



Fiche Projet - Matriochka

2024-2025



Sommaire

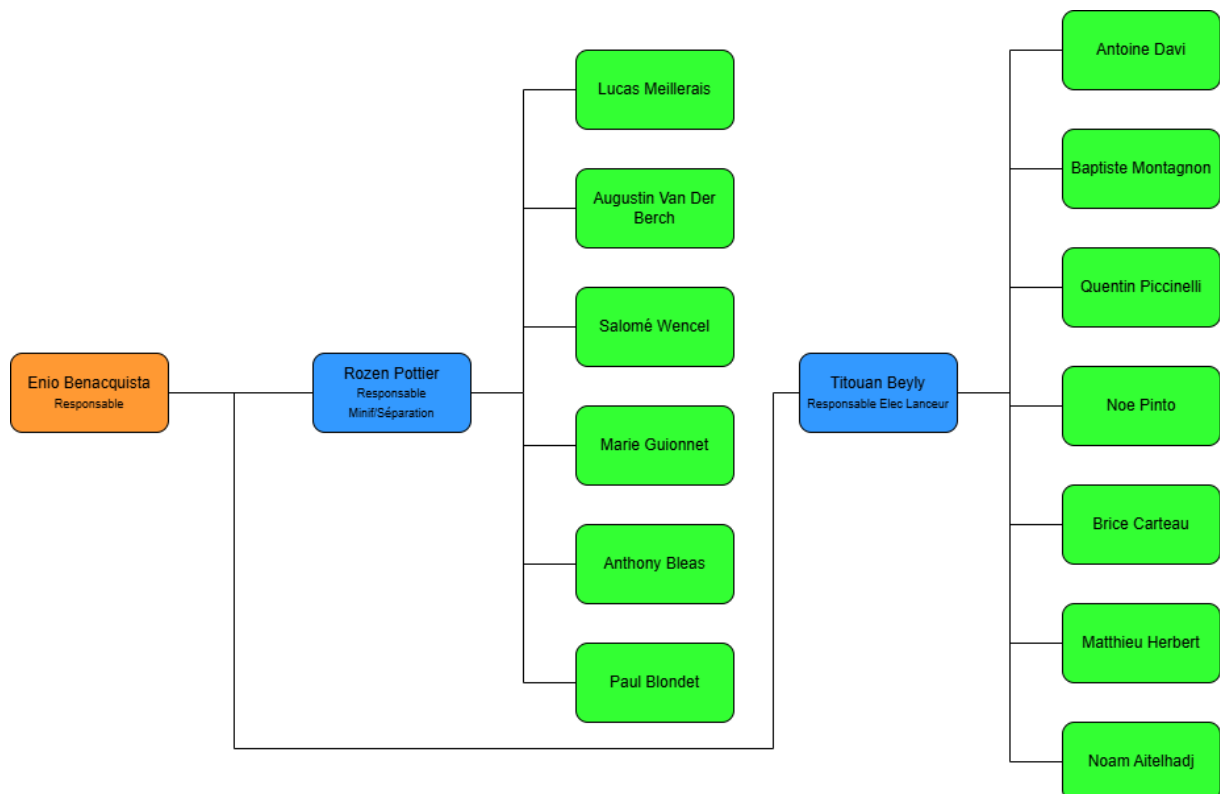
1	Histoire de Matriochka :	3
2	Organisation :	3
3	Exigences	4
4	Caractéristiques :	5
5	Partie haute :	6
5.1	Lancement de Reflex :	6
5.2	Structure :	9
6	Partie Basse :	9
6.1	Structure :	9
6.2	Intéraction Lanceur/Opérateur :	10
6.3	Récupération :	10
7	Remarques et améliorations :	11
8	Annexe :	12
8.1	Etapes de vol :	12
8.2	Plans mécaniques :	13
8.3	Trajecto :	17

1 Histoire de Matriochka :

Le Projet Matriochka est une Fusex bi-étage dont la conception a débuté en 2014 et qui a été lancé lors du C'Space 2017. Le projet a rassemblé au total 18 membres lors de ses 3 années de conception avec comme chef Armelle Frenea-Schmidt, comme responsable partie haute du lanceur Bertrand Bocquet et comme responsables partie basse du lanceur Corentin Miton et Pierre Morin. Cette fusex avait comme objectif principal de réaliser un lanceur réutilisable afin d'offrir le transport de minif à des altitudes élevées pour des clubs qui n'aurait pas la possibilité de le faire.

Notre objectif pour Matriochka est de la relancer tout en y introduisant de nouvelles expériences comme de la télémétrie, une caméra dans la minif afin d'obtenir des images de la séparation et des capteurs de particules finis. Ainsi, on va devoir totalement remplacer l'électronique, refaire une minif nommé Pascal (hommage à un projet parti trop tôt) et réparer les quelques éléments structurels qui ont pu être abimé lors du dernier lancement (ailerons, coiffe...).

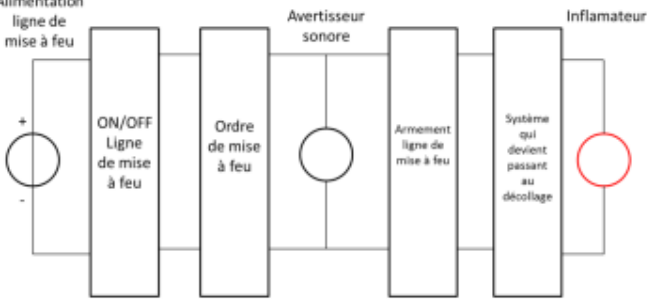
2 Organisation :



3 Exigences

En plus des cahiers des charges habituels pour une Minif et une bi-étages, voici les exigences supplémentaires qui ont été demandés pour le projet :

2. Exigences supplémentaires pour le lanceur Stimulus

Références	Exigences
ST01	Le lanceur Stimulus doit être remis en l'état de vol en moins de 1 mois après un lancement
ST02	Le lanceur Stimulus doit être remis en état de vol pour un coût inférieur à 10% de son coût de fabrication
ST03	Le lanceur Stimulus doit pouvoir emporter des minifusées usuelles
ST04	Le lanceur Stimulus doit pouvoir s'adapter à la minifusée emportée selon les paramètres de masse et de centre de gravité de cette dernière
ST05	Le parachute lanceur doit pouvoir récupérer le lanceur à vide ou le lanceur + la minifusée à une vitesse comprise entre 5 et 15 m/s
ST06	Le lanceur Stimulus doit assurer la mise à feu de la minifusée
ST07	La mise à feu de la minifusée doit être autorisée si et seulement les conditions de sécurité sont réunies (cf. analyse de sûreté de fonctionnement au Chapitre 4)
MAF01	<p>La mise à feu doit être conforme au schéma suivant :</p>  <p>➤ Chaque rectangle empêche le courant de passer sur chaque fil !</p> <p>➤ L'avertisseur sonore permet de détecter tout dysfonctionnement de l'électronique qui autorise l'allumage du deuxième étage</p> <p>➤ L'inflamateur doit pouvoir se raccorder à la ligne de mise à feu avec des gants de pyrotechnicien (éviter les connecteurs à visser)</p>
MAF02	<p>La carte de mise à feu doit permettre de faire passer 4A à l'inflamateur (En attente de confirmation du CNES, s'agira-t-il d'un infla moyenne énergie ?)</p> <p>$R_{int} = 1\Omega$</p> <p>4A pendant 15 à 30 ms pour détoner</p>

	<p>Norme MIL I23659</p> <p>http://www.dassault-aviation.com/fr/espace/produits-pyrotechniques/initiateurs/</p> <p>http://everyspec.com/MIL-SPECS/MIL-SPECS-MIL-DTL/MIL-DTL-23659E_8994/</p> <p>Information donnée le 09/05/2017 grâce à Bertrand Bocquet (Stagiaire au CNES Daumesnil et membre de l'équipe Matriochka) par l'intermédiaire de Bourenane Kherrmane (Pla Sci) – Information communiquée 3 ans après le début du projet</p>
MAF03	La carte de mise à feu doit comporter un shunt pyro qui court-circuite l'inflamateur
MAF04	La carte de mise à feu doit comporter un interrupteur pyro qui coupe à la fois la ligne d'alimentation du circuit de mise à feu et la masse
MAF05	L'alimentation du circuit de mise à feu doit être indépendante du reste de la carte

4. Exigences supplémentaires pour la minifusée Reflex

Références	Exigences
RX01	La minifusée Reflex doit s'insérer dans le tube lanceur de 140 mm de diamètre interne
RX02	La minifusée Reflex doit pouvoir survivre à l'ambiance générée par le Pro 54 du lanceur
RX03	L'état de la minifusée Reflex doit être connu durant les opérations en rampe
RX04	Les axes longitudinaux de Reflex et du lanceur doivent être confondus lors du largage de Reflex

4 Caractéristiques :

Caractéristiques :

Longueur totale du lanceur	3.10 m
Diamètre de référence du lanceur	140 mm
Longueur totale de Reflex	1.06 m
Diamètre de référence de Reflex	65 mm
Masse totale lanceur + Reflex (propus plein)	13.9 kg
Masse lanceur	10.6 kg
Masse Reflex	2.5 kg



Figure 7 Etage Charge Utile

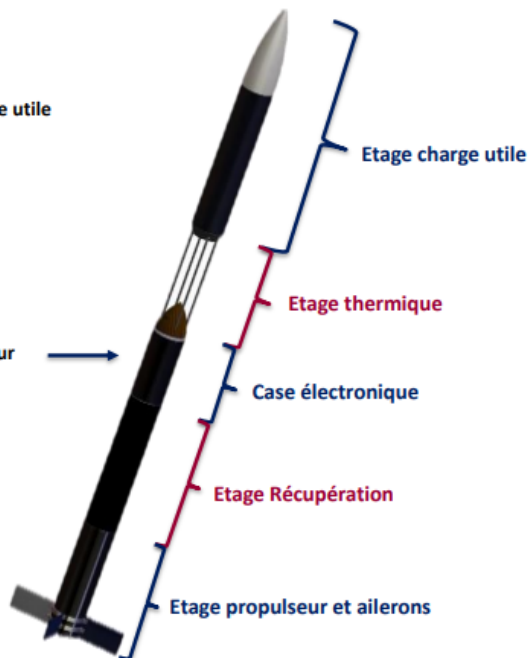
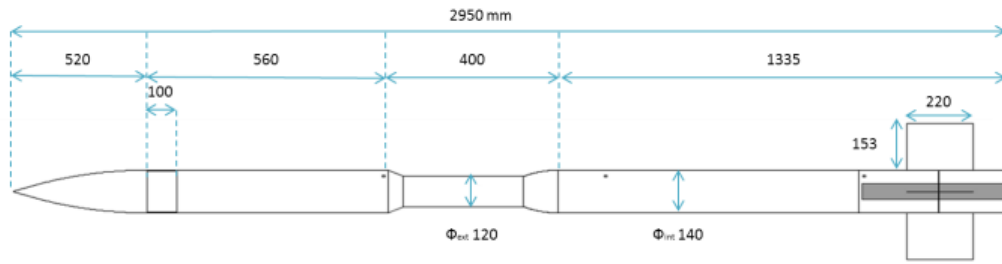
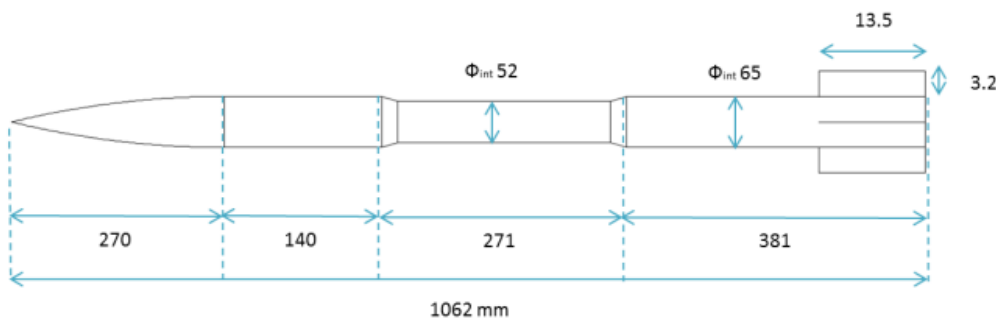


Figure 8: Architecture générale lanceur

Dimensions générales du lanceur STIMULUS :



Dimensions générales de la minifusée REFLEX :



Pour le 2ème étage de matriochka (la partie basse), le moteur qui a été utilisés est un Pro54 alors que pour Reflex (la Minif) c'est un Cariacou qui fut utilisés.

5 Partie haute :

A titre d'indication, la masse de Reflex était de 2,5 kg.

5.1 Lancement de Reflex :

Reflex est soutenu dans le tube supérieur sur une bague de poussée et au moment de l'éjection, l'ogive s'ouvre en 2 temps : une première phase de translation où les 2 pièces d'ogive du lanceur sont poussées via le contact de Reflex puis une phase de séparation des deux pièces d'ogive sous l'action de 2 ressorts. Reflex était guidé, pour la séparation, par un rail sur toute la longueur de la partie haute de Matriochka. Ainsi, pour notre Minif, il est indispensable d'y équiper des patins de type Minif ou Rocketry. De plus, lors du précédent lancement, les câbles permettant de récupérer les demi-ogives ont cédés, il faudra donc revoir le système utilisé. Afin de réduire les infiltrations d'air dans l'ogive et de réduire les

risques d'ouvertures, ils ont utilisé un Bismarck qui est une pâte recouvrant le bout des deux demi-ogives. De plus, les deux demi-ogives ont été dimensionné afin que l'une recouvre l'autre.



Figure 9 Ouverture Ogive

Pour le choix de la séparation qui a été fait est celle de la séparation chaude (moins de risques qu'une froide), c'est à dire qu'on se sert de la poussée du moteur comme moyen de séparation. Ainsi, il est nécessaire d'avoir un lanceur avec une architecture ouverte afin de permettre l'écoulement des gaz chaud. Il a été décidé que l'ordre de mise à feu soit envoyé à la fin de la poussée ($H0+3,6s$) et seulement si le 1er allumage est fini et si le lanceur est à une bonne altitude en phase ascendante.

Différentes étapes de la séparation :

- 1- Réception de l'ordre de mise à feu
- 2- Allumage Cariatou
- 3- Translation de Reflex le long du rail de l'étage charge utile
- 4- Déboîtement de l'ogive
- 5- Ouverture de l'ogive et éloignement des deux demi-ogives grâce à deux ressorts
- 6- Sortie de Reflex

Afin de vérifier l'altitude, ils ont plutôt choisi de regarder l'inclinaison de la Fusex grâce à un cône définit de cette manière :



Ils ont ensuite calculé l'inclinaison grâce à cette formule :

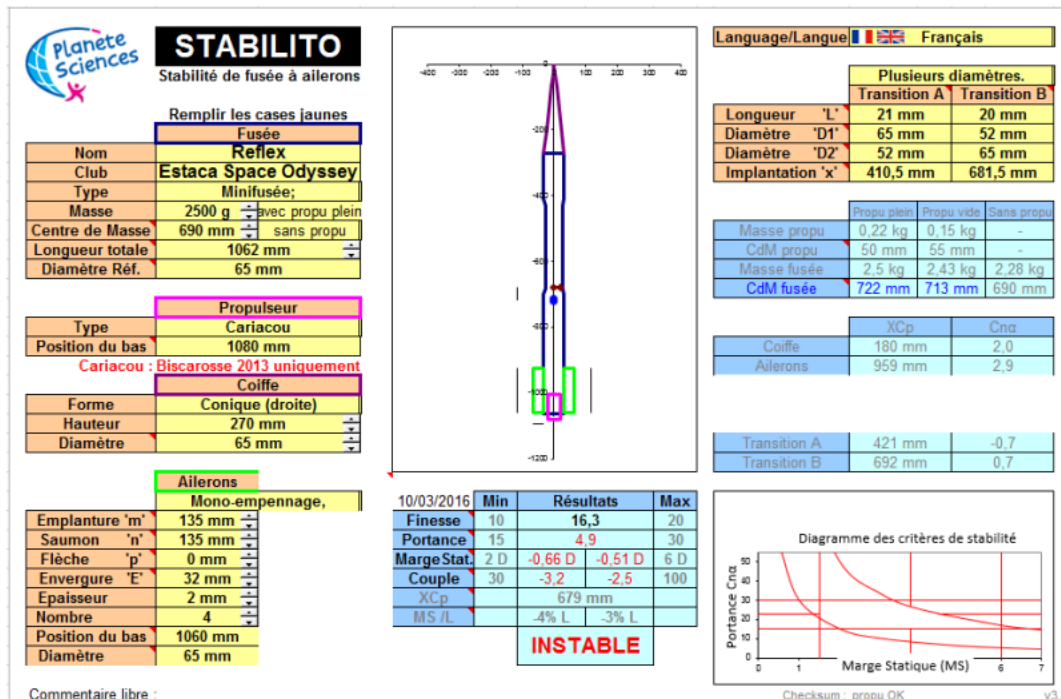
$$\text{inclinaison} = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)^2 + \psi^2}$$

Avec θ = tangage, ψ = lacet

Interface Reflex/Lanceur :

INTERFACE	SOLUTION	
Carte de MEO Reflex	Percées dans la peau du lanceur pour visualiser les DELS, régler le capteur optique et accéder à l'interrupteur ON/OFF	Mise en place d'étiquette à l'extérieur du lanceur pour faciliter la lecture
Prise Jack Reflex	La prise jack male est nouée à une ficelle (rouge) , elle-même accrochée au lanceur via un écrou papillon	
Rétention Reflex	Réalisée via une ficelle (blanche) passant au-dessus des ailerons de Reflex, le pyrotechnicien peut donc tirer cette ficelle pour maintenir Reflex pendant l'insertion du Cariatou – Cette dernière est cependant à retirer (cf. chronologie de vol)	
Rétention Cariatou	Réalisée par un fil de fer aisé à manipuler et à tordre autour de la tuyère	
Etage Cariatou	Le but est de faciliter les manipulations du pyrotechnicien et dans cette configuration cela est aisé puisque le pyrotechnicien peut accéder à cet étage lors des opérations en rampe	

5.2 Structure :



Impossibilité de modéliser la partie annulaire sur stabtraj, ainsi, voici la méthode qui avait été utilisé :

“A l’aide de Stabtraj, on évalue que l’ajout d’un millimètre d’envergure entre 35 et 36mm (soit l’envergure de l’empennage classique) permet un gain de gradient de portance de 0.1/rad. On peut donc estimer que les ailerons annulaires apportent un gain de 14.6rad, soit un gradient de portance total (empennage classique + empennage annulaire) de 20/rad par aileron.”

Mais afin de combler cette “faiblesse” de modélisation, ils ont dû faire de la test ficelle. Test ayant été concluant lors du C’Space 2016 et ils ont pu même obtenir qu’il fût concluant pour un centre de masse compris entre 475 et 740mm.

6 Partie Basse :

A titre d’indication, la masse de Matriochka sans Reflex était de 10,652 kg

6.1 Structure :

Les ailerons devront répondre aux critères suivants :

- Garantir la stabilité aérodynamique de la fusée

- Résister aux contrôles pré vol MEC4 et MEC5 (cahier des charges fusex v2.2)
- Être facilement démontables
- Être facilement réglables en hauteur
- Être aussi légers que possible

Ailerons	
Mono-empennage,	
Emplanture 'm'	220 mm
Saumon 'n'	220 mm
Flèche 'p'	0 mm
Envergure 'E'	170 mm
Epaisseur	3 mm
Nombre	4
Position du bas	2845 mm

01/06/2016	Min	Résultats		Max
Finesse	10	21,1		35
Portance	15	15,5		40
Marge Stat.	2 D	4,65 D	5,25 D	6 D
Couple	40	71,9	81,1	100
XCp		2365 mm		
MS /L		22% L	25% L	
STABLE				

6.2 Interaction

Lanceur/Opérateur

6.3.1. Carte de Mise en œuvre du lanceur



a carte de mise en œuvre se compose de deux parties :

- la première ligne correspond à la carte de mise à feu comprenant :
 - 1 **interrupteur à bascule** pour la mise sous tension de la carte de la carte de Mise à Feu (MAF) et de l'Arduino
 - 1 **interrupteur à bascule** pour l'armement de la carte de mise à feu
 - 1 **DEL VERTE** correspondant à la mise sous tension de la carte de MAF
 - 1 **DEL VERTE** correspondant à la mise sous tension de l'Arduino
 - 1 **DEL BLEU** correspondant à l'état du Jack de la carte de MAF
 - 1 **DEL ROUGE** correspondant à la fenêtre temporelle
 - 1 **DEL ROUGE** correspondant à la détection de fin de poussée du Pro 54
 - 1 **DEL BLANCHE** correspondant à l'état de la centrale inertielle (lorsque la DEL est allumée cela signifie que l'attitude du lanceur est ok pour permettre l'allumage du second étage)
 - 1 **DEL JAUNE** correspondant au contacteur de porte (l'état allumé signifie que la porte est fermée)
 - 1 **Buzzer** indiquant le déclenchement de la séquence de mise à feu
- La seconde ligne correspond à la carte de récupération :
 - 1 **interrupteur à bascule** pour la mise sous tension de la carte
 - 1 **DEL VERTE** correspondant à la mise sous tension de la carte
 - 1 **DEL BLEU** correspondant à l'état du Jack

6.3 Récupération :

La sortie du parachute se fait par une trappe latérale grâce à une ventouse électromagnétique et un ressort.



Ventouse / Ressort

Case Parachute

Figure 13 Case Parachute

Le parachute doit garantir la récupération soit du lanceur seul soit du lanceur et de sa charge utile non éjectée.

7 Remarques et améliorations :

Amélioration proposée à la suite du lancement au C'Space :

- La tenue des ressorts d'ogive, ces derniers ont été éjectés lors du passage de Reflex, la fixation serait donc à refaire avec plus de solidité
- Les deux demi-ogives ont également été éjectées durant le vol or elles étaient censées rester accrochées sur le lanceur, les fils de nylon pourtant dimensionnés ont malheureusement cédé en dynamique, ce système serait donc à solidifier
- Il serait bon d'ajouter une centrale inertielle dans Reflex
- Ajouter une caméra pour mieux voir l'éjection de l'ogive voir de Reflex

Choses à réparer/changer pour un 2ème vol :

- Réparer le carbone sur 15mm au bas de la case de la porte parachute Lanceur
- Recommander un ressort
- Refaire deux supports pour les ressorts des demi-ogives
- Envisager un nouveau système pour la rétention des ogives et du cariacou de la minifusée

- Rédiger un cahier des charges très léger pour la minifusée en tant que charge utile

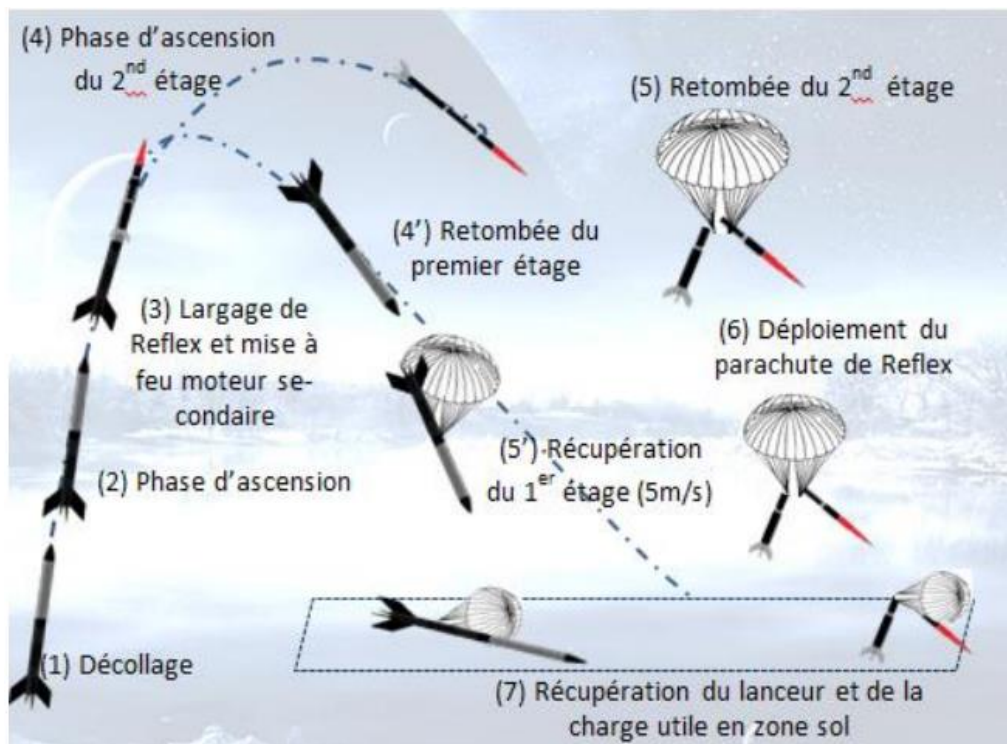
8 Tâches à effectuer :

Pour ces 2 années, les tâches à effectuer sont :

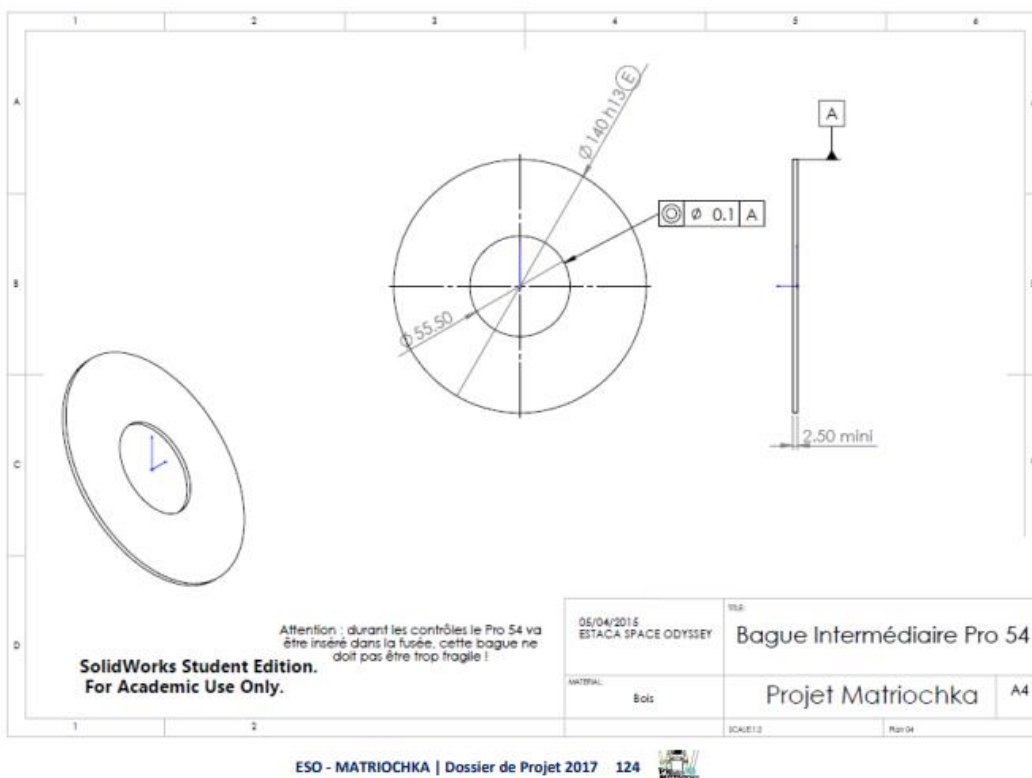
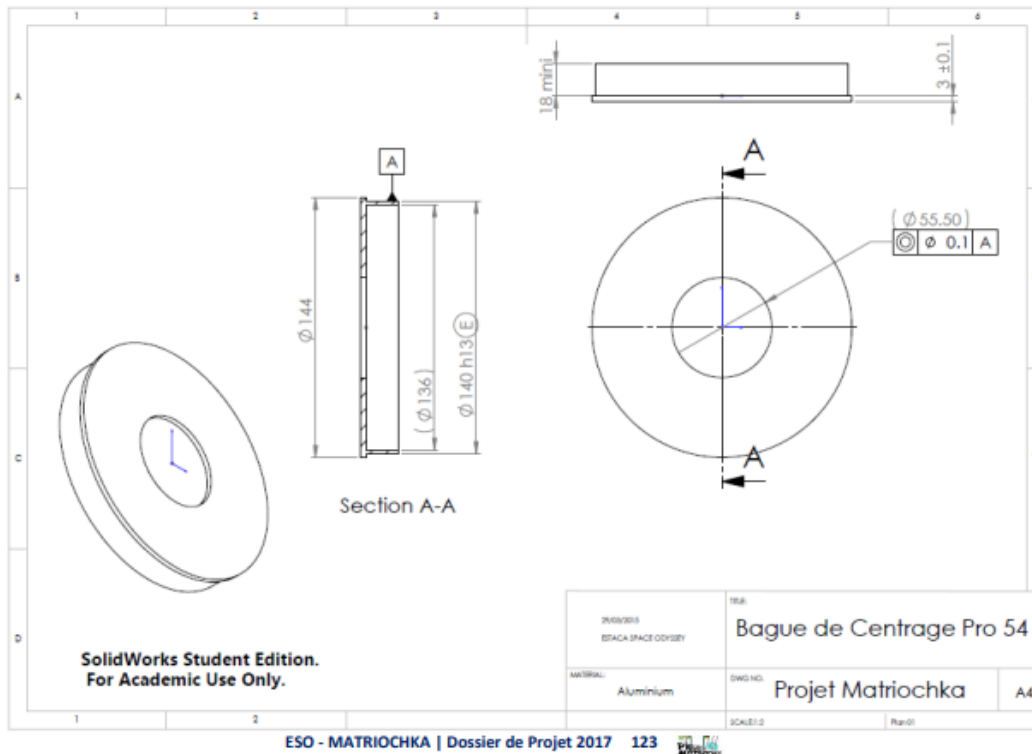
- Conception d'une nouvelle Minif
- Refonte de tout l'électronique du lanceur
- Intégration d'un relais télémétrique dans la Minif et le lanceur
- Intégration d'une caméra dans l'ogive de la Minif
- Intégration d'une expérience de capteur de particules fines dans le lanceur
- Refonte de la grande ogive du lanceur
- Refonte du parachute du lanceur
- Intégration d'une centrale inertielle dans le lanceur

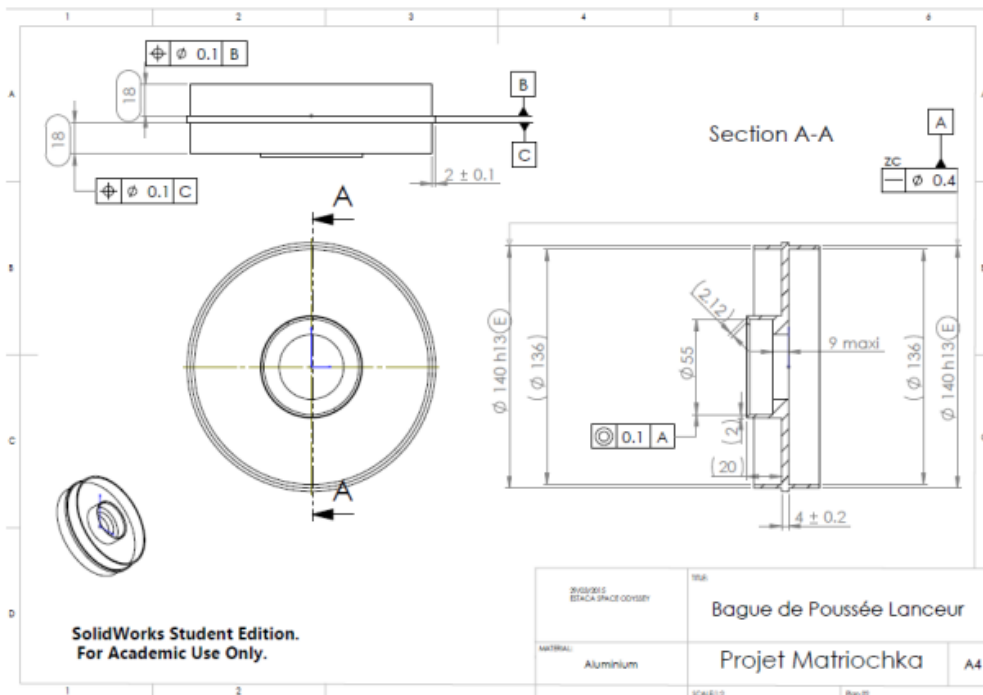
9 Annexe :

9.1 Etapes de vol :

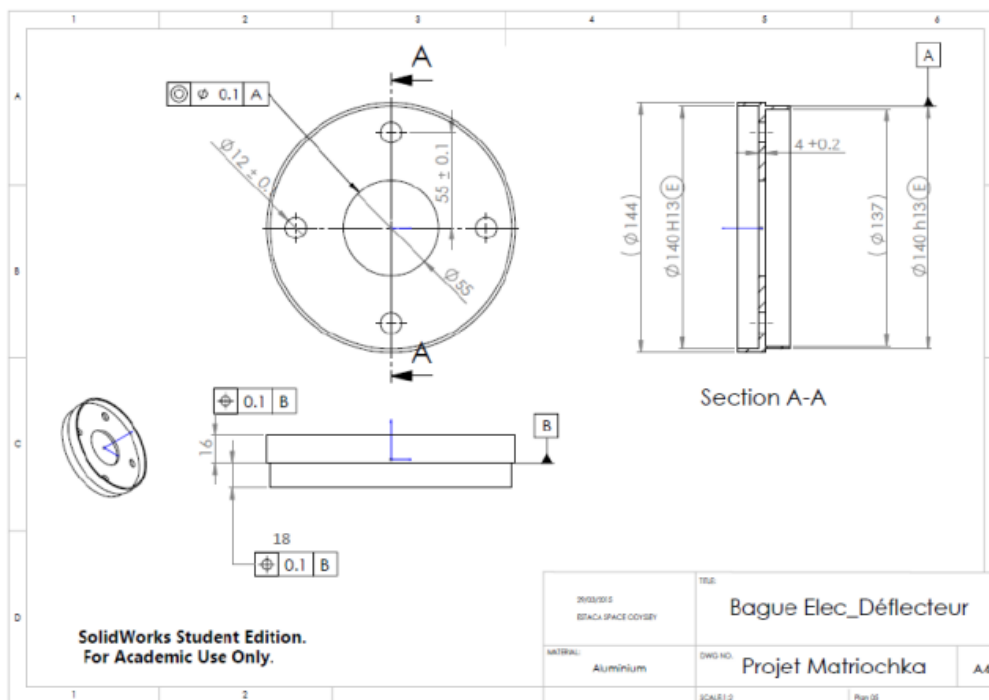


9.2 Plans mécaniques :



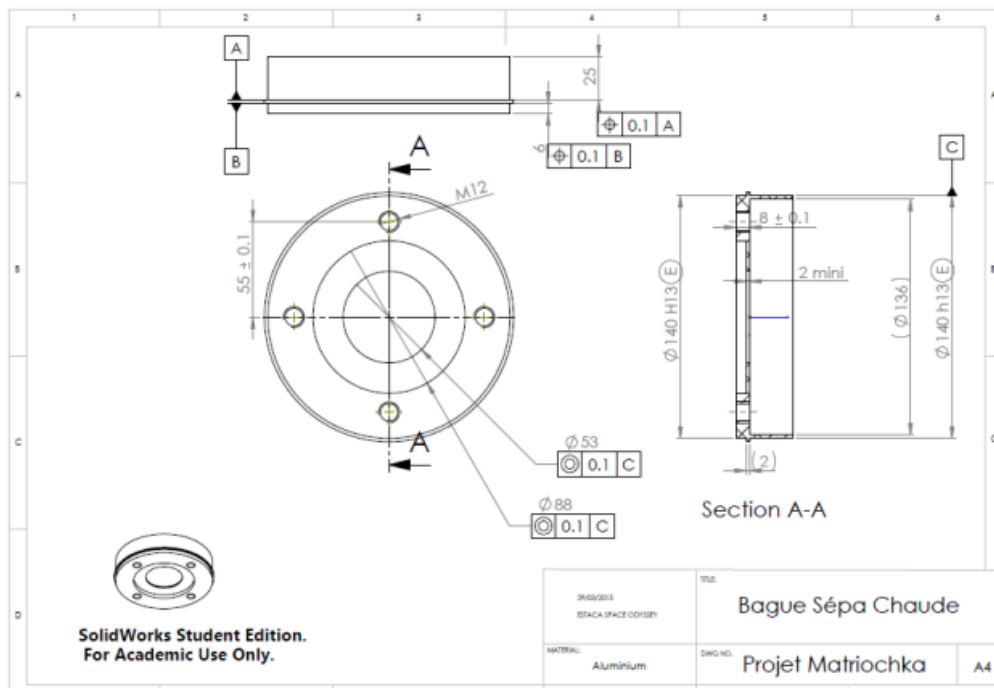


ESO - MATRIOCHKA | Dossier de Projet 2017 125

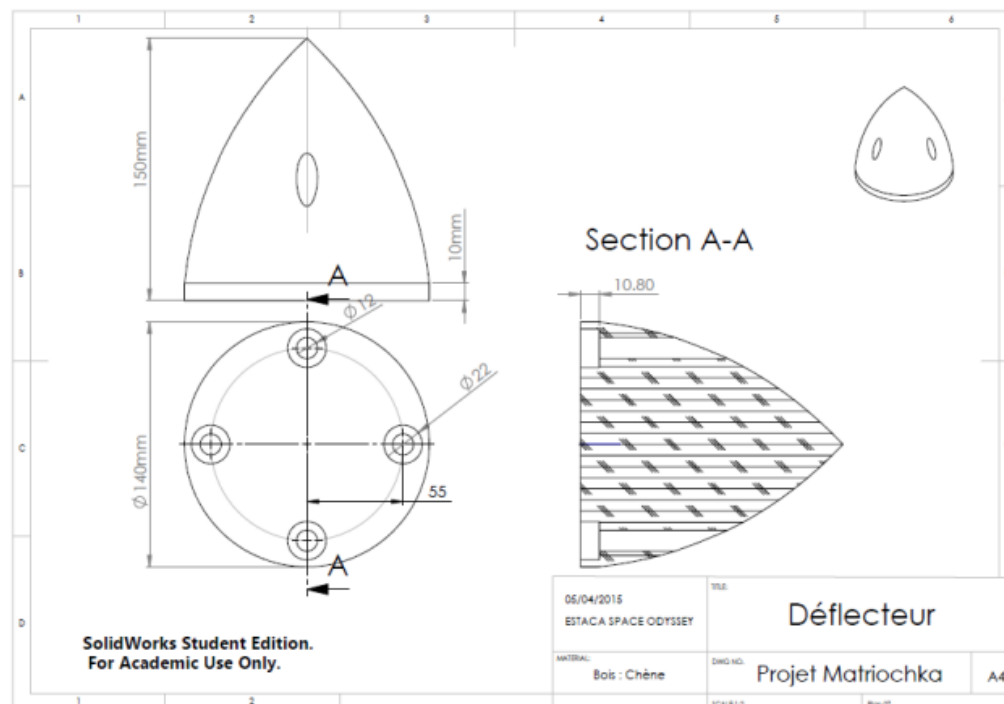


ESO - MATRIOCHKA | Dossier de Projet 2017 126

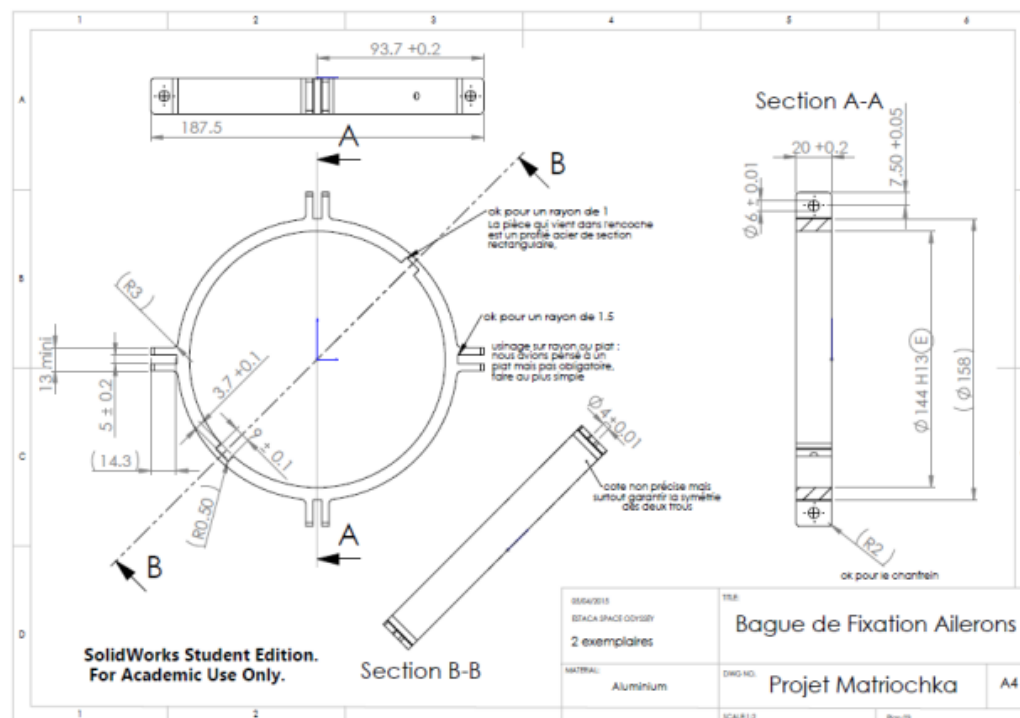
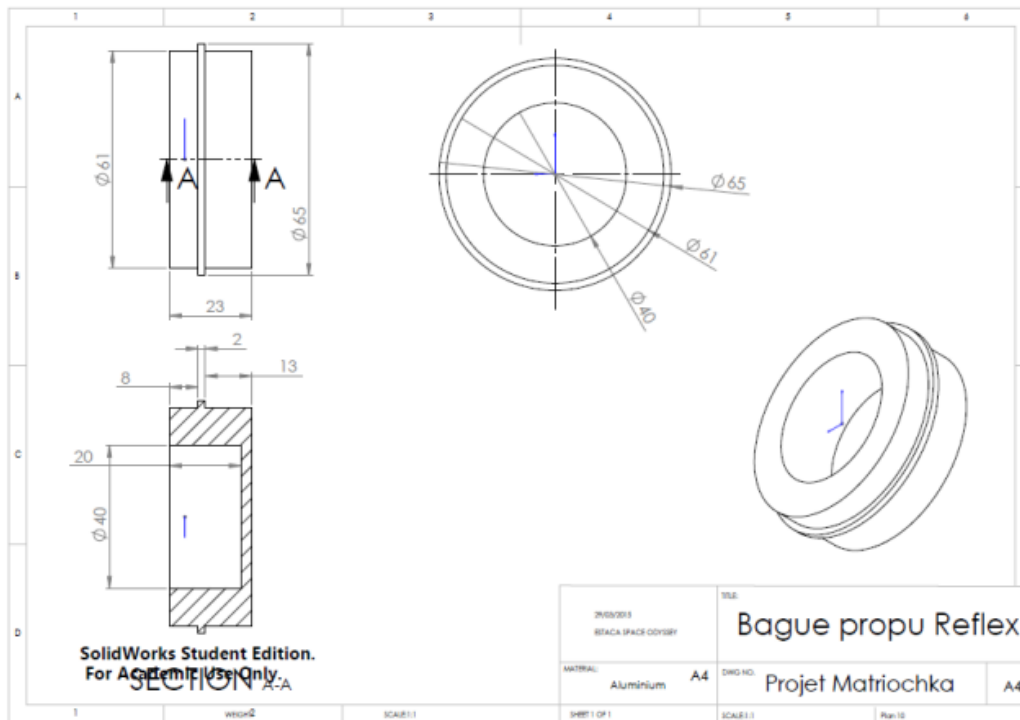


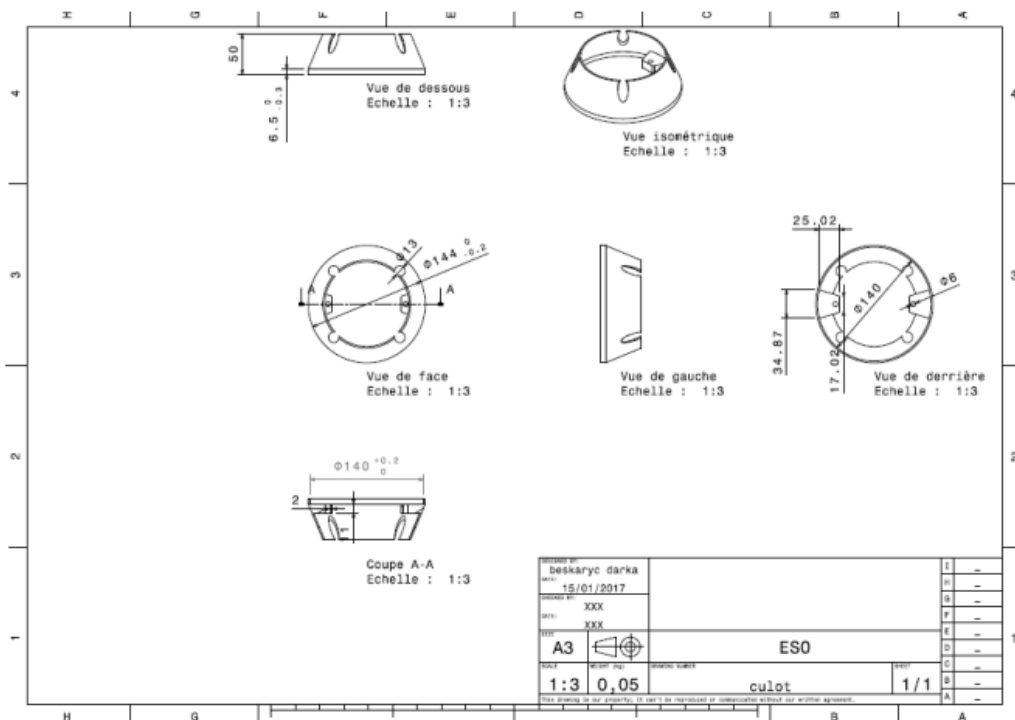


ESO - MATRIOCHKA | Dossier de Projet 2017 127



ESO - MATRIOCHKA | Dossier de Projet 2017 128





9.3 Trajecto :

Annexe 4 : Stab / Traj



Remplir les cases jaunes	
Nom	Lanceur Matriochka
Club	ESO
Masse totale	13.685 kg
Propulseur	Barasinga (Pro54-5G)

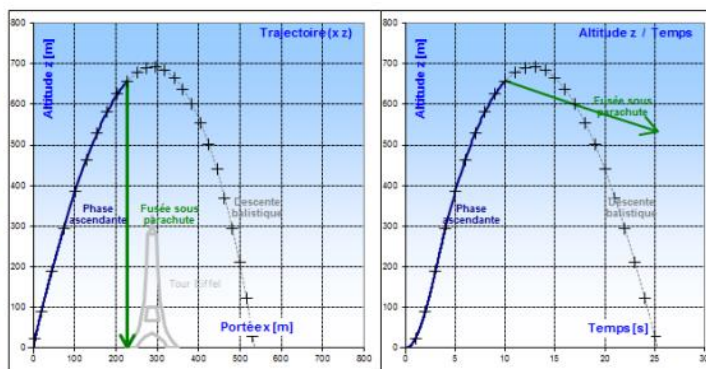
Trainée Aérodynamique	
Surface Réf.	0.018806 m²
Cx	0.6

Rampe de Lancement	
Longueur	5 m
Élévation	80 °
Altitude	0 m

Descente Sous Parachute	
Fusée	0 satellite
Masse	12.652 kg
Ouverture para	10 s
Surface para	3.14 m²
Cx parachute	1
Vitesse du vent	5 m/s
Vitesse descente	8.0 m/s
Durée descente	82 s

Calcul de la surface d'un parachute

Longueur du bord	269 mm
Largeur du coté	2850 mm
Surface para	3.14 m²



28/12/2014					
	Temps	Altitude z	Portée x	Vitesse	Accélération
Sortie de Rampe				22.3 m/s	
Vit max & Acc max				113 m/s	56 m/s²
Culmination, Apogée	12.6 s	692 m	287 m	23 m/s	
Ouverture parachute fusée	10.0 s	657 m	227 m	35 m/s	
Impact balistique	25.3 s		536 m		

Pour localiser la fusée

Résultats détaillés	Temps	Altitude z	Portée x	Vitesse	Accélération	Angle
	s	m	m	m/s	m/s²	°
Décollage	0	0	0	0	-	80
Sortie de Rampe	0.45	4.72	0.83	22.3	50.1	80.0
Vit max & Acc max	-	-	-	113	55.6	-
Fin de Propulsion	3.6	253	62	110	16.1	74.4
Culmination, Apogée	12.6	692	287	23	9.8	1.1
Impact balistique	25.3	~0	536	99	4.7	-81.2
Ouverture parachute fusée	10.0	657	227	35	10.3	48.5
Impact fusée sous para.	92	~0	-182 636	8	9.8	-