



Exposition des fusées étudiantes
dans le hall de l'ENSMA



Le 08 août 2016



I. Contexte et description du projet

L'ESP (ENSMA Space Project) est un club de l'ENSMA, fondé en 2011 dans le but de regrouper et coordonner les projets de fusées étudiantes menés avec l'association Planète Science et le CNES. Depuis, un total de 4 minifusées (minif) et 5 fusées expérimentales (fusex) ont été réalisées et lancées lors des campagnes nationales de lancement (appelées C'Space) tous les étés à Biscarosse, puis à Tarbes depuis 2015.

Le projet dont il est question actuellement est d'exposer de manière permanente certaines fusées réalisées par des élèves de l'ENSMA et qui ont volé ces dernières années. Exposer ces fusées dans le hall de l'école aurait un intérêt à la fois visuel, mais également technique par les défis technologiques et expérimentaux relevés.

Le but de cet exposition, outre l'aspect décoratif, est de mettre en avant les projets que réalisent les étudiants de l'ENSMA dans les activités extra-scolaires et dans lesquels ils s'investissent tout au long de leur cursus, et de faire connaître l'ESP comme un des club aéro incontournable de l'école au même titre que l'ENSMAIR ou l'ENSMA Planeur.



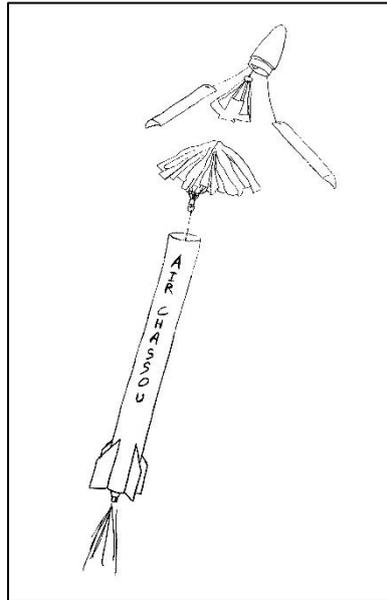


II. Liste des fusées concernées

a. Minifusée Air Chassou

Historique

Air Chassou est une minifusée qui a été réalisée en 2012-2013. Le but de ce projet était de concevoir une fusée tout composite, et d'éjecter un module à l'apogée qui retombe séparément sous son propre parachute.



Croquis de principe de la minifusée Air Chassou

Le corps et la coiffe ont été réalisés en fibre de verre, et les ailerons en fibre de carbone, pour diminuer au maximum la masse totale de la fusée. Cela nous a permis d'atteindre la masse minimale autorisée, et donc la hauteur de vol maximale. La séparation de la coiffe a été effectuée grâce à un ressort qui était maintenu comprimé par la coiffe, elle-même verrouillée par deux goupilles. Les deux servomoteurs dégoupillaient la coiffe à l'apogée, ce qui éjectait l'ensemble.

Cette minifusée a parfaitement fonctionné, puisque non seulement le premier vol a été nominal (c'est-à-dire que le système de récupération a fonctionné), mais ayant récupéré la fusée parfaitement intact, nous avons pu repasser les contrôles, faire requalifier la fusée et la relancer le lendemain.

C'est au total 3 vols qu'a effectués Air Chassou : deux vols nominaux, et un vol balistique (c'est-à-dire que le système de récupération n'a pas fonctionné et que la fusée est retombée inerte). Cependant, la fusée est toujours en bon état malgré le vol balistique et peut être exposée avec les autres.





Caractéristiques techniques

Longueur : 712mm

Diamètre : 60mm

Envergure : 220mm

Masse : 1kg

Couleur dominante : noir



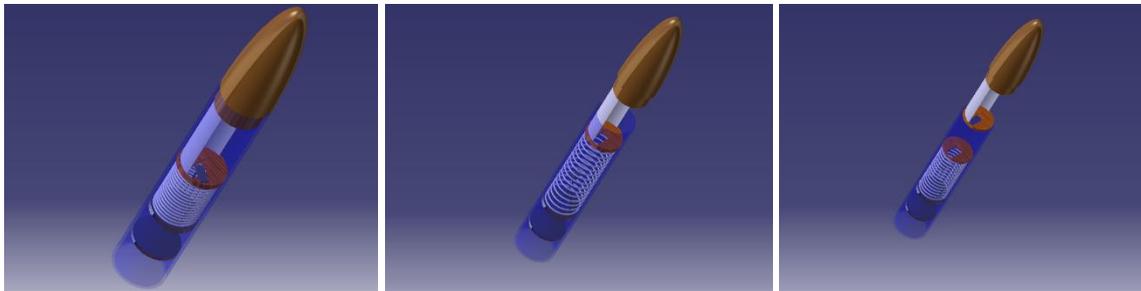


b. Minifusée Millenium

Historique

Le projet minifusée de l'année 2015-2016 s'intitule Millenium, clin d'œil à la sortie de 7^{ème} opus de la célèbre saga créée par Georges Lucas. Le but de ce projet était de réaliser une minifusée éjectant un module indépendant du corps de la fusée lors de la redescente.

La structure de la fusée est une peau porteuse en PVC, et la coiffe a été réalisée en impression 3D afin de répondre au mieux aux exigences du module. En effet la coiffe joue un double rôle : elle sert de coiffe au décollage avant d'être éjectée à l'apogée pour libérer les deux parachutes indépendants du corps et du module. Après l'apogée, la coiffe devient le module avec son propre système de mesure permettant de retracer sa trajectoire en trois dimensions. L'éjection de la coiffe est permise par un ressort de raideur 0,3 DaN/mm comprimé pour éjecter les 300g du module. Le système de maintien du ressort est réalisé par un servomoteur et un système de bagues pour assurer la cohésion de la coiffe et du corps au décollage. Le système d'éjection est présenté sur les figures suivantes :



Principe d'éjection : Le servomoteur libère la bague de maintien, ce qui permet l'extension du ressort

Cette minifusée a donné du fil à retordre à son équipe mais elle a réalisé un vol nominal lors de la campagne de lancement 2016 à Tarbes. Le système de récupération libérant les parachutes de la coiffe et du corps a parfaitement fonctionné puisque la fusée a été retrouvée intacte.





Caractéristiques techniques

Longueur : 800mm

Diamètre : 63mm

Envergure : 230mm

Masse : 1,5kg

Couleur dominante : bleu et orange





c. Fusée Expérimentale Prométhée

Historique

La fusée Prométhée avait pour objectif de concevoir et de tester un système de séparation par ventouse électromagnétique. Il s'inscrit dans un projet ambitieux de conception de fusée bi-étage qui peut se décomposer en deux phases :

- Une première phase de validation du système de séparation sur une fusée expérimentale avec un second étage passif (non propulsé) : fusée Prométhée.
- Une seconde phase d'amélioration du système de séparation en vue de l'intégration du second propulseur sur une fusée expérimentale avec un second étage actif (propulsé) : fusée Prométhée II.



Pour le C'Space 2013, la fusée a embarqué une expérience qui consistait à mesurer la vitesse d'éloignement des deux étages au cours du temps à l'aide d'une bobine de fil de pêche et d'un compteur optoélectronique.

Le point critique d'une fusée bi-étage est de concevoir un système de séparation suffisamment rigide pour supporter les contraintes en vol, qui reste solidement verrouillé pendant le vol, tout en garantissant une fiabilité d'ouverture. La volonté de concevoir un système à la fois robuste, simple et peu coûteux nous a conduit sur le choix d'une séparation magnétique. Celle-ci a conditionné la géométrie du module de séparation et le dimensionnement du diamètre de la fusée, pour pouvoir loger deux aimants de 12,5 daN, assez volumineux.



Avec l'expérience précédente de la fusée Orion, nous avons cherché à optimiser un peu plus la masse de la fusée en utilisant des bagues et des longerons en aluminium et une peau en PVC (contrairement à Orion où la peau était en aluminium).

Durant la semaine de lancement, nous avons rencontré beaucoup de problèmes, principalement d'ordre mécanique. Notre fusée avait beaucoup trop de flèche à cause de la souplesse de la structure et du jeu au niveau de la bague de séparation. Nous avons aussi beaucoup de mal à assembler la fusée correctement, à cause de la complexité de réglage du système de séparation. En parallèle, il a fallu trouver des solutions à d'autres problèmes mineurs tels que la fermeture des portes et la télémétrie.

Malgré tous ces déboires, Prométhée a finalement réussi son vol et l'expérience a fonctionné. Ce premier vol et l'expérience accumulée pendant ce projet a été d'une grande aide pour mener à bien le projet de fusée bi-étage active Prométhée II.



Caractéristiques techniques

Longueur : 1920mm

Diamètre : 125mm

Envergure : 495mm

Masse : 8kg

Couleur dominante : rouge, bleu et blanc





d. Fusée Expérimentale Prométhée II

Historique

Le projet Prométhée II vient dans le prolongement du projet Prométhée. Après le vol nominal de la fusée Prométhée lors du C'Space 2013, l'objectif du projet Prométhée II était de réaliser une fusée bi-étage active (c'est-à-dire avec un second étage propulsé). Le choix des propulseurs a été fait pour rester dans le même gabarit que la fusée Prométhée : le même propulseur dans le premier étage, et un propulseur de minifusée dans le deuxième étage. La complexité de ce projet a été de gérer la sécurité autour de l'allumage du deuxième propulseur : intégrer les capteurs et l'électronique nécessaire pour déclencher l'allumage au moment voulu, mais empêcher toute inflammation en dehors du fenêtrage temporel ou dans le cas d'un incident en vol.

En plus de cette expérience principale, la fusée embarquait 4 jauges de déformations qui devaient servir à mesurer 2 paramètres : les contraintes de flexion dans la fusée au niveau de la bague de séparation, et la poussée du propulseur du deuxième étage.

La fusée était initialement prévue pour le C'Space 2014. Cependant, malgré les efforts acharnés de l'équipe du projet jusqu'au dernier moment, la fusée n'a pas pu être qualifiée cette année-là en raison d'un mauvais verrouillage de la bague de séparation.

Durant l'année 2014-2015, une nouvelle bague de séparation a été conçue, fabriquée et intégrée. Et la fusée a pu être qualifiée pour voler lors du C'Space 2015.



Le dernier jour des lancements, Prométhée II a donc été lancée sur la base du 1^{er} RHP de Tarbes. Cependant, la trappe de parachute de l'étage inférieur s'est ouverte pendant la poussée du propulseur du premier étage, et le parachute inférieur a donc été arraché. Mais la fusée comportait de nombreux capteurs pour détecter ce genre d'incident, et a parfaitement réagi à ce scénario de vol dégradé : la séparation et l'allumage du deuxième propulseur ont été neutralisés, et le parachute de l'étage supérieur a ramené l'intégralité de la fusée au sol.



Caractéristiques techniques

Exposition en deux parties : étage inférieur et étage supérieur séparés.

Etage inférieur :

Longueur : 1010mm

Diamètre : 125mm

Envergure : 484mm

Masse : 6kg

Couleur dominante : gris et noir

Etage supérieur :

Longueur : 1291mm

Diamètre : 125mm

Envergure : 484mm

Masse : 5kg

Couleur dominante : gris et noir

Cette fusée sera exposée en mode « écorchée ». Une partie de la peau sera découpée afin de laisser visible l'intérieur qui a été laissé dans l'état de vol.



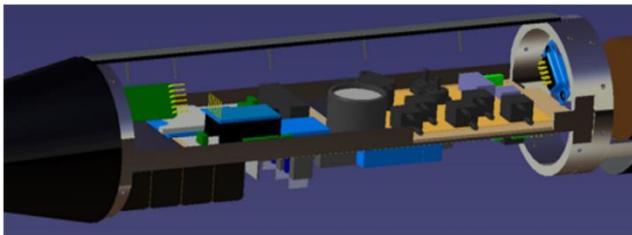
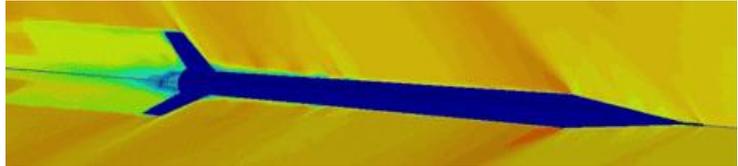


e. Fusée Expérimentale Deneb

Historique

Le projet Deneb est un projet fusex initié en 2012 dont le but est de réaliser une fusée supersonique. La fusée Deneb a donc été dimensionnée pour que ses caractéristiques principales (masse, dimensions, propulseur...Etc) permettent d'atteindre une vitesse supérieure à Mach 1. La structure a également été conçue pour pouvoir résister aux contraintes d'un vol supersonique et du passage du mur du son.

L'expérience embarquée principale consiste à relever la pression en différents points de la surface de la fusée, au sommet, le long et en aval de la coiffe, afin de valider le passage en vol supersonique. Les mesures de pression doivent servir également à caractériser l'écoulement afin de le comparer à des simulations numériques. La fusée effectuera aussi des mesures d'accélération et d'altitude pour établir en parallèle la trajectoire 3D de la fusée pendant le vol.



La première année du projet a été consacrée à la conception mécanique et électronique de la fusée. De plus, cette année a été utilisée pour numériser l'écoulement autour de la fusée, pour pouvoir par la suite comparer ces résultats aux mesures réalisées en vol.

La fusée a été réalisée durant l'année 2013-2014 dans le but d'être lancée lors du C'Space 2014. Cependant, des difficultés techniques ont empêché un lancement cette année-là. La mécanique n'était pas encore terminée, et l'électronique posait problème, notamment au niveau de la sauvegarde des données à haute fréquence.

Pour la campagne 2015, la fusée a été terminée mécaniquement parlant. Cependant, le site de lancement ayant changé, la fusée ne pouvait plus voler en supersonique. En effet, la limite autorisée en altitude sur le site de Tarbes est beaucoup plus bas que sur le site de Biscarosse. Deneb a donc dû changer de propulseur. Le propulseur Pro54 est moins puissant que le propulseur Pro75 choisi initialement, et doit donc permettre d'atteindre un domaine de vol transsonique, sans toutefois dépasser le plafond autorisé. Cependant, l'adaptation à ce nouveau propulseur et des problèmes électroniques encore irrésolus n'ont pas permis un lancement lors du C'Space 2015.

Depuis cette date, l'absence des membres d'origine du groupe et de nouveaux élèves prêts à continuer ce projet font que cette fusée ne volera pas.



Caractéristiques techniques

Longueur : 1442mm

Diamètre : 80mm

Envergure : 320mm

Masse : 4kg

Couleur dominante : aluminium et violet

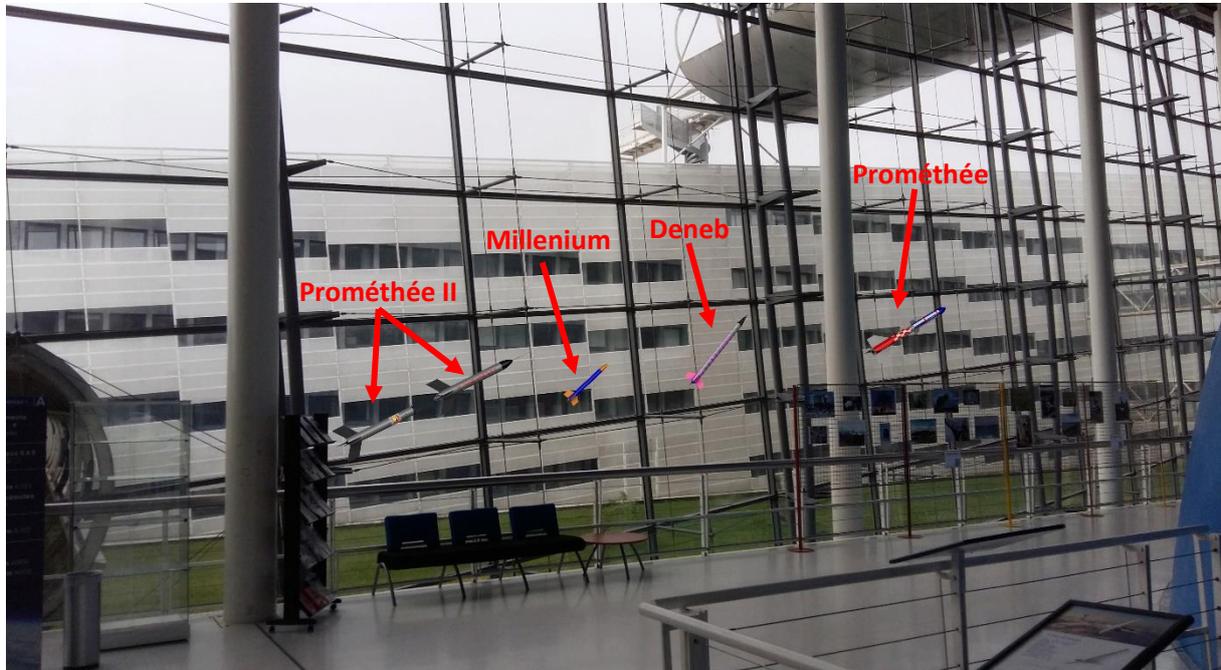




III. Lieu et méthode d'exposition

Le projet décrit ici consiste à exposer les fusées citées dans le paragraphe précédent de manière permanente dans le hall de l'ENSMA, en face de l'amphithéâtre Henri Poncin.

Les fusées seraient suspendues dans le treillis métallique qui longe le mur vitré :



Chaque fusée peut tenir dans une « case » du treillis. Les fusées seraient exposées dans l'ordre suivant (de gauche à droite) :

- Fusex Prométhée II
- Minif Millenium
- Fusex Deneb
- Fusex Prométhée

Les fusées seraient suspendues grâce à des câbles d'acier multibrins tressés de 2mm de diamètre. Ce genre de câble a une charge maximale admissible de 42kg. Chaque élément sera suspendu par au minimum 2 câbles, soit une capacité de 84kg. La masse du plus lourd élément étant inférieure à 10kg, ce type de câble supporte sans problème la charge.

Prométhée II étant ouverte pour laisser l'intérieur visible, nous ajouterons un éclairage intérieur de type ruban LED (cf ci-contre). Il faudra donc tirer un câble d'alimentation électrique jusqu'au point d'accroche de chaque étage de Prométhée II, puis faire courir le fil électrique le long du câble de suspension pour alimenter l'éclairage.

La consommation d'un tel éclairage sur la fusée complète serait d'environ 60W (pour environ 2 x 2m de ruban).





En parallèle de ces 4 fusées suspendues, la minifusée Air Chassou serait exposée dans une vitrine, ce qui permettrait de la voir d'assez près compte tenu de sa taille, ainsi que de permettre à Olivier Geay de l'extraire facilement si besoin. De plus, nous utiliserions cette vitrine pour montrer des pièces intéressantes d'une fusée comme certaines pièces mécaniques (bague structurelle, aileron déformé par les efforts aéro, propulseur Cariacou, système d'éjection de Millenium...) ou des composants électroniques propres aux fusées étudiantes (émetteur Kiwi Millenium, ventouse magnétique, caméra embarquée...).

Pour compléter l'exposition de ces fusées, une série de panneaux explicatifs sera installée le long de la rambarde devant le mur vitré. Les panneaux seront basés sur la même mise en page, pour leur donner une homogénéité esthétique, et chaque panneau concernera une fusée. Un panneau de 30cm x 45cm sera attribué à chaque minifusée, et un panneau de 40cm x 60cm sera attribué par fusex.

IV. Equipements nécessaires

Pour mener à bien cette installation des fusées, nous aurons besoin de différents matériels :

Matériel de suspension :

- Câble acier multibrin diamètre 2mm : environ 50m
- De quoi faire les attaches aux extrémités (boucles, serre-câbles...)
- Ruban LED pour Prométhée II avec l'alimentation électrique correspondante (60W, 12V)

Vitrine :

- Une vitrine 80cm x 40cm x 180cm

Panneaux explicatifs :

- 3 panneaux 40cm x 60cm fixés sur la rambarde
- 1 panneau 30cm x 45cm fixé sur la rambarde
- 1 panneau 30cm x 45cm placé dans la vitrine pour Air Chassou
- Les affiches correspondantes aux fusées en papier et encre antiviellissement (3 pages couleur 40cm x 60cm et 2 pages couleurs 30cm x 45cm)