

Centrale Lyon Cosmos

Hermès II

BOURTOULE Lucas
 COLMBAN Lucas
 FOLRIANO João
 JOLLY Guillaume
 MOBAREK Mehdi
 PARELLO Romain

Résumé : Depuis de nombreuses années, l'association Centrale Lyon Cosmos (CLC) réalisait des mini-fusées. La technologie des mini-fusées étant maintenant bien maîtrisée, le CLC a cette fois commandité une fusée expérimentale (Fuséx). Le travail de l'année était donc de faire évoluer les solutions technologiques développées les années précédentes pour les adapter sur des fusées plus grandes et bien lourdes, ainsi que de perfectionner l'expériences de transmission de données en temps réel et celle de détection d'apogée qui n'a pas été fonctionnelle l'année dernière.


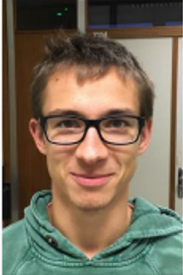
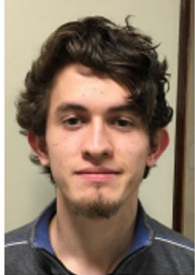
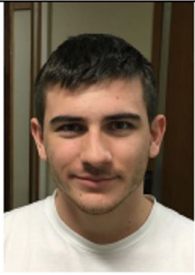


Informatique	Electronique	Electronique
		
Lucas BOURTOULE	Lucas COLOMBAN	João FLORIANO
		
Guillaume JOLLY	Mehdi MOBAREK	Romain PARELLO
Mécanique	Mécanique	Mécanique

Photo de l'équipe en charge du projet

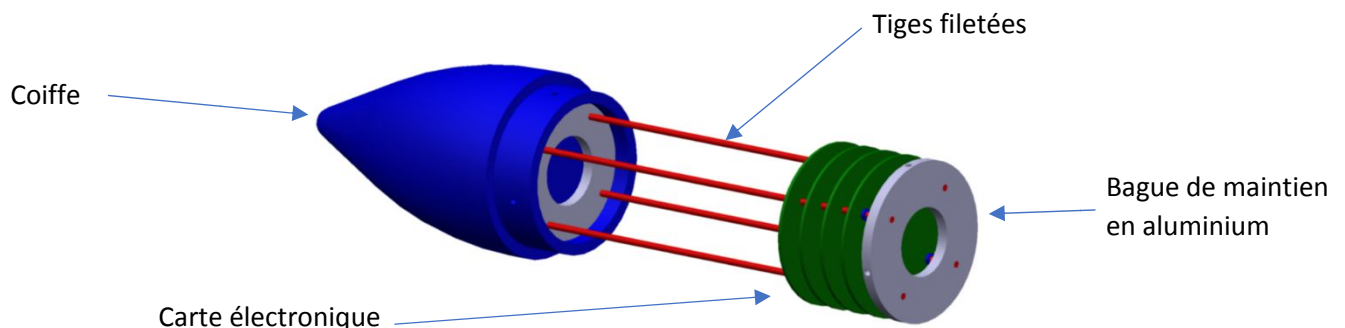
1 Introduction

Le projet Hermès II est commandité par l'association Centrale Lyon Cosmos (CLC), association étudiante de l'Ecole centrale de Lyon, dans le cadre d'un projet d'étude. Il y a principalement un groupe de projet d'étude travaillant sur ce projet, aidé d'un deuxième groupe chargé de développer un module de transmission de données longues distances pour plusieurs projets du club, soit 12 personnes au total. Nous avons découpé le travail en trois pôles : un pôle mécanique, chargé de concevoir et de réaliser la structure mécanique de la fusée, un pôle électronique s'occupant de la conception et de la fabrication des cartes électroniques nécessaires pour le vol et l'expérience de la fusée ainsi qu'un pôle informatique qui est en charge de développer les codes informatiques pour les cartes.

2 Description mécanique

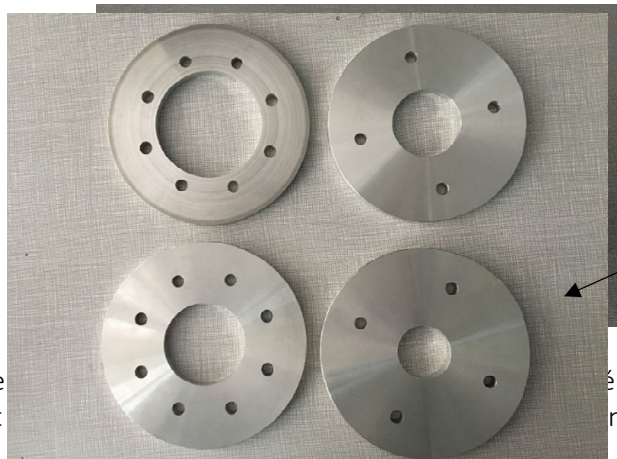
Les différentes pièces de la fusée conçues et réalisées par la branche mécanique sont :

- Une peau en PVC, matériau résistant, peu coûteux, et compatible avec le cahier des charges de Planète Sciences ;
- Des tiges filetées en acier et quatre bagues en aluminium placées à l'intérieur du corps constituant la structure porteuse. Les cartes électroniques et la case parachute sont également fixées sur ces tiges :



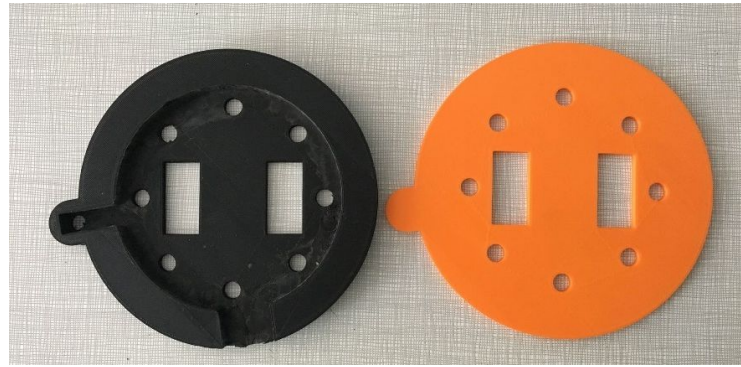
Modèle Catia de la partie haute de la fusée (case électronique)

- Une coiffe imprimée en ABS :




- Une bague mixte fusée, et où sont

Bague de maintien en aluminium



- Cinq bagues en bois pour fixer le propulseur, les ailerons, le servomoteur ouvrant la trappe du parachute et le matériel d'alimentation ;
- Quatre ailerons en aluminium assurant la stabilité de la fusée pendant le vol ;
- Un parachute rond d'un rayon de 1000mm, avec une ouverture centrale de 170mm de diamètre (3,1 m²) ;

Les données stabtraj sont données figure suivante :



STABILITO
Stabilité de fusée à ailerons

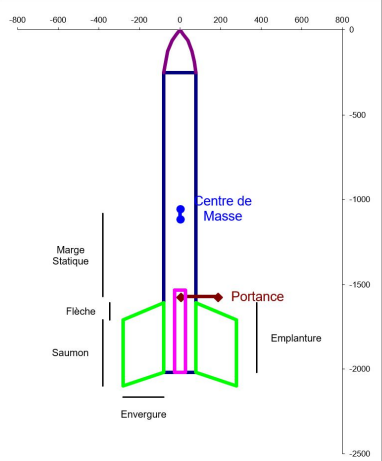
Remplir les cases jaunes

Fusée	
Nom	Ma fusée
Club	Mon club
Type	Fusée expérimentale.
Masse	11000 g sans propu
Centre de Masse	1010 mm sans propu
Longueur totale	2020 mm

Propulseur	
Type	Barasinga (Pro54-5G)
Position du bas	2020 mm


Coiffe	
Forme	Ogivale (pointue)
Hauteur	251 mm
Diamètre	157 mm

Ailerons	
Mono-empennage	
Emplanture 'm'	415 mm
Saumon 'n'	395 mm
Flèche 'p'	100 mm
Envergure 'E'	200 mm
Épaisseur 'ep'	2 mm
Nombre	4
Position du bas	2020 mm



15/05/2018	Min	Résultats	Max
Finesse	10	12.9	35
Portance	15	17.6	17.6
MargeStat.	2 D	2.91 D	3.29 D
Couple	40	51.1	57.8
XCp		1569 mm	1569 mm
MS /L		23% L	26% L

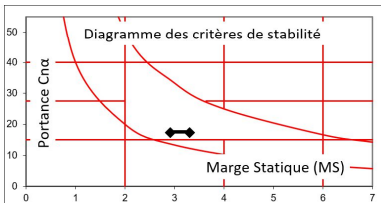
STABLE

Language/Langue  Français

Fusée mono-diamètre,

	Propu plein	Propu vide	Sans propu
Masse propu	1.685 kg	0.652 kg	-
CdM propu	250 mm	240 mm	-
Masse fusée	12.69 kg	11.65 kg	11 kg
CdM fusée	1113 mm	1053 mm	1010 mm

	XCp	Cna
Coiffe	117 mm	2.0
Ailerons	1756 mm	15.6



3 Description électronique et informatique

La case électronique est le cœur de la fusée : elle assure le bon déroulement du vol, du décollage, du déploiement du parachute, le stockage et l'envoi de données expérimentales, ou encore la gestion des capteurs embarqués. Elle est composée de cinq cartes électroniques :

- La carte alimentation sert à connecter la batterie et à mettre sous tension les autres cartes. Elle comprend notamment deux convertisseurs linéaires, qui fournissent en sortie une tension 3,3V pour l'un et 5V pour l'autre. L'énergie de la carte alimentation provient d'une batterie de type Lithium Polymère à 2 cellules avec une tension nominale de 7,4V.

- La carte séquenceur gère les différentes étapes du vol, c'est-à-dire le démarrage, le déploiement du parachute si celui-ci est forcé et l'émission de données. C'est la carte maîtresse du dispositif.
- La carte mixte basée sur les travaux des années précédentes fait partie de ce que l'on appelle la bague mixte. Sur cette carte sont fixés :
 - Un interrupteur, qui permet d'allumer la fusée
 - Deux diodes, pour l'indication d'état de la fusée et de l'alimentation
 - Une prise Jack, qui permet à la carte séquenceur de détecter le décollage

Cette carte, une fois insérée dans la bague mixte, permet de présenter ces éléments à l'extérieur de la fusée sans en compromettre la structure et l'esthétique. Son rôle est également d'éviter l'utilisation de fils, qui présentent un haut risque pour la fusée en cas d'arrachement, de court-circuit, ou de mauvais arrangement à déboguer, raison pour laquelle la communication par bus est privilégiée. La carte mixte a une géométrie propre à cause de sa fonctionnalité et de sa position dans la fusée (bague mixte : région de connexion entre la case électronique et la coiffe) comme présenté dans la figure ci-dessous :

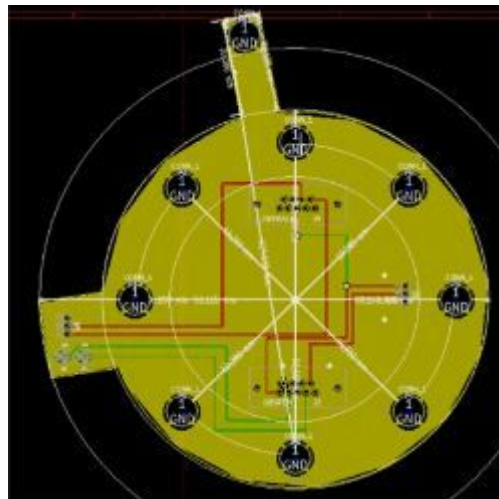


Schéma de la carte mixte fait dans le logiciel KiCad

- Deux cartes capteur permettent la transmission de données longue portée et la détection de l'apogée grâce une centrale inertielle disposant d'un gyroscope et d'un accéléromètre. Les cartes capteur sont en fait un assemblage de deux cartes, la carte mère et la carte fille. Les cartes mères servent de support aux cartes filles. Elles permettent de contrôler les cartes filles, d'acquérir les données et de les transmettre à la carte séquenceur.



Carte inertielle (à gauche) et carte fille pour la (à droite)

- La carte fille de la centrale inertielle contient un module MPU-6050 qui est composé d'un accéléromètre (qui mesure les accélérations linéaires) et d'un gyroscope (qui mesure les vitesses de rotation) du type MEMS trois axes que l'on utilise pour réaliser l'algorithme de détection d'apogée. La communication avec la carte est faite en utilisant le protocole I2C. La carte mère a donc comme fonction principal de faire la liaison entre cartes pour la communication I2C et alimenter le module.
- La carte fille télémétrie sert de support au module LoRa, qui est un module de communication longue portée. Ce module a pour vocation d'assurer la communication avec le sol et le recueil de données du vol au sol, pour ne pas avoir à les stocker dans la fusée. L'un des objectifs de ce projet est de communiquer avec le sol pendant toute la durée du vol. Afin de répondre à cet objectif, il faut une carte qui restera au sol et sera reliée à un ordinateur, sur laquelle est présent un autre module LoRa pour récupérer les données émises par la fusée.



Récepteur LoRa, utilisé au sol avec un ordinateur

Les cartes séquenceur, capteur et transmission possèdent chacune un microcontrôleur PIC 18F2685 fonctionnant à une fréquence de 20 MHz et programmable en C à l'aide du compilateur PIC C. Son intérêt principal réside dans sa robustesse et dans l'expérience capitalisée les années passées. Toutes les cartes sont reliées physiquement par des ports série empilés pour éviter l'usage de câbles. Voici une illustration du montage des cartes électroniques (modèle de test à échelle réduite) :



Exemple de montage des cartes électroniques

La communication entre cartes est assurée au moyen du protocole de communication Can Bus tandis que l'interfaçage entre la carte capteur et la centrale inertielle est réalisé en I2C.

Les cinq cartes doivent permettre d'observer le déroulé prévu du vol. Lors de la mise sous tension avant le décollage, les voyants lumineux et les avertisseurs sonores de la carte mixte doivent se manifester pour indiquer que la fusée est opérationnelle. Au moment du décollage, la carte séquenceur doit lancer le décompte du temps de vol suite à l'arrachement d'une prise jack intégrée à la bague mixte. Ensuite, pendant toute la phase de montée, l'ouverture du parachute doit être interdite. La fusée doit atteindre son apogée dans une fenêtre temporelle qui a été estimée à partir des données mécaniques : la détection d'apogée par la centrale inertielle est alors active. Lorsque la vitesse verticale s'annule ou que l'inclinaison de la fusée en tangage devient négative, la carte capteur en informe la carte séquenceur qui déclenche l'ouverture du parachute via un servomoteur. En cas de dysfonctionnement, le séquenceur force quand même l'ouverture du parachute au bout de la durée maximale de sûreté afin que la fusée ne s'écrase pas. Enfin, tout au long du vol, la carte de transmission envoie à un module au sol les données acquises par la carte capteur.

Enfin pour localiser et récupérer la fusée après le vol, on utilisera un module GPS TK-102B qui envoie sa position par SMS en utilisant une carte SIM. Ce module est intégré à la bague alimentation de la fusée.

4. Sponsors

Nous tenons à remercier notre sponsor qui nous aide depuis plusieurs années à réaliser nos projets :



Cirly, fabricant de circuits imprimés, qui réalise la plupart de nos cartes électroniques

5. Retour du projet post C'space

La fusée expérimentale Hermès II n'a malheureusement pas pu être lancée au cours du C'space 2018. Lors de la préparation finale un souci électronique a en effet été détecté et celui n'a pas pu être corrigé sur place, empêchant Hermès II de passer les tests de qualification. Cependant une partie du projet a quand même pu être validée. Le savoir et savoir-faire acquis seront donc réutilisés l'année prochaine sur les nouveaux projets en développement et peut être sur la suite de ce projet s'il est reconduit.

Voici en détail le rapport d'expérience de la fusée Hermès II, avec les améliorations possibles relevées lors du C'space :

Partie Mécanique :

L'ensemble de la structure mécanique, qui a été complètement repensée cette année pour servir de modèle standard aux prochains projets, a été validée. Le concept de structure interne

porteuse en métal est donc un choix judicieux. De même, la conception de la fusex permettant le montage/démontage et l'accès aux cartes électroniques rapide a été bien appréciée lors du C'space. Enfin l'adaptation de la carte mixte sur une fusex est un succès du point de vue mécanique. Le seul point négatif a été une erreur de calcul du centre de gravité qui était trop bas pour assurer la stabilité. Il a donc fallu ajuster avec un lest dans la coiffe pour compenser. Les prochains projets devront donc mettre l'accent sur la modélisation catia complète et précise de la fusée pour déterminer ce centre de gravité avec une meilleure précision.

Au niveau des améliorations possibles, elles consistent principalement à remplacer les matériaux utilisés par d'autres plus légers pour réduire le poids. En effet Hermès II a un poids important qui empêcherait son utilisation pour d'autres expériences embarquées plus lourdes. Les pistes envisagées pour réduire le poids sont multiples : utilisation de fibre de carbone ou de verre pour la peau si le budget le permet, ou au minimum d'un PVC plus fin (et si possible avec moins d'imperfection géométrique), diminution de l'épaisseur des bagues en métal au minimum requis (à déterminer avec des calculs d'efforts), passage à seulement deux bagues de maintien propulseur au lieu de 3 et fabrication de la case parachute en plastique. Une dernière amélioration pourrait être la révision du système de fixation de la coiffe, qui s'est révélé un peu fragile à la manipulation.

Partie électronique :

Comme annoncé précédemment, Hermès n'a pas passé avec succès les tests de validation de la partie électronique assurant l'ouverture du parachute, la récupération au sol et comportant l'expérience embarquée.

Le principal problème vient du fait que les tests des cartes électroniques n'ont soit pas été faits avant le C'space, soit trop tard et les erreurs détectées n'ont pas pu être traitées. Un gros problème a en effet été repéré une semaine avant la fin du projet et n'a pas pu être corrigé à temps. La carte séquenceur de la fusex n'était donc pas fonctionnelle pour les tests de qualification. Il faudra donc pour la suite du projet et les projets futurs premièrement reprendre les schémas Kidcad des cartes électroniques pour corriger le défaut, et deuxièmement toujours réserver un temps conséquent à la fin de l'année pour les tests. Certains points ont quand même été une réussite, notamment l'adaptation des cartes au diamètre d'une fusex ainsi que leur intégration dans le corps principal.