



PRIX ESPACE ET INDUSTRIE 2015



05/12/2015

Dossier de présentation



Les meilleurs projets expérimentaux étudiants
récompensés par l'industrie aérospatiale
au Musée des Arts et Métiers.

Prix espace et industrie 2015

DOSSIER DE PRESENTATION



1 AVANT-PROPOS

Tous les deux ans, un jury composé d'industriels et de personnalités du milieu aéronautique et spatial remet à des clubs spatiaux de jeunes les Prix Espace et Industrie. Ces prix sont l'occasion pour les industriels de manifester leur intérêt pour les travaux menés par ces jeunes. A travers ces prix, ils apportent leur reconnaissance quant à la qualité des projets menés ainsi qu'un soutien financier.

Les Prix Espace et Industrie existent depuis 1969. Le couple Gifas – Planète Sciences est le pilier de cet événement.

Durant les deux dernières années, de nombreux projets techniques de jeunes ont été encadrés par Planète Sciences avec le soutien du Cnes. Parmi toutes ces réalisations, Planète Sciences a sélectionné les projets candidats en fonction de leur pertinence et leur qualité de réalisation afin de les présenter à un jury d'industriels.





2 SOMMAIRE

Contenu

1	AVANT-PROPOS	3
2	SOMMAIRE	5
3	LES PARTENAIRES INDUSTRIELS	6
3.1	Constitution du jury.....	6
3.2	Présentation des entreprises.....	7
4	PROGRAMME DE LA JOURNEE	8
5	LES PROJETS EN COMPETITION	9
5.1	Conditions de candidatures.....	9
5.2	Liste des projets	9
5.3	Projet AJAX.....	10
5.4	Projet ARTEMIS.....	13
5.5	Projet CASSIOPEE.....	18
5.6	Projet EUREKA	20
5.7	Projet FSX-31	23
5.8	Projet HYDRA	26
5.9	Projet KHALEESI	31
5.10	Projet ORSEUS-II.....	34
5.11	Projet SCALAR.....	38
5.12	Projet STR-04	42
6	EVALUATION DES PROJETS (NOTES DU JURY)	46



3 LES PARTENAIRES INDUSTRIELS

3.1 Constitution du jury

M. Raphaël Breda

Arianespace

Chef du département
« Systèmes Electriques et Contrôle-Commande »

Mme. Véronique Palatin

Cnes

Sous directrice du Service Préparation du Futur R et T
de la Direction des Lanceurs du CNES

Mme. Anne Bondiou Clergerie

Gifas

Directrice des Affaires R&D,
Espace et Environnement

M. Arnaud Colmon

Sodern

Responsable commercial Espace

M. Gérard Lapprend

Thalès Alenia Space

Conseiller Défense et Sécurité

Mme. Aline Meuris-Marion

Planète Sciences

Présidente du secteur Espace

3.2 Présentation des entreprises

ARIANESPACE

L'activité d'Arianespace est de proposer aux opérateurs de satellites du monde entier (opérateurs privés et agences gouvernementales) une offre de lancement utilisant le lanceur lourd Ariane 5, le lanceur moyen Soyuz et le lanceur léger Véga. En 2015, au moins six lancements d'Ariane 5, trois lancements de Soyuz et trois lancements de Vega sont prévus depuis le Centre Spatial Guyanais. Au total, les performances techniques de ses lanceurs et le carnet de commandes de la société font qu'elle est, depuis plusieurs années, le Numéro 1 mondial de l'industrie du lancement des satellites avec plus de 50 % de part de marché.

CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES

Le Cnes est l'établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) chargé de proposer au gouvernement la politique spatiale de la France et de la mettre en œuvre dans cinq grands domaines stratégiques : Ariane, les Sciences, l'Observation, les Télécommunications et la Défense. Il s'entoure de partenaires scientifiques et industriels avec lesquels sont réalisés les programmes spatiaux qu'il conçoit. Acteur majeur de l'Europe spatiale, en assurant notamment la participation de la France à l'Agence spatiale européenne (ESA), le Cnes est force de propositions pour maintenir la France et l'Europe en tête de la compétition mondiale.

GROUPEMENT DES INDUSTRIES FRANÇAISES AERONAUTIQUES ET DU SPATIAL

Syndicat professionnel, qui regroupe 340 sociétés – depuis les grands maîtres d'œuvre et systémiers jusqu'aux PME – spécialisées dans l'étude, le développement, la réalisation, la commercialisation et la maintenance de tous programmes et matériels aéronautiques et spatiaux. Son domaine recouvre les avions civils et militaires, les hélicoptères, les moteurs, les missiles et armement, les satellites et les lanceurs spatiaux, les grands systèmes aéronautiques, de défense et de sécurité, les équipements, les sous-ensembles et les logiciels associés. Le Gifas a trois missions majeures : représentation et coordination, étude et défense des intérêts de la profession, promotion et formation.

SODERN

Filiale à 90 % d'Airbus Defence & Space (Airbus Group) et 10 % du CEA, Sodern est spécialisée dans l'instrumentation spatiale, optique et neutronique au service de l'Espace, de la Défense et de la Sécurité. Créée en 1962 au sein des laboratoires d'électronique et de physique appliquées de Philips (LEP) pour lancer une première génération de sources neutroniques externes, l'entreprise a su diversifier ses activités vers les capteurs optroniques et spatiaux de pointe dont elle est aujourd'hui un des leaders mondiaux. Ses activités couvrent différentes gammes d'instruments spatiaux – des instruments de contrôle d'attitude pour satellites à des instruments scientifiques sur mesure embarqués.

THALES ALENIA SPACE

Joint-venture franco-italienne entre Thalès et Finmeccanica, Thalès Alenia Space conçoit, intègre, teste, exploite et livre des systèmes spatiaux innovants. Les satellites et charges utiles de Thales Alenia Space sont devenus des références internationalement reconnues pour offrir des services de communications et de navigation, veiller sur l'environnement, observer les océans, mieux comprendre le changement climatique et faire avancer la recherche scientifique. Thales Alenia Space est également l'un des principaux fournisseurs de la station spatiale internationale et demeure un acteur incontournable de l'exploration de l'Univers.



4 PROGRAMME DE LA JOURNEE

10 h 00 - Arrivée des clubs

Les membres de clubs se préparent à présenter leur projet. L'ordre de passage est tiré au sort sur place.

10 h 15 - Arrivée des membres du jury

Les industriels, membres du jury, arrivent un peu avant le début de l'ouverture. Ils peuvent revoir les critères d'évaluation et lire les fiches récapitulatives des projets de clubs mises à leur disposition.

10 h 30 - Cérémonie d'ouverture

Ouverture officielle des Prix Espace & Industrie. Rappel aux différents clubs participant le déroulé de l'évènement, les critères d'évaluation et les attentes du jury.

10 h 45 - Présentation des projets

Les clubs font une présentation devant le jury sur une scène. Ils ont un ordinateur et un vidéoprojecteur à leur disposition. Chaque club bénéficie de sept minutes pour présenter le mieux possible la mise en œuvre de son projet, les résultats obtenus et les techniques utilisées pour les obtenir. Ensuite, trois minutes sont destinées aux questions que le jury pose aux jeunes qui présentent le projet.

12 h 30 - Délibérations du Jury

Le jury se retire pour délibérer. Les diplômes sont préparés suite à ces délibérations.

13 h 00 - Remise des prix

Les industriels remettent ensuite aux jeunes les prix en donnant les raisons qui les ont motivés à récompenser les projets.

13 h 30 - Buffet de l'Espace

Tous les participants sont invités à se retrouver au « Café des techniques », salle mitoyenne à la salle de conférence pour partager un repas avec les industriels et échanger sur leurs métiers et leurs entreprises.

15 h 30 - Fin de l'évènement

Les projets sont récompensés selon les critères suivants :

- ➔ originalité de l'expérience
- ➔ qualité de réalisation
- ➔ exploitation des résultats
- ➔ organisation de l'équipe
- ➔ gestion du projet
- ➔ dynamisme de la présentation du projet

Le Jury prend en compte l'âge et l'expérience des participants. Il délibère et récompense chacun un projet représentant le plus les valeurs et technologies de leurs entreprises.

5 LES PROJETS EN COMPETITION

5.1 Conditions de candidatures

Les projets présentés sont tous terminés et ont déjà volé au cours de l'année 2014 ou 2015. Ils ont fait l'objet d'un suivi régulier de la part de Planète Sciences et peuvent être de différents types :

- **ballon expérimental** : expériences embarquées au bord d'une nacelle emportée à 30 km d'altitude par un ballon stratosphérique ;
- **fusée expérimentale** : fusée embarquant une expérience principale, autre que le système de récupération ;
- **minifusée expérimentale** : minifusée embarquant une expérience en plus d'un système de récupération.

5.2 Liste des projets

Projet Ajax Minifusée expérimentale	Club ESO (Estaca Space Odyssey) Jeunes de 20 à 21 ans	Pages 10-12
Projet Artémis Fusée expérimentale	Club Eirspace Jeunes de 22 à 27 ans	Pages 13-17
Projet Cassiopée Fusée expérimentale	Club Louis Lumière Jeunes de 14 à 20 ans	Pages 18-19
Projet Eurêka Minifusée expérimentale	Club AerolPSA Jeunes de 18 à 19 ans	Pages 20-22
Projet FSX-31 Fusée expérimentale	Club Clès-Facil Jeunes de 19 à 23 ans	Pages 23-25
Projet Hydra ARES14BI-P2mP2 Fusée expérimentale	Club S3 (Supaero Space Section) et Club CLC (Centrale Lyon Cosmos) Jeunes de 20 à 23 ans	Pages 26-30
Projet Khaleesi Fusée expérimentale	Club Air ESEIA Jeunes de 19 à 23 ans	Pages 31-33
Projet Orseus II Ballon expérimental	Club de l'IUT d'Orsay Jeunes de 18 à 21 ans	Pages 34-37
Projet Scalar Fusée expérimentale	Club S3 (Supaero Space Section) Jeunes de 20 à 25 ans	Pages 38-41
Projet STR-04 Fusée expérimentale	TU Wien Space Team Jeunes de 19 à 35 ans	Pages 42-44



5.3 Projet AJAX

Projet de minifusée expérimentale : AJAX
Responsable du projet : Jean-Loup Gaté
Club : ESO, Laval (53)

Présentation de l'équipe du projet, nombre de personnes, âge des participants, cursus,... :

L'équipe du projet Ajax est composée de 5 membres en 2ème année (sur 5 ans) à l'ESTACA Laval :

Jean-Loup Gaté, 21 ans, responsable du projet

Adrien Boccoz, 20 ans, partie mécanique

François-Pierre Robineau, 20 ans, partie mécanique

Tom Bozonnet, 20 ans, partie électronique

Valentin Chauvin, 20 ans, partie électronique

Description du projet et des objectifs :

Le projet Ajax est une minifusée ayant trois objectifs principaux :

- La formation des nouveaux membres. Pour l'ensemble de l'équipe à part le responsable de projet cette minifusée était le premier projet à l'ESO et a donc permis d'initier 5 membres aux bases de la conception et réalisation de projets de fusées, ainsi que de participer au C'Space 2015.
- La réalisation d'une fusée pouvant être exposée lors des nombreux événements de communication avec le grand public auxquels l'ESO participe. Pour cela, l'équipe a apporté le plus grand soin dans la réalisation et l'assemblage du projet. Ainsi nous avons fait le choix d'utiliser des peaux en Plexiglas qui rendent visibles les différentes parties et composants de la fusée.
- La mise en œuvre d'un nouveau système d'éjection pouvant-être utilisé de manière standard sur les prochains projets de minifusées et de fusées expérimentales dans le club. Ce système, appelé JLS pour « Jump Linear System », avait été utilisé en option de secours dans la minifusée 404 qui a effectué un vol nominal à Biscarosse en Août 2014. Dans le projet Ajax, l'objectif est de concevoir ce système de manière rationalisée et optimisée afin qu'il puisse ensuite être réemployé tel quel.

Les raisons qui vous ont motivés à réaliser ce projet :

Suite à la campagne de lancement 2014, le responsable de projet souhaitait réemployer le système JLS dans une minifusée afin de valider son fonctionnement. Au début de l'année scolaire 2014-2015, de nombreux membres sont arrivés à l'ESO avec le souhait de mener un projet de minifusée et ont été séduits par le concept encore en phase de définition du projet Ajax. La team Ajax était née.

Les grandes dates du projet :

Le projet Ajax a été démarré en Octobre 2014 avec déjà pour objectifs la formation des nouveaux membres, la réalisation d'une minifusée à exposer après le vol et surtout la validation du système JLS. La phase de conception s'est étendue de mi-Octobre à fin Novembre.

A partir de Janvier, après réception des pièces commandées notamment pour la carte électronique de la fusée les membres ont entamé la phase de réalisation avec la fabrication de l'ogive, la découpe des tubes de Plexiglas, et la construction du mécanisme JLS.

Les dernières pièces reçues ont été les bagues en aluminium, après le départ en stage des membres, forçant l'équipe à procéder à l'assemblage puis aux tests pendant la campagne de lancement.

La fusée a finalement été qualifiée et lancée avec succès le mercredi 22 Juillet 2015, jour d'anniversaire d'un des membres de l'équipe.

La fusée ayant été récupérée intacte, elle a pu être utilisée en exposition pour la semaine de présentation des associations à l'ESTACA le vendredi 18 Septembre 2015 ainsi qu'à la fête de la science à Laval, les samedi et dimanche 10 et 11 Octobre 2015.

Description des expériences et présentation des résultats :

L'expérience principale de la minifusée Ajax est la validation de son système d'éjection du parachute, le JLS. Le système JLS a d'abord été utilisé sur la minifusée 404, en remplacement (d'urgence) d'un système assez proche. Le système d'origine utilisait une ventouse magnétique entourée d'un ressort afin d'éjecter le compartiment contenant le parachute qui était fixé sous l'ogive.

Pourtant couramment utilisée sur les ouvertures de type trappe, cette disposition du ressort placé autour de la ventouse s'est montré particulièrement instable (le système se déclenchait au moindre choc) et ce malgré une marge de sécurité confortable : $F_{\text{ventouse}}/F_{\text{ressort}} = 220\text{N}/100\text{N}$. Cette instabilité peut être attribuée aux forces importantes en jeu et au fait que la ventouse était fixée directement sur une bague, support très rigide, et non une attache plus souple. Cette fixation plus rigide entraîne une transmission des chocs plus importante qui eux-mêmes provoquent un léger décollement de l'aimant et une perte d'aimantation.

Le nouveau système devait donc avoir comme avantages principaux la stabilité, la sécurité et l'efficacité. L'idée générale est donc « d'intercaler » une pièce entre la ventouse et le compartiment parachute qui est poussé par le ressort (voir figure 1). C'est donc cette pièce, appelée loquet, qui encaisse l'effort de traction fourni par le ressort et pas directement la ventouse. Comme sur la plupart des minifusées à l'ESO, c'est une minuterie de type analogique qui commande la ventouse. Ici la minuterie est placée dans la partie inférieure de la fusée. Quand l'aimantation de la ventouse est coupée, le loquet pivote autour d'un axe fixé sur la bague JLS et libère le crochet situé sous le plateau para. La force nécessaire à la rotation du loquet est assurée par un élastique de rappel. Le ressort qui était compressé entre la bague JLS et le plateau para pousse l'ensemble du compartiment parachute + ogive à l'extérieur de la peau supérieure, libérant ainsi le parachute. L'équipe a également fait le choix de remplacer les connecteurs Jacks habituellement utilisés pour le déclenchement de la minuterie au décollage par des capteurs à effet Hall réagissant au décollement d'aimants placés à l'extérieur du tube en Plexiglas. Cette option permet d'éviter de percer des ouvertures dans le tube et assure une meilleure tenue mécanique de la structure.



Tant pendant les tests et la qualification que pendant le vol, le système s'est montré remarquablement fiable. Aucune ouverture intempestive ni blocage n'ont été observés. Le système a fait l'objet d'un dossier explicatif visant à faciliter son intégration dans les futurs projets de minifusées et fusées expérimentales.

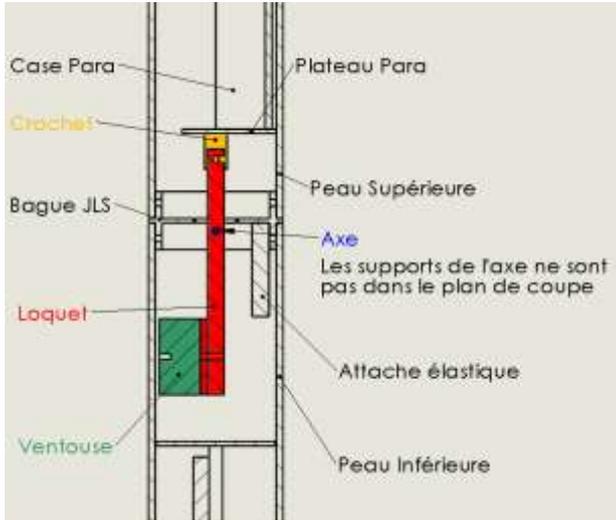


Fig. 1 : Jump Linear System.

Que vous a apporté ce projet ? :

En tant que nouveaux membres de l'ESO, participer au projet Ajax nous a permis de découvrir la conduite d'un projet de minifusée, et de mettre en pratique les enseignements dispensés à l'ESTACA dans un cadre associatif et en autonomie. La participation au C'Space a aussi été une expérience extraordinaire, très motivante pour créer de nouveaux projets pour l'année 2015-2016. Tous les membres ayant pris part au projet continuent l'aventure cette année à l'ESO et tous ont choisi de s'investir davantage dans le club en tant que membre du bureau ou responsable de projet.

Le système JLS, conçu sur Ajax pour être réutilisé le plus simplement et le plus efficacement possible, s'ajoute au socle de connaissances du club et sera réemployé dès cette année dans un projet de minifusée.



Fig. 2 : La minifusée AJAX.

5.4 Projet ARTEMIS

Projet de fusée expérimentale : Artémis
Responsable du projet : Valentin Sarthou
Club : Eirspace, Talence (33)

Présentation de l'équipe du projet, nombre de personnes, âge des participants, cursus,... :

Depuis sa création, le club EirSpace rassemble des étudiants issus des différentes filières de l'école d'ingénieurs de Bordeaux, l'ENSEIRB-MATMECA, pour partager leur passion commune de l'aéronautique et de l'espace.

Les membres de ce club se retrouvent pour concevoir d'une part des drones ayant des missions spécifiques, mais aussi des CanSats (nano-satellites) et fusées de toutes catégories en vue de les qualifier et les lancer lors du concours annuel « C'SPACE » organisé par Planète-Sciences et le Centre National d'Études Spatiales (CNES).

L'équipe du projet ARTEMIS, à l'instar du club, regroupe toutes les formations que l'on peut trouver au sein de l'ENSEIRB-MATMECA. Constituée d'élèves de la promotion 2015 et d'un membre de l'équipe Héra (soit de la promotion 2012), l'équipe est composée comme suit :

- Modélisation Mathématique et Mécanique : 1 membre (23 ans)
- Electronique : 5 membres (22 à 27 ans)
- Informatique : 1 membre (23 ans)
- Télécommunications : 1 membre (23 ans)

Description du projet et des objectifs :

Artémis est une fusée expérimentale **mono-étage mesurant 1.75 m de haut et 10 cm de diamètre**. Ce projet faisant suite au lanceur Héra développé en 2013, l'équipe du projet Artémis a souhaité améliorer deux principales faiblesses de conception constatées sur ce premier lanceur, la première étant mécanique et la seconde électrique.

Concernant l'aspect mécanique, Héra présentait une masse élevée de 12.4 kg contre **9.8 kg pour Artémis**. Ainsi l'objectif de l'équipe d'Artémis était **d'optimiser la masse du lanceur afin d'atteindre, lors du vol, une apogée plus élevée**. L'équipe a alors opté pour l'utilisation de **fibre de carbone pour le fuselage (en remplacement de l'aluminium sur Héra)**. De plus, pour faciliter la conception de certaines pièces internes au lanceur, l'équipe a utilisé des alliages d'aluminium (facile à tourner, fraiser et à découper au laser). La plaque de poussée a été dimensionnée comme il se doit en CAO afin qu'elle puisse résister au stress mécanique exercé par le propulseur tout en **optimisant sa masse** par rapport à celle de Héra (division par trois de la masse). En outre, de la **fibre de verre a été utilisée pour la fabrication de l'ogive** qui a comme propriété physique d'être transparente au champ électromagnétique et donc de n'avoir aucune influence sur le rayonnement de l'antenne située dans l'ogive.

La deuxième évolution concerne la partie électrique du lanceur. Afin d'optimiser l'espace disponible, les PCB (Printed Circuit Board) ont été **empilés les uns sur les autres** et ont adopté une **forme circulaire** pour s'intégrer au mieux dans le fuselage. La création d'un **« plan d'implantation des connecteurs »** pour ces cartes électroniques, a alors permis de les interconnecter facilement par le biais de deux bus (un bus d'alimentation et un bus de



données). Le nombre de liens électriques est alors réduit, éliminant par la même occasion tout risque d'erreur de connexion des alimentations et rendant plus simple la réalisation de tests.

En complément de ces améliorations qui ont été validées avec succès et des objectifs imposés par le cahier des charges du concours (récupération, etc...), l'équipe a voulu intégrer dans ce projet de nouvelles expériences. Hormis celles décrites un peu plus loin dans ce résumé (**système complet de télémesure, mesure de la vitesse, positionnement GPS, éjection d'un nano-satellite**), Artémis devait intégrer une **interface graphique** permettant le contrôle et la programmation des différents systèmes embarqués. Malgré tous les moyens déployés pour venir à bout de sa complexité, ce module n'a pas pu être implémenté pleinement pour le C'SPACE. Par ailleurs, l'ensemble des données des expériences, en plus d'être transmises au sol, devaient être enregistrées à bord de la fusée dans une **boîte noire**.

Pour atteindre tous ses objectifs, l'équipe a décidé de repousser d'un an le lancement d'Artémis (prévu en 2014), ce qui s'est avéré être une judicieuse décision au vu des résultats du vol décrits dans les parties suivantes.

Les raisons qui vous ont motivés à réaliser ce projet :

Immédiatement après le vol nominal d'Héra, les membres du club, dont la plupart n'avaient pourtant pas participé à ce projet, avaient hâte de concevoir une nouvelle fusée expérimentale afin d'apporter des solutions aux problèmes rencontrés sur Héra. Le projet Artémis s'est alors naturellement mis en place et s'est inscrit dans cette dynamique de perfectionnement des travaux menés par le club.

A cette envie de perfectionnement et de maîtrise de l'architecture d'une fusée s'ajoutent les idées d'expériences innovantes des membres de l'équipe. Après de longues discussions qui ont abouti à une ébauche de la maquette. Les tâches ont été réparties pour que chacun travaille sur une partie du projet qui l'intéressait.

En outre, tous les membres de l'équipe ont voulu saisir cette chance de pouvoir prendre part à une réalisation aussi complexe qu'est cette fusée, en sachant pertinemment que cette expérience allait beaucoup leur apporter tant au niveau technique qu'humain. Loin d'être un devoir ou une obligation, le projet Artémis était aux yeux de tous l'occasion de pouvoir travailler sur un projet avec des amis, d'entreprendre, de découvrir et de concevoir par soi-même, en toute liberté.



Fig. 1 : Quelques membres de l'équipe d'Artémis au C'Space 2015.

Les grandes dates du projet :

Tab. 1 : Planning du projet Artémis.

Date	Avancement du projet	Commentaires
Septembre 2013	Définition du projet.	Définition des missions, objectifs, fonctions et spécifications de l'architecture.
Octobre -Novembre 2013	Adoption de l'architecture globale électronique, conception préliminaire de l'architecture mécanique.	Première revue avec Airbus Defence & Space, présentation des résultats de modélisation et de simulation mécanique.
Décembre 2013 - Février 2014	Adoption de l'architecture mécanique et conception des premières cartes électroniques. Réalisation de l'antenne d'émission large bande.	Deuxième revue de projet avec Airbus Defence & Space, le CFAI et l'IUT GMP.
Février - Mai 2014	Réalisation des pièces mécaniques du projet. Fin de réalisation des cartes électroniques. Batterie de tests sur l'antenne bi-cône au Canada.	Réflexion en parallèle sur les tests de l'ensemble des cartes électroniques. Réalisation du CanSat.
Juin - Août 2014	Réception des pièces mécaniques et assemblage de la fusée. Début d'élaboration des codes de programmation des cartes. Décision de reporter le projet.	Mise à disposition de l'atelier du père du doyen de l'équipe. Intégration complète de l'ogive. Dispersion des membres de l'équipe due à des stages internationaux.
Septembre 2014 - Mars 2015	Fin de l'élaboration des codes de programmation et rectification de certaines cartes électroniques.	Tests complets du fonctionnement individuel des expériences. Tests de la communication et du transfert de données entre les cartes.
Avril – Juillet 2015	Assemblage électronique puis intégration dans la fusée.	Tests du fonctionnement des bus et amélioration des connecteurs le constituant.
22 Juillet 2015	Lancement du projet.	Participation au C'SPACE 2015 Vol nominal avec fonctionnement de toutes les expériences intégrées !

Description des expériences et présentation des résultats :

Les quatre expériences suivantes, toutes imaginées par les acteurs du projet et n'ayant encore jamais été réalisées par le club, ont été intégrées au projet :

- **Système complet et innovant de télémétrie** permettant de transmettre les données mesurées à une station sol pendant le vol. Le système est constitué d'un émetteur commercial à 869,5 MHz et d'un autre à 2,45 GHz. Dans l'ogive, se trouve une **antenne bi-cône large bande** conçue et réalisée par les étudiants du club et ayant fait l'objet d'une publication dans un journal scientifique (Prades, J.; Ghiotto, A.; Kerherve, E.; Wu, K., "Broadband Sounding Rocket Antenna for Dual-Band Telemetry and Payload Data Transmission," in *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE*, vol.PP, no.99, pp.1-1). Le fonctionnement du système complet a été validé au sol, cependant à cause d'un dysfonctionnement en vol, seules les données émises par



l'émetteur à 869,5 MHz ont pu être récupérées. **Les antennes et les récepteurs de la station au sol** ont aussi été réalisés par les membres du club.

- **Système de positionnement GPS** permettant la récupération des coordonnées GPS de la fusée à l'aide d'un transmetteur intégré dans l'ogive qui émet vers une station au sol. Les mesures obtenues au cours du vol ont permis de reconstituer la trajectoire en trois dimensions de la fusée et de transmettre son emplacement précis à l'équipe de récupération chargée d'aller la retrouver après le vol.
- **Ejection d'un nano-satellite** peu avant l'apogée à l'image des missions d'exploration spatiale. La trappe s'est bien ouverte cependant le CanSat Kirby n'a pas pu s'extraire du compartiment comme prévu, la coque réalisée avec une imprimante 3D était trop épaisse et le CanSat est resté bloqué dans l'ouverture du compartiment.
- **Système de mesure de la vitesse de la fusée** à l'aide d'un tube de Pitot d'aéromodélisme et d'un circuit qui permet de traiter les données pour ensuite les transmettre au sol. Bien qu'ayant une très grande incertitude lorsque la vitesse de la fusée est nulle, l'expérience a correctement fonctionné, on peut identifier les étapes du vol nominal comme en témoigne la figure ci-contre.



Fig. 2 : Trajectoire 3D de la fusée lors de son vol.

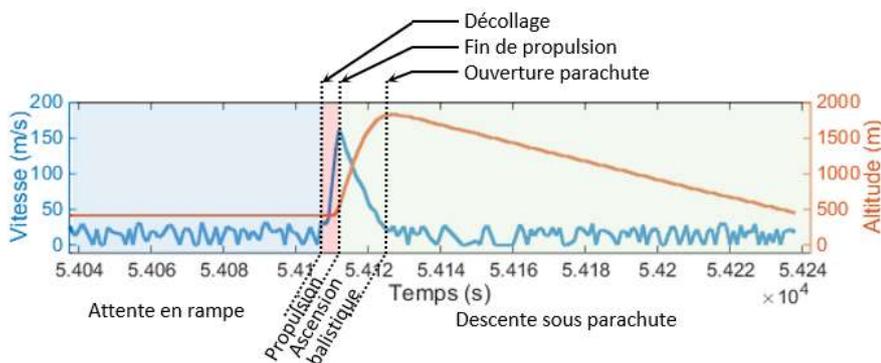


Fig. 3 : Vitesse et altitude de la fusée lors de son vol nominal.

Que vous a apporté ce projet ? :

Tous les membres de ce projet s'accordent à dire qu'ils ont acquis des compétences solides, nécessaires à tout ingénieur. En effet, chacun des membres a été confronté à tous les aspects qu'implique la gestion de projet telle qu'elle pourrait être faite au sein d'une entreprise (organisation, coordination, communication, gestion des délais, revues de projet, anticipation des problèmes...) et a dû puiser autant dans ses connaissances techniques que dans celles de l'ensemble de l'équipe. Par ailleurs, chacun a pu se former et acquérir de nouvelles compétences techniques et ce bien souvent à force de persévérance.

Le succès des expériences de la fusée a non seulement récompensé l'audace, l'imagination et la ténacité des membres du projet mais conforte aussi le club dans sa philosophie de concevoir des systèmes toujours plus innovants ; parallèlement, les compétences acquises par l'ensemble des membres du club sont consolidées et transmises par le biais de formations, rapports et de discussions. Certains aspects de ce projet tels que l'harmonisation des cartes électroniques sont désormais pris en compte lors de la conception des maquettes. Le club garde par ailleurs précieusement toutes les idées qui ont émergé pendant ce projet et qui n'ont pu totalement aboutir afin que peut-être dans le futur des membres puissent leur permettre de voir le jour.



Véritable fierté pour le club, Artémis a renforcé la confiance de nos sponsors. De plus, la notoriété et la renommée du club ne sont pas en reste, que ce soit au sein de l'établissement ou à l'extérieur. En outre, de par la publication dont a fait l'objet l'antenne bi-cône d'Artémis, ce projet a permis au club de faire fructifier ses relations avec le monde scientifique de la recherche.

En somme, ce projet a beaucoup apporté aussi bien aux membres de l'équipe qu'au club. Mais le plus beau cadeau de ce projet est sans aucun doute la joie immense qu'ont partagée tous les membres lors du vol nominal d'Artémis, l'aboutissement de 2 années d'implication et nous remercions aussi nos sponsors pour leur soutien et leur aide précieuse.

Fig. 4 : Décollage du projet Artémis.

Publications du club :

- J. Prades, A. Ghiotto, E. Kerherve, K. Wu, "Broadband Sounding Rocket Antenna for Dual-Band Telemetric and Payload Data Transmission," in *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE*, vol.PP, no.99, pp.1-1
- S. Villers., A. Malhage, J. Prades, A. Marque, A. Ghiotto, "Sondes VHF pour mesure d'antenne en champ proche ; Validation d'une antenne de fusée expérimentale du club étudiant EirSpace", Oral, 19èmes Journées Nationales Microondes, Bordeaux, 2-5 Juin 2015.
- A. Ghiotto, J. Prades, A. Marque, L. Thulliez, S. Destor, "La fusée expérimentale : une plateforme riche, attractive et valorisante pour l'apprentissage des techniques radiofréquences et la conception de systèmes électroniques embarqués", *CETIS2014 : Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes*, Besançon (France), 27-29 oct. 2014).
- J. Prades, A. Marque, A. Ghiotto, "Design of RF tranceiver for experimental rocket", Oral, Réunion générale du Chapitre IEEE MTT France, Bordeaux, 17 Octobre 2014.

5.5 Projet CASSIOPEE

Projet de fusée expérimentale : Cassiopée
Responsable du projet : Roger Poisson
Club : Louis Lumière, Les Clays sous Bois (78)

Présentation de l'équipe du projet, nombre de personnes, âge des participants, cursus,... :

BEAU Sylvain, IUT Ville d'Avray, 20 ans

CHATIN Corentin, 3^{ème} de collège, 14 ans

ECLANCHER Valentin, 3^{ème} de collège, 14 ans

MOSNIER Marie Bertille, 1^{ère} S, 16 ans

PILON Charles, Terminale S

Description du projet et des objectifs :

Fusée expérimentale ayant pour mission d'enregistrer l'accélération, la vitesse, l'altitude et l'ouverture de la trappe à parachute.

Les raisons qui vous ont motivés à réaliser ce projet :

Nos jeunes cherchent à comprendre la relation qui existe entre masse de la fusée, accélération, altitude vitesse, apogée tout en maîtrisant la conception mécanique du projet : mesure de résistance aux différentes contraintes liées à la poussée du propulseur, aux vibrations, aux accélérations, à la résistance de l'air, aux frottements etc.

Mais aussi et surtout, ils cherchent à réaliser une action en commun en utilisant les compétences de chacun par la réalisation d'un projet ambitieux.

Les grandes dates du projet :

Septembre 2013 : constitution de l'équipe, définition du projet. Analyse des résultats du lancement de la campagne 2013 à Biscarosse.

Octobre 2013 ; Choix des expériences à embarquer en tenant compte des erreurs de la campagne précédente.

Octobre-Novembre 2013 : Planning et date prévisionnelles.

Novembre- Décembre : Etude et essais d'un système de mesure de vitesse proposé par un élève : la mesure par effet Doppler

Janvier- février 2014 : conception de la partie mécanique et fabrication de l'ogive

Mars 2014 : Fabrication du séquenceur et essais

Avril 2014 : Intégration des éléments et découpe de la trappe à parachute

Mai 2014 : Fabrication et essais d'un système de verrouillage du propulseur

Essais de résistance du corps de la fusée à l'aide de vérin et d'une balance pèse-personne.

Essais de la télémétrie

Description des expériences et présentation des résultats :

La mesure proposée par un élève et acceptée par l'équipe, repose sur un « pseudo effet Doppler » qui consiste à émettre un signal de 40kHz d'une largeur 100µs qui se propage dans un tube de 1200 mm de long pour arriver à un capteur 3 ms après. Ce signal est émis toutes les millisecondes. On attend de cette mesure une information sur la variation de vitesse liée à l'accélération. Si la fusée ne modifie pas sa vitesse, le temps entre deux signaux ne varie pas, si la fusée a une variation de vitesse, le temps de migration du signal doit varier, c'est ce qu'on attendait...

Pour la mesure d'altitude, nous avons utilisé un capteur différentiel de pression que nous avons étalonné à l'aide d'un système fabriqué au collège (capteur de référence, seringue, et capteur à étalonner). Ce dispositif a été très satisfaisant et nous a permis d'avoir une bonne précision de mesure d'altitude. D'après les données de la télémétrie, la fusée aurait atteint l'altitude prévue par les calculs du logiciel de trajectographie.



La fusée Cassiopée.

La mesure de vitesse n'a pas apporté ce qu'on attendait, on a pris la décision d'abandonner cette mesure et pour le projet 2014-2015, nous avons opté pour la mesure par tube PITOT.

Pour l'accélération, le système imaginé n'a pas été exploitable car trop « bruité » en télémétrie. Ce système a été remplacé par un capteur 3 axes sur le projet 2014-2015.

Le capteur d'ouverture de trappe nous a permis de connaître avec précision le délai qui existe entre l'ouverture et le déploiement du parachute pour affiner le temps du séquenceur du projet 2014-2015.

Que vous a apporté ce projet ? :

Ce projet a répondu partiellement aux questions que le groupe se posait mais a permis d'améliorer ou abandonner certains systèmes inexploitable à notre niveau de collégiens. Cependant, le vol nominal et les bons résultats ainsi que l'analyse des erreurs des mesures ont été porteurs pour le groupe qui a décidé de prolonger en 2014-2015.

Nous avons eu de bons résultats du projet de la fusée 2014-2015 mais malheureusement, elle n'a toujours pas été récupérée malgré un vol nominal. Nous avons enregistré les données sur carte SD qui sont dans la fusée. On espère encore la récupérer...

5.6 Projet EUREKA

Projet de minifusée expérimentale : Eurêka
Responsable du projet : Thibault Hallouin
Club : AeroIPSA, Ivry-sur-Seine (92)

Présentation de l'équipe du projet, nombre de personnes, âge des participants, cursus,... :

Membres (âge et cursus au moment du projet) :

Quy DIEP, 19 ans, 1^{ère} année d'école d'ingénieur aéronautique et spatial à l'IPSA
(mécanicien sur le projet)

Thibault HALLOUIN, 19 ans, 1^{ère} année d'école d'ingénieur aéronautique et spatial à l'IPSA
(mécanicien sur le projet)

Aurélien WEISS, 18 ans, 1^{ère} année d'école d'ingénieur aéronautique et spatial à l'IPSA
(électronicien et programmeur sur le projet)

Description du projet et des objectifs :

L'objectif de ce projet est celui d'une mini-fusée classique, à savoir, développer un système de récupération fonctionnel. Nous avons choisi une séparation bi-étage avec la descente des deux parties de la fusée complètement séparées.

Le but était donc de concevoir un mécanisme de séparation assez compact pour être adapté à l'échelle d'une mini-fusée.

Les raisons qui vous ont motivés à réaliser ce projet :

Cette fusée était une première pour toute l'équipe. Nous aimions beaucoup le concept d'une fusée bi-étage, cependant il nous a été indiqué que ce type de système était principalement utilisé sur des fusées expérimentales. Nous voulions donc relever le défi d'intégrer un système de ce type dans une mini-fusée.

Etant donné la complexité d'un tel mécanisme, l'espace réduit d'une mini-fusée et le fait qu'aucun membre du groupe n'ait d'expérience quelconque dans le domaine, nous y avons beaucoup réfléchi et nous avons estimé que nous étions capables de réaliser un tel projet.

Les grandes dates du projet :

Le projet s'est construit au cours de l'année 2013-2014.

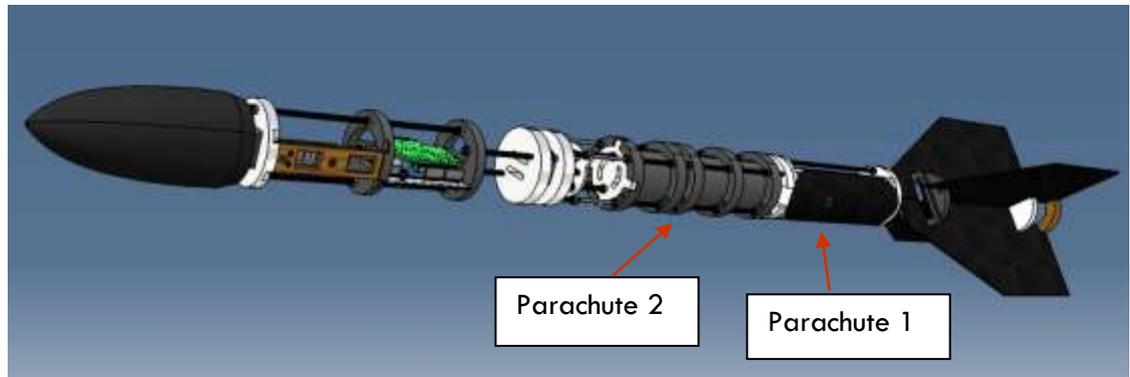
Une grande partie de l'année a été consacrée à la réflexion de différentes solutions techniques, puis à les tester, dans un premier temps avec des maquettes numériques puis des maquettes physiques.

La conception s'est faite petit à petit à partir du mois de mai. Nous avons commencé par le tube, puis la partie contenant le parachute, la partie contenant l'électronique, la coiffe, les ailerons et la partie contenant le propulseur. Nous avons commencé à intégrer l'ensemble des assemblages mécaniques et structures électroniques que nous avons au début du mois d'août et nous avons fini en intégrant le mécanisme de séparation mi-août avant de passer à la phase de test.

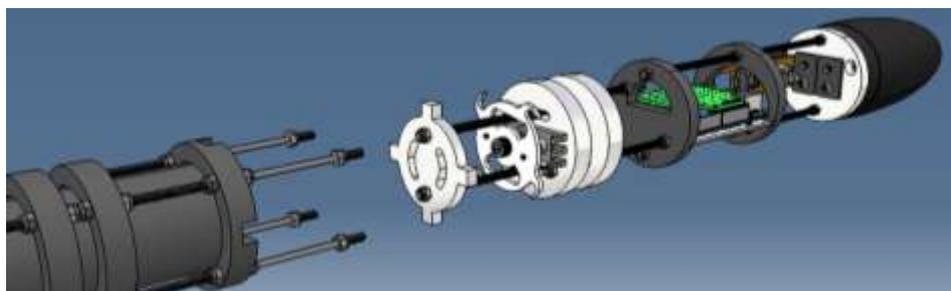
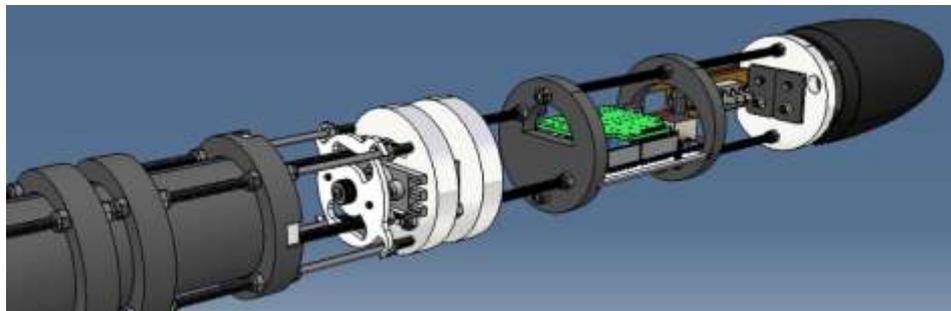
Le lancement s'est effectué à Biscarrosse, le 26 Août, au cours de la campagne C'Space 2014. Le projet s'est donc clôturé par un "super vol nominal" pour reprendre les termes exacts du speaker.

Description des expériences et présentation des résultats :

Il n'y a pas eu d'expérience électronique. L'expérience principale était donc le mécanisme de séparation.



Il y a deux parachutes dans la fusée, de telle sorte que la fusée retombe en deux points différents. Le premier parachute (parachute 1) se trouve dans la partie inférieure de la fusée et est relié à celle-ci, ce parachute sort par une ouverture latérale. Le deuxième parachute (parachute 2) se trouve également dans la partie inférieure de la fusée mais est relié à la partie supérieure.



Les étapes du vol :

- Dans un premier temps, un mécanisme verrouille les deux parties jusqu'à l'apogée à l'aide d'un servomoteur.
- Une seconde avant l'apogée, le servomoteur déverrouille les deux parties.

- A l'apogée, la trappe parachute s'ouvre et éjecte le parachute bas. Le parachute servant d'aérofrein, le choc de l'ouverture du parachute bas entraîne donc la séparation des deux parties.
- Comme le parachute haut est situé dans la partie basse, il se déploie lors de la séparation.
- Les deux parties retombent ensuite séparément au sol.

Il est à noter que le parachute bas est prévu pour se déployer même dans le cas où la séparation échouerait, et avait une surface suffisante pour assurer le retour de la fusée entière.

Le vol s'est passé exactement comme prévu et nous avons pu récupérer les deux parties intactes à environ 10 mètres l'une de l'autre. L'expérience est donc une réussite.

Que vous a apporté ce projet ?

Ce projet nous a principalement apporté beaucoup de connaissances techniques qui nous ont permis de réaliser d'autres projets par la suite. Il nous a également permis d'apprendre à travailler en équipe avec tous les problèmes que cela engendre, et à suivre une démarche menant à concevoir un projet.

Pour le club AéroIPSA, ce projet a servi d'exemple pour la conception des mini-fusées de l'année suivante.



La mini-fusée Eurêka.

5.7 Projet FSX-31

Projet de fusée expérimentale : FSX-31
Responsable du projet : Flavien Denis
Club : CLES-FACIL, Villeurbanne (69)

Présentation de l'équipe du projet, nombre de personnes, âge des participants, cursus,... :

Le club comprend désormais une vingtaine de membres (majoritairement de l'INSA de Lyon mais pas seulement), qui se réunissent tous les mercredis soir et souvent les samedis après-midi dans les locaux du club situés sur le campus de la Doua à Villeurbanne, près de la Médecine Préventive et l'IUT Lyon 1.

Les parcours des membres sont très variés : génie mécanique, génie électrique, génie informatique, génie des matériaux avec classe préparatoire avant ou I.U.T. Cela reflète bien la pluridisciplinarité du club. La moyenne d'âge est d'environ 20 ans.

Toutefois, l'association continue d'entretenir de bonnes relations avec les anciens membres, ce qui lui permet de profiter de leur expérience afin de ne pas commettre les mêmes erreurs que dans le passé et éviter tout accident.

C'est armé de cette équipe que le club s'est lancé cette année dans un projet passionnant qu'il me tarde de vous faire découvrir...

Description du projet et des objectifs :

Le 31^e projet de fusée expérimentale de l'association depuis 1967 a été lancé fin juillet 2015 à la Campagne Nationale de lancement, appelée C'Space.

Pour sa 52^e édition, le C'Space s'est déroulé pour la première fois près de Tarbes dans les Pyrénées, sur le camp militaire de Ger du 1^{er} RHP (Régiment de Hussards Parachutistes).

Organisé par le CNES, l'association Planète Sciences et avec le concours de l'Armée de terre, ce rendez-vous rassemble cette année près de 200 étudiants d'horizons et de cultures différents.

Le défi était de taille puisqu'il s'agissait de faire décoller une fusée bi-étage active c'est-à-dire capable d'embarquer un propulseur dans chaque étage.

Ainsi la fusée devait décoller avec le moteur du premier étage puis larguer cet étage pour allumer le moteur du second étage.

La difficulté résidait dans le fait de garantir la sécurité pendant la mise en œuvre et durant le vol. En effet, le vol peut rapidement se transformer en un tir de missiles si les moteurs sont allumés au mauvais moment.



Le projet se découpait en plusieurs expériences/défis à relever :

- La première expérience consistait en la séparation de la fusée en trois parties (corps inférieur/supérieur/ogive) avec bien sûr un système de récupération : un parachute pour chaque partie.

Cette séparation a été filmée par une caméra embarquée à bord de la fusée.

- Le deuxième objectif devait permettre de localiser la fusée dans l'espace en temps réel grâce à une centrale inertielle, un GPS et un radar. L'idée étant de redessiner en post vol la trajectoire empruntée par la fusée grâce aux données récupérées.
- Enfin le dernier défi, le plus délicat, était d'obtenir l'autorisation d'embarquer un propulseur chargé dans l'étage supérieur afin d'allumer le moteur de cet étage à la séparation.

Les raisons qui vous ont motivés à réaliser ce projet :

La fusée bi-étage active a longtemps été perçue comme l'aboutissement d'une longue série de lancements de fusex passives. Par ailleurs, si le club avait déjà réalisé cela, c'était il y a bien longtemps et nous n'avons plus beaucoup de traces... C'est pourquoi nous voulions remonter un projet sérieux de bi-étage active avec un dossier, des explications etc.

Enfin d'un point de vue électronique et mécanique, la fusée bi-étage active est très intéressante à réaliser.

Les grandes dates du projet :

Les trois réunions de Planète Sciences (RCE) qui ont lieu tout au long de l'année et permettent de faire un point sur le projet.

- De Septembre à Février : face de conception et modélisation sur logiciel CAO.
- De février à Juin : Fabrication des pièces et assemblage.
- Juillet : Derniers réglages.
- 18 au 25 juillet : Campagne de lancement à Tarbes.

Le club a su respecter sa chronologie et le projet a atteint son apogée dans les temps : le 23 juillet. En effet, FSX 31 a réussi à passer tous les tests et a volé durant la campagne.

Description des expériences et présentation des résultats :

FSX-31 a volé le jeudi 23 juillet ! La séparation a bien eu lieu et les données de la centrale inertielle ont été transmises par la fusée jusqu'au sol pendant la phase propulsée. Malgré l'ouverture prématurée des parachutes, tous les étages ont été retrouvés !

Le club a décidé par précaution de retirer le propulseur de l'étage supérieur et donc de réaliser une fusée bi-étage passive et non active dans un premier temps. Cependant, une caméra embarquée a simulé ce propulseur grâce à sa masse. Elle nous a d'ailleurs permis de filmer la séparation après 5 secondes de vol. Les données recueillies par la centrale inertielle nous ont permis d'émettre des hypothèses quant aux causes des difficultés rencontrées.



Tout ceci sera rédigé dans un rapport d'expérience et remis à Planète Science afin de toujours garder une trace de ce qui a été fait et assurer la transmission d'information de génération en génération.

Pour conclure ce projet, on peut dire que malgré les difficultés rencontrées, le club est fier d'avoir réussi à lancer FSX-31 et repart confiant pour le lancement de sa prochaine fusée qui sera cette fois-ci probablement une fusée bi-étage active.

Que vous a apporté ce projet ?

Ce projet nous a permis de nous rendre compte que même quand on croit avoir pensé à tout, on doit faire face à des difficultés imprévues : porte parachute ouverte trop tôt alors qu'il s'agissait d'un mécanisme testé et validé l'année passée. Ainsi, nous avons pu voir qu'il nous restait du travail afin d'accomplir tous les objectifs de notre mission bi-étage active.

Le club sort donc grandi d'un projet certes complexe mais qui amène à repenser certains mécanismes, à améliorer la conception de la fusée etc. Ce fut un projet enrichissant que nous sommes pressés de renouveler l'an prochain.



Le projet FSX-31 et son équipe sur l'aire de lancement.

5.8 Projet HYDRA

Projet de fusée expérimentale : ARES14BI-P2mP2 « Hydra »
Responsables du projet : Valentin Guinet (S3) et Bastien Gauthier (CLC)
Clubs : SUPAERO Space Section (S3), Toulouse (33) et
Centrale Lyon Cosmos (CLC), Ecully (69)

Présentation de l'équipe du projet, nombre de personnes, âge des participants, cursus,... :

Le démonstrateur Hydra a été réalisé sur 2 ans par une dizaine d'étudiants ingénieurs (20 à 23 ans) des clubs SUPAERO Space Section de l'ISAE-SUPAERO et de Centrale Lyon Cosmos de l'École Centrale de Lyon. Ce projet de fusée bi-étage mono-propulseur a été réalisé dans le cadre du **programme PERSEUS (Projet Etudiant de Recherche Spatiale Européen, Universitaire et Scientifique)** du CNES (pour plus d'info, voir www.perseus.fr).



Fig. 1 : L'équipe Hydra 2015 devant le démonstrateur sur rampe le jeudi 23/07/2015.

Description du projet et des objectifs :

Hydra est un démonstrateur développé dans le cadre du projet PERSEUS du CNES. Première fusée bi-étage PERSEUS, Hydra embarque de nombreux sous-systèmes inédits au sein du projet afin de :

- **Qualifier en situation réelle le Système de Séparation Inter-Etages (SSIE).**
Le SSIE a été réalisé par des étudiants de l'Institut Polytechnique des Sciences Avancées (IPSA) dans le cadre du programme PERSEUS. Ce système est destiné à être installé sur les fusées de la catégorie ARES PERFO (fusées supersoniques SERA). L'emport de ce système sur Hydra permet donc de le tester en situation réelle, de vérifier son bon fonctionnement, sa mise en œuvre et de valider ses caractéristiques (vitesse de séparation des étages, choc provoqué).
- **Observer le comportement entre les deux étages lors de la séparation.**
La séparation de deux étages en vol est un moment critique de l'ascension en termes

de perturbations aérodynamiques et d'efforts mécaniques. Aussi, une étude aérodynamique théorique a été menée à l'ISAE-SUPAERO en 2014 sur les interactions inter-étages lors de la séparation, mettant en avant l'existence de différences de pression au culot du second étage selon les inclinaisons relatives. Hydra est équipée de capteurs de pression, de centrales inertielles et d'une caméra permettant de restituer le comportement à la séparation.

- **Valider les procédures de mise en œuvre d'une fusée bi-étage.**

Bien que le second étage d'Hydra soit inerte, la conception et la mise en œuvre du démonstrateur ont été réalisées dans des conditions le plus proche possible des contraintes bi-étage. Ainsi, le second étage emporte un Faux Propulseur Instrumenté (FPI) simulant l'inertie d'un vrai propulseur et intégrant un dispositif de mesures de pression, une caméra, ainsi qu'un emplacement pour l'installation d'un inflammateur, lequel est déclenché en vol par un séquenceur pyrotechnique dédié installé dans la case électronique.

- **Qualifier un nouveau Système d'Arrachage des Ombilicaux (SAO).**

Afin de respecter les contraintes imposées par le format bi-étage lors de la mise en œuvre du démonstrateur sur la rampe (faible espacement angulaire entre les ailerons et la rampe notamment) et par le nombre de connecteurs ombilicaux (4 pour l'étage supérieur seul), un nouveau système tout intégré et rétractable a été développé en 2015 par S3. Celui-ci assure dans l'espace disponible un arrachage propre des connecteurs, tout en permettant une mise en œuvre sur rampe fiable.



Fig. 2 : Modèle de vol du Faux Propulseur Instrumenté.

Les raisons qui vous ont motivés à réaliser ce projet :

Ce démonstrateur proposait plusieurs défis tant techniques qu'organisationnels. Du côté technique, il fallait reconditionner un ancien démonstrateur (ARES6Evo « Teyla », tiré lors du C'Space 2012) en deuxième étage inerte, fabriquer un premier étage « minimal » (peu d'électronique embarquée, masse la plus faible possible) en plus d'intégrer de nombreux sous-systèmes inédits et encore en cours de conception, réalisés dans certains cas par d'autres associations (Système de Séparation Inter-Étage par l'IPSA, Séquenceur Pyrotechnique par le GAREF). Du côté humain, il fallait gérer la coopération entre les différentes entités en charge du projet malgré l'éloignement géographique et respecter des contraintes strictes pour les interfaces tant mécaniques qu'électriques. Pour l'année 2013-2014, CLC était en charge de l'étage inférieur et S3 du second étage. En 2014-2015, l'ensemble du projet est passé sous l'égide de S3.

Les grandes dates du projet :

Novembre 2013 : lancement du projet

Décembre 2013 – avril 2014 : conception des différents sous-systèmes

Avril 2014 – Juin 2014 : réalisation des sous-systèmes

Mai-Août 2014 : stage de Bastien Gauthier et Daniel Mornex (CLC) à l'IPSA sur le démonstrateur

Août 2014 : tentative de lancement lors du C'Space 2014 à Biscarosse. Rupture d'une durite au niveau du SSIE sur rampe. Le lancement est annulé à T0-1h.

Septembre 2014 – Juin 2015 : corrections de problèmes et création/amélioration de sous-systèmes par S3, amélioration du SSIE ainsi que du système de récupération de l'étage inférieur par l'IPSA.

23 juillet 2015 : vol nominal d'Hydra lors du C'Space sur le site du camp de Ger près de Tarbes

16 septembre 2015 : Revue d'exploitation au siège du CNES à Paris.

Le projet a aussi fait l'objet de nombreuses revues et points clés avec le projet PERSEUS au cours des deux ans.

Description des expériences et présentation des résultats :

Système de Séparation Inter-Étages (SSIE)

Le SSIE a été conçu pour répondre aux exigences des futurs démonstrateurs de la filière ARES PERFO bi-étages, plus lourds et longs qu'Hydra. Le système a subi de nombreuses modifications entre 2014 et 2015, améliorant largement sa fiabilité et sa facilité de mise en œuvre.

Ce système est basé sur un principe de mutualisation des actionneurs pour les actions de maintien, séparation et éloignement des étages. Il est conçu autour d'un système pneumatique avec des vérins à double-effet synchronisés sur des crochets de maintien.

Lors de la commande, les têtes de vérins déverrouillent les crochets du système puis continuent dans leur course pour donner une impulsion créant une différence de vitesse d'au moins 1m/s entre les 2 étages.

De nombreuses pièces du système ont été réalisées en impression 3D afin d'optimiser l'espace utilisé et la masse du système. Les durites sont semi-rigides et les pièces structurelles en aluminium afin d'éviter des masses mobiles.

Le comportement du système durant le vol a été très satisfaisant, avec une séparation en moins de 0.075s et une grande répétabilité des performances (comparaison avec des tests effectués au sol avant et après vol).



Fig. 3 : Modèle de vol du SSIE (système de séparation inter-étages).

Observation du comportement entre les deux étages lors de la séparation

Chaque étage étant équipé de centrales inertielles Sysnav fournissant des mesures @819Hz, il a été possible de reconstituer finement le déroulement de la séparation. En plus de fournir de nombreuses informations sur les performances du SSIE, cela a permis de

mettre en évidence les différentes étapes : mise en mouvement, découplage mécanique, fin du contact, arrivée en butée des vérins, comportement en roulis, ...

La caméra embarquée dans le Faux Propulseur Instrumenté du second étage a permis de confirmer visuellement les distances et le comportement des étages, fournissant des images impressionnantes (à retrouver sur la chaîne YouTube du SUPAERO Space Section : <https://goo.gl/qEFXQB>).

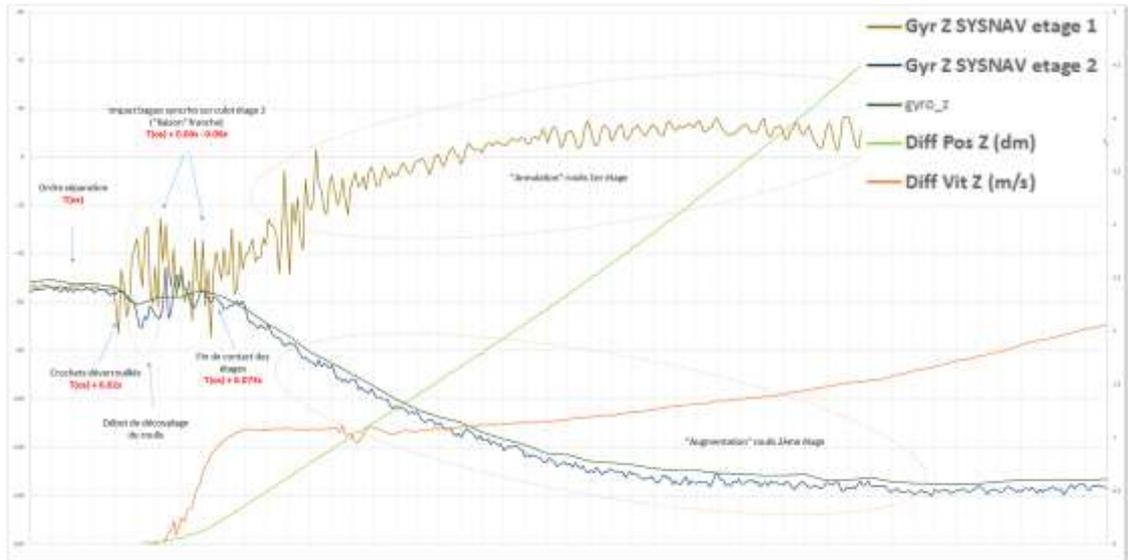


Fig. 4 : Données de certains gyroscopes et accéléromètres à la séparation.

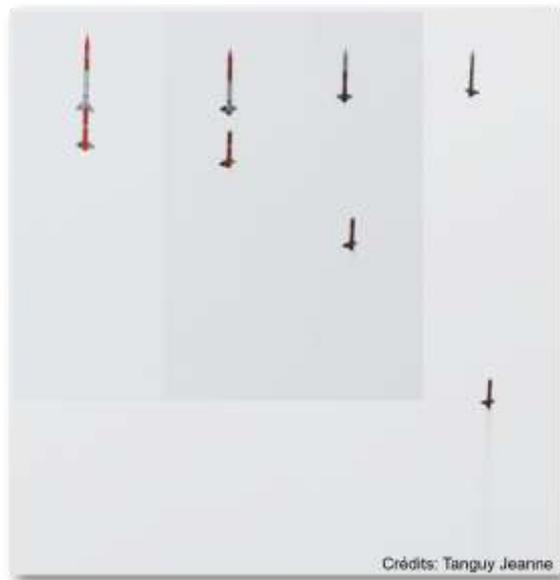


Fig. 5 : Photographies de la séparation.

Mise en œuvre d'une fusée bi-étage

Le vol a permis de tester avec succès le séquenceur pyrotechnique embarqué dans l'étage supérieur, tant pour sa mise en œuvre simple et sécurisée par les pyrotechniciens du C'Space que pour son fonctionnement. Ce premier test en conditions (presque) réelles fournit aussi un retour d'expérience important pour les futures fusées bi-étages bimoteurs,

tant au niveau de la conception des différents sous-systèmes que de l'organisation et de la chronologie en tente et sur rampe.

Système d'Arrachage des Ombilicaux (SAO)

Le SAO développé à l'ISAE-SUPAERO en 2015 a bien fonctionné et son comportement a pu être étudié grâce à une GoPro de Planète Sciences installée directement sur la rampe. Ce système va être perfectionné et intégré dans le démonstrateur SERA2 qui décollera de la base d'Esrange en Suède en avril 2016.

Validation d'améliorations incrémentales sur certains sous-systèmes

Au-delà des sous-systèmes présentés dans les précédents points, de nombreuses évolutions incrémentales ont été validées sur Hydra et seront réutilisées dans les prochains démonstrateurs : nouvelles cartes de mesures de pression déportées, utilisation de pièces imprimées en 3D (bouchons de vol, Faux Propulseur Instrumenté, système de récupération de l'étage inférieur), ...

Que vous a apporté ce projet ?

Ce projet a permis aux étudiants impliqués de découvrir la réalité d'un projet technique en collaboration, que ce soit entre S3 et CLC ou avec les autres partenaires du programme PERSEUS comme l'IPSA et le GAREF, le tout dans un cadre semi-professionnel proposé par le CNES.

La motivation inchangée des différents membres de l'équipe après la tentative de lancement au C'Space 2014 a permis de présenter en 2015 un démonstrateur beaucoup plus abouti avec des sous-systèmes améliorés et bien maîtrisés, rendant de fait possible le superbe vol nominal d'Hydra du 23 juillet dernier.

Pour les clubs, ce fut l'occasion d'expérimenter de façon poussée les contraintes d'une collaboration forte entre deux équipes géographiquement éloignées ainsi que de préparer l'avenir, puisque de nombreux développements issus d'Hydra et le retour d'expérience de ce projet sur 2 ans permettront d'alimenter les futurs projets PERSEUS, que ce soit au C'Space ou pour la filière ARES PERFO.



Fig. 6 : La fusée Hydra en sortie de rampe.

5.9 Projet KHALEESI

Projet de fusée expérimentale : Khaleesi
Responsables du projet : Thomas Tècher et Valérian Behot
Club : Air ESIEA, Ivry-sur-Seine (94)

Présentation de l'équipe du projet, nombre de personnes, âge des participants, cursus :

L'équipe projet de la fusée expérimentale Khaleesi est constituée de 6 personnes âgées de 19 à 23 ans. Initialement composée de 5 étudiants en 4^e année de l'ESIEA, une école d'ingénieurs en sciences et technologies du numérique, le groupe qui devait réaliser cette fusée dans le cadre d'un projet de fin d'étude, a été rejoint par un étudiant de 2^e année suite au départ en semestre d'échange à l'étranger de 3 participants. Ainsi, la fusée Khaleesi a finalement été réalisée par 3 étudiants de 2^e et 4^e année de février 2014 à son lancement lors de la campagne C'Space 2014.

Description du projet et des objectifs :

La fusée expérimentale Khaleesi a été conçue au sein de l'association aérospatiale de l'ESIEA, Air-ESIEA. De ce fait, nous avons conçu une fusée avec une structure mécanique simplifiée et nous avons principalement travaillé sur l'électronique de la fusée afin d'exploiter différents capteurs.

Le premier et principal objectif de ce projet était de réaliser une fusée équipée d'une instrumentation permettant d'acquérir des données de trajectographie.

Le second objectif était de reconstituer une base technique en mécanique et aérodynamique au sein de l'association, ces matières n'étant pas enseignées à l'ESIEA.

Ce projet a servi à préparer des projets plus ambitieux les années suivantes. Ainsi, à la suite de la campagne 2014, nous avons réfléchi au développement d'une fusée bi-étage, nécessitant différentes étapes de validations sur de nouvelles fusées de plus en plus complexes. Nous prévoyons de lancer cette fusée lors de la campagne C'Space 2017.

Les raisons qui vous ont motivés à réaliser ce projet :

La motivation de l'association Air-ESIEA pour ce projet était de démarrer un programme à long terme de conception de fusées de plus en plus complexes. Le succès d'une première fusée expérimentale constituait ainsi la première étape du développement d'une série de fusées jusqu'à la réalisation d'une fusée bi-étage emportant avec elle des CanSat.

Les grandes dates du projet :

Une grande partie de l'équipe qui avait participé à la campagne C'Space 2013 dans le cadre du concours CanSat, a été très intéressée par la réalisation d'une fusée expérimentale et a souhaité travailler lors de leur 4^e année d'étude sur une fusée.

Pour cela, il nous a été nécessaire de redécouvrir les techniques de bases des fusées. Ainsi, les premiers mois de ce projet ont permis par des recherches bibliographiques et des calculs de déterminer au mieux les besoins techniques d'une fusée. En janvier 2014, le planning était fixé et il nous fallait démarrer la réalisation. Lors du premier semestre 2014,



l'étude, la conception puis la réalisation des cartes électroniques et de la mécanique ont été menées, permettant ainsi de prévoir un lancement lors de la Campagne 2014.

L'utilisation de technologies nouvelles pour nous, telle que la fibre de verre utilisée pour faire la peau non porteuse de la fusée, ont fortement ralenti le projet. Ceci n'a pas permis d'atteindre les 70% d'avancement requis lors de la 3^e Rencontre des Clubs Espace, mais l'équipe, très motivée, a réussi à finaliser la fusée durant le mois de juillet pour être prête au lancement lors de la campagne 2014.

Description des expériences et présentation des résultats :

Pour débiter la série de fusées que nous voulions mettre en place, nous avons souhaité implémenter différents capteurs afin de connaître de façon précise l'évolution d'une fusée expérimentale au cours du vol. Ces capteurs ont été choisis en fonction de nos objectifs et de sorte que l'ensemble puisse fonctionner en adéquation.

Nos objectifs étaient simples : établir de premières mesures pour la nouvelle génération de fusées que nous allions créer et ainsi avoir une base de réflexion plus sûre pour les projets à venir. Ces points passent par des caractéristiques essentielles de la fusée, par exemple ses performances aérodynamiques.

Ces performances aérodynamiques sont la vitesse et l'altitude à l'apogée de la fusée. Pour déterminer ces deux points nous avons considéré deux aspects : le plan horizontal et l'altitude.

Expérience

Pour ce qui est du plan horizontal, l'utilisation d'un GPS nous a semblé l'option la plus viable pour notre projet. Nous nous sommes appuyés sur une cellule GPS que nous avons validée lors du lâcher de notre CanSat lors de la campagne 2013. Des accéléromètres ont complété ces mesures pour compenser les limitations en accélération au-dessus de 4g de la cellule GPS.

Le second élément, l'altitude, peut être déterminé avec précision à l'aide de mesures des caractéristiques environnementales de l'atmosphère. Les deux principales mesures, la pression et la température, permettent de déterminer précisément l'altitude de la fusée à chaque instant grâce à la formule du nivellement barométrique.

Nous avons également ajouté un hygromètre, qui bien que peu utile pour cette étude permettait de compléter le trio caractéristique de l'atmosphère : température – pression – humidité.

Résultats

La combinaison de ces trois types de mesures a permis de confirmer que la fusée a atteint l'altitude de 1622m avec une vitesse de pointe de 750km/h, ces paramètres étant justifiés par la légèreté de l'appareil, environ 5,5kg (propulseur non compris).

Ces résultats se sont avérés très satisfaisants puisqu'il s'agissait pour nous d'un premier prototype.

Cette première expérience a montré que la fusée aurait pu aller encore plus haut compte tenu de son faible poids, si la peau avait été réalisée avec un matériel plus adéquat de façon à diminuer le coefficient de traînée aérodynamique (Cx).



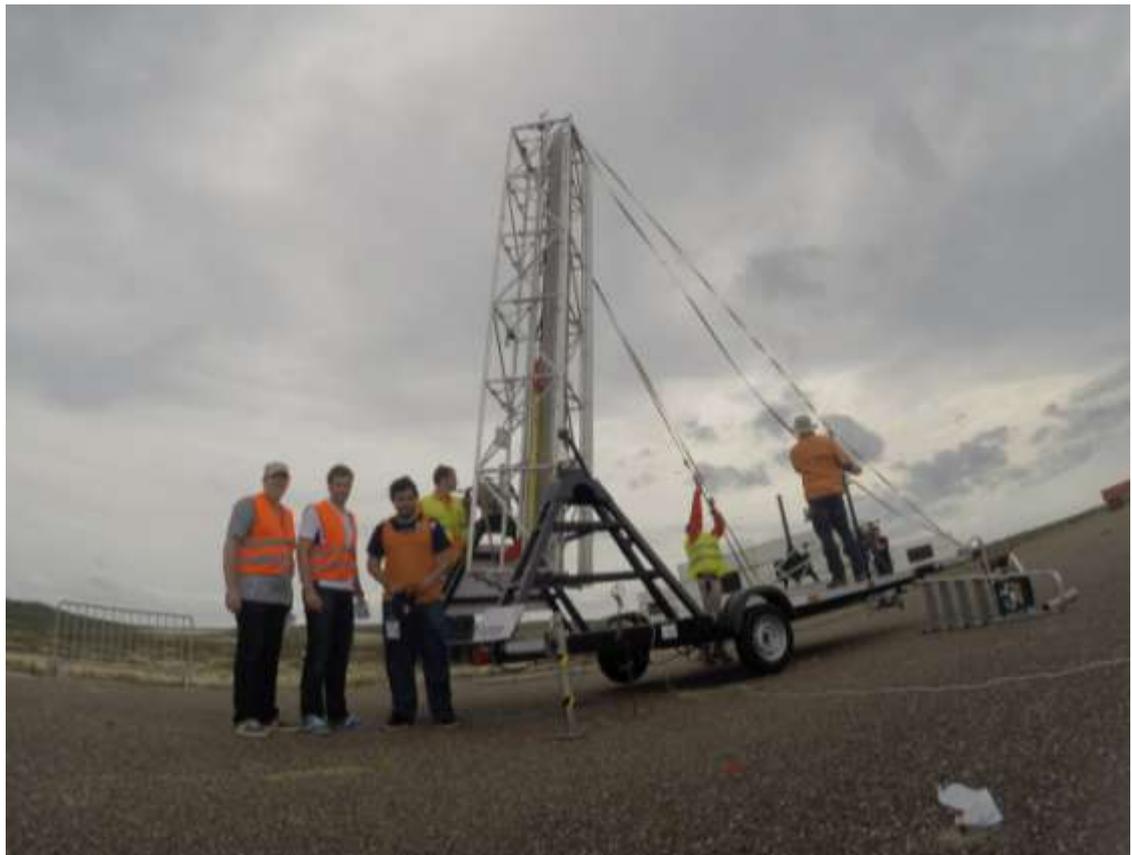
Ces résultats se retrouvent grâce à un accéléromètre placé à bord, qui nous permet d'avoir une idée précise et non biaisée de l'accélération subie par l'appareil (12,3g). Ce chiffre permet également de valider une conception mécanique simple basée sur une structure porteuse et de nous conforter dans des solutions techniques qui ne nous sont pas enseignées dans notre école.

Que vous a apporté ce projet ? :

Ce projet, qui en plus d'avoir rempli le premier objectif avec succès, nous a apporté une nouvelle base de connaissances techniques sur les fusées dans l'association Air-ESIEA. Il a permis de quantifier les apports technique, humain et financier nécessaires à la réalisation d'un tel projet afin d'être mieux préparés aux campagnes futures.

D'un point de vue personnel, ce projet a permis à l'ensemble de l'équipe d'avoir une nouvelle façon d'aborder un projet. Le travail était en effet très conséquent et une bonne organisation était nécessaire. Des activités telles que la documentation fonctionnelle ou la gestion d'un budget relativement important ont pu être abordées de façon claire et traitées correctement.

La mise en « concurrence » des projets lors de la campagne a également permis de développer une vision critique de son travail. En effet, la campagne est, outre un lieu de lancements, un moment pendant lequel chaque équipe peut échanger et observer le travail des autres afin d'améliorer un processus ou d'optimiser ses futures réalisations.



Le projet Khaleesi dans la rampe de lancement, avec l'équipe.

5.10 Projet ORSEUS-II

Projet de ballon expérimental : Orseus-II
Responsable du projet : Bastien Vincke
Club : IUT d'Orsay, Orsay (91).

Présentation de l'équipe du projet, nombre de personnes, âge des participants, cursus :

Une équipe d'étudiants du département Mesures Physiques de l'IUT d'Orsay a décidé de reprendre le flambeau du projet Orseus I. Ce projet consiste à concevoir une nacelle de ballon stratosphérique contenant de nombreuses expérimentations et à réaliser un lâcher afin de collecter les mesures puis les exploiter. L'équipe comporte 12 étudiants de seconde année du DUT Mesures Physiques. Elle est encadrée par un enseignant chercheur.

Description du projet et des objectifs :

Notre projet « Orseus Project » a de multiples objectifs tant pour les étudiants que pour notre IUT. Le principal objectif du projet est d'être un projet pédagogique permettant de développer le savoir, le savoir-faire et le savoir être de nos étudiants.

L'IUT d'Orsay souhaite continuer à développer des projets de grande envergure afin de susciter l'engouement des étudiants. Ce type de projet permet une implication forte des étudiants qui décident à la fois du contenu du projet et de sa réalisation. La gestion de projet, la réalisation, le travail en équipe mais surtout la confrontation avec les aléas inhérents à la conduite et à la réalisation d'un tel projet sont des situations et des connaissances indispensables à la formation de nos étudiants.

La conception du ballon sonde a permis à nos étudiants de Mesures Physiques d'appliquer de nombreuses connaissances acquises lors de la première année mais aussi de continuer à développer de manière plus autonome leur connaissance. L'IUT a pour objectif d'impliquer au maximum les étudiants dans leur projet et de développer le travail en autonomie.

Les grandes dates du projet :

Le projet a été réalisé par des étudiants de seconde année durant toute l'année scolaire. Les étudiants ont débuté la conception de leur nacelle dès le mois de septembre. La contrainte temporelle majeure est le départ des étudiants en stage fin Mars / début Avril. Les étudiants réalisent parfois leur stage à l'étranger, il a été nécessaire de réaliser le lâcher du ballon avant cette date.

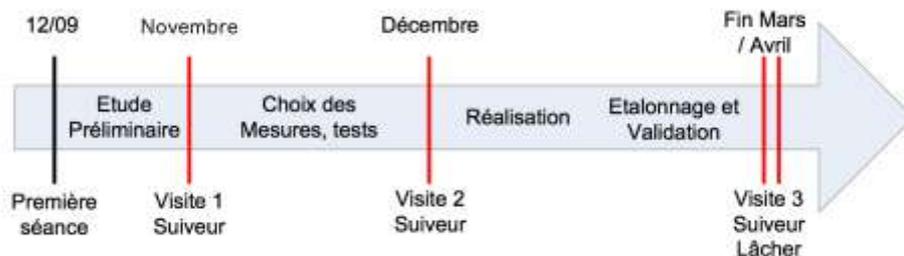


Fig. 1 : Planning du projet.

L'ensemble des travaux a été ponctué par des visites au siège de l'association Planète Sciences (Ris Orangis, 91) afin de faire valider notre travail par la coordinatrice des activités « ballons », Elodie Francillette. Dès le mois de septembre, les étudiants ont réalisé une étude de faisabilité et ont commencé à choisir leurs expériences. Après avoir validé leurs expériences avec Elodie, ils se sont attelés à la réalisation et aux tests afin de valider le bon fonctionnement de leur prototype. La phase d'étalonnage et de validation a impliqué de nombreuses modifications et a permis de valider le fonctionnement de notre nacelle.

Le jour du lâcher a été un grand jour pour tous les participants. En effet, après avoir homologué leur nacelle auprès de Planète Sciences durant la journée de Rencontre des Clubs Espaces à la Cité des sciences, l'équipe était prête à réaliser le lâcher de son ballon le samedi 11 Avril à Argeville, Audeville. Arrivée sur le site de Audeville, Argeville, l'équipe prépare son lâcher. Il est nécessaire de vérifier l'intégralité de la chaîne de vol et de préparer le lieu de gonflage. En parallèle, une équipe met en route la nacelle et vérifie que la télétransmission fonctionne correctement : RAS, tout fonctionne ! Malgré les rafales de vent, on décide de gonfler notre ballon. Afin de sécuriser au mieux notre gonflage, le ballon est donc gonflé entre deux bâches. En effet, le ballon est extrêmement fragile et peut éclater à tout moment. Après avoir vidé deux bouteilles d'hélium, le ballon est prêt à être lâché. Dernières explications d'Elodie et le ballon est lâché ! Et là : catastrophe !! Le ballon vient d'éclater : Faux départ !! Après avoir visionné le ralenti, on remarquera que le ballon a en réalité touché le sol. Le ballon étant très fragile, il a instantanément éclaté. Je me rappellerai longtemps du visage des étudiants déçu de ce lâcher, les bras tombant, à la limite de la larme à l'œil... Un projet d'une année réduite à néant en moins d'une seconde... Heureusement, Elodie avait tout prévu ! Elle avait amené un autre ballon et prévu deux bouteilles d'hélium supplémentaires ! Nous nous précipitons alors vers le récepteur de télémétrie et tout se passe correctement. Les données arrivent, notre ballon est en route vers l'Est ! Malheureusement, la puissance du signal reçu diminue et nous perdons le contact avec notre ballon.

L'équipe décide alors de partir au point de chute prévu : Malay-le-Grand, à l'est de Sens. Après 1h de voiture, nous arrivons sur les lieux et nous scannons la fréquence de notre ballon en espérant reprendre contact... Aucun signe de vie ! Après de longues minutes, le ballon nous envoie deux SMS (moderne ce ballon !) contenant sa position actuelle, il est apparemment en train de descendre ! Il se situe à Boeurs en Othe à seulement 20 km de nous. Nous nous déplaçons donc à Boeurs en Othe avec un grand espoir de retrouver notre nacelle. Malheureusement, en arrivant sur les lieux, nous nous apercevons que la couverture GSM est inexistante dans ce lieu et donc notre ballon ne pourra pas nous recontacter. Nous décidons de scanner la fréquence : aucune réponse. Après environ 2 h à fouiller les lieux, il faut se rendre à l'évidence : nous ne retrouverons pas notre nacelle aujourd'hui. Notre équipe repart donc vers Orsay, remplie de souvenirs et en ayant l'espoir qu'un inconnu retrouve notre nacelle et nous contacte afin de nous la rendre.

Une semaine plus tard, j'ai reçu à 14h11 un coup de téléphone d'un fermier de Boeurs en Othe... qui a retrouvé notre Nacelle !!!!! A priori, nous avons cherché au bon endroit !! Nous aurons peut-être des réponses à nos questions: Est-ce que notre fameuse diode s'est allumée ? Est-ce que nos panneaux solaires ont produit assez d'énergie ? Est-ce que le myRIO a tenu les températures négatives ? Est-ce que le GPS a fonctionné ??? Y'avait-il de la pollution sur notre trajet ? Pourquoi avons-nous perdu la télétransmission si rapidement ?

Un nouveau voyage à Boeurs en Othe a donc été programmé afin de trouver notre sauveur. Après avoir trouvé difficilement la rue "Bob carrière" à Boeurs en Othe, j'ai pu



rencontrer l'agriculteur qui a mis la main sur notre nacelle. Quel bonheur de la revoir ! Après une étude rapide, toutes les données sont lisibles !!! Nous avons pu extraire le fichier contenant l'ensemble des données et nous avons aussi pu récupérer l'ensemble des photos prises par notre nacelle (environ 5000 photos).

Description des expériences et présentation des résultats :

Les étudiants de Mesures Physiques sont formés pour concevoir, évaluer et utiliser divers systèmes de mesures. Cependant, pour ce projet, l'accent a été mis sur l'originalité des mesures. En effet, il n'est pas courant de réaliser des mesures à plus de 30 km d'altitude. Plusieurs contraintes ont été fixées dès le début du projet par l'encadrant IUT. Des mesures « simples » sont imposées (température intérieur / extérieur, pression). Ce type de mesures a déjà été réalisé lors du projet 2014 mais les mesures de température semblent être fausses. Les étudiants ont eu pour mission d'améliorer ce point.

L'originalité des mesures est venue des étudiants. Cette année, ils ont décidé de réaliser plusieurs mesures plus originales que l'année dernière :

- Mesure de la pollution
- Mesure de la pression en instrumentant une expérience à base de seringue
- Etude des mouvements de la nacelle en fonction de l'altitude
- Conception d'un générateur de tension basé sur la faible température (effet Peltier)
- Etude du rayonnement solaire : Utilisation de panneau solaire (souple afin de garantir la sécurité) et capteur de luminosité

Les étudiants ont été amenés à développer un logiciel complet de suivi de vol au sol en utilisant le logiciel LabVIEW. Ce type d'interface est une part importante de leur cursus. L'ensemble des systèmes développés a été testé dans une enceinte conçue pour réaliser des changements climatiques. En effet, il est important de valider des systèmes à des températures, des pressions, des taux d'humidités divers.

Après dépouillement des données, nous avons pu reconstituer la trajectoire de notre ballon. Il aura parcouru plus de 115 km à vol d'oiseau. De nombreuses photos ont été mises à disposition de l'IUT. Enfin, plusieurs données (pression / température / altitude) sont aujourd'hui utilisées par les enseignants du cours de thermodynamique.

Concernant la génération d'énergie, les résultats n'ont pas été au rendez-vous. En effet, notre LED ne s'est jamais allumée. Nous pensons qu'il est nécessaire d'améliorer le refroidissement de la plaque à effet Peltier. Plusieurs solutions ont été émises en particulier la génération d'un flux d'air forcé ou l'utilisation d'un dissipateur.



Fig. 2 : Comparaison entre trajectoire prévue et trajectoire réelle.

Que vous a apporté ce projet ?

Comme l'année précédente, l'apport du projet est très important pour les étudiants, pour moi et aussi pour l'IUT. Au niveau du savoir, les étudiants ont pu appréhender de nouvelles technologies en particulier dans le domaine des systèmes embarqués. Ils ont pu avoir leur première expérience d'un système complexe et d'un projet de grande envergure. De plus, ils ont été soumis à une certaine pression due au planning et à la date de lâcher.

Au delà des compétences techniques, l'apport du projet est aussi humain. Les étudiants participant aux projets développent des liens importants au fur et à mesure de l'année. L'organisation interne se met en place au fur et à mesure des mois et il est très intéressant de voir les relations entre les étudiants évoluer.

Au niveau de l'IUT, le projet a eu de nombreuses retombées. En particulier, un article est paru sur le site web de l'université Paris Sud, de l'IUT d'Orsay et aussi sur le blog de l'association Planète Sciences. Le projet a été présenté lors d'un séminaire et d'une journée organisée par National Instrument. Lors de cette journée dédiée aux projets réalisés par les étudiants, notre projet a reçu un accueil très positif. Enfin, l'ensemble du personnel de l'IUT a félicité les étudiants pour leur projet qui a pu être remarqué au delà de nos murs.

Conclusions et Perspectives :

Le projet évolue au fil des années. Personnellement, le projet est aussi formateur pour moi et me permet de réorienter mon enseignement en fonction des connaissances acquises.

Pour l'année prochaine, je souhaite développer de manière plus importante le lien avec les entreprises. En effet, cette année, nous avons été en contact avec National Instrument concernant notre carte d'acquisition. Mais cette année, les liens vont être plus forts. En particulier, nous sommes en contact avec la société HORIBA qui produit des analyseurs d'air. Leur savoir-faire est indispensable afin de réaliser des mesures de qualités. Le contact avec la société a été très simple et je suis sûr que les étudiants en tireront un très grand profit.

Enfin, je souhaite continuer à développer des systèmes de haute technologie. Plus particulièrement, deux étudiants ont lancé un projet d'anémomètre à ultrason. La conception de cet instrument implique d'utiliser des technologies de pointe et propose un réel défi technologique aux étudiants.



Fig. 3 : Intérieur de la nacelle et photo de la Terre prise depuis le ballon.

5.11 Projet SCALAR

Projet de fusée expérimentale : SCALAR (Supearo CAusat LAuncheR)

Responsable du projet : Ludovic Fraumar

Club : SUPAERO Space Section, Toulouse (31)

Présentation de l'équipe du projet, nombre de personnes, âge des participants, cursus :

Le projet SCALAR a rassemblé 17 étudiants de l'ISAE-SUPAERO : 16 élèves de 1^{re} et 2^e année (1A et 2A) en formation ingénieur SUPAERO âgés de 20 à 23 ans, et 1 étudiant du Mastère Spécialisé Aerospace Project Management (MS APM) âgé de 25 ans. L'équipe s'est répartie en trois pôles :

- **Le pôle gestion de projet** composé d'un Responsable de projet étudiant en MS APM, de deux Responsables de pôle (mécanique et électronique) étudiants en 2^e année (2A) et d'un Responsable communication étudiant en 1^{re} année (1A).
- **Le pôle mécanique** composé du Responsable mécanique, de huit élèves-ingénieurs de 1^{re} année et de deux 2^e année en support technique.
- **Le pôle électronique** composé du Responsable électronique et de quatre 1^{re} année.

En cours d'année, des Responsables de 1^{re} année ont été désignés pour suppléer l'équipe de gestion du projet. Ce système de binôme a permis aux étudiants de 1^{re} année de s'approprier davantage le projet, de prendre plus d'initiatives et une plus grande responsabilité.

Description du projet et des objectifs :

SCALAR est une fusée expérimentale mono-étage qui constitue un support pour réaliser des études ou tester des systèmes en vol. Dans le cadre de cette nouvelle activité du club (projet interne hors PERSEUS), nous avons défini les trois objectifs principaux suivants :

- **Transporter et Ejecter un CanSat** : la finalité du lanceur étant de transporter une charge utile, nous avons souhaité créer un système d'éjection propre au club, utilisé également dans le système de récupération (parachute). Nous avons conçu en interne la charge utile.
- **Mesurer l'attitude du lanceur durant le vol et la trajectoire** : la connaissance du comportement du démonstrateur permet d'évaluer les choix de conception faits. Le lanceur est donc équipé d'un tube Pitot et de différents composants (capteur de pression, cartes électroniques, accéléromètre et gyromètre 3 axes) permettant la mesure et l'enregistrement des paramètres de vol.
- **Assurer la transmission de données par télémesure** : l'enregistrement en temps réel de données au sol est une compétence indispensable dans le domaine des lanceurs. Cela assure la préservation d'un minimum de données et limite le risque de perte totale en cas de vol balistique.

En plus de ces expériences, nous avons installé une caméra dans la coiffe, pour offrir des images exceptionnelles du lancement, et pour avoir une donnée supplémentaire d'analyse du vol (roulis, détection de l'apogée...)

Les raisons qui vous ont motivés à réaliser ce projet :

SCALAR est l'un des 4 projets du club SUPAERO Space Section en 2014/2015. Il constitue la suite du projet SIMURGH (fusée expérimentale construite à partir de sous-systèmes mécaniques développés auparavant par le club) qui a fait un vol nominal lors du C'Space 2014.

Fort de cette première expérience réussie, nous avons décidé de poursuivre l'aventure avec un projet plus ambitieux : concevoir la première fusée interne au club capable d'éjecter une charge utile de type CanSat, entièrement développée par les étudiants sur une année scolaire.

Malgré une complexité accrue des objectifs, SCALAR était l'opportunité de développer une architecture standard pour les fusées internes du club, en nous appuyant sur le retour d'expérience de SIMURGH et sur le savoir-faire acquis grâce au programme PERSEUS.

Les grandes dates du projet :

L'équipe projet a réalisé intégralement la mise en œuvre des phases du projet : élaboration du cahier des charges, du budget et de la planification, réalisation technique (CAO et production). Les membres se sont également investis sur des activités transverses de la gestion de projet : démarchage d'entreprises, communication, relation avec les partenaires...

Les principaux jalons du projet sont les suivantes :

- **Kick-Off meeting (21/10/2014)** : après une étude système et fonctionnelle réalisée par des 2A en début d'année scolaire, le club a décidé de lancer le projet SCALAR
- **Preliminary Design Review PDR (17/12/2015)**: après la définition des sous-systèmes l'architecture générale de la fusée a été validée.
- **Critical Design Review CDR (11/02/2015)** : les remarques de la PDR ont été prises en compte, et l'architecture mécanique détaillée réalisée sous CAO a été validée. La phase de production a commencé avec le concours des entreprises partenaires et des enseignants-chercheurs de l'école qui nous ont accompagnés et encadrés dans la réalisation.
- **Bilan Technique BT (11/06/2015)** : un point d'avancement lors de la phase d'assemblage a été fait à la suite de la 3^{ème} Rencontre Clubs Espace organisée par Planète Sciences. Le projet a accumulé un retard important qui menaçait notre capacité à lancer. Un plan d'action a été mis en place pour rattraper la situation.
- **Campagne C'Space (18 au 25 juillet 2015)** : grâce au travail important réalisé en juin et juillet, nous sommes arrivés avec un lanceur quasi prêt à la campagne de lancement.
- **Compte-rendu après lancement CRAL (28/07/2015)** : le lendemain du vol, l'équipe s'est réunie 4 heures durant pour faire le retour d'expérience exhaustif de tout le projet et de la campagne.
- **Clôture du projet (02/09/2015)** : à la rentrée, la réunion de clôture s'est tenue avec toute l'équipe SCALAR, entérinant le bilan positif du projet. Un rapport a été rédigé contenant les résultats des expériences, un retour d'expérience exhaustif de la gestion, de la partie technique et du C'Space ainsi que le témoignage des membres sur le bénéfice qu'a représenté pour eux le projet SCALAR.



Description des expériences et présentation des résultats :

A partir des grandeurs mesurées (pression atmosphérique, pression totale, accélérations 3 axes, vitesses angulaires 3 axes), il a été possible grâce aux lois de l'aérodynamique et à des modèles de vol, de remonter à la trajectoire et l'attitude de SCALAR :

- La pression atmosphérique varie ainsi entre 868 et 971 hPa, soit une variation d'altitude de 924,7 mètres (934m prévus lors du contrôle Fusex par Planète Sciences). Les données de la télémétrie confirment la croissance linéaire de la pression avec le temps lors de la retombée : la descente sous parachute s'est effectuée à vitesse verticale quasi-constante de 11,9 m/s, contre 12 m/s calculés.
- Le nombre de Mach maximal calculé à partir des données est de 0,285, soit une vitesse de 349 km/h environ, soit moins que les 482 km/h prévus sur le logiciel Stabtraj. Cette différence très importante peut s'expliquer par la qualité très limitée des mesures disponibles.
- L'accélération au décollage mesurée est de 69 m/s², soit 7,0 g (7,8 g avec l'accélération de la pesanteur), contre 66,9 m/s² calculé durant le projet.

Les données exploitables ont révélé que la fusée s'est globalement comportée conformément à ce qui avait été prévu théoriquement. Néanmoins, l'impossibilité d'accéder à des données « accélérométriques », temporelles et barométriques fiables nous empêche de déterminer précisément la trajectoire. Ces points ont été pris en compte et des recommandations ont été faites dans le retour d'expérience pour les futurs projets du club.

Le système d'éjection a fonctionné parfaitement pour le parachute, mais s'est actionné en cours de vol pour le CanSat (confirmé par les données mesurées). Il sera donc revu pour augmenter sa fiabilité. Pour ce qui concerne la caméra, elle a permis d'avoir des images renversantes... à voir sur notre site internet.

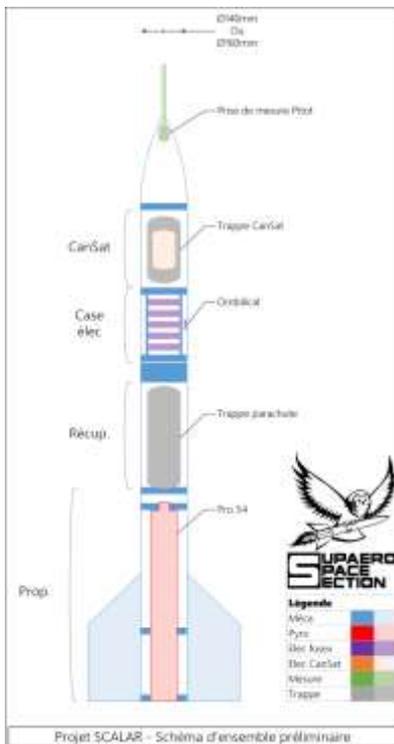


Fig. 1 : Schéma interne de la fusée SCALAR et photo du décollage.

Que vous a apporté ce projet ? :

De nombreux projets voient le jour au sein du club et permettent aux étudiants d'utiliser les connaissances qu'ils ont acquises lors des cours dispensés dans le cursus SUPAERO. Ce projet associatif a nécessité un travail en équipe, pour lequel nous devons développer des qualités humaines et compétences en gestion d'équipe. Autant d'atouts et de valeurs indispensables aux futurs ingénieurs que nous sommes.

Par ailleurs, ce projet a été l'occasion de former les étudiants à des aspects plus opérationnels (production de pièces) et organisationnels (méthodologie de gestion de projet PMI). En effet, en tant que maître d'œuvre de SCALAR, nous avons adopté une véritable démarche professionnelle et misé sur l'acquisition et la transmission des compétences au sein du club, grâce à des formations dispensées tout au long du projet. Cette expérience a donc apporté aux membres de l'équipe un enrichissement personnel et professionnel indéniable, et a été un complément utile à la formation SUPAERO.

En outre, le projet SCALAR a permis au club d'obtenir de nombreux partenariats, sous forme d'aide financière (Fondation ISAE, Alten), matérielle (Axiom Solutions Aluminium, ATG Composite) ou de support technique (Aero Composite Toulousain) : nous souhaitons désormais les pérenniser. Nous avons également fait un effort important pour développer notre communication par la publication de 5 articles (sur les sites de l'école et de nos sponsors), notre présence sur les réseaux sociaux (Facebook) et la création de notre page internet (www.supaerospacesection.fr). Nous avons ainsi pu valoriser auprès d'un large public le travail des membres du SUPAERO Space Section ainsi que toutes les personnes (les enseignants-chercheurs de l'ISAE notamment) et les partenaires qui nous ont soutenus.

Enfin, la participation du club au C'Space a permis d'y représenter l'ISAE-SUPAERO et d'affirmer la présence de l'école dans un domaine où elle est pour l'instant peu présente. Tous les efforts fournis ont été récompensés du Prix Planète Sciences Fusée Expérimentale C'Space 2015; un encouragement pour le club à poursuivre l'aventure avec un nouveau projet de fusée interne.



Fig. 2 : L'équipe du projet SCALAR.



5.12 Projet STR-04

Project of experimental rocket: STR-04
Project leader: Stefan Schindler
Club: TU Wien Space Team, Vienna, Austria

Present your team (number, age, studies...):

We are a team from the Vienna University of technology. We have been founded in 2010 and working since this date on projects which are related to the aerospace. Currently there are about 50 members, from different studies (Physics, electronical engineering, mechanical engineering, informatics etc.) from 19 to 35 years old.

Describe your project and its goal:

STR-04 was a two-stage precursor rocket. Developed alongside its sister rocket STR-03A, it shared many design parameters like the lightweight CFRP/GFRP airframe, the framework internal structure and the board computer. The upper stage has basically the same configuration as STR-03A, with only minor changes to allow for stage coupling.

In the booster stage, the redundant pneumatic recovery device of the upper stage was adapted for stage separation.

While the upper stage used a two-phase recovery with a drogue deployed at apogee and a large main parachute deployed ~200 m above ground, the booster stage was equipped with one small parachute only.

Our board computer FMS2 was used to record flight data and provide telemetry to the ground station.



Fig. 1: STR-04 Strive render

Design parameters:

- Weight (excl. Motor): 7330 g
- Weight (incl. Motor): 9020 g
- Length: 2670 mm
- Diameter: 104 mm

What has motivated you for doing this project?

Multistage rockets are the most efficient way to achieve high altitudes. STR-04 was developed to get first experience in launching such a rocket. In order to comply with the regulations of the C'Space launch campaign, the upper stage of STR-04 was equipped only with a dummy mass simulating the mass of a Pro54 motor.

What were the big dates of your project?

Early conception started in fall 2013. Design and manufacturing of the mechanical and electrical components as well as software engineering was conducted throughout the first half of 2014, with system integration and testing in summer leading up to C'Space in late August.

After passing all necessary tests STR-03A was launched on August 29th, 2014.

Describe your experience and your result:

STR-04 was launched and achieved nominal flight, with stage separation and successful parachute deployment of both stages.

However no data was received from the upper stage after apogee. Fortunately, the coordinates of the landing site from triangulation by the C'Space ground team were sufficiently accurate due to excellent visibility of the descent phase. The upper stage was successfully recovered.

While GPS coordinates were received from the touchdown site of the booster stage, it happened to land in a restricted area, so recovery was not allowed. Since the telemetry link was limited to communication with only one stage at a time and it was chosen to record data from the upper stage on the ground station during flight, all flight data from the on-board storage of the booster stage were lost.

Post-flight analysis of the upper stage showed the same kind of damage as was already seen in STR-03A. The high shock of parachute deployment (~ 30 g) resulted in a cut of about 250 mm in the body tube. With the results from the earlier flight of STR-03A, the deployment bag of the main parachute of STR-04 was reinforced and it withstood the deployment shock. However in this case, the release clamp of the main parachute broke and the parachute deployed completely at apogee.

The board computer of the upper stage crashed right after apogee, however flight data of the ascent phase was received and recorded by the ground station.

Flight data for STR-04 upper stage:

- Maximum acceleration: 89 m/s^2 (9.1 g)
- Altitude at apogee: 1490 m
- Time to apogee: 17.5 s



Fig. 2: STR-04 launch.

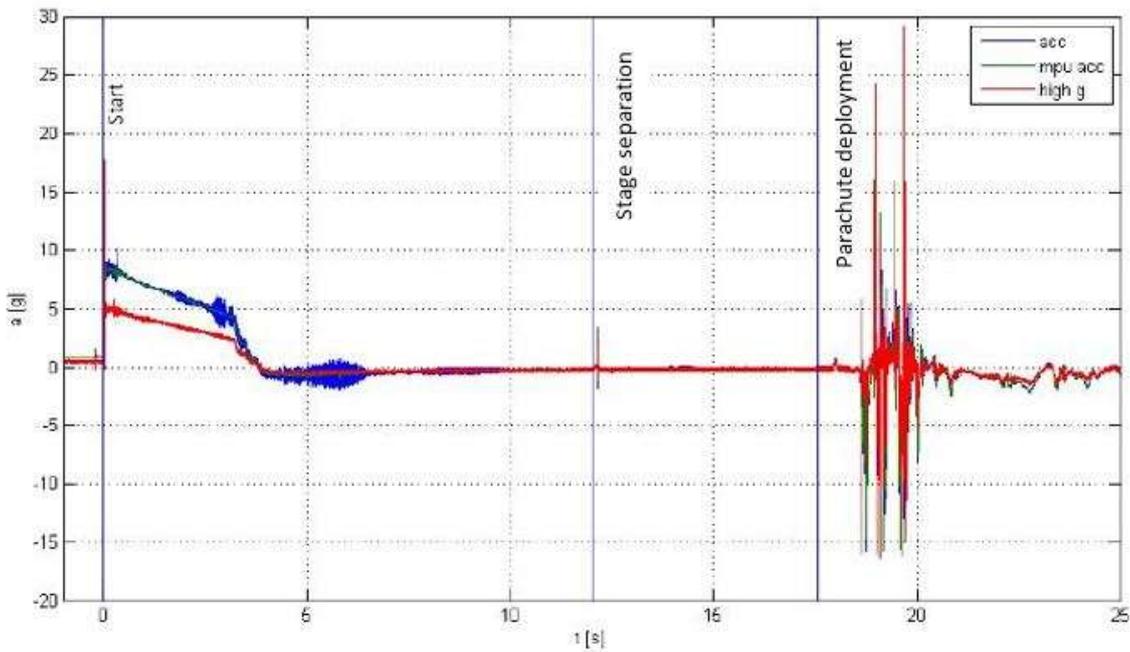


Fig. 3: Acceleration data of STR-04 upper stage.

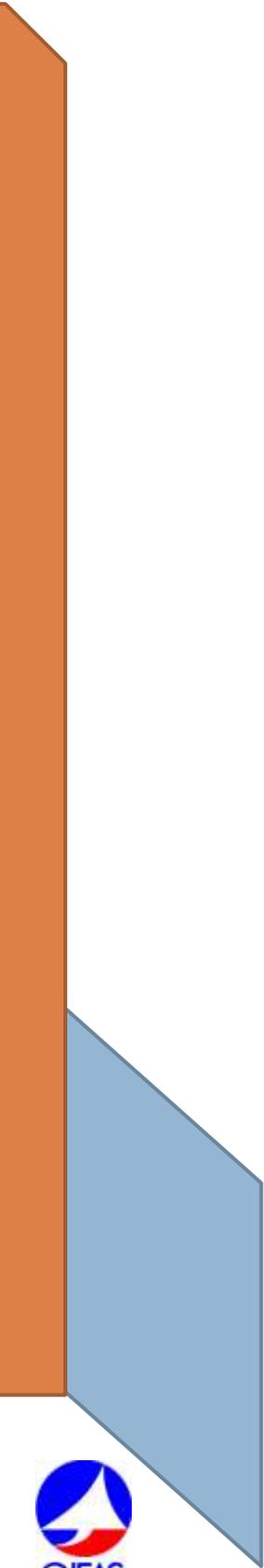
What did this project bring to your team?

The successful flight of STR-04 provided first experience in launching a multistage rocket. The pneumatic stage separation device performed properly, flight data showed only negligible influence on the trajectory of the upper stage during stage separation, which is a necessary requirement for ignition of the upper stage motor.

The parachute mechanism was found to be wanting, with the release clamp of the main parachute not able to withstand the deployment force. With the results from the flight of STR-03A this was to be expected, since the design of the mechanism is the same in both rockets.



Fig. 4: STR-04 on the launch pad.



6 EVALUATION DES PROJETS (NOTES DU JURY)

Projet	Originalité de l'expérience	Qualité de réalisation	Exploitation des résultats	Organisation de l'équipe	Gestion du projet	Dynamisme de la présentation	Appréciation globale	Commentaires libres
Ajax ESO								
Artémis Eirspace								
Cassiopée Louis Lumière								
Eurêka AeroIPSA								
FSX-31 Clès-Facil								

Projet	Originalité de l'expérience	Qualité de réalisation	Exploitation des résultats	Organisation de l'équipe	Gestion du projet	Dynamisme de la présentation	Appréciation globale	Commentaires libres
Hydra CLC – S3								
Khaleesi Air ESEIA								
Orseus-II IUT d'Orsay								
SCALAR S3								
STR-04 TU Wien Space								

Planète Sciences remercie tous les industriels participant au jury 2015 des Prix Espace et Industrie ainsi que les jeunes candidats pour la qualité de leur travail et de leurs présentations.



L'association régie par la loi du 1er Juillet 1901 a pour objet depuis 1962 de favoriser auprès des jeunes l'intérêt, la pratique et la connaissance des sciences et des techniques.

Planète Sciences

16 place Jacques Brel
91130 Ris-Orangis
Secrétariat : 01 69 02 76 10

Amandine Gueurce

Responsable du Secteur Espace
Coordination des Prix Espace et Industrie
E-mail : amandine.gueurce@planete-sciences.org
Tél. : 01 69 02 76 28

www.planete-sciences.org



<https://fr-fr.facebook.com/PlaneteSciences/>

<https://fr-fr.facebook.com/cspace.news>



@PlaneteSciences

@cspacefr