

**CLES-FACIL****Club Lyonnais d'Expérimentation Spatiale****Fusée Astronautique Club de l'INSA de Lyon**

# NAUSSICAA

Naussicaa est la princesse qui recueillit Ulysse à la fin de son Odyssée.  
La majeure partie du récit se déroule donc dans le palais du roi, père de Naussicaa.

Cela n'explique pas le choix du nom de la fusée mais un peu de culture, cela ne peut pas faire de mal.

Participants:

Thomas LEDOUX  
Gilles ROUX  
Yann GOUY

## Introduction

« Nous partîmes cinq cents mais par un prompt renfort,  
Nous nous vîmes trois milles en arrivant au port. »  
Corneille, Le Cid.

L'histoire de Naussicaa est exactement l'inverse. L'équipe d'une dizaine de personnes a été réduite dès la fin de la première année à deux avec un projet partiellement avancé et une transmission des connaissances presque inexistante.

Néanmoins, l'expérience de cette fusée était novatrice et passionnante : mesurer la répartition de la pression sur la peau au niveau du cône et du haut du tube afin de vérifier l'hypothèse d'un phénomène de portance lié au vent latéral.

Juste un mot sur le choix du nom de la fusée : depuis quelques années, le nom des projets au sein du club ont pris une tournure 'mythologie grecque' en parallèle d'ailleurs avec les projets du CNES (Ulysse, Jason, Poséidon,...). De plus, une fusée, c'est un peu une femme, il faut lui prodiguer beaucoup d'attention mais cela reste très capricieux...

## Sommaire

<i>Introduction</i>	2
<i>Sommaire</i>	3
<i>Pré-études</i>	4
<i>Mécanique</i>	5
Jupe du propulseur et ailerons	5
Case parachute	5
Intégration	5
Cône	5
<i>Électronique</i>	6
Minuterie avec PAL	6
Capteurs	6
Micro-contrôleurs	6
<i>Informatique</i>	7
Chaîne de développement	7
Noyau temps-réel	7
logiciel sol	7
<i>Résultats</i>	8
<i>Conclusion</i>	8

## Pré-études

Afin d'estimer le phénomène à étudier et de dimensionner les capteurs, une simulation par ordinateur a été menée.

Les résultats sous forme de rendu en trois dimensions étaient très beaux surtout ces feuillets transparents mais ils manquaient cruellement d'informations concernant les échelles et les données d'entrée.

Donc à bien y regarder, c'était inexploitable.

## Mécanique

Comme c'est l'habitude au CLES, la mécanique est très solide voire largement sur-dimensionnée. Heureusement, l'utilisation du carbone a permis d'alléger notablement les fusées.

### *Jupe du propulseur et ailerons*

La jupe du propulseur est réalisée entièrement en carbone mais les ailerons restent en duralumin. Malgré des remarques sur la « souplesse » de la jupe, il apparaît, après le vol, que seuls les ailerons ont subi une déformation définitive. D'un point de vue mécanique, il convient donc de ne pas confondre limite élastique et élasticité (coefficient d'allongement).

Cette technique est donc à reconduire sur les fusées ultérieures mais il faudrait l'étendre aux ailerons eux-mêmes : ailerons plats ou cylindriques car cette dernière forme est très séduisante.

### *Case parachute*

Actuellement, la case parachute est toujours usinée à partir d'un tube en duralumin dans lequel une trappe latérale est découpée. Un système de crochets commandé par un excentrique permet de gouverner l'ouverture de la porte et la libération du parachute.

Une partie importante de la masse de la fusée est liée à cette zone. Un travail important est à mener afin d'améliorer cet état de fait.

Deux axes différents sont à explorer : le renforcement spécifique de la zone de la trappe latérale ou l'exploration d'une séparation longitudinale.

### *Intégration*

La tenue mécanique de l'ensemble est réalisée par deux profilés en U en aluminium fixés solidement à deux bagues à leurs extrémités. Le portique ainsi constitué est parfaitement rigide et permet d'accueillir efficacement toutes les cartes électroniques et les nombreux capteurs.

L'aspect aérodynamique est résolu par deux coques semi-cylindriques en carbone. Ici, le carbone est choisi, tant pour des raisons de poids que, pour des considérations esthétiques. En effet, les peaux n'ont pas rôle de tenue mécanique.

Cette forme d'intégration correspondait parfaitement aux besoins liés aux capteurs de pression mais elle est très pénalisante en terme de longueur pour les cartes électroniques pour lesquelles un empilement perpendiculaire à l'axe longitudinal de la fusée serait plus judicieux ne serait-ce que pour les contraintes que subissent les composants hauts (condensateurs, potentiomètres,...).

### *Cône*

Il est totalement fait en carbone car il n'a que peu de contraintes mécaniques si ce n'est celles liées aux phénomènes aérodynamiques.

Par contre, il servait aussi à fixer les peaux en carbone de la fusée et le système n'était pas pratique car un demi-cône couvrirait la moitié de chaque peau, il aurait été préférable d'avoir un lien un pour un mais cela impliquait une autre intégration des capteurs de pression.

## Electronique

### **Minuterie avec PAL**

Beaucoup de fonctionnalités mais indémerdable.

Sur le papier, c 'était génial mais la personne qui avait les connaissances est partie sans laisser de faire de biseau.  
A l'avenir, il faut mieux privilégier la logique câblée avec des composants courants.

### **Capteurs**

30 capteurs de pression.

1 pitot.

1 gyroscope.

Les cartes d'amplification des capteurs ont été refaites 2 ou 3 fois pour des problèmes de taille et d'erreur de conception (mauvaise saisie du schéma initial, inversion du brochage des capteurs,...)

Diverses philosophies s'affrontent soit une petite carte par capteur, soit une grande carte pour plusieurs capteurs. Il n'y a pas de solution meilleure à l'échelle du projet.

Par contre, il convient toujours de faire relire les schémas de base car des erreurs irréparables par la suite doivent être évitées. Je veux parler des chaînes analogiques situées sur les cartes processeurs. Les erreurs étaient :

- utilisation du même boîtier pour des voies différentes (risques de diaphonie, caractéristiques dissemblables (Vsat, Voffset,...)),
- routage entre-mêlé des voies (très, très mais alors très difficile de suivre chaque voie),
- positionnement aléatoire chaotique de potentiomètre de réglage (besoin d'une carte pour se repérer),
- réglage de l'offset catastrophique (amplitude inférieur à la plage d'alimentation des amplificateurs, mauvais schéma,...).

Cela ne doit jamais se reproduire car les réparations ne peuvent être que partielles sur du C.M.S. et prennent beaucoup de temps (plusieurs heures par carte une fois le problème cerné).

### **Micro-contrôleurs**

5 MC68HC11 car 8 ADC chacun : meilleure chance de réussite car une partie des données sera de toute façon sauvée même si une carte s'arrête pour une cause quelconque.

Un problème lié à l'utilisation systématique de pull-up et de pull-down est apparu. Il convient de bien lire la documentation et de bien appréhender la globalité du système.

De même, le bus de liaison série synchrone entre les processeurs ne marchaient plus avec les 5 ensemble mais marchait bien avec 4 par manque de puissance.

La puissance de calcul reste cependant limitée, il faudra donc s'orienter vers des technologies plus récentes dans ce cas.

## **Informatique**

### ***Chaîne de développement***

Toute la chaîne de développement est sous GNU/Linux, une valeur sûre donc car c'est ce qui est utilisé dans l'industrie spatiale. De plus, il n'y a pas de problème de licence détournée ou de prix exorbitant et toute l'aide est disponible via des listes de discussions.

Grâce au débogueur, il est possible de faire tourner des morceaux de code sans la cible et de mesurer facilement les ressources utilisées.

### ***Noyau temps-réel***

Pour faire un soft propre et performant, la réalisation du noyau temps-réel préemptif multi-tâches a été conduite. Le noyau a été baptisé : 'nanoK'.

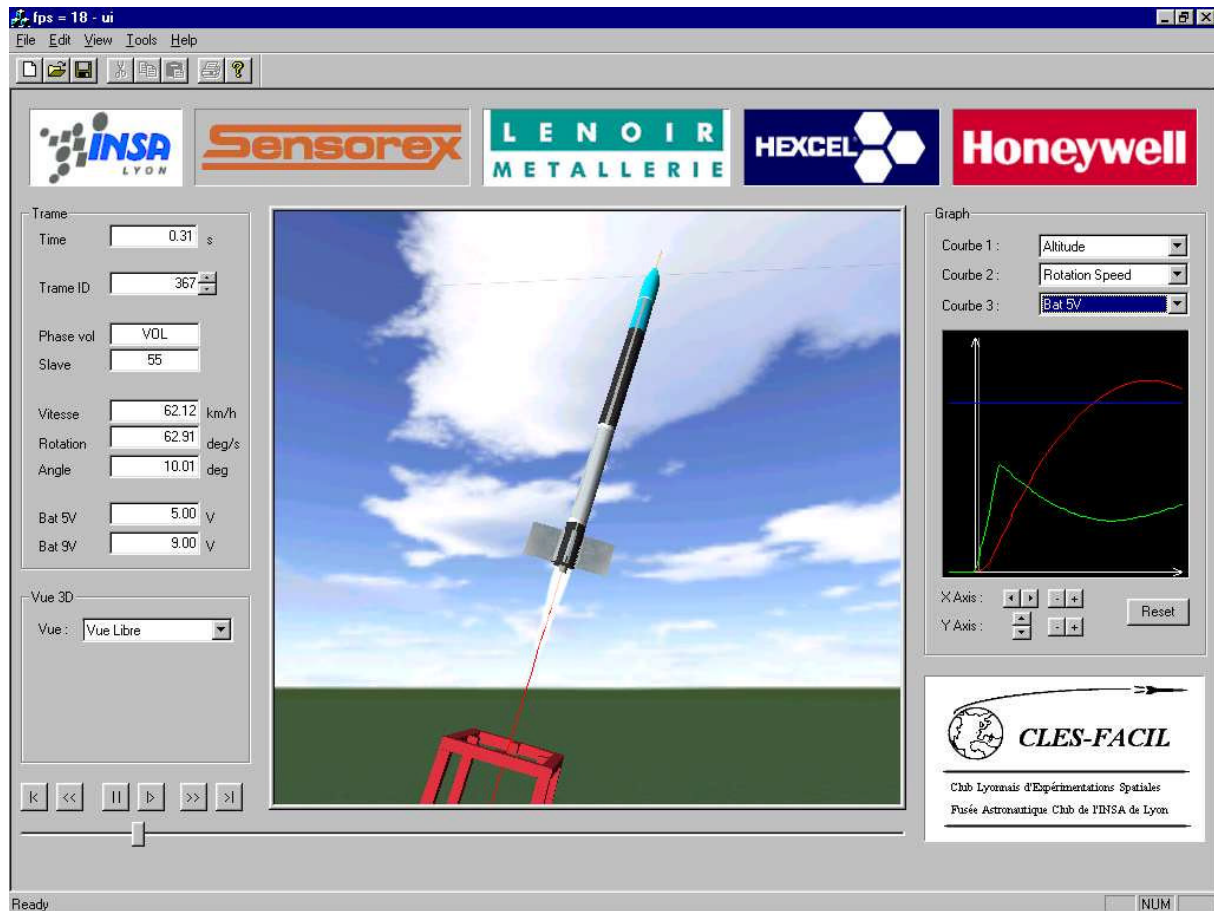
Grâce à ce tout petit noyau, il devenait possible de lancer et de tuer des tâches en fonction des phases de vol. dès lors tout avançait plus vite car il était possible de corriger la plupart de fonctionnalités indépendamment les unes des autres et de surveiller leur déroulement par une tâche à part sans les perturber.

### ***logiciel sol***

Un logiciel de traitement et d'affichage des données au sol a été réalisé.

Il devait permettre de voir en temps-réel les variations de la pression sur le haut de la fusée puis, suite à l'abandon de l'émission des données par la télémesure, en différé.

A cause des problèmes liés à la fusée, le logiciel n'a malheureusement pas pu être utilisé mais il laisse la possibilité de visualiser une simulation du vol.



## Résultats

Négatifs : pas de données exploitables.

Il semble que les chaînes de mesure étaient mal réglées : manque de gain. Le résultat est donc la valeur initiale légèrement bruitée du plus bel effet.

## Conclusion

Il faut donc une équipe stable et soudée mais aussi nombreuse car il est lourd de porter un projet.

Il faut favoriser le travail en équipe et une relecture croisée systématique de tous les plans dans tous les domaines. Il est aussi important que chaque équipe pousse les autres en avançant rapidement car voir le travail finit par les autres motive, l'orgueil est un moteur très fort.

Mais il faut aussi prévoir une équipe de validation indépendante de celle de conception comme cela se fait dans l'industrie.

Je m'explique. Il semble simple et enrichissant pour chacun de voir ce que fait l'autre, donc pourquoi ne pas nommer un mécanicien pour vérifier le fonctionnement de la minuterie. Il lui suffit de voir si le comportement correspond au cahier des charges et s'il le souhaite, il peut approfondir par la suite.

Je pense avoir pris assez de recul par rapport au projet et été assez critique mais constructif. Toutefois, les remarques intéressantes sont toutes et toujours les bienvenues.

Dernière remarque où je vais peut-être être provocant, faire des plans n'est pas une fin en soi, mieux vaut le produit fini qui marche qu'une théorie fabuleuse mais restant dans sa boîte.