

Collège Louis Lumière

Club Espace

MARLY LE ROI

# COMPTE RENDU DU PROJET PLUTON



CAMPAGNE DE LANCEMENT IDF Saint Pierre du Perray Essonne JUIN 2007

Julien, Rémy et Antoine le Jour J

## SOMMAIRE

- La mission de Pluton Page 3
- Mesurer l'accélération Page 3
- Principe Page 3
- Etalonnage Page 4
- Montage expérimental Page 5
- La fusée Pluton, conception Pages 6, 7, 8
- Résultats Page 9
- Courbe de poussée Page 10
- Projet futur Page 10

## La mission de Pluton

Nous avons décidé de fabriquer Pluton pour répondre à de nombreuses questions et en particulier :

- Pourquoi de nombreuses minifs de notre groupe ont des problèmes d'ouverture de trappe à parachute ?
- Pourquoi des composants arrachés, des fils dessoudés des piles déconnectées ...?

Plusieurs propositions ont été formulées :

- Des défauts de soudure
- Des composants trop fragiles
- Des attaches mal dimensionnées
- Des systèmes d'ouverture inadaptés
- Des initialiseurs défectueux
- Etc

Finalement on s'est mis d'accord pour vérifier si on n'avait pas sous estimé les efforts dus à l'accélération au cours du vol.

On avait bien une idée des contraintes subies par cette accélération mais rien de quantitatif. Alors on a demandé à Pluton de nous renseigner sur ce qu'elle supporte après avoir quitté la rampe de lancement. Toute les misères qu'on lui impose ou plus précisément ce que lui impose les lois de la physique.

## Mesurer l'accélération oui mais comment ?

Nous souhaitions avoir les renseignements après récupération de la fusée... Une expérience précédente avait échoué pour la mesure du temps de vol car à l'atterrissage, le retour un peu brutal avait sectionné les fils d'alimentation du circuit donc plus aucune information.

Après de longues hésitations et essais de toutes sortes, on a opté pour un enregistrement sur papier. Le risque de perdre les informations au choc du retour sur terre était réduit au minimum.

## PRINCIPE :

Tout ce qui se trouve intégré à la fusée subit les forces dues à l'accélération produite par la poussée du moteur. Il suffit alors de placer un dispositif sensible à ces accélérations.

Plusieurs solutions ont été proposées : l'allongement d'un ressort sur lequel serait fixé un aimant permanent qui se déplacerait proportionnellement à l'accélération , et

agirait sur des ILS placés proche du champ magnétique, Ces derniers se mettraient en contact au passage de l'aimant. Les informations seraient conservées en utilisant des thyristors. Ce système, bien que fonctionnant correctement, ne pouvait nous satisfaire car nous exigeons une information précise sur la poussée, ce dispositif ne donnant que des informations par paliers, a été abandonné. L'idéal serait d'avoir une courbe d'accélération. Donc nous nous sommes tournés vers un dispositif enregistreur sur papier.

Un papier fixé sur un cylindre en rotation équipé d'un traceur voilà ce que nous avons décidé de fabriquer pour être embarqué par notre fusée Pluton.

Plusieurs essais ont permis d'imaginer le principe puis le dispositif final.

Nous avons fabriqué un système reposant sur l'allongement d'un ressort de dynamomètre : son allongement est proportionnel à la force qui lui est appliquée.

Nous avons sacrifié un dynamomètre de 2 N que nous avons en salle de physique et après modifications irréversibles nous l'avons étalonné.

Voici le montage assemblé :



## Dispositif :

Un moteur assure la rotation du tambour sur lequel est fixé un papier millimétré. Une masse de 13,27 g fixée au ressort coulisse sur un tube longitudinal parallèle au tambour, le système traceur est composé d'une mine de graphite montée sur lame de ressort afin d'assurer le contact sur toute la course de la partie mobile.

Dès l'accélération, le moteur se met en rotation et entraîne le tambour à la vitesse de  $\frac{1}{2}$  tour/ seconde. Un circuit électronique monostable assure une rotation de 2,2 s puis interrompt la rotation . Sous l'effet de l'accélération, le graphite trace les déplacements du système mobile. Le dynamomètre permet une mesure jusqu'à une force de 2 N . La masse de la partie mobile a été mesurée avec précision à l'aide d'une balance sensible au  $1/10^{\text{ème}}$  de mg.

## ETALONNAGE DE L'ENREGISTREUR

Nous avons accroché un sac en plastique que nous avons progressivement rempli d'écrous pour que le dynamomètre arrive au maximum de sa course. Une pesée précise nous a affiché 193,53 g .

En faisant le rapport masse du dispositif mobile masse d'étalonnage, on a obtenu un rapport de **14,56**. On a pensé cela suffisant pour nos mesures.

## Montage expérimental :



Sur cette photo, on distingue le tambour tournant (de couleur noire) le circuit électronique dans la partie supérieure, le moteur d'entraînement (partie inférieure) et les deux bagues de fixation de l'ensemble sur le corps de la fusée.



Remplissage progressif du sac plastique accroché au dynamomètre.

## LA FUSEE PLUTON

L'expérience embarquée a nécessité l'utilisation d'un tube PVC de 63 mm de diamètre et de 900 mm de longueur à laquelle il faut ajouter 160 mm d'ogive. La trappe à parachute a une ouverture de 180 mm de longueur et 45 mm de Largeur. L'ouverture est assurée par un système de minuterie électronique réglable de 2 à 15 secondes initialisé au décollage par un contacteur à inertie. L'ouverture de la trappe est assurée par un disque muni d'une fente en spirale qui libère en fin de rotation un ergo en métal fixé sur la trappe. La vitesse de rotation est de deux tours /S La fermeture de la trappe est réalisée au moyen d'un inverseur de rotation du moteur (qu'il ne faut pas oublier de basculer avant la mise de la fusée sur rampe de lancement !)

Plusieurs bagues intermédiaires séparent les différentes parties du corps de la fusée : la bague supérieure sépare la case à équipement électronique et alimentation électrique de la zone parachute, la bague intermédiaire entre la zone parachute et le compartiment mesure et enfin la bague inférieure sépare le

compartiment mesure du compartiment propulseur. Cette dernière bague, réalisée en PVC expansé de 19 mm d'épaisseur, est protégé par une couche de 3 mm de liège afin d' isoler thermiquement le PVC de la température du propulseur.

## LES AILERONS

Les ailerons sont en PVC expansé (car plus léger) de 3 mm et collés sur le corps . Ces ailerons sont assez fragiles mais ont résisté aux tests de qualification.



Collage des ailerons à l'aide d'une colle spéciale bi composants à usage spatial .

On aperçoit la plaque de poussée (usinée au collège au tour de précision) qui sera ensuite recouverte d'une rondelle de liège afin d'éviter que la température élevée du propulseur la déforme (pendant toute la phase de vol.) La bague réductrice pour la fixation du propulseur ne figure pas sur cette photo. Il s'agit d'une bague fixée sur la partie inférieure de la fusée par collage, d'un diamètre intérieur ajusté au diamètre du propulseur Cariacou avec un jeu de 1 mm pour mise en place (par le Pyrotechnicien) du propulseur le jour du lancement.

Toutes les bagues sont fixées sur le corps de la fusée par des vis à têtes fraisées noyées dans l'épaisseur du tube pour éviter les aspérités.

## USINAGE DES BAGUES ET DE LA PLAQUE DE POUSSEE



Rémy et Julien : spécialistes de la mécanique de précision en pleine action sur la plaque de poussée

# LES RESULTATS

## COMPORTEMENT DE LA FUSEE

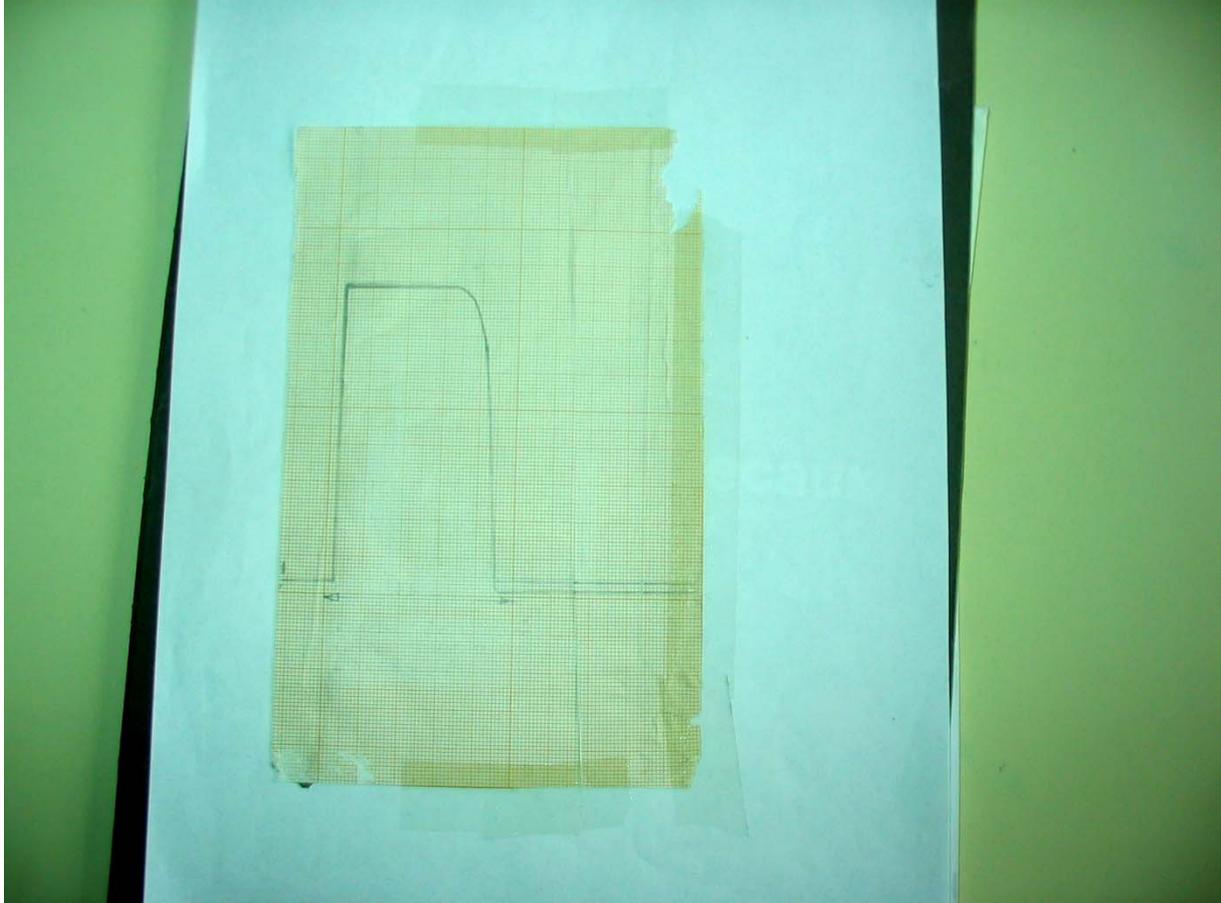
L'anxiété se lisait sur les visages pendant le compte à rebours, les yeux fixés sur la rampe de lancement. Le sifflement caractéristique après la mise à feu du propulseur donnait une idée des ambiances fébriles des lancements d'Ariane à Kourou , puis le silence ... l'attente... et enfin l'ouverture du parachute majestueux blanc comme un oiseau qui plane au dessus des rochers avec une sûreté jamais déçue... Des applaudissements et des rires qui témoignaient des tensions que chacun vivait dans son secret, et puis la longue attente avant récupération ... mais on était soulagés ! Tout avait fonctionné comme prévu. Vol nominal ! quelle récompense ! Après une année de travail ; ce sont des moments inoubliables.

## LES MESURES

Le dispositif enregistreur a fonctionné correctement, l'ensemble est en parfait état la courbe très lisible cela s'ajoute à la satisfaction du vol nominal. Une petite déception cependant, la courbe n'est pas complète, le sommet est tronqué par une accélération plus importante que prévue. Cependant, le dispositif enregistreur a correctement fonctionné, il sera utilisé (avec légère modification) dans notre prochain projet .

Voici la courbe :

L



COMMENTAIRES :

Nous avons sous estimé l'accélération due à la poussée du propulseur Cariacou la partie mobile est venue en butée ce qui signifie après calculs que l'accélération a été supérieure à 15 g . Cependant, l'enregistrement répond en partie à nos questions : oui les circuits sont soumis à de dures épreuves nous devons soigner particulièrement les liaisons électriques pour éviter l'arrachage au cours de la poussée du propulseur.

## LES MODIFICATIONS, PROJET FUTUR

En y regardant de plus près, le front de montée de la courbe nous semble trop vertical. Un élève a proposé de faire tourner le moteur du tambour avant le décollage... bonne proposition adoptée par l'ensemble du groupe qui déjà prépare un nouveau projet incluant un tel dispositif d'enregistrement en prenant soin d'éviter la butée du système traceur en fin de course ! On pense à un dispositif mobile plus léger de 4 à 5 g . Il sera possible alors de calculer la surface délimitée par la courbe

de poussée et peut-être évaluer l'intégrale de poussée par pesée du papier d'enregistrement.. (en cours d'évaluation)

Merci à **Planète science et au CNES** de nous accompagner tout au long de nos projets et de nous permettre de vivre ces moments passionnants.

Le club scientifique Louis Lumière