

Trident III

Etienne Camincher, Amr Abdelhakim, Noha Khayat, Marie Dupont, Max Perraudin,

Amaury Couderc, Antoine Trotte, Benjamin Corbelet

Aerolpsa, 2018/2019

Résumé : Trident III est une fusée expérimentale multi-expérience. Elle dispose d'abord d'un système de stabilisation en roulis. Elle emporte aussi deux charges utiles (CU) qui seront larguées à l'apogée. La première relève des mesures d'ordre météorologique durant la descente (pression, température, humidité). La seconde tentera de contrôler sa descente en jouant sur les suspentes du parachute et cherchera à se poser vers la zone rampe. Enfin des mesures expérimentales seront prises à bord de la fusée tout au long du vol afin d'obtenir la trajectoire de la fusée. Ceci permettra d'étudier la différence d'attitude et de trajectoire avec et sans contrôle de roulis (en prenant appui sur le StabTraj).



Photo du groupe Trident III : Amr, Benjamin, Etienne, Noha, Marie, Max, Antoine, Amaury

1 Introduction

Le projet Trident III prend place au sein d'Aerolpsa, association de l'école IPSA. En fin de projet nous comptons huit membres actifs. Trois d'entre nous sont orientés mécanique tandis que cinq s'occupent de l'électronique.

Trident III fait suite aux fusées Trident et Trident II inscrites aux C'Space 2017 et 2018. La seconde n'a pas pu voler donc nous avons décidé de reprendre la fusée de zéro. Cependant, seul deux membres de l'an dernier ont poursuivi l'aventure Aerolpsa. Le groupe est donc composé de 2 anciens de Trident II, 2 membres de l'association qui ont rejoint le projet et 4 membres totalement novices.

Amr Abdelhakim s'est chargé de la réalisation du contrôle de roulis. Noha Khayat a conçu et réalisé le bloc de récupération. Etienne Camincher, également chef de projet, s'est occupé du bloc d'éjection des deux CU et de l'intégration de l'électronique. Marie Dupont et Max Perraudin ont pris en charge l'électronique de la fusée (séquenceurs, contrôle de roulis, trajectographie). Amaury Couderc s'est chargé de la CU comeback. Antoine Trotte s'est occupé de le CU météorologique. Benjamin Corbelet a aidé les électroniciens mais n'a pas pu être très présent car il était en stage.

2 Description mécanique

La rigidité structurale de la fusée est assurée par une peau monodiamètre (140mm) en composite (sandwich carbone + mousse). Le système de récupération choisi est un parachute en croix de 1.51 m².

Les 4 cartes électroniques (séquenceur récupération, séquenceur CU, contrôle de roulis et trajectographie) seront maintenues dans un même bloc situé juste en dessous de la coiffe. Cela impliquera de tirer de long câble pour atteindre notamment le contrôle mécanique du roulis.

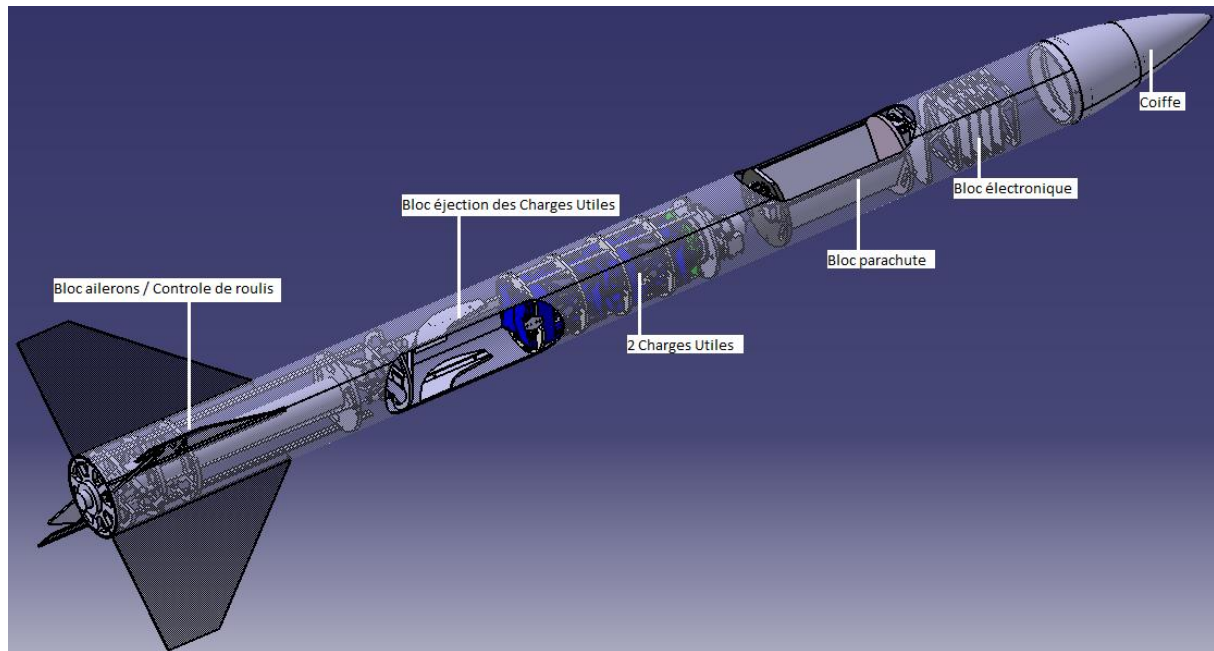


Schéma d'intégration globale

Les quatre ailerons sont en forme de trapèze rectangle, ils sont en composite sous la forme de sandwich mousse/carbone, deux d'entre eux possèdent une surface mobile afin de permettre le contrôle du roulis. Ces surfaces sont contrôlées par un système de bielle/manivelle actionné par un unique servomoteur afin d'être certain de la synchronisation et l'opposition du mouvement des ailerons.

Les deux CU sont encapsulées puis chargées à l'intérieur de la fusée et bloquées par un loquet. Pour les éjecter, le loquet est tourné par un servomoteur et un moteur à courant continu tracte une pièce en plastique qui pousse les capsules vers une rampe. Lors du trajet des charges dans le tube, les frottements sont minimisés par l'usage de roulements à billes. Une fois sorties du tube, les capsules qui ne sont plus contraintes par le tube s'ouvrent et laissent les parachutes des CU s'ouvrir.

3 Description électronique et informatique

L'électronique de la fusée est concentrée en haut de celle-ci, dans un bloc sous la coiffe. Elle est composée de quatre cartes : séquenceur, contrôle de roulis, trajectographie, puissance.

La carte séquenceur sert à déclencher l'ouverture du parachute. Afin de détecter le décollage, on utilise une prise jack comme ombilical que l'on fixe à la rampe. Lors du décollage la prise est arrachée ce qui déclenche la minuterie. Le parachute se déclenchera suivant la minuterie, d'après les données du Stabtraj. Cette carte utilisera un microcontrôleur Arduino nano pour gérer les différents composants.

La carte séquenceur CU sert à éjecter les CU en contrôlant un servomoteur et un moteur à courant continu. Afin de détecter le décollage, on utilise une prise jack comme ombilical que l'on fixe à la rampe. Lors du décollage la prise est arrachée ce qui déclenche la minuterie. Les CU seront larguées 3 secondes avant l'apogée. Cette carte utilisera un microcontrôleur Arduino nano pour gérer les différents composants.

aussi d'une intelligence artificielle qui réagit vocalement et visuellement aux situations auxquelles elle est confrontée (par exemple une chute où un décollage)

Une trajectographie enregistre l'attitude et la position de la fusée pendant le vol. Elle permettra de vérifier l'efficacité du contrôle de roulis et de comparer les performances de la fusée réelles et le Stabtraj c'est-à-dire l'influence du contrôle de roulis sur la trajectoire (on s'attend à une perte d'altitude de culmination à cause de la trainée supplémentaire générée par les ailerons mobiles). Une caméra embarquée permettra aussi de valider le bon fonctionnement du contrôle de roulis

5 Déroulement du vol

Trident a décollé le 19 juillet 2019 à 10h37 sous un ciel bleu et quasiment sans nuage.

La phase ascensionnelle s'est très bien passé, cependant les CU sont sortis de la trappe quelques instants trop tard. Par conséquent, elles étaient encore proches de la fusée lorsque le parachute de cette dernière s'est ouvert. A cause de ce retard, la rubalise de 7m qui allait permettre de localiser les CU au sol plus facilement s'est emmêlée au parachute de la fusée. Ainsi les deux CU sont restées accrochées à la fusée lors de la descente et le parachute s'est un peu refermé.

Finalement la fusée est redescendue plus vite que prévue mais toujours sous la limite des 15 m/s.

Le vol a été déclaré nominal

Lors de la récupération nous n'avons pas retrouvé la trappe CU, probablement arrachée lors de son ouverture. La coiffe en PLA s'est cassée à l'atterrissage comme la plupart des coiffes de ce genre. Quelques autres pièces en PLA ont également été retrouvées cassées notamment certaines de l'intégration électronique et une du système de contrôle de roulis. Nous pensons qu'elles se sont brisées à l'atterrissage puisque le vol s'est déroulé sans encombre et que si ces pièces avaient cédé pendant la phase ascendante le vol ne se serait pas passé comme prévu du moins pour ces systèmes-là.

6 Résultats

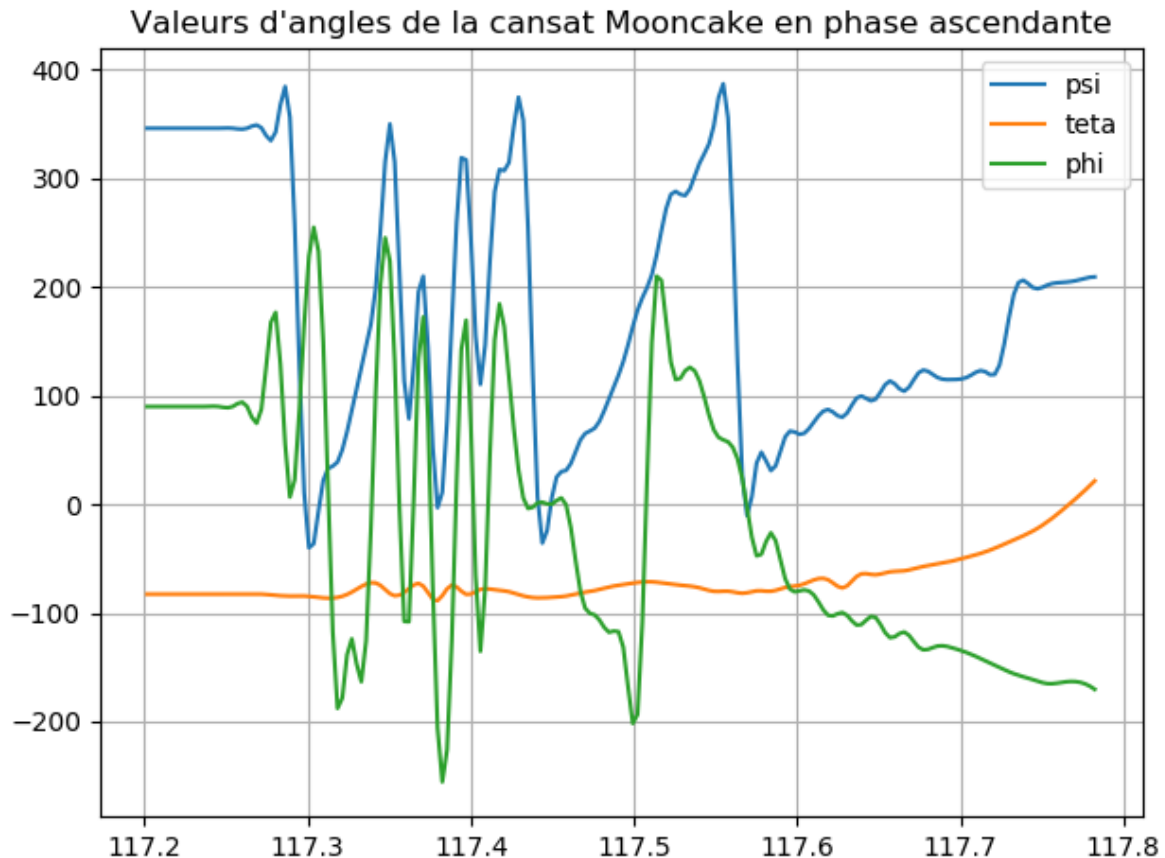
Les résultats du vol devaient se présenter sous différentes formes : une vidéo embarquée, une vidéo de la cansat météo, une trajecto de la fusée et une trajecto de la cansat météo.

Apparemment à cause d'un problème de chaleur, les batteries de la caméra principale se sont vidées beaucoup plus vite que lors des tests au sol. Par conséquent, au lieu des 3h d'autonomie prévues, la caméra n'a tenu qu'une heure. Ainsi nous n'avons pas de vidéo du vol.

La caméra de la Cansat a elle fonctionnée et nous a permis de comprendre comment et pourquoi les CU se sont emmêlées au parachute : on observe sur la vidéo une augmentation de la luminosité (ouverture de la trappe) et on remarque que la CU ne descend pas immédiatement comme elle aurait dû le faire. Le système de largage qui marchait à la perfection au sol a pris plus de temps en vol, sûrement à cause des vibrations. On voit ensuite que la cansat s'éloigne de la fusée comme prévu mais on aperçoit le bout de sa rubalise qui commence à s'emmêler dans le parachute. A partir de ce moment la vidéo est confuse puisque la cansat est agitée dans tous les sens. Cependant cette vidéo a

permis de mettre en évidence qu'hormis le retard, le système de largage a fonctionné puisque qu'on voit l'autre cansat sortie elle aussi ainsi que les quatre demi-coques qui servaient à encapsuler les CU.

Voici ci-dessous le graph relevé par la CanSat météo :



Sur le graph, on observe trois courbes, correspondant aux trois angles d'Euler psi, teta et phi. Au niveau temporel, le graphe nous montre le décollage de la fusée et se termine juste avant l'éjection des cansats.

Teta correspond à l'angle entre l'axe longitudinal de la fusée et l'horizontale. On note qu'il reste constant autour de 85° au début de la phase ascendante puis s'approche de zéro au fur et à mesure de l'ascension. Il atteint zéro à l'apogée.

Psi et phi décrivent la rotation de la fusée autour de son axe longitudinal. On observe une forte variation de ces angles lors de la phase propulsée puisque le roulis n'est pas encore actif. Cependant, les deux angles finissent par se rapprocher chacun d'une valeur fixe et l'oscillation de leurs valeurs s'arrête : on montre ici que le contrôle de roulis a été efficace puisque la rotation de la fusée autour d'elle-même a diminué.

7 Conclusion

Finalement Trident III conclut bien la série des projets Trident au sein d'Aerolpsa. Après le vol annulé l'an dernier, ce vol (bien qu'imparfait par le manque de données et le retard du largage des charges utiles) fut très encourageant notamment pour les quatre nouveaux membres qui avaient rejoint l'équipe en septembre. Nous avons enfin réussi à mettre en œuvre le contrôle de roulis qui était l'origine du projet Trident 1 et aussi le largage de charges utiles qui était l'ajout apporté par Trident II.

En termes d'apprentissage, ce projet a permis de former deux mécaniciens et deux électroniciens. Le semi-échec du largage tend à prouver une fois de plus que les systèmes ne réagissent pas du tout de la même façon en vol et au sol, et donc qu'il faut faire très attention aux potentiels problèmes causés par les vibrations en vol. De plus, le problème d'autonomie de ce genre de caméra face à la chaleur est maintenant connu et nous y ferons attention.

8 Remerciements

Nous remercions tout d'abord l'IPSA pour le support apporté à l'association Aerolpsa et donc au projet.



Nous remercions également notre sponsor Julhiet Sterwen pour son soutien financier.



Nous tenons également à remercier le Garef Aérospatial pour les usinages réalisés sur place avec leur machine Charly Robot.

