



## Présentation du projet Fusex Tic&Tac

### Introduction

Le projet Fusex proposé par le CNES et planète science vise à faire réaliser par des étudiants une fusée expérimentale emportant une expérience sur les années 2016-2018. Nous nous proposons de caractériser la séparation de deux étages d'une fusée et d'étudier les efforts sur une pièce de la séparation de la fusée: le second étage sera passif (non motorisé), le projet pourra servir de base pour une autre Fusex avec un second étage actif.

### Les membres du groupe Tic&Tac :

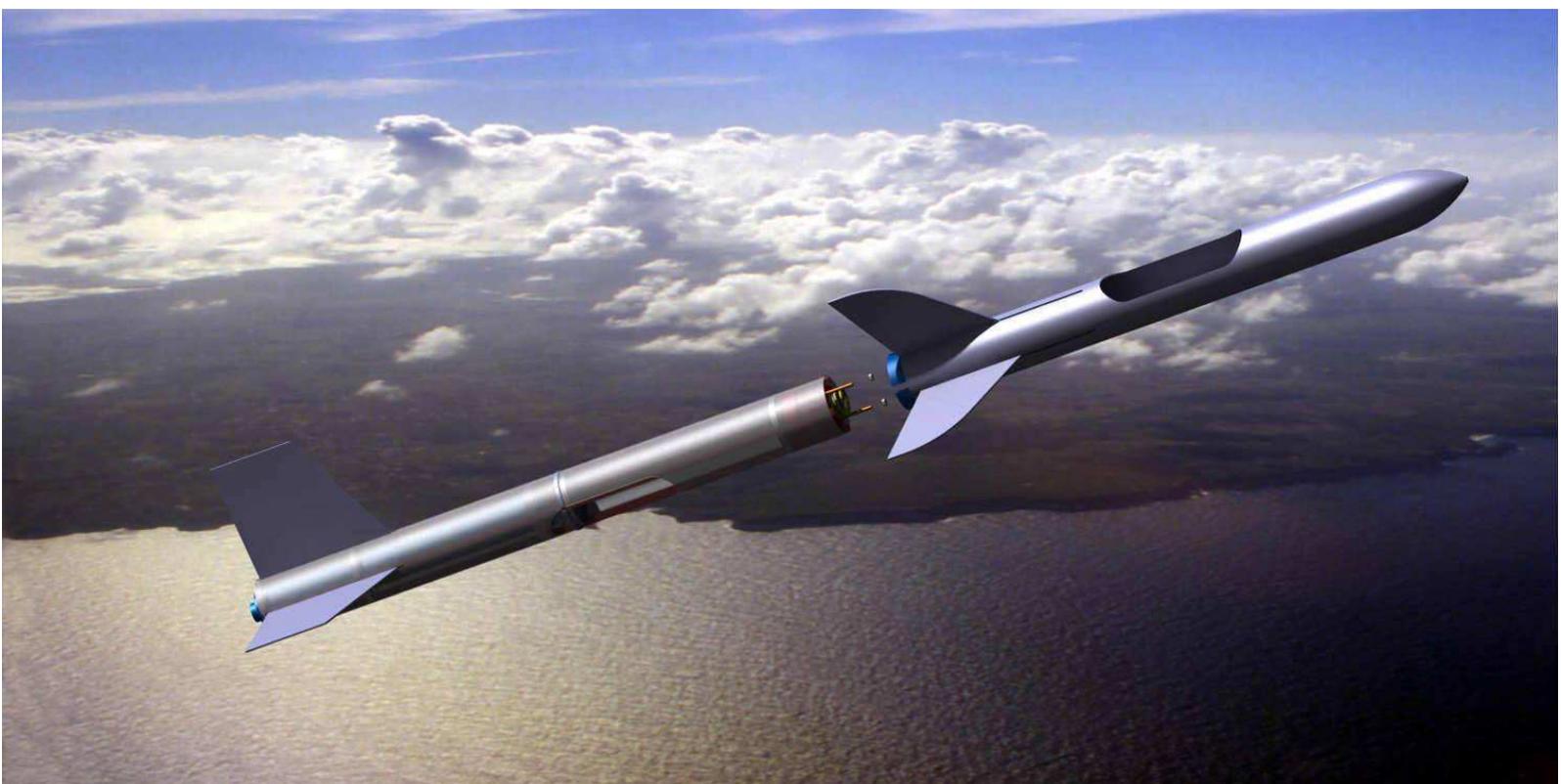
Equipe parachute : Théophile Hervieux, Thomas Arnoult.

Equipe mécanique : Guillaume Amadiou, Martin Louvet, Anaël Berthier.

Equipe expérience : Florian Granger, Nicolas Leost.

Equipe électronique : Simon Lendormy, Clément Géraud, Matthieu Bescond, Henri Geffroy

### *Vue de la fusée Tic&Tac, lancement prévu été 2018*



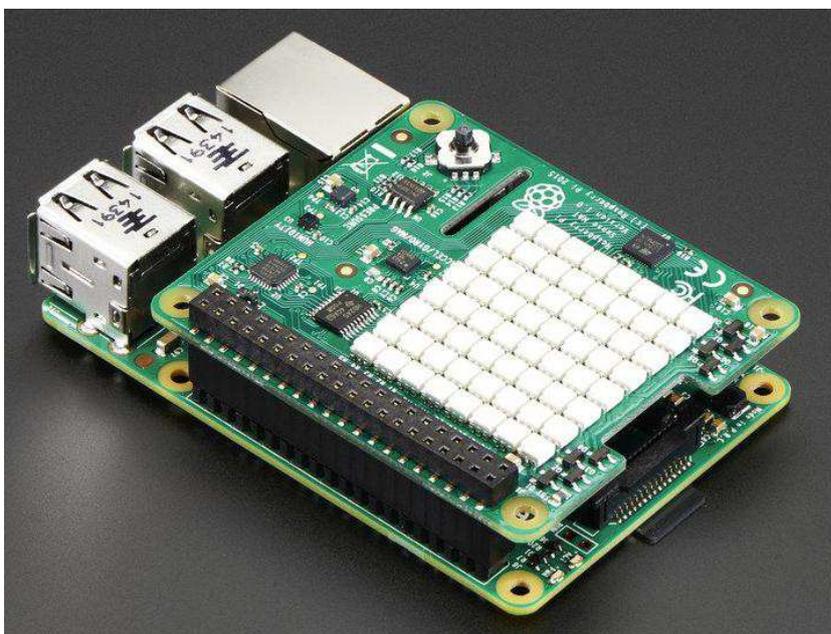
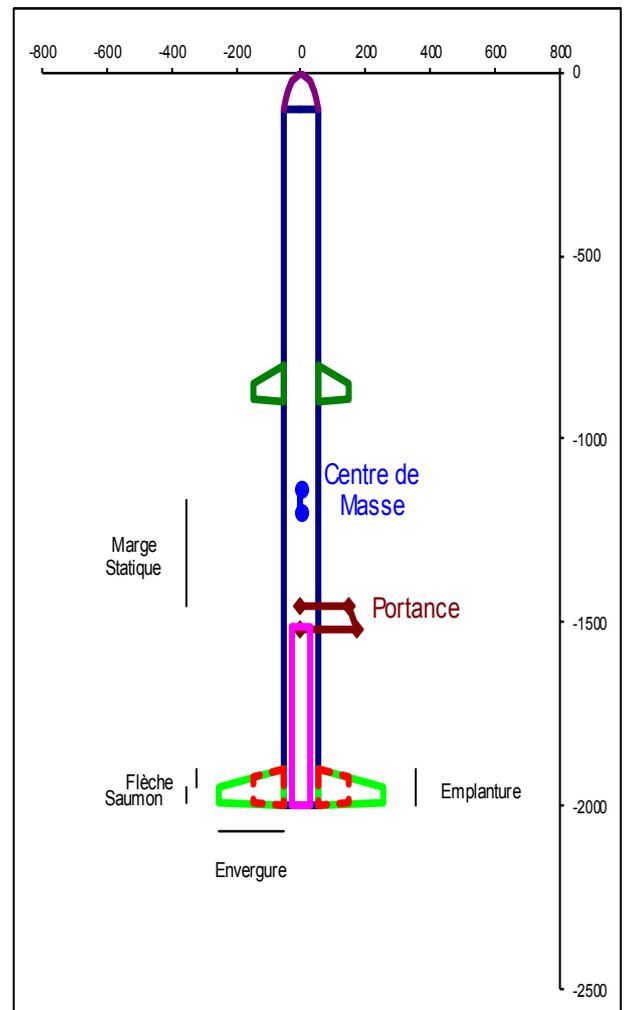


## 1°/ Description du projet et de l'expérience

L'expérience : Notre expérience sera l'étude des efforts appliqués au niveau

de la pièce de séparation lors du vol. Notre problématique est : quels sont les efforts s'appliquant sur cette pièce et quelles en sont les conséquences sur le vol des deux étages de la fusée ?

Le projet : Dans le souhait de répondre à cette problématique, nous envisageons la réalisation d'une fusée à deux étages, l'étage supérieur étant passif, et du dispositif de séparation des deux étages. Le premier étage sera motorisé, et possèdera un dispositif de type centrale inertielle pour mesurer la position de l'étage dans l'espace. L'étage supérieur intégrera lui aussi un dispositif pour mesurer sa position dans l'espace, au moins aux premiers instants de la séparation, de plus ce second étage abritera l'acquisition des contraintes dans la pièce de séparation. L'exploitation des résultats sera la confrontation des relevés les plus cohérents et complets du vol à une analyse théorique (simulation du vol) réalisée au préalable, nous permettant ainsi de valider une analyse classique ; ou au contraire de relever, et de mesurer, des efforts non pris en compte.



Carte Raspberry+Sensehat pour l'acquisition des accélérations



## II° Description du véhicule

### Caractéristiques générales :

Taille : 2m

Masse : 10 kg

Diamètre fuselage : 100mm

La fusée est faite autour d'une structure interne faites de rails d'aluminium et de croisillons avec des bagues de centrages pour séparer les équipements. Cette structure est à l'intérieure d'une peau en PVC. Le système de séparation est réalisé avec deux pièces qui maintiennent en compression un ressort et un moteur vient libérer le maintien.

Les différents systèmes mécaniques embarqués sont :

- Les parachutes.
- Le dispositif de séparation.
- Le dispositif de centrage et de maintiens du moteur.

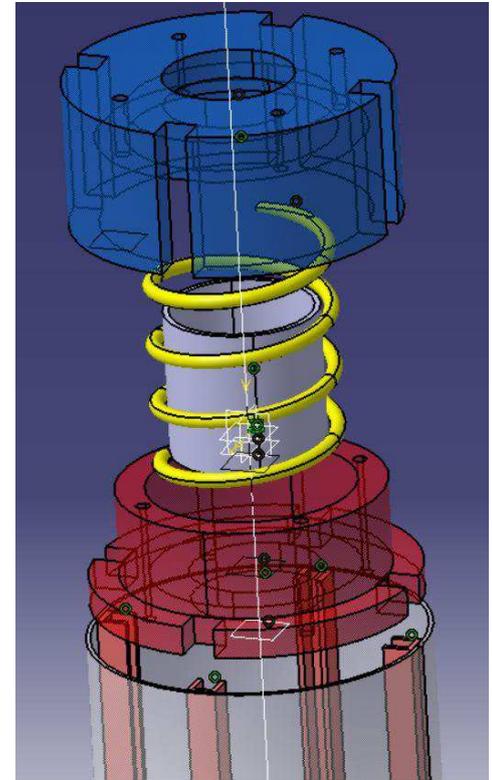


Image CatiaV5 de la séparation

### Maquette 3D de la séparation

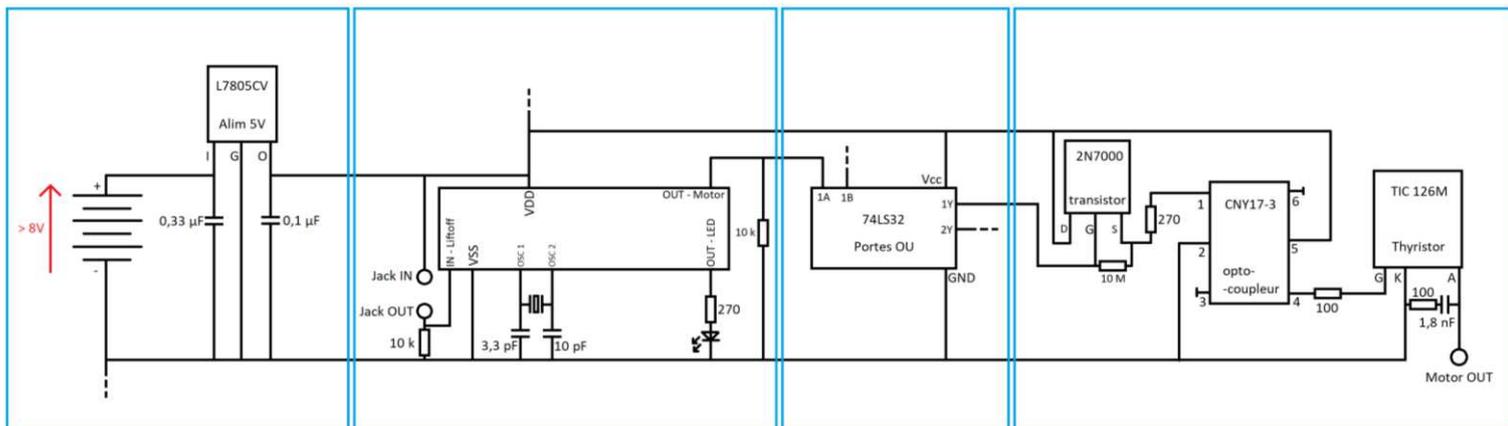


### Moteur pour la séparation



### III°/ Description de l'électronique interne

Tous les systèmes sont séparés, l'électronique interne est principalement constituée de séquenceurs (timer reprogrammable) à base de microcontrôleur pic16f84a et de circuits moteur cc actionnés par son séquenceur. Il y a un séquenceur par système actif (parachutes et séparation.)



Alimentation

Signal logique

Signal de commande

#### Electronique de l'expérience :

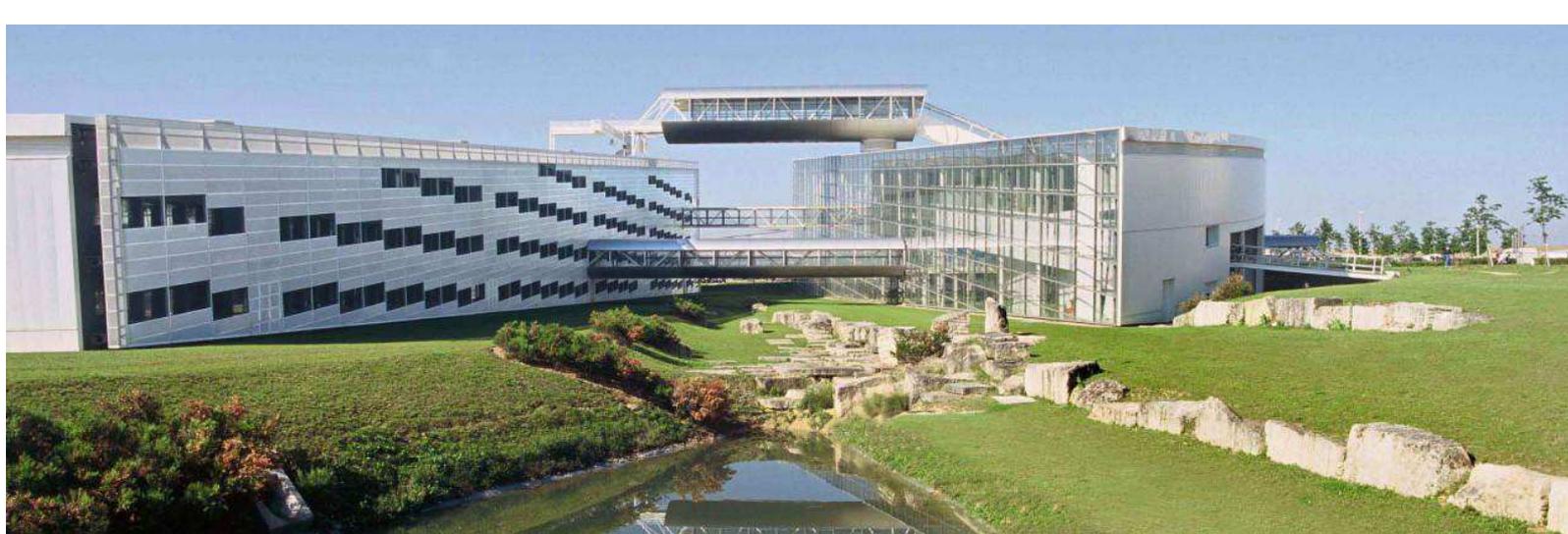
Les acquisitions de positions se font grâce à deux carte raspberry avec des accéléromètres, de plus sur l'une des raspberry est monté le dispositif de d'acquisition des efforts, les données sont enregistrées sur deux cartes SD.

L'alimentation se fait par des batteries provenant de la Saft



Le club ESP (ENSMA Space Project) est le club gérant les différents projets étudiants au sein de l'école d'ingénieur ISAE-ENSMA, il regroupe les projets minif et fusex, mais aussi UAV Challenge et la coupe Robot. Un local atelier est mis à la disposition de l'ESP avec quelques machines-outils et moyens de fabrications. De nombreux professeurs et doctorants nous assistent tout au long de notre projet.

### ISAE-ENSMA



### Remerciements :

Nous tenons à remercier nos sponsors GoTronic et Saft, ainsi que le personnel de l'ISAE-ENSMA en particulier madame Chocinski, monsieur Marchand, et monsieur Petit.

# Rapport de fin de projet FX30 Tic&Tac

Rappels de l'expérience.

Qualifications

Problèmes relevés

Suites

## I/ Rappels de l'expérience.

Nous souhaitons mesurer les efforts au sein de la fusée, au plus proche de la pièce de liaison entre les deux étages et relever la trajectoire des deux étages afin de comparer ces données à un modèle théorique pour caractériser entre autres les éventuels phénomènes aérodynamiques à la séparation. La mesure des efforts se fait à l'aide de jauges de déformations, ainsi que des caractéristiques du matériau utilisé : un aluminium commun *cf figure 1*

La mesure de la trajectoire se fait via des extensions de cartes raspberry (module sensehat) qui récupèrent les accélérations. Par intégration successives on retrouve la position. *cf figure*



*Figure 1: Pose des jauges de déformations*



*Figure 2: Centrale inertielle*

## II/ Qualifications.

A l'arrivée au C'space, la fusée n'était pas entièrement finie, il nous a fallu finir le montage les premiers jours, où nous avons vu apparaître de nombreux problèmes jusqu'au passage des qualifications.

Après les premières formalités, le premier test de qualification mécanique relève une flèche acceptable suivant une orientation de la fusée (0,5%) mais après une rotation de 90°, la flèche relevée est de plus de 2% (1% étant la limite à ne pas dépasser) ce qui est rédhibitoire. Les qualifications électriques n'ont pas été passées, mais nous étions assez confiants, même si des petits ajustements auraient certainement dû être réalisés.

## III/ Problème relevé.

### La liaison inter-étage.

Le fonctionnement de la liaison inter-étage consistait en deux tiges filetées, entraînées par des trains simples, eux-mêmes mis en rotation pour un moteur CC. Ces tiges filetées en rotation étaient placées sur l'étage inférieur (appelé étage 1), et elles devaient s'insérer chacune dans un taraud sur une pièce en aluminium massif, placée sur l'étage supérieur (appelé étage 2). *cf figure 3*

L'armement de la séparation consistait à actionner le moteur pour que ces deux étages soient maintenu solidarités et en contact plan. La séparation se faisait en inversant la tension aux bornes du moteur CC, lorsque les filets arrivaient en bout de course, un ressort maintenu en compression repoussait les deux étages. Sur le papier l'idée semblait bonne et limitait au minimum le jeu entre les deux étages, ce qu'un système à goupilles n'aurait pu faire, de plus nous avons vu un système similaire sur une fusée avec vol nominal d'une équipe russe.

En réalité les tiges filetées en acier ne prenaient à peine que sur deux filets, et le mécanisme se bloquant systématiquement, les deux pièces ne pouvaient être maintenue en contact. *cf figure 4* De plus le contact acier-aluminium a endommagé le taraud dans la pièce en aluminium après quelques essais, rendant le système inefficace. Nous avons tenté de rattraper ce problème, par la pose d'hélicoils (filets rapportés), en raccourcissant la course des vis etc. Il semblerait en conclusion que ce soit cette interaction acier-aluminium qui soit responsable de l'échec aux qualifications mécaniques.



Figure 3 : pièce de séparation

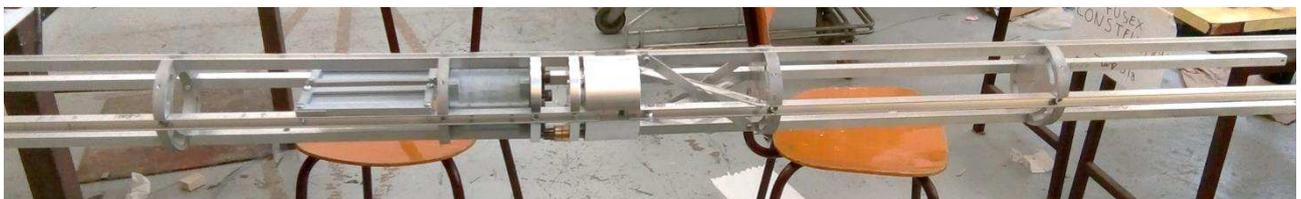


Figure 4 : essai d'assemblage des deux étages

## **Suites.**

La fusée n'ayant pas été qualifiée, n'a pas participé au C'Space, mais n'ayant pas subi les éventuelles dégradations qu'un vol aurait produit, nous allons essayer de récupérer un maximum de dispositifs (systèmes surtout) fonctionnant correctement pour les fusées suivantes du club. Nous allons également essayer de documenter, et d'encadrer les projets de l'année suivante. En effet comme cette année voyait la mise en place d'un nouvel emploi du temps pour les fusées bi-étages par l'association planète-science, nous n'avons peut-être pas pu bénéficier du meilleur encadrement possible durant cette phase de transition, même si chaque conseil donnés lors des RCE furent précieux et ont été adaptés en fonctions des possibilités sur le projet.