



Projet FX39 Apollon et Diane

Da Col Amandine - Pons Nicolas - Tessier Loïc - Tzeou Alexandre
Magnante Enzo - Bousquet Florian - David Raphaël - Brun Romain
Lloret Théo - Fuchs Yvan - Lizée Paul

2018

Mai



Sommaire

I	Définition de la mission	1
II	Définition de l'expérience	1
III	Architecture générale	1
1	Expérience	1
1.1	Description de l'expérience	1
1.2	But de l'expérience	2
2	Scénario de vol nominal	2
3	Étude des points délicats	4
3.1	Compatibilité rampe (CR)	4
3.2	Système de récupération (REC)	4
3.3	Séparation inter-étage (SEP)	4
3.4	Contraintes mécaniques (MEC)	4
3.5	Moyen de sécurité (SECU)	5
4	Choix technologiques	5
4.1	Système d'ouverture des aérofreins de l'étage 1	5
4.2	Liaison inter-étages	6
4.2.1	Solution de guidage	9
4.2.2	Maintient en position (MeP)	9
4.3	Découpage de la peau	10
5	Étude des retours d'expérience	10
5.1	Séparation	10
IV	Étude détaillée	11
6	Structure mécanique	11
6.1	Description globale	11
6.2	Compression	11
6.3	Flexion	12
6.3.1	Flèche de l'étage 1	12
6.3.2	Flèche de l'étage 2	12
6.3.3	Flèche totale	12
6.4	Torsion	12
6.5	Efforts systèmes	12
7	Structure électrique et électronique	13
7.1	Le séquenceur	13
7.2	La carte principale	13
7.3	Capteur de pression	14
7.4	La platine inertielle	14
7.5	Les caméras embarquées	14

7.6	L'interface de contrôle	14
7.7	Antenne télémétrique	15
7.8	Asservissement des vérins en position	15

V	Annexe	15
----------	---------------	-----------

Part I

Définition de la mission

La mission de la fusée "Apollon et Diane" est d'embarquer des aérofreins qui s'ouvriront lors de la séparation des deux étages de la fusée, permettant une séparation nette et propre, évitant ainsi tout endommagement de l'étage 1 lors de l'allumage du moteur de l'étage 2.

Part II

Définition de l'expérience

L'expérience consiste en une étude des aérofreins, notamment leur utilisation au moment de la séparation des deux étages. Ils doivent permettre un éloignement rapide des deux étages en étant déployés à l'étage 1 peu de temps après la séparation, avant le lancement du moteur de l'étage 2.

Aucun contrôle ne sera fait directement par l'équipe sur la fusée, seul l'ordinateur de bord gèrera l'ouverture des aérofreins asservis pour s'ouvrir quasiment simultanément lors de l'initialisation de la séquence de séparation.

Part III

Architecture générale

1 Expérience

Une fusée expérimentale étant un vecteur contenant une expérience, FX39 embarquera des capteurs pour recueillir des informations relatives à une expérience de vol. L'expérience en question sera l'embarquement d'aérofreins. Pendant la phase d'ascension, les aérofreins seront déclenchés pour assurer la séparation nette entre les deux étages de FX39.

1.1 Description de l'expérience

Dans un premier temps, nous allons nous intéresser aux différentes variations de vitesse pendant les quatre phases de vols. Mais surtout de l'impact de la haute vitesse sur nos aérofreins et notre structure interne et en déterminer les efforts réels

ainsi que l'influence des déformations de la structure sur le plan de vol et les différents équipements embarqués.

1.2 But de l'expérience

Notre objectif est de trouver une solution permettant de diminuer au maximum la perte d'énergie lors de la séparation des deux étages, permettant ainsi à de nouveaux lanceurs équipés de ce type de freins d'embarquer moins de masse de carburant (l'accélération lors de l'allumage du second moteur ayant besoin d'être moins forte et/ou moins longue).

Pour le lancement de FX39 en 2019, nous espérons recueillir assez de données pour étudier le comportement aérodynamique des différents vols et créer un modèle aérodynamique et mécanique permettant éventuellement un asservissement plus poussé du système de freinage afin de ramener la fusée, et ainsi entrevoir un monde de ré-utilisabilité.

2 Scénario de vol nominal

Le diagramme de Gantt suivant montre la chronologie prévue pour le vol nominal de FX39.

3 Étude des points délicats

3.1 Compatibilité rampe (CR)

Nous nous assurerons que FX39 soit complètement compatible avec la rampe TOUTATIS, que ce soit en longueur, en envergure, nombre d'ailerons et en masse : $2000mm$ de longueur, $150mm$ de diamètre pour l'étage 1 et $100mm$ de diamètre pour l'étage 2 (suggestion de Planète Science pour la stabilité de la fusée), $210mm$ d'envergure (ailerons) pour l'étage 1 et $130mm$ pour l'étage 2, 8 ailerons (4 sur l'étage 1 et 4 sur l'étage 2), masse maximale de $17.508kg$.

3.2 Système de récupération (REC)

Les parachutes de l'étage 1 seront classiquement déployés de la partie supérieure alors que celui de l'étage 2 sera déployé de la surface latérale.

De par cette utilisation non conventionnelle du parachute lors du vol de FX39, une attention particulière sera apportée à son positionnement, son pliage garantissant un déploiement correct lors de l'ouverture de la trappe.

3.3 Séparation inter-étage (SEP)

Le découplage de la fusée suivant l'extinction du moteur de l'étage 1 débutera par le désarmement du verrouillage mécanique liant les deux étages avant le découplage proprement dit provoqué par le déploiement des aérofreins de l'étage 1. La séparation sera confirmée par la perte d'un signal issu d'un capteur mécanique. La mise à feu de l'étage 2 n'interviendra qu'après confirmation de séparation, suivie d'une temporisation ($0.5s < t < 1s$) permettant à l'étage 1 de s'éloigner d'une distance correcte garantissant son intégrité durant la mise à feu de l'étage 2.

La synchronisation des deux séquenceurs sera assurée par un lien physique, contact qui sera rompu de force lors du découplage. Ceci assure une parfaite synchronisation des horloges jusqu'à séparation par un lien fiable.

3.4 Contraintes mécaniques (MEC)

FX39 sera soumise à des contraintes mécaniques sévères durant les phases de mise à feu et freinage. Nous nous assurerons donc que FX39 résiste aux contraintes spécifiées dans le cahier des charges (cf. IV.6 Structure mécanique).

3.5 Moyen de sécurité (SECU)

Le plafond de vol de FX39 sera estimé à partir de simulations analytiques puis numériques, pour s'assurer de son non dépassement du plafond autorisé. Cela sera en plus assuré par le déploiement des aérofreins le cas échéant.

La vitesse en vol sera mesurée en temps réel. Si la vitesse dépasse Mach 1 ou s'en approche trop (\simeq Mach 0.9), l'ordinateur de bord avortera la mission et ouvrira les aérofreins pour contrer l'accélération de FX39 et éviter de dépasser le gabarit.

FX39 ne transportera ni produit dangereux (en dehors des propulseurs fournis par le CNES), ni animaux sous quelque états.

4 Choix technologiques

Les systèmes à définir doivent dans un premier temps répondre aux besoins suivants : rigidité de la fusée (cf. IV.6 Structure mécanique), forme des aérofreins, système d'ouverture des aérofreins de l'étage 1, système de couplage/découplage des étages 1 et 2.

4.1 Système d'ouverture des aérofreins de l'étage 1

Lors de l'ouverture des aérofreins de cet étage, juste après la séparation inter-étage, l'étage 1 de FX39 aura une vitesse de plus de $200m.s^{-1}$, les aérofreins devront donc contrer des efforts de près de $720N$. La suite de cette section développe la solution utilisée pour ouvrir ces aérofreins. Il est à noter que d'autres solutions ont été envisagées mais abandonnées par manque de moyens financiers ou de possibilité de prévoir le comportement du système.

Système "bras de levier" (BL) : solution relativement complexe à mettre en œuvre, modélisation mathématique possible (voir ci-après).

Le principe du système BL repose sur l'action d'un vérin contrôlant un aérofrein. L'étude cinématique montre que tous les paramètres (β , α , θ) ne dépendent que de l'allongement λ du vérin. De ce fait, on pourra asservir l'ouverture de l'aérofrein par le contrôle d'un seul vérin.

Les constantes c et d ont été calculées de sorte à ce qu'on puisse mettre les quatre aérofreins sur la même hauteur du fuselage. La force de freinage des aérofreins a été estimée pour une vitesse maximale de $200m.s^{-1}$, on en a déduit la force maximale que le vérin devra supporter (F_v). L'intervalle de valeurs λ a été estimé à partir de vérins classiques. L'angle d'ouverture a été considéré entre 0 et $90degrees$ afin

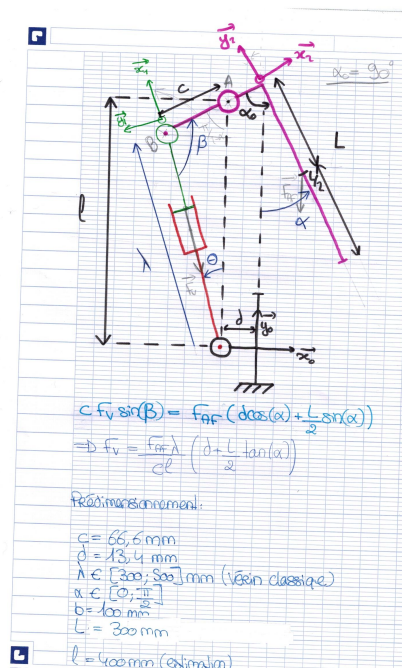


Figure 1: Schéma cinématique technologique BL

d'obtenir les efforts maximaux et de faire une étude en se mettant toujours dans le cas le plus défavorable. Tout cette étude permettra de choisir le modèle de vérin adapté dans le cas où nous choisirions cette solution.

Pour et contre : la solution est la moins chère que nous ayons trouvé (prix du BL : $\simeq 400 \text{ €}$) car elle ne demande qu'un seul vérin par aérofrein, cependant le désavantage réside dans le fait que le vérin doit tirer pour ouvrir l'aérofrein. Le mettre au-dessus aurait rehaussé le centre de masse, que l'on souhaite plus bas que les aérofreins afin d'assurer la stabilité. De plus, cela aurait encombré l'intérieur de FX39. Il faudra aussi penser à l'espace au-dessus de l'aérofrein qui doit être facilement déformable ou bien vide afin d'autoriser l'ouverture.

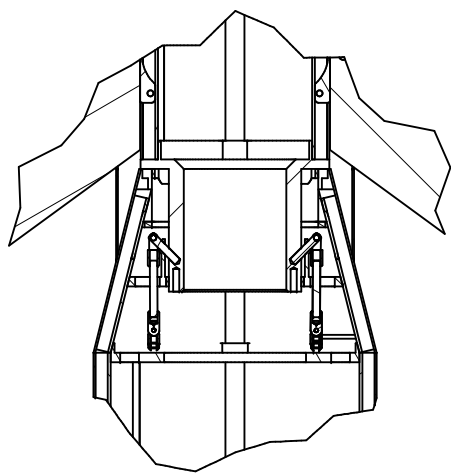
4.2 Liaison inter-étages

La partie technologiquement critique d'une fusée expérimentale bi-étage active est la liaison entre les deux étages. En effet, cette zone de la fusée doit permettre un guidage suffisant pour éviter un décalage angulaire par rapport à la trajectoire lors de la séparation et maintenir une liaison rigide au milieu de la fusée pour éviter une flèche beaucoup trop importante à la flexion.

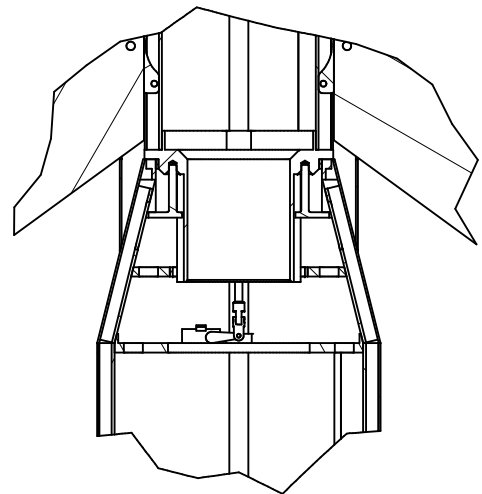
De plus, celle-ci devra intégrer un moyen de maintenir l'ensemble fusée pendant les différentes phases communes, comme la mise en rampe ou la poussée du premier

moteur. Nous nous pencherons sur une solution de guidage simple avant de nous intéresser au système de maintien que nous mettrons en œuvre.

Ci-après, le plan de la liaison (à l'échelle 1:2):



B (1 : 2)



D (1 : 2)

Conçu par Equipe Fusex	Vérifié par	Approuvé par	Date	Date 13/05/2018
Apollon&Diane		Détail Séparation		
		Detail Separation	Modification	Feuille 1 / 1

4.2.1 Solution de guidage

Pour réaliser une liaison facilement usinable, qui propose une mise en position rapide et une longueur de guidage suffisante, nous avons opté pour une liaison appui plan avec centrage court pour la mise en position. Nous ajouterons également six doigts de placement pour le positionnement angulaire, ainsi que pour le guidage lors du découplage des deux étages.

Les différents moyens de positionnement assurent chacun un rôle précis :

- Le centrage court pour la co-axialité entre les deux étages
- L'appui plan pour la continuité de la peau extérieure
- Les doigts pour plusieurs soucis d'encombrement et d'intégrité des équipements inter-étage

4.2.2 Maintient en position (MeP)

Avant d'entamer la liaison proprement dite, nous ajouterons dans le système, comme dans la plupart des fusées bi-étage, des petits ressorts métalliques pour assurer une légère poussée supplémentaire afin d'amorcer un léger mouvement.

Puisque ces ressorts poussent sur la structure et, lors des différents mouvements de FX39 avant et après la mise en compression de l'ensemble par le moteur de l'étage 1, peuvent provoquer une séparation prématurée, nous intégrerons un système de maintien en position, radial, afin d'éviter cette séparation prématurée.

Maintient en position radial : Le MeP radial utilise trois ou quatre goupilles à l'interface entre les deux étages pour faire obstacle aux mouvements possibles. Ces organes travailleront essentiellement en cisaillement, d'où l'utilisation de goupilles.

L'activation se fera par le mouvement des goupilles induit par un ou plusieurs servomoteurs. Ce mouvement de translation sera grandement freiné par les frottements matière-matière, à cause de la pression exercée par les ressorts. Pour palier à cela, un ajout d'une bague lisse en laiton ou bronze permettra un passage plus en douceur. Par contre, la longueur à déplacer peut engendrer un délai d'activation non négligeable.

Pour cette solution, un manque de redondance dans les systèmes pourrait entraîner un manque de fiabilité pendant le vol nominal. Nous devons nous assurer, par la conduite de nombreux tests et d'essais au sol, de la viabilité de ce système. Néanmoins, cette solution reste assez légère et simple, tant dans sa réalisation que dans sa commande.

4.3 Découpage de la peau

Dans un but d'assurer la rigidité de FX39, nous avons fait le choix de découper notre peau en plusieurs éléments reliés entre eux par différents moyens.

Pour ce qui est la partie structure de la peau, elle sera rivetée aux bagues d'écartement et aux bagues d'efforts (cf. IV.6 Structure mécanique) afin de créer un ensemble rigide et complet.

Par dessus, nous viendrons ajouter les différentes trappes d'accès qui seront vissées à l'aide de vis à tête CLX de petit diamètre. Le fait de prendre des diamètres plus petits nous force à mieux répartir la pression de contact entre les trappes et la peau-structure et ainsi de créer une meilleure étanchéité à l'air, réduisant les frottements avec l'air à haute vitesse.

Les espaces laissés par les différentes liaisons entre la structure et les aérofreins seront comblés par des joints en élastomère et la partie basse sera mise en légère compression contre le fuselage de la fusée afin d'éviter un quelconque appel d'air. Les différentes portes qui serviront à l'éjection d'un parachute seront soumises aux mêmes efforts.

Enfin, la coiffe sera posée en monobloc et vissée à sa base à l'aide de six ou plus vis à tête CLX de même diamètre que pour les trappes.

5 Étude des retours d'expérience

5.1 Séparation

Nous mesurerons les paramètres suivants :

Vitesse des deux étages au cours du temps :

- Intérêt : En déduire la distance entre les étages à l'allumage.
- Moyen : Accéléromètres
- Stockage : Cartes SD 1 et 2
- Traitement : \emptyset

Forces sur les aérofreins :

- Intérêt : Vérifier les calculs préliminaires
- Moyen : Capteurs de déformations

- Stockage : Cartes SD 1
- Traitement : Exploitation ultérieure pour remonter aux contraintes exercées

Part IV

Étude détaillée

6 Structure mécanique

Mécaniquement parlant, tous les composants d'une structure subissent une contrainte plus ou moins élevée. Dans le cas d'une fusée, nous pouvons assimiler notre problème, au vu de son allongement, à un problème de type poutre. Pour mieux adapter notre fusée aux différents efforts aérodynamiques et moteurs, nous avons découpé notre structure en éléments qui pourront reprendre un seul type de chargement.

6.1 Description globale

Dans nos choix d'avant projet, nous avons pris la décision de prendre ce que l'on a appelé une "peau-structure". Une peau de fusée reprend classiquement un peu de chargement et peut ne pas avoir de rôle à jouer dans la rigidité de l'appareil. Dans notre cas, elle est le pilier central qui rigidifie l'ensemble.

Pour faire une liaison plus adaptée entre les systèmes, nous installerons tout de même un cadre-structure pour imposer la forme ainsi que ranger différents éléments comme les moteurs ou les cartes électroniques. Nous installerons plusieurs bagues de soutien et des distanciers pour maintenir la forme du cadre.

Pour assurer un poids minimal, les éléments structurant ont été choisis en aluminium et les autres en plastiques d'impression 3D. Si la masse deviens un trop gros problème, nous passerons sur des matériaux composites pour la peau.

6.2 Compression

Dans la vie de la fusée, seuls les moteurs peuvent engendrer une contrainte de compression assez élevée pour être fatale. Nous ferons attention, surtout lors de la poussée du moteur de l'étage 1, à l'effet de flambement. Les principaux éléments qui vont reprendre cet effort seront les longerons et la peau-structure.

6.3 Flexion

Le plus gros challenge dans une fusée d'une aussi grande longueur est la contrainte de flèche sous une contrainte en flexion.

6.3.1 Flèche de l'étage 1

Pour l'étage 1, il n'y a pas trop de complexité pour le dimensionnement à la flèche. Il faudra juste vérifier que la peau-structure, principal élément agissant contre le moment fléchissant, et les longerons, petite aide supplémentaire, ont des dimensions suffisantes pour garder une flèche inférieure au 1/100. Un rivetage des deux éléments par l'interface avec les bagues de soutien renforcera l'unicité de la structure.

6.3.2 Flèche de l'étage 2

Comme pour l'étage 1, au niveau de la structure la peau-structure et les longerons seront suffisants pour assurer la contrainte en déplacement. Par contre, il faudra vérifier que la coiffe ne se déforme pas trop, surtout avec un matériau plastique, et que la liaison avec le corps principal n'ait pas trop de jeu et soit assez rigide pour maintenir en place la coiffe.

6.3.3 Flèche totale

Dans le cas des liaisons parfaites, si les deux structures respectent leur critère de dimensionnement, il n'y aura pas de flèche supplémentaire générée par la liaison inter-étages. Malheureusement, c'est la liaison inter-étages qui va être le centre du dimensionnement à la flèche dans cette partie. Pour réduire le mouvement entre les pièces, nous mettrons de fortes tolérances (indice de tolérance 6/7) à la fabrication pour réduire les jeux et allongerons suffisamment la liaison (70mm) pour avoir une rotation très faible.

6.4 Torsion

Dans le cas de l'effort de torsion, étant donné que celui-ci sera relativement faible, nous le ferons passer par la peau-structure ainsi que le cadre-structure, rigidifié par la présence plus ou moins grande de bagues et de distanciers.

6.5 Efforts systèmes

Les principaux efforts que vont imposer les différents systèmes de la fusée, surtout au niveau de chaque liaison entre la structure et le système d'ouverture des aérofreins,

seront repris par le cadre-structure. On y retrouvera de la flexion, compression et du cisaillement en des points concentrés autour du cadre.

7 Structure électrique et électronique

Le système embarqué de FX39 a pour rôle d'assurer les transitions entre les différentes phases du vol (séparation des deux étages et asservissement des aérofreins principalement). De plus, nous devons être capable de mesurer, d'enregistrer et d'émettre des données expérimentales. Nous avons d'ores et déjà pensé l'architecture du système embarqué. En outre, il s'ajoutera dans la conception électronique de FX39 une contrainte de poids et d'encombrement dû à la présence des vérins.

7.1 Le séquenceur

Le séquenceur est la partie électronique qui gère les phases de vol de FX39. Il s'agit simplement d'une horloge qui déclenchera à des temps déterminés le scénario de vol nominal (cf. III.2 Scénario de vol nominal).

Ce séquenceur sera un microcontrôleur PIC16 comprenant un certain nombre d'entrées/sorties. L'ouverture des aérofreins se fera par des vérins électriques asservis. Quant aux parachutes, l'ouverture se fera par deux ressorts déclenchés par un électro-aimant. La communication du séquenceur avec les autres modules de la fusée sera assurée par des optocoupleurs afin d'assurer l'indépendance électrique du séquenceur (photodiodes).

Enfin, un capteur de pression piézoélectrique (altimètre basique) nous permettra de déterminer le moment optimal d'éjection du parachute et de la séparation des étages.

Il nous faudra donc deux séquenceurs, un par étage. Lorsque les deux étages seront couplés, le séquenceur principal sera celui de l'étage 2. Le séquenceur de l'étage 1 n'aura donc la main mise sur l'étage qu'après séparation effective et détection des deux étages.

7.2 La carte principale

La carte principale est la carte électronique qui va gérer l'acquisition des données. Cette carte sera une Raspberry Pi modèle 2 dont la fréquence de fonctionnement est suffisante pour traiter les tâches suivantes :

- Détection du décollage
- Capture des données expérimentales analogiques (cf. III.5 Étude des retours d'expérience)

- Capture des données inertielles et des trames GPS
- Création de trames de données
- Enregistrements des trames sur carte SD
- Envoi des trames sur l'émetteur
- Passage en mode "récupération"

Il faudra aussi deux cartes Raspberry Pi, une par étage.

7.3 Capteur de pression

Ce capteur permettra à la carte principale et aux séquenceurs de détecter le couplage des deux étages de FX39 lors du vol.

7.4 La platine inertielle

La platine inertielle 6 axes (accéléromètre, gyroscope) munie d'un GPS, le tout étant axé autour d'une petite platine Arduino (microcontrôleur à programmation simplifiée). Cette platine sera capable d'envoyer par liaison série des trames de données d'inertie ou/et des trames GPS au format NMEA.

Il en faudra deux par étage.

7.5 Les caméras embarquées

Elles serviront à filmer la séparation des deux étages et voir l'ouverture des aérofreins. Nous espérons pouvoir en mettre au moins deux : une en haut de l'étage 2 et une dans l'étage 1 (qui filmera parfaitement la séparation car placée juste en dessous du système de couplage). Enfin, une troisième caméra pourrait être intéressante pour filmer la redescente de l'étage 1, elle serait donc fixée à l'extérieur de l'étage 1, en bas.

7.6 L'interface de contrôle

Cette interface est composée de plusieurs jeux de LED (sur FX39) et d'un affichage numérique (au sol, récupéré par télémétrie) reflétant l'état des paramètres du système embarqué. A cette interface s'ajoutent également quelques interrupteurs de mise en marche des modules du système embarqué.

7.7 Antenne télémétrique

Une antenne située dans la coiffe de la fusée, pour transmettre les données à l'interface de contrôle.

7.8 Asservissement des vérins en position

Nous avons besoin d'asservir les vérins en position pour contrôler le freinage (vitesse de chute) et la stabilité de FX39 en descente. Pour cela, à l'aide d'un potentiomètre, nous mesurerons l'angle des aérofreins par rapport à l'axe de FX39, ensuite nous pourrons calculer en conséquence la force de freinage de FX39, qui dépend de sa vitesse v donnée par l'accéléromètre et un intégrateur. enfin nous la comparons à la force de freinage souhaitée, id est à la vitesse de chute souhaitée, et un modulateur adaptera cette différence de sorte à changer la course des vérins et donc la force appliquée aux aérofreins.

Part V

Annexe

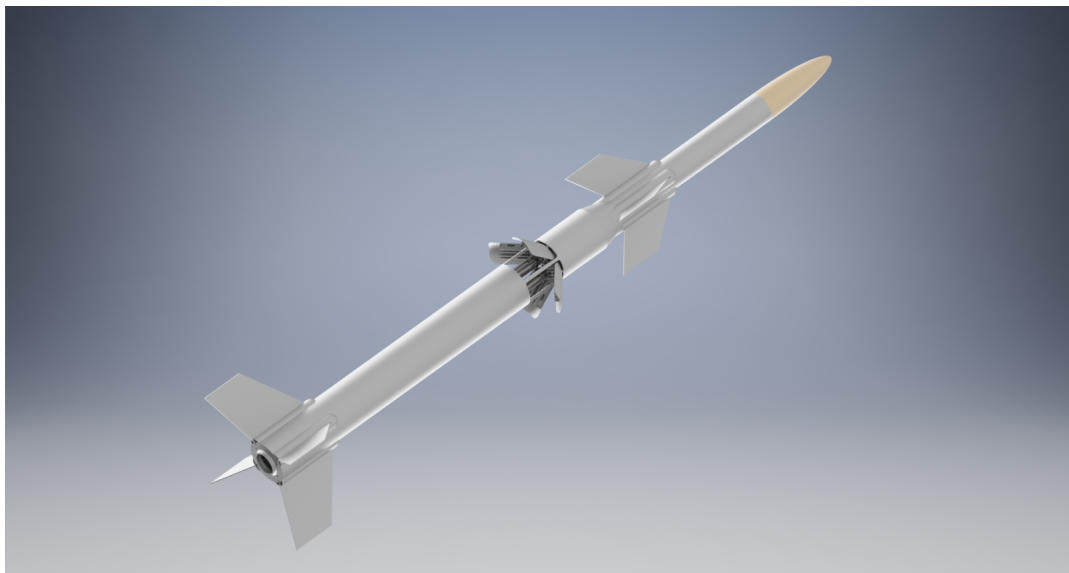


Figure 2: Modèle 3D de FX39 aérofreins en position semi-ouverte



STABILITO

Stabilité de fusée à ailerons

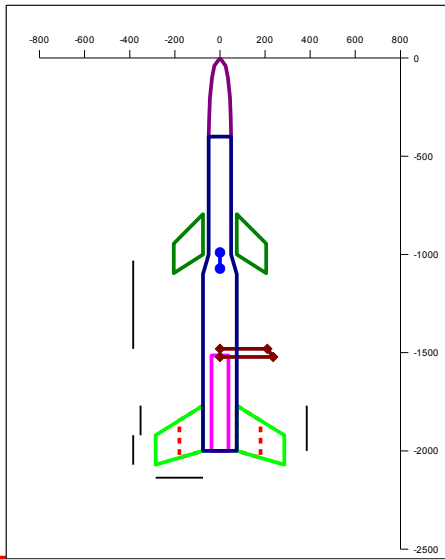
Remplir les cases jaunes

Fusée	
Nom	Apollon et Diane
Club	ESP
Type	Fusée expérimentale.
Masse	17500 g avec propu plein
Centre de Masse	900 mm sans propu
Longueur totale	2000 mm
Diamètre Réf.	150 mm

Propulseur	
Type	Original (Pro75-3G)
Position du bas	2000 mm

Coiffe	
Forme	Parabolique (arrondie)
Hauteur	400 mm
Diamètre	100 mm

	Ailerons bas		Ailerons haut		M
	Bi-empennage				
Emplanture 'm'	230 mm	205 mm	230		
Saumon 'n'	150 mm	150 mm	190		
Flèche 'p'	150 mm	150 mm	75		
Envergure 'E'	210 mm	130 mm	105		
Épaisseur 'ep'	3 mm	3 mm	3		
Nombre	4	4	4		
Position du bas	2000 mm	1000 mm	2000		
Diamètre	150 mm	100 mm	150		
Ligne mi-corde f	237 mm	179 mm	119		



Language/Langue Français

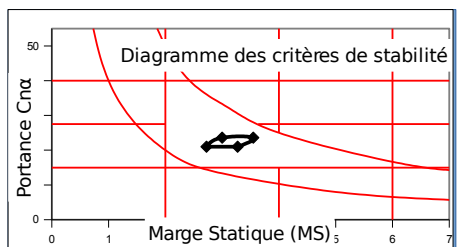
	Plusieurs diamètres.	
	Transition A	Transition B
Longueur 'L'	100 mm	0 mm
Diamètre 'D1'	100 mm	150 mm
Diamètre 'D2'	150 mm	150 mm
Implantation 'x'	1000 mm	1100 mm

	Propu plein	Propu vide	Sans propu
Masse propu	3,511 kg	1,638 kg	-
CdM propu	243 mm	243 mm	-
Masse fusée	17,5 kg	###	###
CdM fusée	1072 mm	990 mm	900 mm

	XCp	Cnα
Coiffe	200 mm	0,9
Ailerons	1894 mm	12,7
Ail bas entier	1888 mm	15,2
Ailerons haut	911 mm	6,3
Partie masquée	1859 mm	5,2
Transition A	1053 mm	1,1
Transition B	1100 mm	0,0

	23/04/2018		Min	Résultats	Max
Finesse	10	13,3			35
Portance	15	21,0	23,6		40
MargeStat.	2 D	2,72 D	3,55 D		6 D
Couple	40	57,2	83,7		100
XCp		1481 mm	1522 mm		
MS /L		20% L	25% L		

STABLE



Checksum : propu OK v3.4

Commentaire libre :



TRAJECTO

Trajectographie de fusée

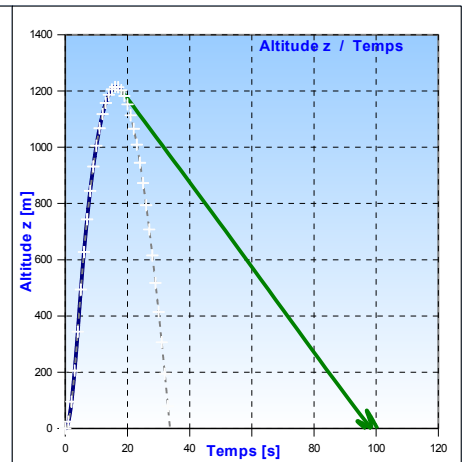
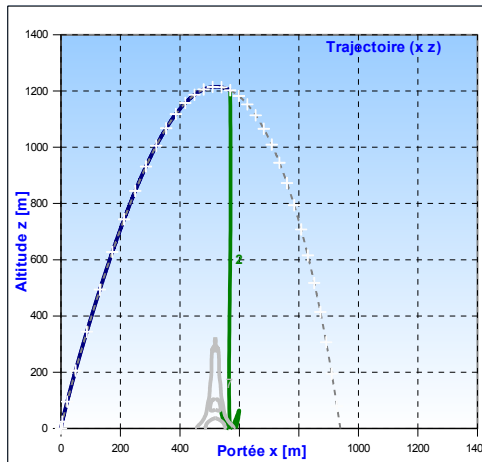
Remplir les cases jaunes

Fusée	
Nom	Apollon et Diane
Club	ESP
Masse totale	17,5 kg
Propulseur	Original (Pro75-3G)

Traînée Aérodynamique	
Surface Réf.	0,020191 m ²
Cx	0,6

Rampe de Lancement	
Longueur	4 m
Élévation	80 °
Altitude	0 m

Descente Sous Parachute	
Fusée	0 satellite
Masse	15,627 kg
Dépotage	autre
Ouverture para	18 s
Surface para	1,12 m ²
Cx parachute	1
Vitesse du vent	5 m/s
Vitesse descente	15,0 m/s
Durée descente	80 s
Durée du vol	98 s
Déport latéral	± 402 m



23/04/2018

	Temps	Altitude z	Portée x	Vitesse	Accélération	Efforts
Sortie de Rampe				20,2 m/s		
Vit max & Acc max				159 m/s	64 m/s ²	
Culmination, Apogée	16,3 s	1215 m	519 m	30 m/s		
Ouverture parachute fusée	18,0 s	1203 m	569 m	33 m/s		751,7 N
Impact balistique	33,7 s	~0 m	940 m	120,7 m/s		113817 J

Pour localiser la fusée	
Couleur fuselage/coiffe	Brun/Orange...
Couleur parachute fusée	Rouge...

Commentaire libre :



STABILITO

Stabilité de fusée à ailerons

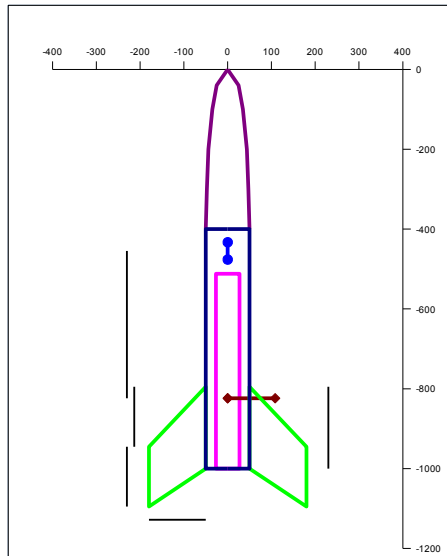
Remplir les cases jaunes

Fusée	
Nom	Diane
Club	ESP
Type	Fusée expérimentale.
Masse	6308 g sans propu
Centre de Masse	400 mm sans propu
Longueur totale	1000 mm

Propulseur	
Type	Barasinga (Pro54-5G)
Position du bas	1000 mm

Coiffe	
Forme	Parabolique (arrondie)
Hauteur	400 mm
Diamètre	100 mm

Ailerons	
Mono-empennage	
Emplanture 'm'	205 mm
Saumon 'n'	150 mm
Flèche 'p'	150 mm
Envergure 'E'	130 mm
Épaisseur 'ep'	3 mm
Nombre	4
Position du bas	1000 mm



23/04/2018	Min	Résultats	Max
Finesse	10	10,0	35
Portance	15	16,3	16,3
MargeStat.	2 D	3,47 D	3,91 D
Couple	40	56,5	63,6
XCp		824 mm	824 mm
MS /L		35% L	39% L

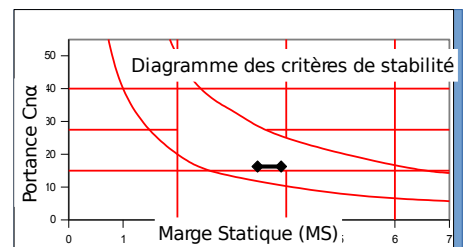
STABLE

Language/Langue Français

Fusée mono-diamètre,

	Propu plein	Propu vide	Sans propu
Masse propu	1,685 kg	0,652 kg	-
CdM propu	250 mm	240 mm	-
Masse fusée	7,993 kg	6,96 kg	6,308 kg
CdM fusée	476 mm	433 mm	400 mm

	XCp	Cnα
Coiffe	200 mm	2,0
Ailerons	911 mm	14,3



Commentaire libre :

Checksum : propu OK

v3.4



TRAJECTO

Trajectographie de fusée

Remplir les cases jaunes

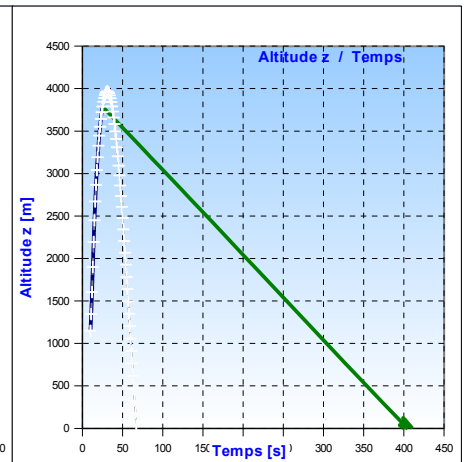
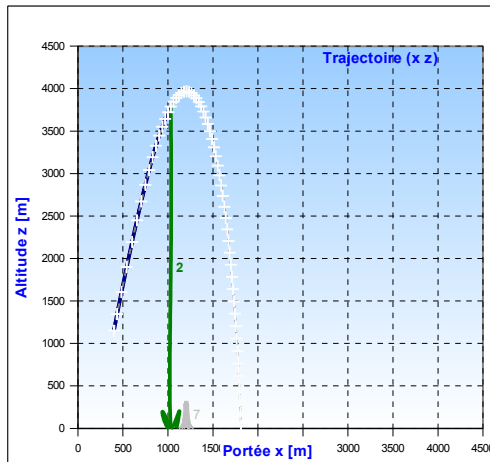
Fusée	
Nom	Diane
Club	ESP
Masse totale	7,993 kg
Propulseur	Barasinga (Pro54-5G)

Trainée Aérodynamique	
Surface Réf.	0,009414 m ²
Cx	0,6

Rampe de Lancement	
Longueur	4 m
Élévation	80 °
Altitude	0 m

Descente Sous Parachute	
Fusée	0 satellite

Masse	6,96 kg
Dépotage	autre
Ouverture para	25 s
Surface para	1,12 m ²
Cx parachute	1
Vitesse du vent	5 m/s
Vitesse descente	10,0 m/s
Durée descente	380 s
Durée du vol	405 s
Déport latéral	± 1899 m



#N/D

	23/04/2018	Temps	Altitude z	Portée x	Vitesse	Accélération	Efforts
Sortie de Rampe					#N/D		
Vit max & Acc max					311 m/s	92 m/s ²	
Culmination, Apogée		30,9 s	3967 m	1204 m	28 m/s		
Ouverture parachute fusée		25,0 s	3789 m	1032 m	68 m/s		3215,2 N
Impact balistique		67,3 s	~0 m	1813 m	144,7 m/s		72888 J

Pour localiser la fusée	
Couleur fuselage/coiffe	Brun/Orange...
Couleur parachute fusée	Rouge...

Commentaire libre :