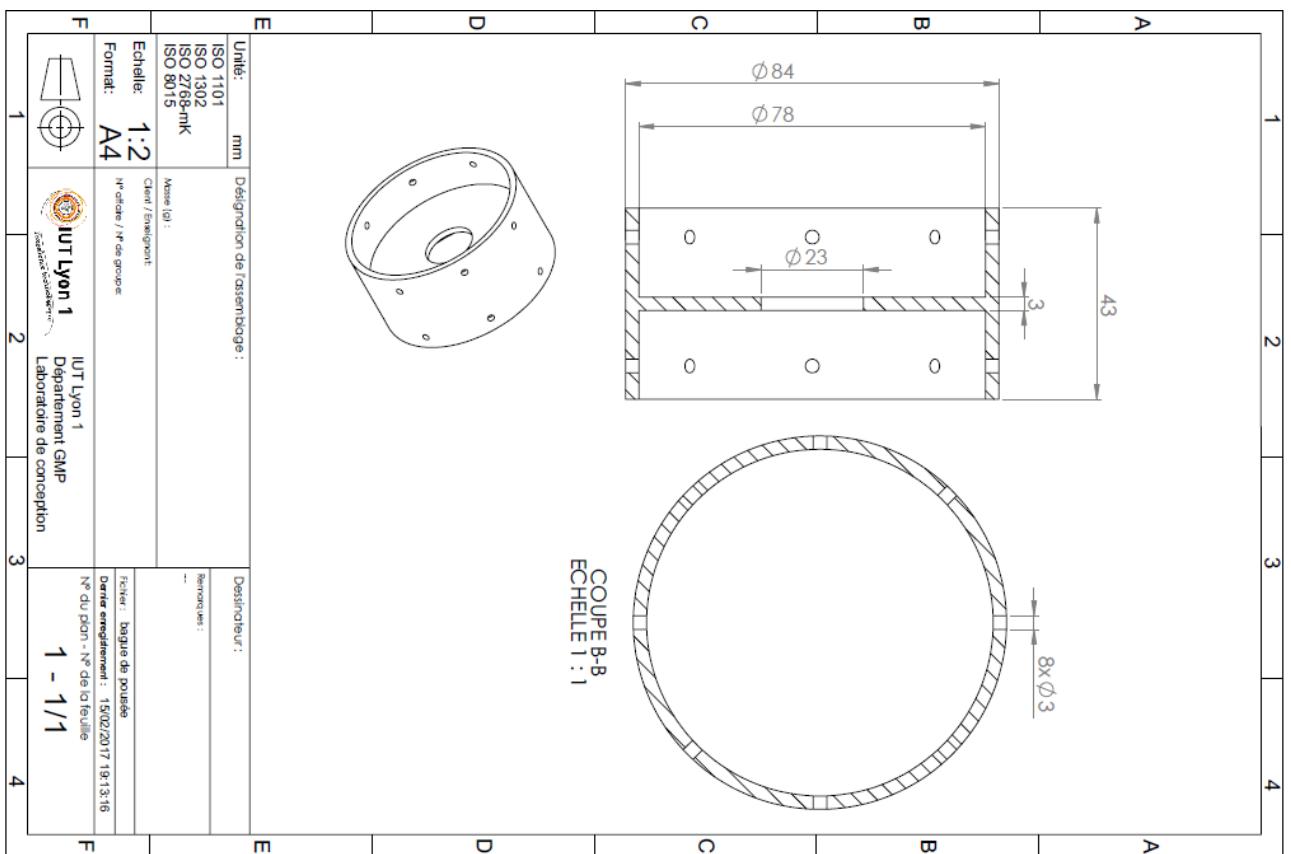
Annexe 17 : MEP bague aileron supérieure



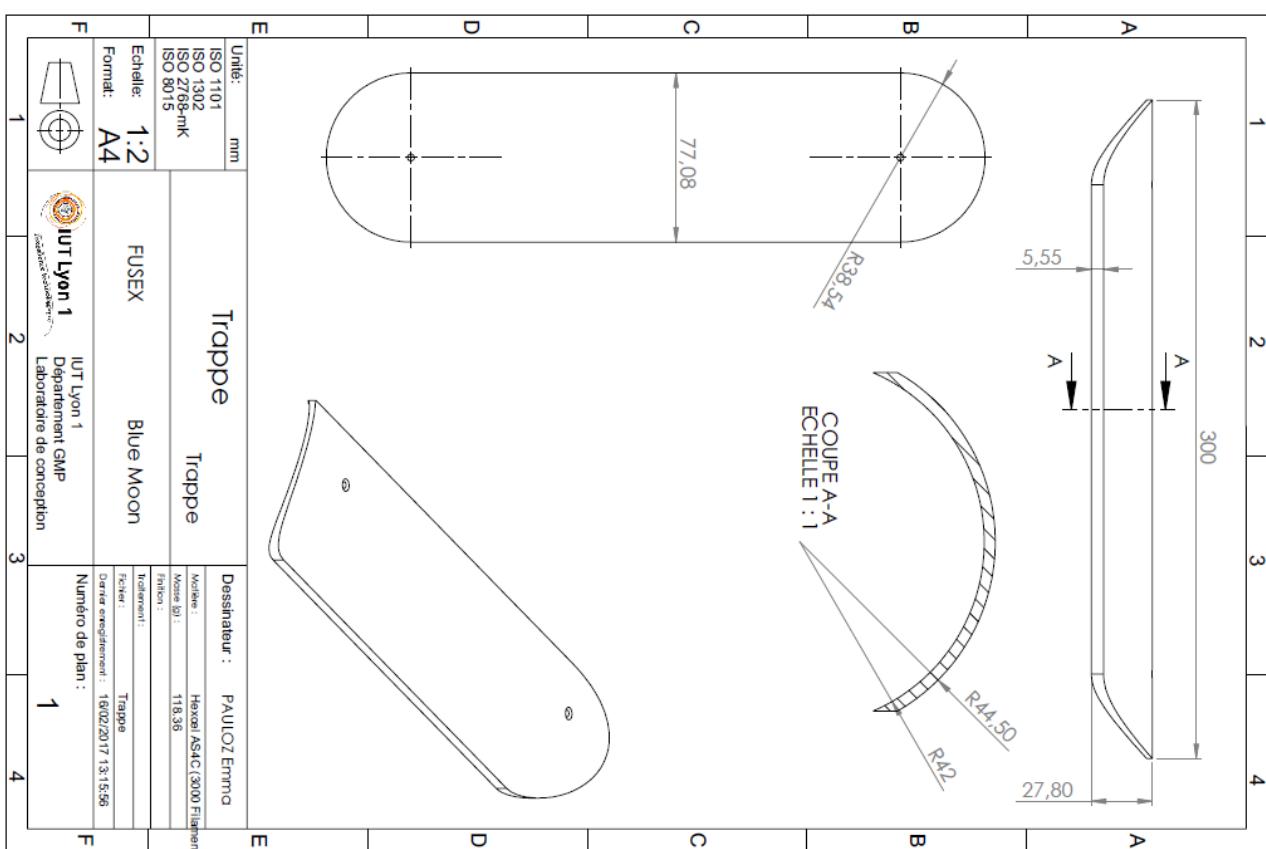
Annexe 18 : MEP bague maintien bas



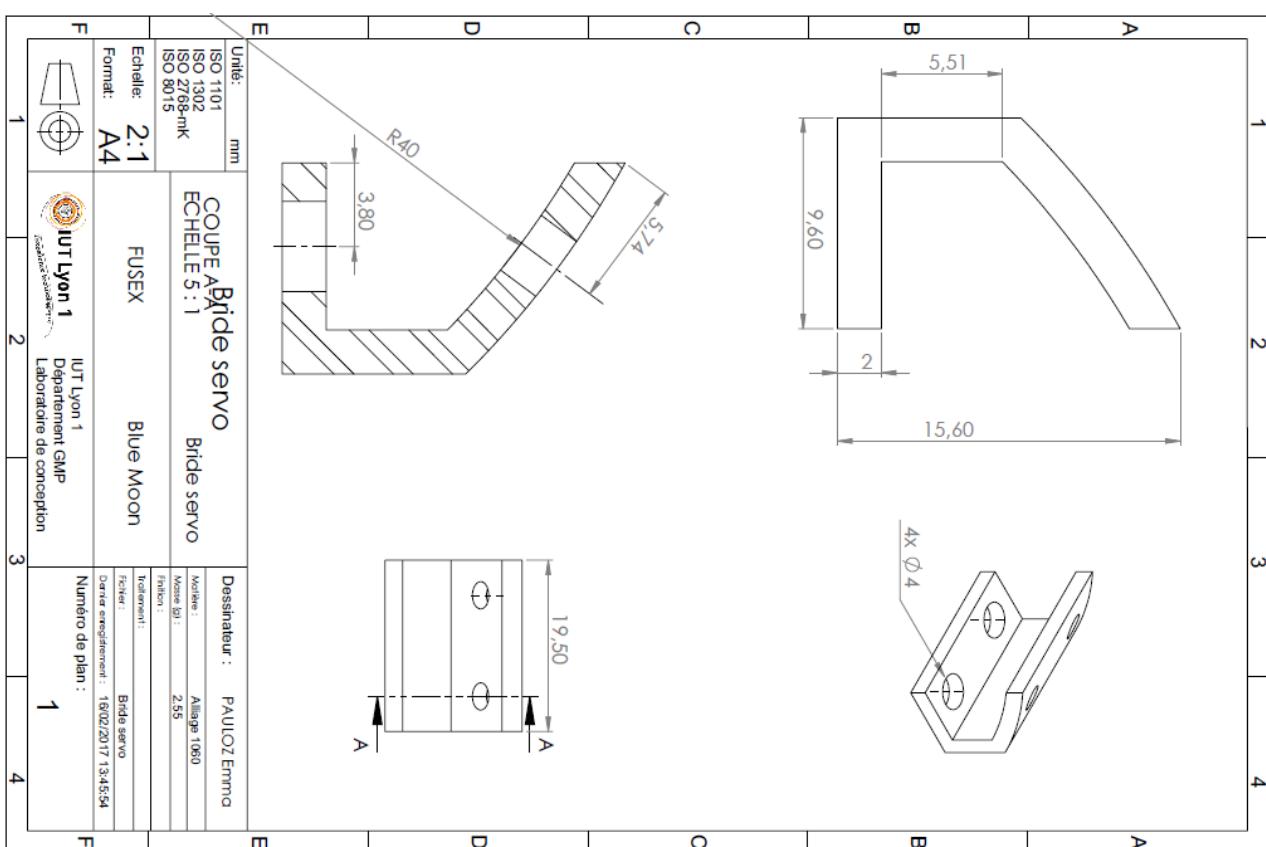
Annexe 19 : MEP bague de poussée



Annexe 20 : Trappe



Annexe 21 : MEP bride servomoteur



Annexe 22 : Financement participatif (Ulule)

The screenshot shows a crowdfunding project on the Ulule platform. The project title is "Fusée expérimentale" by "BLUE MOON". The progress bar shows 9% collected from a goal of 3,500 €. The project ended on January 30, 2017. A green box at the bottom right indicates a contribution of 10.00 € made on December 27, 2016.

Annexe 23 : Logo Blue Moon

BLUE MOON

Annexe 24 : Statuts de l'association➤ Titre I : OBJET DE L'ASSOCIATION

Article 1 :

Il est fondé entre les adhérents aux présents statuts une association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901 et le décret du 16 aout 1901, ayant pour titre : Blue Moon

Article 2 :

Cette association a pour objet le développement et la promotion de vecteur de mesures. L'association Blue Moon entend développer la pratique de ces activités dans leur esprit le plus noble notamment en ce qui concerne le développement de projet scientifique en suivant une démarche scientifique rigoureuse.

Article 3 :

Son siège social et situé 26 grande rue Mouthier-haute-pierre (25920). Le siège social peut être transféré dans une autre commune par délibération de l'Assemblée Générale.

Article 4 :

La durée de l'association est illimitée

➤ Titre II : FORMATION DE L'ASSOCIATION

Article 5 :

L'association se compose de membres actifs, membres dirigeants, membres honoraires et membres bienfaiteurs. Pour être membre actif, il faut être agréé par le bureau directeur. Pour être membre dirigeant, il faut être membre actif de l'association selon les conditions stipulées et avoir été élu pour l'exercice, au bureau directeur. Le titre de membre d'honneur peut-être décerné par le bureau directeur aux personnes physiques qui rendent ou qui ont rendus des services signalés à l'association sans être tenues de payer de cotisation. Le titre de membre bienfaiteurs peut être décerné par le bureau directeur, pour une année, aux personne physique ou morales qui apportent ou ont apporté à titre gracieux des aides matérielle ou financière notables à l'association. Ce titre confère aux personnes qui l'ont obtenu le droit de

faire partie d l'association pour l'année suivant la décision du bureau directeur, sans être tenues de payer cotisation annuelle.

Articles 6 :

Le taux de cotisation sont fixés par l'Assemblée Générale

Article 7 :

Cessent de faire partie de l'association, sans que leur départ puisse mettre fin à l'association :

- ceux qui ont donné leur démission par lettre adressée au Président
- ceux qui auront été radiés par le Bureau Directeur pour infraction aux présents statuts ou pour motifs graves. La notification sera notifiée au membre exclu par lettre recommandée dans la huitaine qui suit la décision. Le membre exclu peut, dans la quinzaine de cette notification, exiger par lettre recommandée adressée au président la réunion de l'assemblée générale pour qu'il soit statué par elle sur l'exclusion. Les membres bienfaiteurs dont la qualité de membre se perd automatiquement à la fin de l'exercice suivant la décision du bureau directeur reconnaissant la qualité de bienfaiteur.

➤ TITRE III : RESSOURCES DE L'ASSOCIATION

Article 8 :

Les ressources de l'association se composent :

- des cotisations versées par les membres ;
- des subventions qui peuvent lui être accordées par l'état, les départements ou communes ou tout organisme privé ou public ;
- du produit des manifestations et rétributions pour services rendus
- des recettes issues de toutes ressources non interdites par la loi. Ces ressources peuvent être fournies par des physique ou morales.

Aucun membre de l'association ne pourra être tenu personnellement responsable des dépenses et charges de l'association.

Article 9 :

La comptabilité de l'association est tenue conformément aux lois et règlements en vigueur.

➤ **Titre IV : COMPTES-RENDUS**

Le Bureau Directeur :

Article 10 :

Les pouvoirs de direction au sein de l'association sont exercés par un bureau directeur

Le bureau directeur est composé de trois membres au moins (un président, un secrétaire et un trésorier) élus au scrutin secret pour 2 ans en assemblée générale à la majorité des membres présents.

En cas de partage, la voix du président est prépondérante.

Tout membre qui aura sans excuse acceptée par le bureau directeur, manqué deux séances consécutives pourra être considéré comme démissionnaire.

En cas de décès ou de démission d'un membre du bureau directeur égal au quart du nombre fixé par les statuts, le bureau nomme provisoirement, les membres complémentaires dont les fonctions expireront lors de la prochaine assemblée générale.

Le bureau directeur peut désigner parmi les membres de l'association ou en dehors d'eux une ou plusieurs personnes qui peuvent être admises à assister aux séances du bureau avec voix consultatives.

Le bureau directeur se réunit au moins trois fois par an.

Election du bureau directeur :

Article 11

Le bureau directeur se renouvelle par moitié tous les ans, mais une assemblée extraordinaire peut destituer le bureau à tout moment.

Est électeur tout membre âgé de 18 ans au moins le jour de l'élection, ayant adhéré à l'association et à jour de ses cotisations et droits d'entrée.

Le vote par procuration est autorisé.

Une personne physiquement présente à l'assemblée générale ne peut détenir plus d'une procuration. Le vote par correspondance n'est pas admis.

Est éligible au bureau directeur toute personne :

-membre de l'association et à jour de ses cotisations.

-représentant légal d'un adhérent âgé de moins de 18 ans au jour de l'élection, membre de

l'association et à jour de ses cotisations.

Les membres sortants sont rééligibles

Les membres élus doivent pouvoir jouir de leurs droits civiques

➤ Titre V : PRESIDENCE

Article 12

Le président représente l'association dans tous les actes de la vie civile et est investi de tous pouvoir à cet effet. Il a notamment qualité pour ester en justice au nom de l'association, tant en demande qu'en défense, former tous appels ou pourvois et consentir toutes transactions.

Il peut donner délégation.

Il peut donner délégation.

Il a notamment qualité pour ester en justice comme défendeur au nom de l'association et comme demandeur avec l'autorisation du bureau directeur. Il peut former, dans les mêmes conditions, tous appels ou pouvoirs. Il ne peut transiger qu'avec l'autorisation du bureau directeur.

Le président convoque les assemblées générales.

Il préside toutes les assemblées. En cas d'absence ou de maladie, il est remplacé par le vice-président et, en cas d'absence ou de maladie de ce dernier, par le membre le plus ancien ou, en cas d'ancienneté égale, par le plus âgé.

Le vice-président cas d'absence du président, est chargé de l'exécution des affaires courantes.

➤ Titre VI : SECRETARIAT

Article 13

Le secrétaire est chargé de tout ce qui concerne la correspondance, les archives. Il rédige les procès-verbaux des réunions des assemblées et en général, toutes les écritures concernant le fonctionnement de l'association, à l'exception de celles qui concernent la comptabilité.

Il tient le registre spécial prévu par l'article 5 de la loi du 1^{er} juillet 1901 et les articles 6 et 31 du décret du 16 aout 1901. Il assure l'exécution des formalités prescrites par les dits articles.

➤ Titre VII : TRESORERIE

Article 14 :

Le trésorier est chargé de tout ce qui concerne la gestion du patrimoine de l'association. Il effectue tous paiements et reçoit sous la surveillance du président toutes sommes dues à l'association.

Il ne peut aliéner les valeurs constituant le fond de réserve qu'avec l'autorisation du bureau directeur.

Il tient une comptabilité régulière de toutes les opérations par lui effectuées et rend compte à l'assemblée générale annuelle qui approuve, s'il a lieu, sa gestion.

➤ **Titre VIII : ASSEMBLEE GENERALE**

Article 15 :

L'assemblée générale se compose de tous les membres de l'association, à quelques titres qu'ils y soient affiliés. Ses décisions sont obligatoirement pour tous.

Articles 16 :

Les assemblées sont ordinaires ou extraordinaires. Elles sont présidées par le président de l'association ainsi qu'il a été dit à l'article 12.

L'assemblée générale a lieu une fois par an, à date fixée par le bureau directeur.

Article 17 :

L'assemblée extraordinaire peut être convoquée, en cas de circonstances exceptionnelles, par le président, sur avis conforme du bureau directeur ou sur demande écrite d'un cinquième au moins des membres de l'association, déposée au secrétariat ; en ce dernier cas, la réunion doit avoir lieu dans les trente jours qui suivent le dépôt de la demande au secrétariat.

Pour toutes les assemblées, les convocations doivent être envoyées au moins quinze jours à l'avance et indiquer l'ordre du jour.

Article 18 :

L'assemblée générale délibère sur les rapports relatifs à la gestion du bureau directeur, ainsi qu'à la situation morale ou financière de l'association.

Elle approuve les comptes de l'exercice clos, vote le budget de l'exercice suivant, délibère sur les questions fixées à l'article 11.

Elle se prononce, sous réserve des approbations nécessaires, sur la modification des statuts. Elle nomme les représentants de l'association à l'assemblée générale des comités régionaux, départementaux et à celle des fédérations auxquelles l'association est affiliée.

➤ Titre IX ASSEMBLEE EXTRAORDINAIRE

Article 19 :

L'assemblée extraordinaire statue sur toutes les questions urgentes qui lui sont soumises. Elle peut apporter toutes les modifications aux statuts ; elle peut ordonner les prorogations ou la dissolution de l'association, ou sa fusion avec toutes autres associations poursuivant un but analogue, ou son affiliation à toute union d'associations, mais dans divers cas, elle doit être composée de 2/3 des membres ayant le droit de prendre part aux assemblées. Si le quorum n'est pas atteint, une nouvelle assemblée extraordinaire sera convoquée dans les quinze jours, sans nécessité de quorum.

Article 20

En cas de dissolution volontaire, statutaire, ou judiciaire, l'assemblée extraordinaire statue sur la dévolution du patrimoine de l'association après le reliquat de l'actif après paiement de toutes dettes et charges de l'association et tous frais de liquidation. Elle nomme, pour assurer les opérations de liquidation, un ou plusieurs membres de l'association, qui seront investis à cet effet de tous pouvoirs nécessaires.

➤ Titre X COMPTES-RENDUS

Article 21 :

Les délibérations des assemblées sont consignées par le secrétaire sur un registre et signées par les membres du bureau directeur présents à la délibération. Ces procès-verbaux constatent le nombre de membres présents aux assemblées générales ou extraordinaires.

Les délibérations du bureau directeur sont consignées par le secrétaire et signées par lui et par le président. Le secrétaire peut en délivrer les copies qu'il certifie conforme.

Article 22

Les comptes rendus des assemblées annuelles, comprenant les rapports du secrétaire et du trésorier, sont communiquées à tous les membres de l'association.

➤ Titre XI : COMPTES-RENDUS

Article 23 :

Le président, au nom du bureau directeur, est chargé de remplir les formalités de déclaration et de publication prévus par la loi du 1^{er} juillet 1901 et par le décret du 16 aout de la même année.

➤ Titre XII : TRIBUNAUX

Article 24 :

Le tribunal compétent pour toutes actions concernant l'association est celui du domicile de son siège, alors même qu'il s'agirait de contrats passés dans ses établissements sis dans d'autres ressorts.

Annexe 25: Budget

Date	Nom	objets	Crédit	Débit unitaire	Débit global	Unité	Quantité	Commande	Usin	Cout	Solde
	François bourgeois	monétaire	300,00						2 957,00	2 496,82	70,18
	Yann Le Bris	monétaire	55,00								
	Yann Le Bris	monétaire	150,00								
14/10/16	Imprimerie	5 dossiers		11,00	55,00	Unité	5	55,00			
12/12/16	SIMMET	tube ø90 ép:3 l200			72,00	Unité	1	72,00			
13/12/16	SIMMET	Tôle alu 700x700			57,60	Unité	1	57,60			
16/01/2017	Sicomin	Résine epoxy Durcisseur lent	43,77	43,77	Unité	1					
16/01/2017	Sicomin	Durcisseur lent	19,80	19,80	Unité	1	19,80				
16/01/2017	Sicomin	Tissus de verre	4,88	14,63	Mètre	3					
16/01/2017	Sicomin	transport		12	Livraison	1					
24/01/17	SIMMET	Alu ø100L:50		31,20	Unité	1	31,20	62,40			
24/01/17	SIMMET	Pa6 ø100L:300		31,20	Unité	1	31,20				
28/01/17	Planete science	Monétaire	250,00								
28/01/17	Planete science	Transport RCE2		119,00	aller/retour						
28/01/17	Planete science	Hotel RCE	65,50	65,50	Nuit	1	65,50	250,00			
28/01/17	Planete science	Repas RCE2		13,10	unité	5	65,50				
20/01/2017	Hexcel	monétaire	1750,00								
20/01/2017	Hexcel	Fibre de carbone	250,00	1750,00	Mètre	7	1750,00				
09/02/17	Apogée component	balbeing	6,86	6,86	unitée	1					
09/02/17	Apogée component	Corde kevlar	1,53	3,33	Mètre	6					
09/02/17	Apogée component	Apogée component	20,77	20,77	unitée	1					
13/03/17	Vis express	Etrouism2 nylon	0,25	5,25	unitée	21					
13/03/17	Vis express	ECR M2 hock	0,03	2,51	unitée	76					
06/03/17	Apogée component	Corde kevlar	1,53	23,24	Mètre	15					
	Apogée component	Apogée component	20,77	20,77	Livraison	1					
	CNC fraise	fraise diamant diam3	6,00	6,00	unitée	1	6,00	11,50			
	CNC fraise	Transport		5,50	unitée	1	5,50				
13/03/17	Gille Troubet	Vissse-servi	trig filtre diam2100	10,00			7,93	7,93			
17/03/2017	Lycée St Paul	50,00									
17/03/2017	Lycée St Paul	Sewomoteurs	25,00	25,00	unité	1	25,00	50,00			
25/03/2017	Lycée St Paul	2,00									
25/03/2017	Lycée St Paul	matière pointe ogive	2,00	2,00	unité	1	2,00	2,00			

Annexe 26: Première présentation

Définition d'une fusée expérimentale



- Le CNES et PLANETE SCIENCES qualifient de fusée expérimentale toute fusée vérifiant les points suivants :
- Elle est développée dans le cadre de clubs amateurs par une équipe projet qui s'appuie sur une démarche expérimentale méthodique et sur une gestion de projet rigoureuse.
- Elle embarque une expérience, objectif principal du projet.
- Elle est propulsée par un seul moteur, délivré par le CNES.
- Sa conception doit permettre une mise en œuvre et un lancement qui ne transgessent pas les règles de sécurité.
- Elle respecte le cahier des charges.
- Dans ce cas, elle fait l'objet d'un suivi de la part de PLANETE SCIENCES dans le cadre décrit par le cahier « Contrat moral ».
- De plus, elle est lancée lors de la campagne nationale annuelle, après avoir passé avec succès les contrôles finaux décrits par la suite.



Projet Fusex



1/Contraintes de conception et de réalisation

Fonction	Critère	Niveau
Le vecteur doit effectuer une/des mesure(s) au cours du vols	Mesurer la déformation de la structure de la fusée au passage du mur du son. Déterminer les paramètres à étudier Mesurer la vitesse du vecteur Mesurer l'altitude lors de l'assentions	
Les étudiants doivent mettre en place la chaîne de mesure	Fixer les gammes de mesure et les précisions requises	Respect du cahier des charges de Planète science

Réalisation mécaniques de chaque pièces ainsi que de l'intégrations	Flèche Tenue en compression Résistance longitudinale des ailerons Résistance transversale des ailerons Alignements des ailerons Angle entre deux ailerons consécutifs	La flèche statique ≤ à 1 % (10 mm/m). La flèche dynamique ≤ à 1% par rapport à la position à vide (flèche statique). $F = 2 \times \text{Accélération Max} \times M_{sup}$ (en NEWTON) $F = 2 \times \text{Masse d'un aileron} \times \text{Accélération Max}$ Force $F = 0.1 \times \text{Surface d'un aileron} \times V_{max2}$ (en NEWTON) doit entraîner une flèche transversale des ailerons < à 10° $< 1^\circ$ $90^\circ \pm 10^\circ$
La fusée doit arriver intacte au sol	système ralentisseur fiable	Permet de réduire sa vitesse de descente. L'éjection du ralentisseur doit être franche. Arrivée au sol à moins de 15 m/s Rester dans le gabarit autorisé
La fusée doit être localisable facilement	Localisation radio Peinture visible	136-138 MHz ne doit pas être utilisée La fréquence et la puissance utilisées doivent respecter la réglementation internationale des télécommunications. Elles devront être indiquées dans le dossier de conception.
Les étudiants doivent réaliser un compte-rendu de l'expérience		

2/Fabrication

Fonction à réaliser	Procédé
Propulsion	Donnée et monté lors du tir par le CNES (non conservée à l'IUT)
Ogive	Sous traité
Corps	A l'IUT
Ailerons	A l'IUT
Carte électronique	Sous traité
Système de récupération	A l'IUT (découpage du parachute)
Système de localisation	Sous traité
Support de carte électronique	A l'IUT
Récupération des données (programmation)	Sous traité

Tout les éléments sous traités correspondent à la fabrication des éléments et non de leurs conceptions.
Les sous traitant sont déjà trouvés.

3/Sécurité

Règles

SECU1 : Tout système actif modifiant le lacet ou le tangage de la trajectoire est interdit. Tout système modifiant le roulis doit être inhibé au neutre durant la phase propulsée.

SECU2 : Il est interdit d'embarquer à bord des fusées des produits pouvant être dangereux.

SECU3 : Il est interdit d'embarquer à bord des fusées des animaux morts ou vivants.

SECU4 : Les systèmes qui commandent des processus actifs sur rampe avant le décollage doivent être équipé d'un système permettant au P.C. de connaître leur état à chaque instant.

4/Planning prévisionnel

Phase du projet:	se concluant par:
• Définition de l'expérience	la définition d'objectif + la première visite
• Dimensionnement général - expérience - choix du vecteur - étude des points délicats	l'étude de faisabilité + la revue de définition
• Etude détaillée	le dossier de conception + la revue de conception
• Réalisation des sous-ensembles	
• Intégration	
• Etalonnage et mise au point	la visite d'avancement
• Les contrôles	la qualification
• Mise en oeuvre et lancement	le lancement
• Récupération du vecteur et des données de vols	
• Exploitation des données	

Annexe 27: Compte rendu Paris

Compte-rendu Paris

28/01/2017

Personne(s)/organisme(s) présent: Planètes-Sciences Yann Le Bris, Autres membre de projet

Personne(s) absente(s):Mathieu Larue, Emma Pauloz, Jeremy Laurent, Sébastien Brunet

Objet: Revue de projet par Planète-Sciences (RC2)

Lieu: St-Christophers 5, rue de Dunkerque 75010, Paris

Durée: 9h30-18h30

Compte rendu rédigé par: Yann Le Bris

Revue de Conception :

Tuteur Planète Sciences : Alexandre simon

alexandre.simon@planete-sciences.org

Expérience: Tuteur des projet spéciaux

-A déjà réalisé personnellement un projet spécial mais non supersonique.

Points à surveiller :

- Antenne radio dans l'ogive: Le dimensionnement n'est pas le même si elle reste dans l'ogive ou si elle traverse. Il est plus facile de transmettre avec une antenne à l'extérieur mais la tenue mécanique est affaiblie.

-Élasticité du câble parachute : Ne pas prévoir un câble trop rigide (ex:acier) rupture fragile de celui-ci dû au pic de contrainte à la sortis du parachute.

-Trappe parachute : **ATTENTION** le type de trappe choisis fragilise énormément la coque de la fusée. Aucun jeu dans la trappe et les éléments doivent être surdimensionnés surtout en

Supersonique. Gros risque d'arrachement de la trappe à son accélération maximal. Il est conseillé d'adopter une fusée qui se coupe en deux.

-Traceur GPS : **ATTENTION** risque de perte de signal avec les traceurs du commerce. Le signal peut être récupéré plus tard mais il est possible qu'il transmettre des positions aléatoires.

Fin de la réunion avec le tuteur : Prise de différentes données STABTRAJ

Conclusion de Planète-Science: Le projet avance bien, la conception est bien avancée et est considérée comme figé.

Revue Club :

Demande d'un dossier pour le **15 février**. S'il n'y a aucun dossier le projet est **considéré comme abandonnée**.

Plans du dossier :

- Justification de l'expérience et par conséquence du besoin de «passer en trans/super/sonique ».

-Analyse de stabilité du projet lors de la phase

trans/super/sonique.

-Fournir la géométrie de la fusée (Mise en plan général de la fusée) qui doit être figée

Mi-mars pour des raisons de Cross Check de l'analyse précisée ci-dessus par le CNES.

-Les points de retombé balistique pour un lancement à 45° et pour un lancement à 80°(déjà relevé mais à corriger avec les nouvelles valeurs). L'altitude de culmination (un fichier stabtraj correctement renseigné pour l'aspect trajectoire suffisant). Ceci afin de garantir la compatibilité entre le projet et le terrain en assurant la sécurité du personnel opérationnel et du public et des installations avoisinantes.

-La tenue mécanique de votre fusée.(à 1,4 MAC) +Focus sur le dimensionnement des ailerons

-De disposer d'un moyen de localisation post-vol basé sur l'utilisation du signal GPS, comme par exemple un GPS relié à la télémesure ou traceur GPS/GSM activé après le décollage).

Infos pratique

Logiciels de dimensionnement en supersonique :

- Openfoam
- Rocksim
- Starccm (tuto en ligne)

Date Importante: RCE3 4 et 5 juin

C'Space du 15 au 22 juillet à TARBES

Formation télémétrie 18 19 mars (40 euros/personne), peut-être gratuit du à nos faibles moyen.

Projet supersonique :

- Centrale Lyon
- ESTACA space odysée
- LSDS

Achat :

Radio spare ==> jauge

Si le projet éprouve de grande difficulté Planètes Science peut venir sur place gratuitement afin d'aider à l'avancement du projet

Question mail : club-espace@planetescience.org (ne pas contacter le tuteur directement)

Annexe 28: Tableau des tâches (FAIT-EN COURS-NON FAIT)

1	définir les buts de l'expérience				1
1	indiqué les parametre mesurés				1
1	fixer les gammes de mesure et les précisions				1
1	établir les gammes de mesure et les précisions				1
1	établir les fonction de conversion				1
1	évaluer les erreurs de mesure				1
1	définir l'exploitation des résultats				1
1	définir la méthode de décodage				1
1	prévoir les résultats				1
1	prévoir les méthode d'étalonnage				1
1	Etablir les plans de tout les sous ensemble				1
1	Etablir les plans de cablage				1
1	étude de stabilité subsaunique				1
1	étude de stabilité supersonique basique				1
1	Etablir les les plan d'intégration mécanique et électronique				1
1	déterminer les bonnes condition de transmission				1
1	Déterminer la puissance HF				1
1	concevoir une fusée compatible avec la rampe de lancement				1
1	Conception des ailerons				1
1	Conception de l'ogive				1
1	Prévoir les méthodes d'étalonnage				1
1	décodage de la télémétrie				1
1	Conception d'un support pour la fusée				1
1	Conception du corps de la fusée				1
1	Conception du support de carte				1
1	Etude de télémétrie				1
1	Etudier la fleche				1
1	Etudier la tenue en compression				1
1	Etudier la résistance longitudinale des ailerons				1
1	Etudier la resistance transversale des ailerons				1
1	Concevoir un ralentisseur fiable				1
1	respecter le gabarit du terrain				1
1	Etudier l'initialisation				1
1	Etude du système de libération				1
1	Conception du système d'éjection				1
1	achat tube pour les bagues				1
1	achat fibre de verre				1
1	achat resine+durcisseur				1
1	achat émerillon				1
1	achat cable parachute				1
1	achat toile parachute				1
1	achat bague de rétention moteur				1
1	achat toile ailerons				1
1	achat bague de poussée				1
1	achat rivet ø3,2				1
1	achat visserie				1
1	achat cartes électroniques				1
1	achat des jauge de contraintes				1
1	achat des cerveau moteur				1
1	achat goupille de maintien trappe				1
1	achat traceur gps				1
1	conception des test de la fusée				1
1	réalisation du support fusée				1
1	réalisation des ailerons				1
1	réalisation du corps				1
1	réalisation du ralentisseur				1
1	réalisation des cartes				1
1	réalisation du système de maintien du propulseur				1
1	réalisation des bague de centrage				1
1	réalisation du moule ogive				1
1	test de moulage ogive				1
1	réalisation du moulage ogive				1
1	réalisation du moulage ogive haut				1
1	réalisation du moulage ogive bas				1
1	assemblage ogive haut/bas				1
1	reprise de la forme de l'ogive				1

1 pose de la couche de finition ogive				1
1 réalisation bague support carte				1
1 réalisation bague de poussée				1
1 soudage des ailerons sur bague de centrage		1		
1 réalisation tôle support carte				1
1 soudage plaque au centre de la bague support carte				1
1 montage tube ailerons bague avant ailerons		1		
1 montage tube ailerons bague arrière ailerons		1		
1 montage bague arrière ailerons tube retention		1		
1 montage bague de poussée tube parachute		1		
1 montage bague de poussée tube propulsion				1
1 montage ogive au tube expérience (percage rivetage et sellé)				1
1 montage porte carte tube carte (percage filtage vis m4)				1
1 montage porte carte tube parachute (percage rivetage sellé)		1		
1 montage tube propulsion		1		
1 montage support fusée			1	
1 montage carte électronique			1	
1 test des ailerons			1	
1 test des cartes			1	
1 test tube			1	
1 test trappe d'éjection			1	
1 équilibrage			1	
88		10	10	68
		11,36	11,36	77,27
		EN COURS	NON FAIT	FAIT
				100,00