

## Compte rendu du projet Super Spchit Mini-fusex

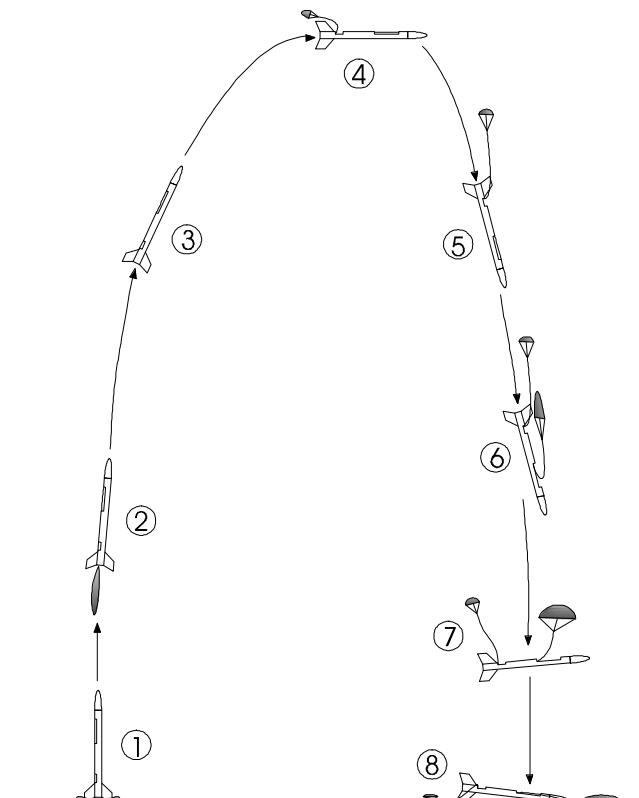
Super Spchit était une mini-fusée emportant aussi des expériences d'où le qualificatif de mini-fusex.

Le but principale de ce projet était de poursuivre les travaux commencés avec Spchit sur un système de récupération à deux parachutes :

### Principe du système à deux parachutes :

#### Déroulement du vol de Super Spchit :

- 1 - Décollage
- 2 - Phase propulsée
- 3 - Phase balistique
- 4 - Culmination et ouverture du ralentisseur
- 5 - Descente rapide sous le ralentisseur
- 6 - A 80 mètre ouverture du parachute principal
- 7 - Descente lente sous les deux parachutes
- 8 - Atterrissage en douceur



Ce système a été conçu pour limiter la dérive de la fusée en limitant le temps de descente de la fusée. En effet la majeure partie de la descente s'effectue rapidement car la fusée n'est alors ralentie que par le ralentisseur. L'ouverture du parachute principal permet d'atterrir en douceur.

Ce système permet aussi de limiter les chocs à l'ouverture, car le premier parachute est petit (donc un petit choc) et le deuxième parachute s'ouvre à une vitesse relativement faible (donc un petit choc aussi).

### Rappel du projet Spchit :

Sur le projet [Spchit](#), les deux parachutes étaient déclenchés par deux minuteries, de plus elle embarquait une mesure d'altitude par tube de pitot et une mesure de rotation.

Le système de récupération à deux parachutes et la mesure de rotation avaient bien marché mais la mesure d'altitude avait eut des problèmes d'alimentation d'où une courbe difficilement exploitable.

Ce projet avait mis en évidence deux lacunes dans le système de récupération:

- Il fallait absolument prévoir un système pour détecter le bon fonctionnement du premier système de récupération (le système de ralentisseur). Car en cas d'échec du premier système, la fusée aurait déjà touchée le sol avant l'ouverture du second système.
- Il serait intéressant de mesurer l'altitude pour déclencher le second système de récupération (le système de parachute principal) car la vitesse de descente est trop aléatoire pour une ouverture fiable sur minuterie.

### Le projet Spchit en rampe



De là, il a été décidé de refaire une mini-fusee avec le même système de récupération mais avec de nombreuses améliorations.

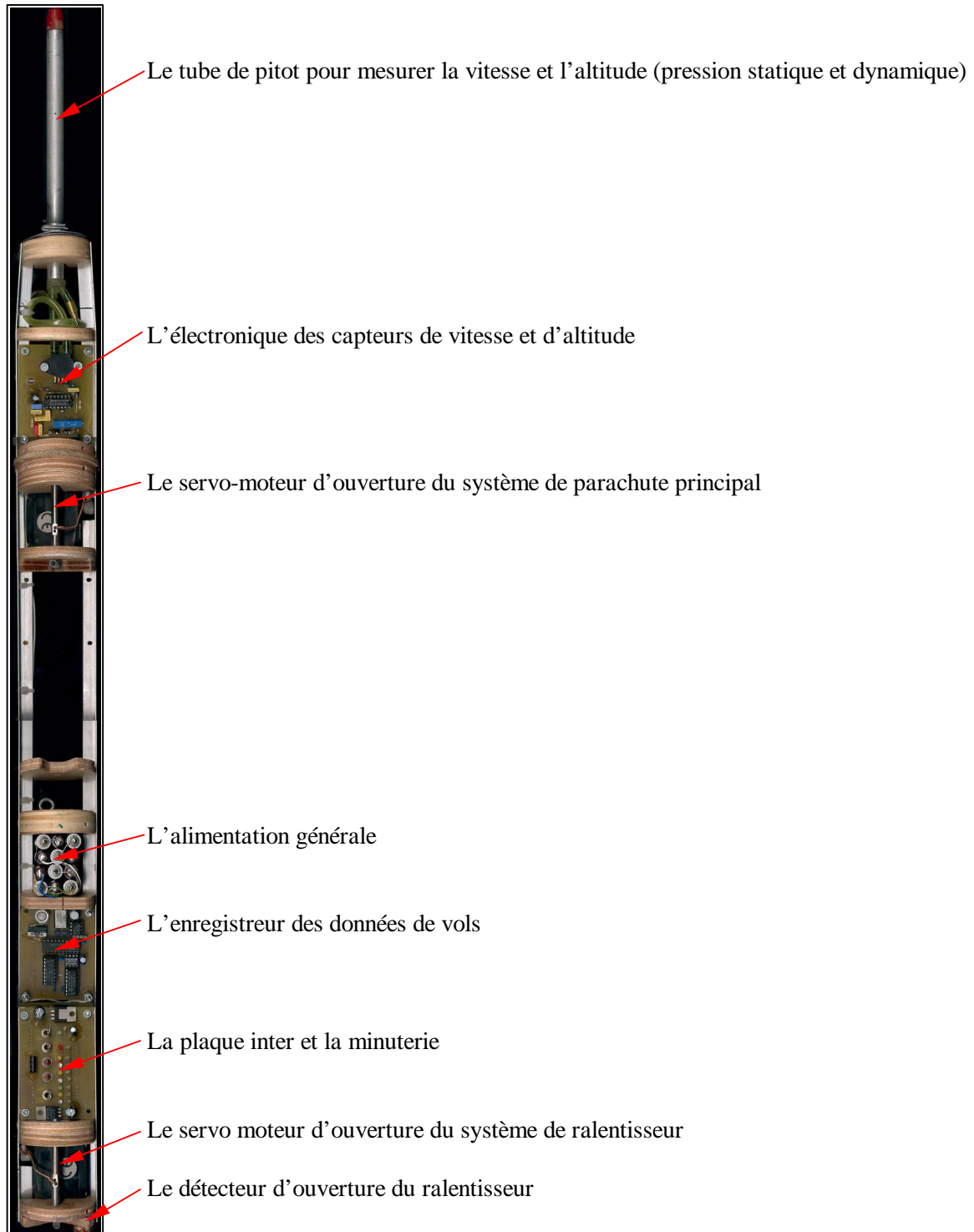
Super Spchit était né ...

### Caractéristiques de Super Spchit :

- le système de récupération à deux parachutes.
- Les deux systèmes de récupérations étaient des systèmes simples (et fiable à 100%) à portes latérales libérées par des servo-moteurs.
- Le premier système était déclenché par une mesure de vitesse pour déterminer le moment de vitesse minimale avec un fenêtrage temporel pour la sécurité.
- Un détecteur d'ouverture pour le ralentisseur qui permettait de savoir si le premier parachute s'était bien ouvert. Le cas échéant la fusée décidait d'ouvrir immédiatement le second parachute.

- Le second système d'ouverture était déclenché par une mesure d'altitude. Il devait s'ouvrir dès que la fusée serait en dessous de 80m.
- Les deux mesures ainsi que les phases de vols étaient enregistrés sur une eeprom. L'électronique était piloté par deux microcontrôleur.

### Vue de l'intérieur de Super Spchit



## Le lancement :

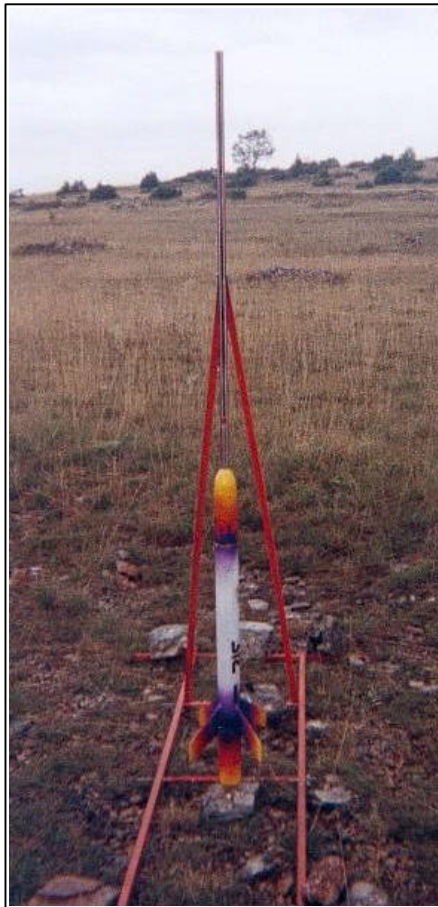
Super Spchit a été lancée pendant la campagne nationale 99 qui s'est déroulée à Millau (Aveyron). A cause de doutes du CNES sur la stabilité de la fusée, le lancement s'est effectué en plan d'op réduit le jeudi matin vers 11h.

Le temps était un peu gris avec pas trop de vent (il y a eut, tout de même, un arrêt chrono).

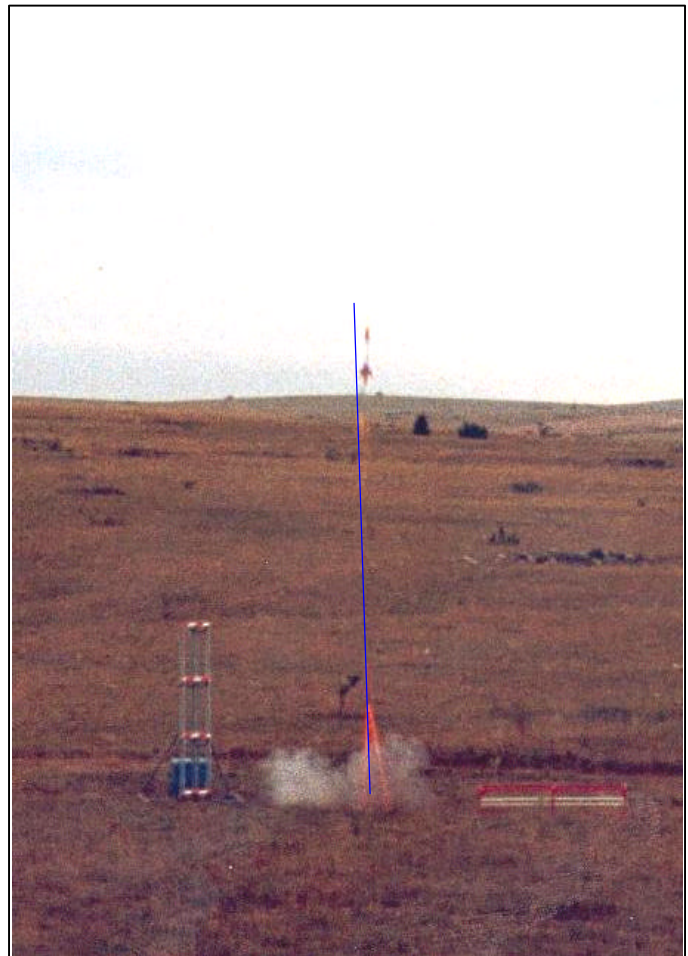
Ce fut la première fusée lancée de la campagne.

Le vol a été nominal. Le premier parachute s'est ouvert tardivement puis le second s'est ouvert juste avant l'atterrissage.

On peut juste remarquer que la fusée a légèrement dévié un peu après la sortie de rampe. Ceci s'explique simplement par le fait que les rampes minifs étant situées en contrebas à l'abri des vents, les mini-fusées se prennent brusquement une rafale de vent un peu après le décollage.



Super Spchit en rampe prête à en découdre avec les cieux



### Décollage de Super Spchit

On voit très clairement la déviation peu après la sortie de rampe.

La fusée après le vol en bon état (seules deux ailerons se sont cassés à l'atterrissage)

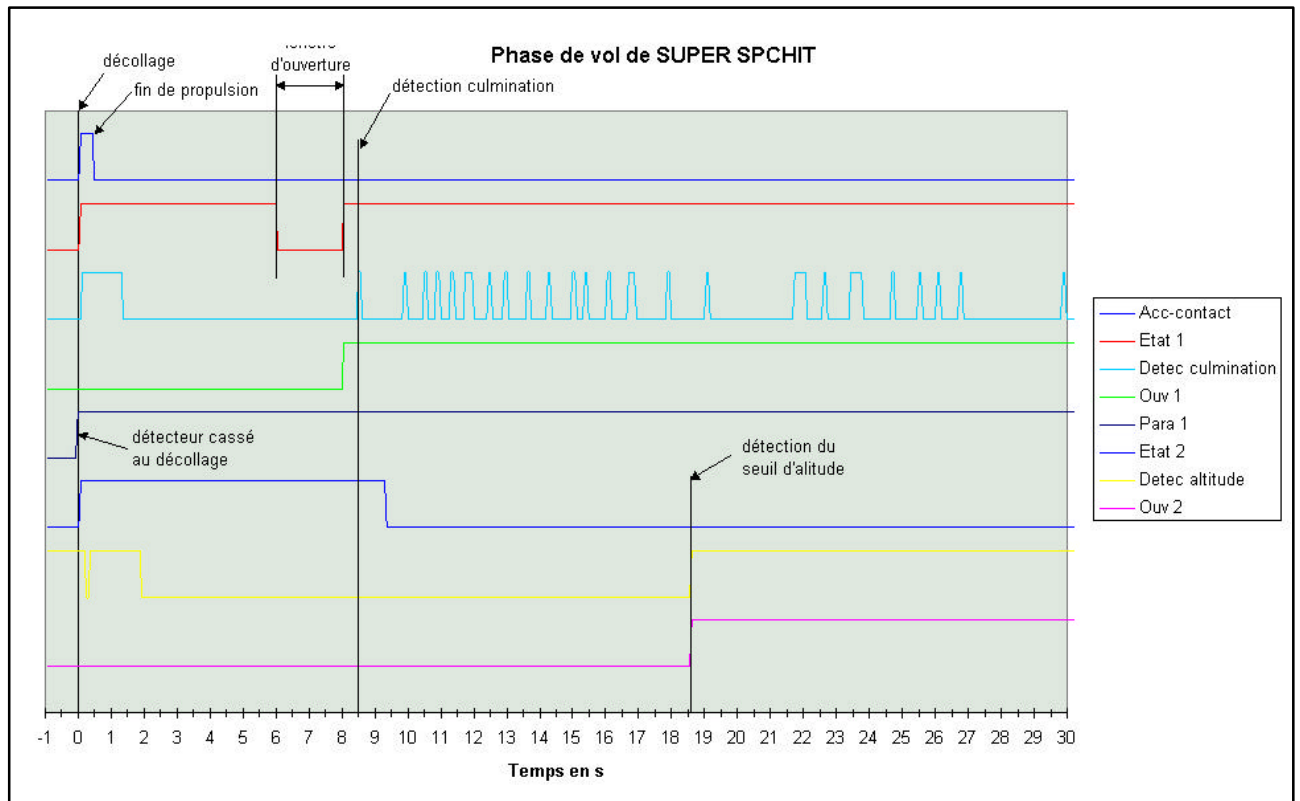


### Le résultats des expériences :

L'expérience principale étant le système de récupération à deux parachutes, il me parait logique de commencer par regarder les phases de vols.

### Les phases de vol :

Les phases de vol regroupaient huit signaux qui nous permettaient de connaître l'état de la fusée à chaque instant.



Au décollage, il apparaît que le détecteur de l'ouverture du ralentisseur (**Para1**) a été cassé à l'accélération. C'était un petit fil très fin dans le lequel passait le fil du parachute. Il est probable que ce fil a tiré sur le détecteur et l'a cassé.

L'accéléro-contact (**Acc-contact**) nous donne la fin de propulsion à 0,5 seconde ce qui correspond bien au temps de combustion du propulseur Koudou.

A 6 secondes, la minuterie autorise l'ouverture du ralentisseur (**Etat1**).

Il n'y a pas eut de détection de la culmination (**Detec culmination**) durant la fenêtre et donc à 8 secondes, la minuterie force l'ouverture du ralentisseur (**Ouv1**).

Le détecteur d'ouverture du ralentisseur étant déjà cassé, la minuterie a considéré que tout allait bien. A 9,5 secondes, la minuterie autorise donc l'ouverture du parachute principal (**Para2**).

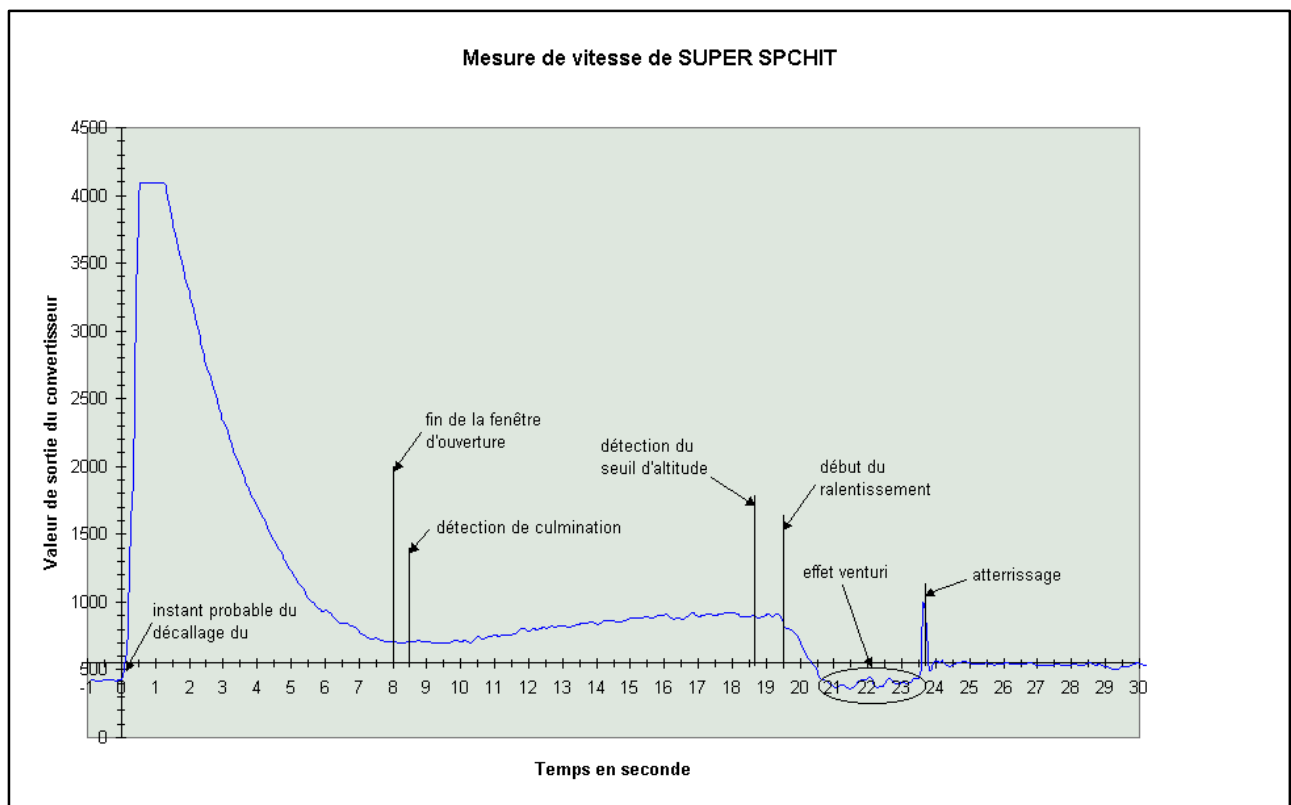
Ensuite à 18 secondes, il y a la détection du seuil d'altitude (**Detec altitude**) qui entraîne l'ouverture du parachute principale (**Ouv2**).

### La mesure de vitesse (pression dynamique):

Cette mesure était uniquement destinée à détecter le moment de vitesse minimale (la culmination) pour déclencher l'ouverture du ralentisseur.

Il n'y avait donc pas besoin d'étalonnage puisque l'on ne s'intéressait qu'à la variation du signal. Il y avait juste un réglage fait à partir de calcul théorique (pression dynamique en fonction de la vitesse).

La courbe est correcte, les parasites sont peu élevés.



Par contre, on remarquera qu'il y a un décalage entre le début et la fin de la courbe. Or à ces moment là fusée est à l'arrêt donc on devrait avoir la même valeur.

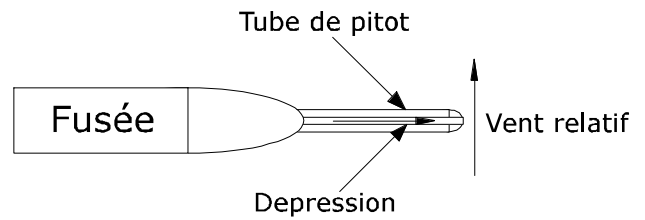
Je pense que ce décalage est du à un potentiomètre qui aurait légèrement bougé à l'accélération initiale.

J'ai donc décalé la courbe au niveau finale car c'est ce zéro qui est valable pendant le vol.

La culmination n'apparaît pas évidente sur la courbe. On peut dire qu'avec une détection à 8,5 secondes, le cerveau de la fusée s'est bien débrouillé.

Par contre il y a d'autres choses intéressantes sur la courbe:

-Tout d'abord, la courbe de vitesse prend des valeurs négatives pendant la chute sous les deux parachutes. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'à ce moment là, la fusée descendait à l'horizontale avec donc le tube de pitot perpendiculaire à la direction de chute. Nous avons donc une dépression (qui se traduit par une vitesse négative) due à l'effet venturi.



-On peut mesurer l'instant d'atterrissage à 23,7 secondes.

-Enfin il apparaît un décalage de l'ordre de 1 seconde entre l'instant de commande de l'ouverture du parachute principal et le ralentissement effective induit par celui-ci.

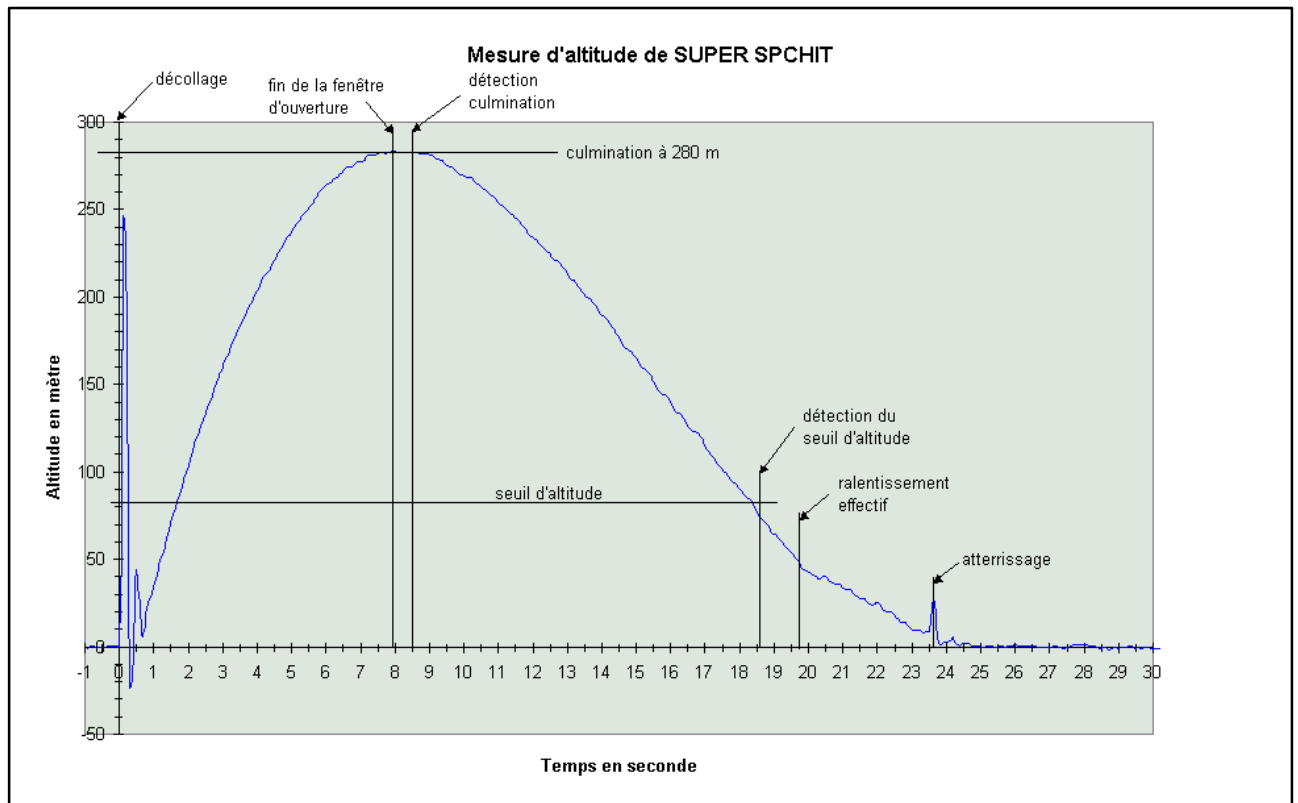
Le temps de réaction du servo-moteur du système d'ouverture de la porte doit être la cause principale de ce retard.

### La mesure d'altitude (pression dynamique):

Cette mesure avait pour but de détecter un seuil d'ouverture pour déclencher l'ouverture du parachute principale.

Là nous avons étalonné le capteur pour déterminer le seuil d'altitude.

La courbe est excellente, les parasites sont faibles ce qui est déjà une bonne performance vu l'échelle (qui nous obligeait à amplifier énormément le signal du capteur).



Le seuil d'altitude a été correctement détecté à 18 secondes.

Comme pour la courbe de vitesse, il y a beaucoup d'autres choses intéressantes sur cette courbe:

-La culmination apparaît être vers 8 secondes à 280 mètres ce qui correspond à la fin de la fenêtre d'ouverture.

Nous avons observé une ouverture assez tardive, mais si on considère qu'il y a eut une seconde entre la commande de l'ouverture et le déploiement du ralentisseur (comme pour le parachute principal), la fin de la fenêtre devait assez bien correspondre à la culmination.

Trajec nous donnait une culmination à 260 mètres en 7 secondes.

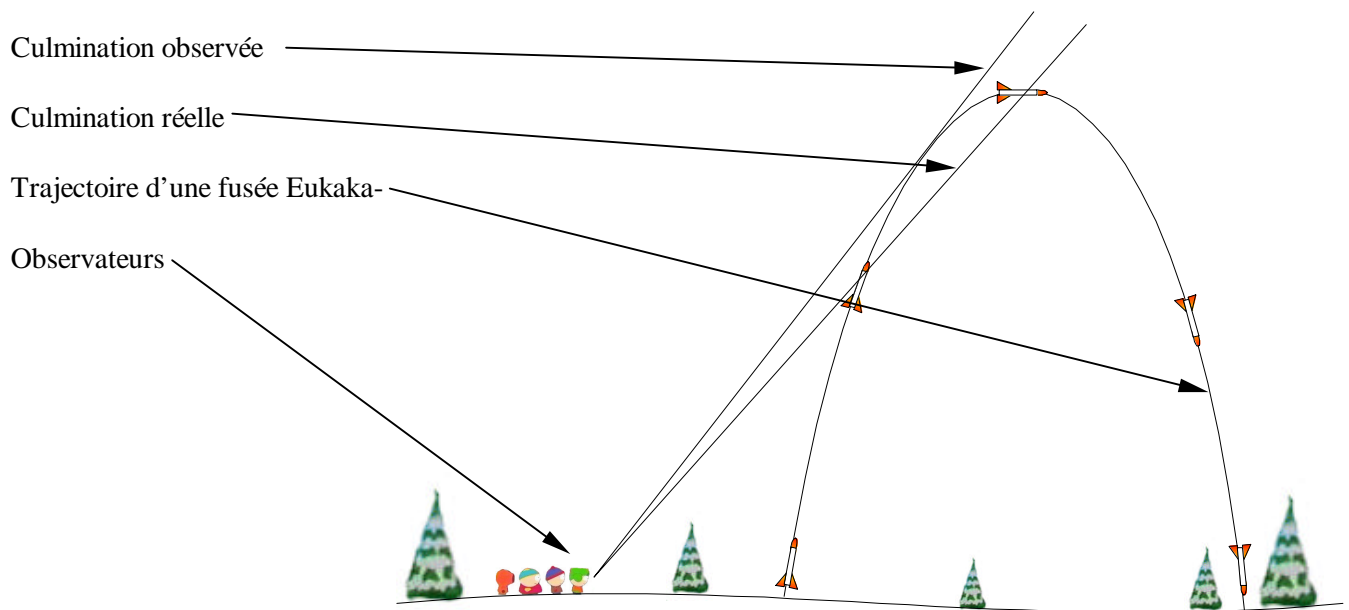
Il y a plusieurs causes possibles pour expliquer ces écarts:

- Il y a des écarts entre le modèle trajec et la fusée réelle. Cela joue sur l'altitude et le temps de culmination.

- Il y a des paramètres importants que l'on ne peut mesurer facilement et à qui on attribue une valeur passe-partout (je pense au  $C_x$ ). Il est possible que Super Spchit toute profilée avec un léger retrain à l'arrière (le retrain a une forte influence sur le  $C_x$ ) ait un bon  $C_x$  (meilleurs que 0,8). Cela joue sur l'altitude et le temps de culmination.

- Il y a des erreurs (probable) sur l'étalonnage du capteur. Cela joue sur l'altitude de culmination

- Enfin il y a des erreurs d'observation facile à expliquer qui nous font percevoir la culmination plus tôt que la culmination réelle:



Tous ceci fait qu'il est difficile de savoir si c'est le capteur ou trajec qui a plutôt raison au sujet du temps de culmination .

Personnellement je pense que le capteur à raison en ce qui concerne le temps de culmination.

Pour l'altitude, je n'en sais rien !!!

-Sur cette courbe aussi, le décalage de 1 seconde entre l'ordre d'ouverture et le ralentissement effectif du parachute principal apparaît clairement

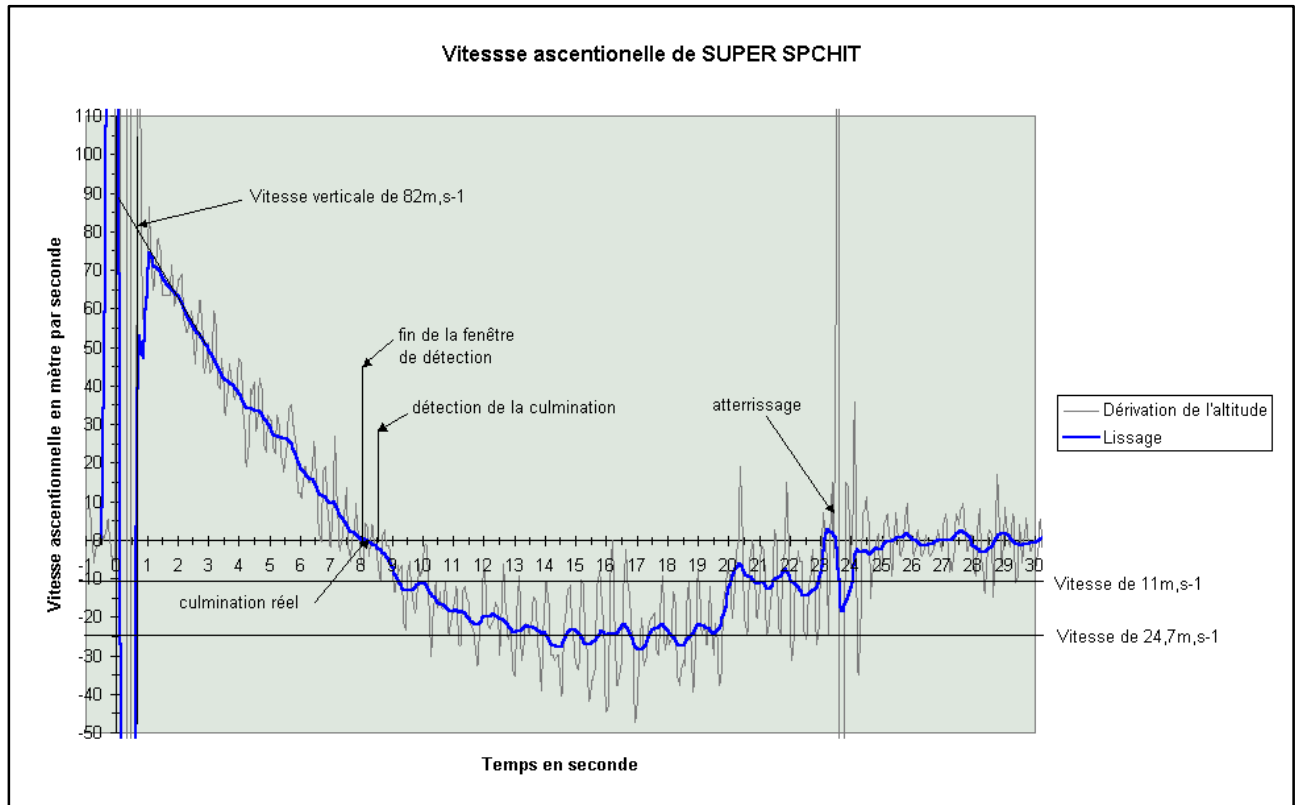
Comme la courbe était bonne, je l'ai dérivée pour pouvoir effectuer quelques mesures supplémentaires. Cela m'a donné :

[La vitesse ascensionnelle \(verticale\) de la fusée:](#)



Cette courbe est donc issue de la dérivation de l'altitude.

A l'origine, cette courbe est peu lisible, et j'ai donc lissée cette courbe pour pouvoir l'exploiter plus facilement.



-La vitesse de la fusée décroît presque linéairement (effet de la gravité) ce qui permet de confirmer que la fusée avait un bon Cx (les effets aérodynamique sont faible).

-La culmination apparaît très bien sur la courbe vers 8,3 secondes contre 8 secondes pour la fin de la fenêtre et 8,5 secondes pour la culmination détecté.

-Les deux paliers suivant correspondent aux descentes sous parachutes.

Comme on peut considérer que la descente sous parachute est verticale. La vitesse réelle de la vitesse est égale à la vitesse verticale que l'on peut mesurer facilement sur la courbe:

J'ai mesuré une vitesse de descente sous le ralentisseur de 24,7m.s-1 contre 24m.s-1 par calcul théorique, puis pour les deux parachutes, 11m.s-1 contre 11,5m.s-1 par calcul théorique.

Ces résultats sont étonnamment proche vues les approximations du calcul théorique.

-Enfin vers 24 secondes, il y a un pic sur la courbe correspondant à l'atterrissage.

-De plus j'ai mesuré une vitesse ascensionnelle de 82m.s-1 vers 0,5 seconde. Comme le Koudou pousse environ 0,5 seconde cette vitesse est la vitesse verticale maximale de la fusée. Si on prend comme angle de la fusée entre 70° et 80° (pour les minif l'orientation en gisement est relativement pifométrique), cela nous donne une vitesse réelle maximale de la fusée entre 87m.s-1 et 83m.s-1. Trajec nous donnait une vitesse maximale de 86m.s-1.

Les mesures donc là aussi parfaitement cohérentes.

### Bilan de Super Spchit :

-Le système de récupération a très bien fonctionné. Bien sûr, la culmination n'a pas été détectée, mais vu la courbe cela doit être relativement difficile à faire avec la vitesse.

Dans le prochain projet nous essayerons de détecter la culmination plutôt avec l'altitude que la vitesse. Si cela ne marche pas, on reviendra à la traditionnelle minuterie pour déclencher le ralentisseur. Le parachute principal sera toujours déclenché par un seuil d'altitude.

-Les capteurs ont bien fonctionné, et les mesures sont propres.

-L'enregistreur a parfaitement rempli son rôle et nous permet de tester un nouveau concept (pour nous en tout cas). En effet les courbes commencent toutes à H-1 secondes ce qui peut paraître magique avec un enregistrement. L'astuce consiste à enregistrer continuellement avant le décollage. Dès que l'accéléro-contact est actionné, l'enregistreur n'enregistre plus qu'un nombre de données inférieur à la capacité de la mémoire. Comme cela les données légèrement antérieures au décollage ne sont pas effacées. C'est tout simple, mais il fallait y penser (merci Benji).

Par contre, un problème auquel nous n'avions jamais pensé est apparu. Celui du retard entre le signal de fin de la minuterie et celui de l'ouverture effective du système de récupération. Ce retard est de l'ordre de 1 seconde pour les systèmes de Super Spchit, ce qui est important. Pourtant il n'est jamais pris en compte lors des contrôles.

Je pense qu'il serait important de rajouter une estimation de ce retard lors des contrôles pour pouvoir corriger la temporisation de la minuterie en conséquence.

### [Et après ....](#)

Le projet Spchit, puis le projet Super Spchit ont été décidé juste après la perte de notre première fusex Supernova à cause d'une trop grande dérive lors de la descente sous parachute.

La perte de Supernova nous avaient beaucoup déçu car elle embarqué des expériences originales enregistrées dans la fusée dont nous avons jamais eut les résultats.

Les projet Spchit avaient pour but de concevoir un système de récupération limitant cette dérive.

### La réussite de système de récupération à deux parachutes de Super Spchit clôt donc la série des Spchits.

Ce système est particulièrement profitable pour les fusex et que c'est dans cette optique qu'il a été pensé. Car il permet de limiter le temps de descente (gros problème pour les fusex à Millau) et de limiter les chocs à l'ouverture (problème pour les fusex en générale).

Grâce à ce nouveau système de récupération à deux parachutes nous allons donc pouvoir refaire une nouvelle fusex (Une supernova 2) avec cette fois-ci peu de risque de la perdre.