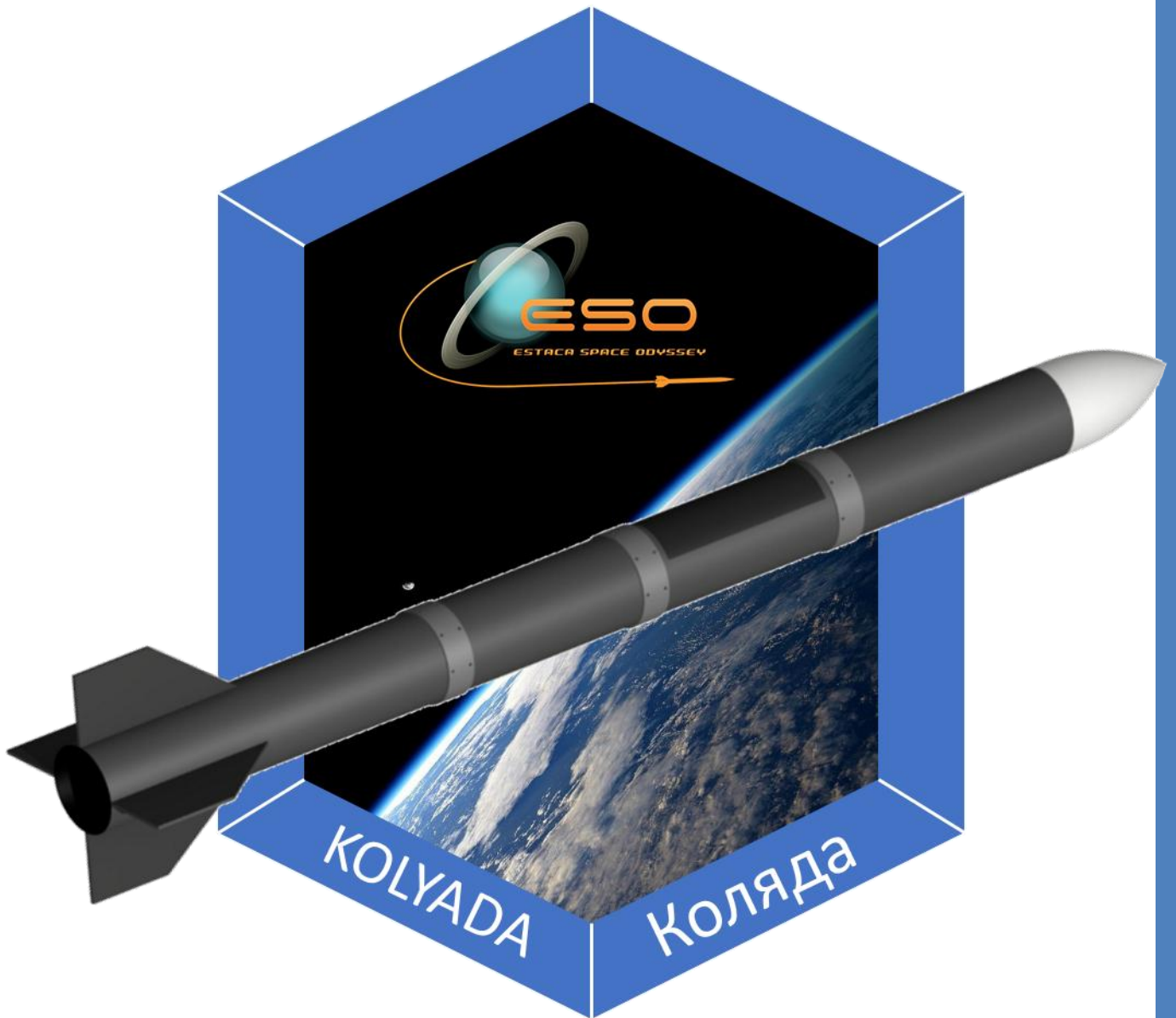


PROJET DE FUSEX

KOLYADA



Thomas CLAQUIN
Dimitri GUERSON
Ludovic FALCH
William CLAISSE
Maxence FORESTIER
François-Wandrille DE LAMBERTERIE

Sommaire

- 1) Introduction au projet3
- 2) Partie mécanique.....4
- 3) Partie électronique et informatique.....4
- 4) Expérience5
- 5) Assemblage de Kolyada lors du C'space6
- 6) Déroulement du vol.....8
- 7) La gestion du projet9
- 8) Exploitation des résultats9

1) Introduction au projet

La fusex Kolyada sera réalisé au sein de l'association ESO (ESTACA Space Odyssey), une association étudiante au sein de l'école d'ingénieur ESTACA par des élèves ingénieurs entre la 2ème et la 4ème année. La fusex a été réalisé en étroite collaboration avec un autre groupe de l'ESO : SWAROG II, un cansat. L'idée de ce projet double vient de la frustration de ne pas avoir pu lancer notre précédent cansat depuis une fusex l'année précédente. Donc avec le chef de projet du cansat, nous avons décidé de réaliser une fusex et un cansat en coopération.

Le groupe qui réalise Kolyada est constitué de CLAQUIN Thomas, chef de projet ainsi que de CLAISSE William, GUERSON Dimitri, FALCH Ludovic, DE LAMBERTERIE François-Wandrille et de FORESTIER Maxence. Tandis que William et Maxence s'occupent de la partie électronique, Dimitri et François-Wandrille s'occupent de la partie mécanique. La CAO fut réalisée sous validation du bureau de l'ESO afin de corriger d'éventuelles erreurs dû à notre manque d'expérience. La partie programmation fut réalisée en coopération avec BILLIAU Hadrien, chef de projet du cansat.

A cause de nombreux problèmes internes au groupe, le projet a subi de nombreuses évolutions en cours de développement : si le largage du cansat était une partie importante de l'expérience, il n'a pas pu être fini à temps et la fusex a dû être légèrement modifiée en conséquence.



De gauche à droite et de haut en bas : Ludovic FALCH, Dimitri GUERSON, François-Wandrille DE LAMBERTERIE, Maxence FORESTIER, Thomas CLAQUIN et Hadrien BILLIAU. Manque William CLAISSE

2) Partie mécanique

Pour la structure mécanique, nous avons choisi dès le début une structure en peau porteuse. Ce choix fut pensé pour éviter de perdre de la place pour le cansat. En effet, une structure porteuse interne prendrait beaucoup de place ce qui se répercuterait sur le diamètre du cansat. Une peau en fibre de carbone nous semblait le meilleur compromis entre la masse de la structure et sa résistance. Pour le diamètre, nous avons choisi un diamètre 125 mm intérieur afin de pouvoir embarquer le cansat de diamètre 80 mm ainsi que pour des facilités de réalisation. En effet, ce diamètre est un standard pour les tubes PVC et il nous a été facile de nous en procurer un pour servir de support pour le carbone. La coiffe fut quant à elle réalisée en PLA par impression 3D.

Plusieurs tronçons regroupant chacun une fonction formeront la fusée : un tronçon pour le bloc propulseur, un pour le parachute et le cansat, qui ne servira finalement que pour le parachute, et un pour la partie électrique et électronique.

La longueur totale de la fusée fut modifiée à plusieurs reprises. Comme l'expérience de trajectographie ne prend pas énormément de place, l'idée de base était de faire une fusée relativement courte (environ 1m40). Mais cette hauteur, combinée à un diamètre assez grand faisait que la finesse était faible ce qui obligeait à augmenter la taille des ailerons. Après discussion avec des membres plus expérimentés de l'association, on a décidé de rallonger Kolyada de 20 cm pour pallier à ce problème. Un autre élément important qui aurait pu jouer sur la longueur fut le cansat. En effet, au moment de la RCE 3, la décision fut prise de l'annuler et la fusée se retrouva avec un tronçon cansat/parachute à moitié vide. Plutôt que de raccourcir cet étage, nous avons décidé de le laisser tel quel, entièrement dédié au parachute.

Dû à mon manque d'expérience, il y a plusieurs erreurs qui ont été commises. On peut par exemple citer les bagues de centrage propulseur ainsi que la bague de pousser qui sont surdimensionnées ce qui a reculé le centre de masse donc la taille des ailerons.

3) Partie électronique et informatique

Étant donné la simplicité de notre fusée et du manque d'expérience de la plupart des membres du groupe en électronique, nous avons voulu faire quelque chose de très simple : sans compter l'expérience que l'on développera après, la seule partie électronique est la minuterie.

Pour celle-ci nous avons choisi une minuterie analogique réalisée par nos soins afin de former nos membres et d'éviter d'éventuels problèmes avec un Arduino. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur une formation minuterie faite dans le club par des étudiants expérimentés. La minuterie servira à l'ouverture des portes du cansat et du parachute. Elle fut légèrement modifiée lors du C'space, sous les conseils des contrôleurs pour y ajouter une diode de roues libres en parallèle de l'électro-aimant.

Après calcul de la consommation de nos éléments, nous avons cherché une batterie Lipo de minimum 8000 mAh et d'une tension entre 3.7 et 4.5V pour alimenter l'expérience. Notre choix c'est finalement porté sur une batterie externe pour téléphone de 20000 mAh car assez simple à se

procurer et parfaitement adapté au Raspberry Pi 3. Pour alimenter les électroaimants qui maintiennent les portes, nous utilisons deux piles 9V branché en série.

Si une télémesure était initialement prévue à l'aide de Xbee, l'idée fut complètement abandonnée suite du au retard sur le projet et au manque de personne.

4) Expérience

En plus de lancer le cansat Swarog II, Kolyada aura pour mission de réaliser la trajectographie du lanceur de deux façons différentes : en utilisant un GPS et en utilisant une centrale inertielle. Cette expérience d'apparence assez simple a pour but de comparer la précision de ces deux méthodes pour de future utilisation ainsi que de faire manipuler aux membres du projet une Raspberry Pi et de donner des bases en python.

Pour le GPS, nous avons pris un GPS HAT adapté à notre Raspberry Pi 3. Pour la centrale inertielle, notre choix c'est porté sur l'AltiMu -10 V5, une petite carte qui rassemble gyroscope 3 axes, accéléromètre 3 axes, magnétomètre 3 axes et un baromètre qui fait office d'altimètre. Ce composant à l'avantage d'avoir des bibliothèques Raspberry Pi déjà faite. La plupart des capteurs étant des MEMS, la carte est relativement petite ce qui nous fais gagner de la place.

Les capteurs furent indépendamment calibrés en amont du C'space avec une vérification de la cohérence des mesures durant la semaine de préparation.

L'expérience présente de nombreux défaut lié à sa conception. Si par exemple le choix d'un Raspberry Pi a été fait à des fin pédagogique, cela va avoir une répercussion sur la précision des résultats obtenu. En effet, contrairement à un microcontrôleur type Arduino, le système Raspberry Pi n'est pas temps réel. Aussi, des irrégularités dans la fréquence des mesures vont apparaitre et légèrement fausser les résultats.

5) Assemblage de Kolyada lors du C'space

A l'arrivé du C'space, la fusex n'était absolument pas prête : Si l'expérience était fonctionnelle et la minuterie réalisée sur plaque, l'étage électrique n'était pas assemblé, le parachute pas découpé et les ailerons ainsi que leurs fixations pas réalisées. En claire, toute l'intégration resté à faire. Etant seul à la réalisation, le projet était très mal engagé.

L'électronique étant déjà quasiment prête à l'arrivée au C'space, j'ai commencé par cet étage. Avec du bois de récupération, j'ai construit une structure pour maintenir les différents éléments. Après une journée de travail sur ce module et le débogage de la minuterie (une des soudures de l'amplificateur opérationnel n'était pas « propre »), j'ai pu présenter ce module au contrôle. Quelque modification de la minuterie (ajout d'une diode de roue livre en parallèle de l'électro aimant pour protéger le circuit ainsi que l'ajout d'un interrupteur pour vider manuellement le condensateur et donc remettre à zéro le temps) et des remarques sur l'expérience (augmentation de la fréquence du GPS entre autres) furent de mise.



Une fois l'étage électrique contrôlé une première fois, je me suis attaqué à la structure : les ailerons. Si j'avais la plaque dans laquelle j'allais les découper, c'était un peu prêt tout. Du système de fixations à la forme définitive, tout resté à faire... pour la fixation j'ai choisi d'utiliser des rails en L fixé dans les bagues de centrage et de poussé du propulseur. Cette technique, même si elle ne donne pas forcément un résultat très propre, au mérite d'être rapide, caractéristique indispensable au vu de la fin des contrôles qui arrivait à grand pas. Cette précipitation a même failli être fatal au projet : en effet, un des ailerons était légèrement voilé et cela a posé problème lors du contrôle. Mais après discussion avec différents membres du contrôle, cette déviation a été jugé comme acceptable.



Le dernier point qui resté à faire était le parachute. Si la découpe et la fixation ne posa pas de difficulté, le gros point noir se situa au niveau de la fixation de la coiffe. En effet, suite à des problèmes d'approvisionnement, les seuls ressorts disponibles étaient trop fort pour fermer la trappe et le parachute n'exerçait pas une pression suffisante pour l'ouvrir si on n'en mettait pas. C'est la personne en charge de nous faire passer le vol simulé qui nous a donné la solution : on a placé des blocs de mousse au fond de la case parachute pour que celui-ci exerce suffisamment de pression pour déclencher l'ouverture de la trappe.



Une fois ce problème résolu, la fusée Kolyada fut qualifiée pour voler.

6) Déroulement du vol

Si la fusex à put passer les qualifications et décoller, elle a malheureusement fait un vol balistique. N'ayant pas pu la retrouver au sol et n'étant pas équipé de télémétrie, nous n'avons pas pu récupérer la moindre donnée. Je vais donc utiliser les données de teste pour expliquer la démarche qui aurait servie à l'exploitation.



Les causes du vol balistique ne sont pas certaines mais nous avons plusieurs pistes pour tenter de l'expliquer. La phase propulsive de la fusex s'est déroulé de manière nominale et nous avons vu la trappe parachute s'ouvrir avec le parachute, ce dernier ne semblant pas arraché. Le problème a eu lieu au niveau de l'attache entre la fusex et la parachute. La cause la plus probable est qu'un nœud est cédé. En effet, si le parachute à bien passé les qualifications, une ouverture tardive du parachute a permis à la fusex de prendre de la vitesse et les efforts sur les attaches ont dû être bien plus important que ce qui était prévu. Si cette hypothèse s'avère exacte, Le vol aurait pu se dérouler de manière nominale si plus d'attention avait été porté lors de l'accrochage du parachute.

Les recherches n'ayant rien donné malgré une localisation assez précise de l'impact, nous ne serons surement jamais ce qui s'est réellement passé.

7) La gestion du projet

Le gros point noir du projet Kolyada, et également du projet lié Swarog, fut la gestion de l'équipe. En effet, si au début le projet était sûr de bonne voies, un manque de motivation de certains membres se fit sentir : absence aux réunions projet, non-participation aux discussions... Très rapidement on a senti que malgré nos efforts, ces membres n'étaient pas à leur place dans le projet. Que ce soit pour aller dans d'autres associations ou juste pour gagner du temps, ces membres ne participèrent que périodiquement, au mieux, à la suite du projet. Mais les obligations de chacun prirent le pas sur le projet, et tandis que les derniers membres actifs partirent pour leurs stages, seul le chef de projet resta pour s'occuper du projet.

Sans l'aide de plusieurs personnes extérieures au projet, notamment de Marie Cancé, vice-présidente de l'ESO, le projet n'aurait pas pu arriver à son terme.

8) Exploitation des résultats

L'expérience utilisant un Raspberry Pi comme plateforme de calcul, ce n'est donc pas un système temps réel. La fréquence de prise de mesure n'est donc pas constante et cela a un effet néfaste sur la précision des mesures. Nous avons conscience de ce problème lors du choix de la plateforme de programmation et nous avons choisi une carte Raspberry en connaissance de cause. Comme nous n'avons pas moyen de connaître les fluctuations de fréquence, nous avons considéré la fréquence comme constante. En utilisant la position d'arrivée, nous espérons, en outre, estimer cet effet. Lors des tests effectués en amont du vol, l'effet n'était pas visible sur le GPS et acceptable sur les mesures de la centrale inertielle.

Le GPS nous donne différents types de trames. Pour l'exploitation des résultats, nous utiliserons en priorité la trame de type \$GPGGA. En effet celle-ci possède un indicateur qui nous permet de savoir la qualité du signal, à savoir si le GPS a fixé, le nombre de satellites ainsi que la dispersion. On obtient ce type de trame :

```
$GPGGA,123519,4878.99,N,0203.40,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M, , *42
```

En extrayant le fichier .txt de sortie sur Excel et en utilisant des filtres pour supprimer les trames où le signal n'est pas assez bon, on obtient une série de trames avec les coordonnées GPS ainsi que l'heure GMT. En superposant les points sur une carte, on aurait dû obtenir une carte. Nous avons conscience que le GPS aurait très probablement perdu le signal au vu de l'accélération en phase propulsif, c'est pourquoi nous voulions partir de la position d'atterrissage.

Pour la centrale inertielle, le but était de recréer à chaque prise de mesure un vecteur accélération et par itération successive, tracer la trajectoire. Les données gyroscopiques sont utilisées afin de faire tourner le repère donc recalculer les vecteurs accélérations. Pour des raisons techniques, nous n'avons pas enregistré les valeurs d'altitudes. Tous les calculs vectoriels sont faits à l'aide de Matlab. Les trames ne donnant pas ici l'instant d'acquisition, nous avons encore fait l'hypothèse d'une fréquence de prise de mesure constante et égale à celle du capteur.

-1318	-3106	-1801	1896	1219	3679	5	18	3
-1318	-3106	-1801	1898	1200	3681	0	24	-1
-1318	-3106	-1801	1899	1200	3688	15	17	2
-1309	-3105	-1799	1874	1201	3671	17	20	-1
-1309	-3105	-1799	1898	1214	3663	11	15	-2

Exemple de trame en sortie de la centrale inertielle. De gauche à droite, les 3 premières colonnes correspondent au magnétomètre, les 3 suivantes à l'accéléromètre et les 3 dernières au gyroscope