

# BALLON STRATOSPHERIQUE

« CASTLE OF PRINCESS KADIJA »



## **INTRODUCTION**

Après deux ans de réalisation, nous avons pu lâcher le ballon stratosphérique.

Ce lâcher a eu lieu lors du « festival européen des clubs espace », qui se déroulait à Millau du 31/07 au 6/08/2000. Une trentaine de clubs étaient présents à ce festival et plus de cinquante projets ont été lancés (aussi bien des ballons et des fusées expérimentales que des mini-fusées.)

Pour notre part, au sein du club STS, nous avons ainsi présenté trois mini-fusées et le ballon qui constituait le « gros projet » de l'année.

Au cours de cette semaine, nous avons peaufiné le projet, et nous avons dû aussi faire face à quelques problèmes d'ordre technique (notre carte alimentation pour les expériences est tombée en panne, le programme pour le microcontrôleur ne fonctionnait pas, etc...). Puis, une fois le ballon fini, nous avons dû passer les contrôles afin de vérifier que la nacelle et les expériences correspondaient au cahier des charges de l'ANSTJ, qui organise ce festival et fournit la chaîne de vol du ballon.

Enfin, le Samedi 6 Août 2000, à 17h09, nous avons lancé le ballon.



*Décollage du ballon*

## SOMMAIRE

Introduction	Page 1 à 3
Les contrôles	Page 4
Le grand jour	Page 5
LES RESULTATS	Page 6
Le suivi GPS	Page 7 à 8
L'altitude	Page 9 à 10
La température	Page 11 à 12
La stabilité	Page 13 à 15
La prise de photographies	Page 15
Conclusion	Page 16



*Chaîne de vol : avec les deux nacelles, deux réflecteurs radar et deux parachutes*

## **LES CONTROLES DE L'ANSTJ**

Pour qu'un projet soit lancé, il faut qu'il ne présente pas de danger et qu'il soit viable. Pour cela, l'ANSTJ a défini un ensemble de règles qui sont regroupées dans un cahier des charges que nous devons respecter.

Tout au long de la réalisation, un bénévole de L'ANSTJ a suivi notre projet, afin de nous conseiller et de vérifier sa conformité au cahier des charges.

Toutefois, le projet n'étant jamais complètement fini lors de ces visites, nous avons du, une fois arrivés à Millau, faire contrôler la nacelle. Le contrôle comporte plusieurs parties :

La partie mécanique : Il faut que le ballon ne soit pas dangereux, ni pour l'environnement (pas d'expérience chimique...) ni pour les objets ou les personnes sur lesquels il risque d'atterrir à la fin du vol. Pour pouvoir être soulevée par le ballon d'hélium, la masse totale ne doit pas excéder 3Kg. Nos deux nacelles pesaient 2,4Kg et ne posaient pas de problème de sécurité.

Les capteurs : On a vérifié que les capteurs de température réagissaient bien aux variations de température, que les capteurs de stabilité réagissaient, et on a aussi étalonné le capteur de pression. Pour tous les capteurs, on a obtenu des valeurs pratiques très proches de la valeur attendue.

La mise en œuvre de l'émission : On a testé l'émission et la réception FM dans les mêmes conditions que lors du vol ; c'est à dire avec tous les capteurs, le microcontrôleur et l'émetteur FM en route. Au niveau de la réception, on obtenait la trame voulue.

Le vol simulé : Il s'agissait, dans cette dernière étape, de simuler la mise en application de la chronologie, comme s'il s'agissait de la mise en œuvre réelle. Cette dernière étape a pris du temps, car il s'agissait de notre premier ballon.

Bref finalement, à 6h du matin, après une nuit très fastidieuse, le ballon a été qualifié et son lâcher fut planifié pour 14h.

## **LE GRAND JOUR**

Ca y est, le grand jour est arrivé ! Sur notre stand les nacelles sont prêtes, on a mis des piles neuves (soit 24 piles), une pellicule dans l'appareil photo, puis on a tout assemblé (en suivant les instructions de la chronologie).

Arrivés sur l'aire de lancement, il ne restait plus qu'à mettre la chaîne de vol et lâcher le ballon, toutefois on a rencontré quelques problèmes :

- Contrairement aux contrôleurs, les lanceurs ont jugé que la nacelle inférieure avait des bords saillants, on a donc dû rajouter du polystyrène dans le bas de la nacelle.
- Le second problème venait de l'antenne GPS qui subissait les perturbations de l'émetteur FM. Ces perturbations empêchaient le GPS de recevoir les données des satellites. On a donc sorti l'antenne du « donjon » pour la fixer sur la chaîne de vol, loin de l'émetteur, juste sous le parachute.

Après deux heures d'essai de télémétrie, après avoir réglé les deux problèmes ci-dessus, on a finalement gonflé le ballon avec deux bouteilles d'hélium, et nous l'avons finalement lancé à 17h09.

1mn 30 après le décollage, la nacelle avec l'appareil photo s'est décrochée et est tombée à quelques Km de là. Malgré nos recherches, elle n'a pas été retrouvée. En fait, elle est probablement tombée à la limite du terrain militaire, alors que nous l'avons cherchée plus loin.

Quelques heures après, la seconde nacelle a fini son vol ; grâce aux données du GPS on a eu une position approximative du lieu de chute. On a aussi commencé à la chercher, toutefois, la tombée de la nuit ne nous a pas laissé le temps de la retrouver.

Pendant ce temps, dans le « camion de télémétrie », des techniciens réceptionnaient et enregistraient les trames provenant de l'émetteur du ballon. Malheureusement, pour une bonne partie du vol, il n'ont plus reçu les données émises par mon ballon...

A partir de ces données, on a pu exploiter les valeurs des différents capteurs.

## LES RESULTATS

Le lendemain, nous avons récupéré les trames reçues et enregistrées par la télémesure. Comme on avait utilisé un système de modulation standard, on a récupéré directement les trames sous forme de fichier texte (.txt).

*Voir le fichier « brut.txt »*

Une transmission FM n'est jamais parfaite, il y a toujours quelques parasites ; dans ce fichiers, les parasites ont introduit des caractères bizarres, que l'on a dû supprimer manuellement. Pour certaines trames, il nous manque des extraits, en raison des imperfections de la transmission.

Après avoir mis en forme tout ce fichier, nous l'avons entré sous Excel™ et nous avons fait des courbes ainsi que nos premières observations. On a en tout 1054 mesures.

Dans le présent dossier, les courbes de température et d'altitude ont été faites à partir d'un deuxième fichier, correspondant à un point par minute.



*Récepteur de l'ANSTJ*

## **LE SUIVI GPS**

Le GPS nous a permis d'avoir la position géographique du ballon à tout instant. Cela est d'ailleurs l'objectif principal de cette expérience.

Il nous a permis aussi d'avoir l'heure, qui, insérée dans chaque trame, nous a permis lors de l'exploitation des résultats de connaître l'heure à laquelle chaque mesure avait été effectuée.

La troisième information utile concerne l'altitude, qui bien qu'imprécise, nous a permis de faire des comparaisons avec la mesure du capteur de pression.

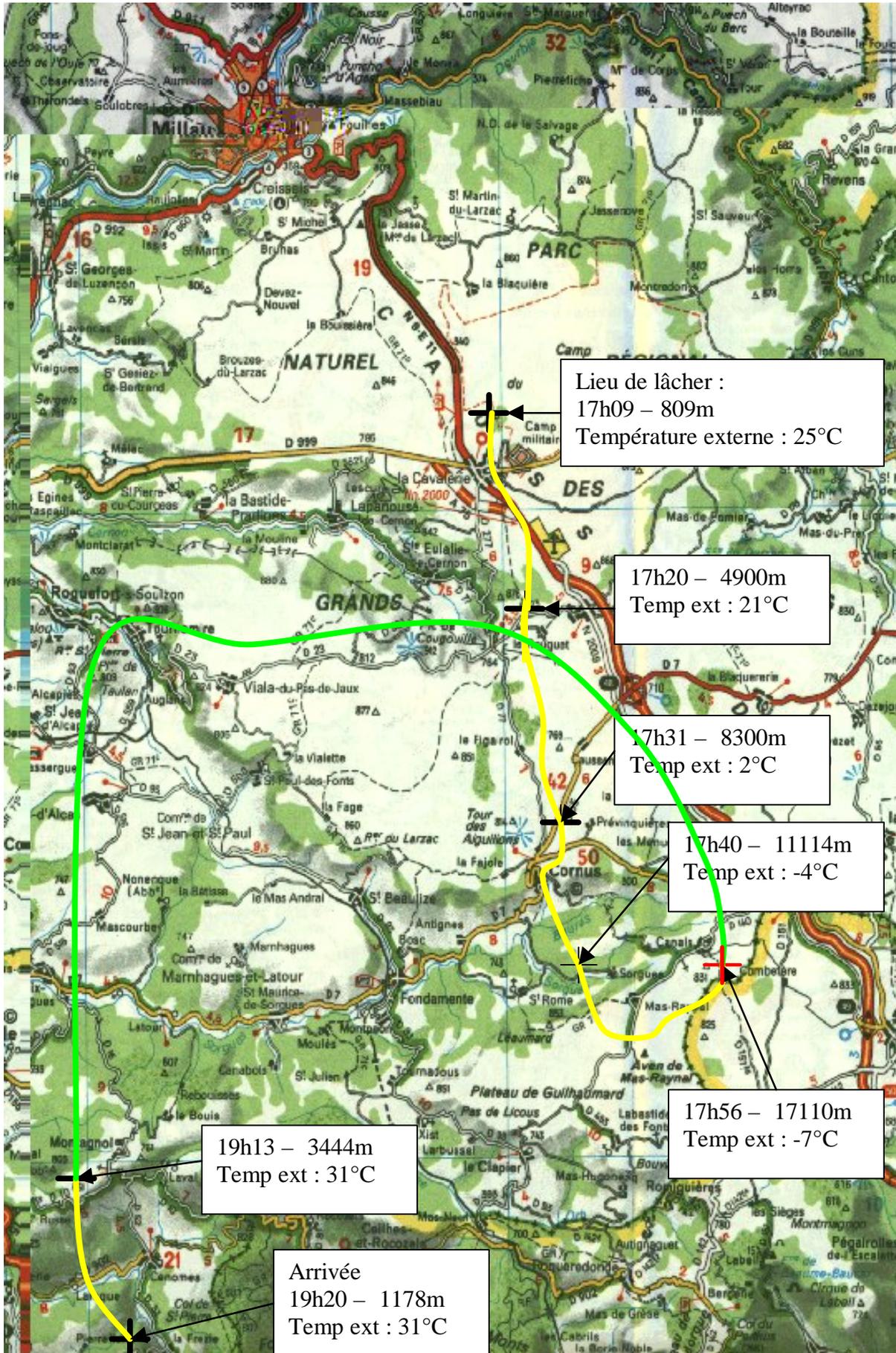
Du point de vue des résultats, cette expérience était très intéressante, mais pour nous ce capteur présentait le défaut de ne pas être un capteur « maison », mais un capteur du commerce.

Nous avons exploité les résultats obtenus, et pour les résumer, nous avons fait le dessin page suivante, qui retrace le vol du ballon :

Dans un premier temps, le ballon se dirige vers le Sud, en montant d'environ 300m par minute. A une altitude de 11 000 m, il rencontre un vent qui le dirige doucement vers l'Est, puis à 15 000 m, un autre courant l'oriente légèrement vers le Nord. A 17 000 m, on a perdu son émission, et il a été retrouvé 1h12 plus tard à 3000 m d'altitude, alors qu'il redescendait. Entre ces deux points, on ne sait pas précisément où le ballon est passé ; toutefois, on suppose qu'il a parcouru l'itinéraire en pointillé vert.

Ce qui est étrange c'est l'écart entre le point où il a été perdu, et le point où on l'a retrouvé, complètement à l'Ouest ; en effet, le ballon montait doucement en haute altitude, et le vent qui soufflait en dessous de 11 000 m était un vent du Nord (le poussant vers le Sud), ce qui signifie que le ballon a dû, au moment où il a été perdu, revenir au Nord, puis repartir vers le Sud une fois atteinte l'altitude où le vent du Nord prédomine (à moins de 11 000 m) . Toutefois, en raison de sa faible vitesse de montée (au moment où on l'a perdu), on suppose que vers 18 000 m, il a dû rencontrer un courant aérien assez fort qui l'aurait emmené vers le Nord Ouest, ou vers le Nord puis vers l'Ouest.

Pour les autres informations données par le GPS, il est à noter que pendant tout le vol, il a reçu des données des 8 satellites (d'où une bonne précision des données).



## **LES CAPTEURS DE TEMPERATURE**

Dans notre nacelle, il y a deux capteurs de température, un à l'intérieur, et l'autre à l'extérieur :

- Le capteur intérieur a pendant tout le vol saturé à 5v, ce qui signifie que la température dans la nacelle a toujours été supérieure à 31°C. Cela nous surprend, car comme notre ballon n'avait pas de couverture de survie pour l'isoler du froid, on supposait que la température intérieure diminuerait ; ce capteur avait d'ailleurs été conçu dans cette optique. On n'a donc pas pu mesurer la température interne qui a été supérieure à 31°C pendant tout le vol (d'où la saturation du capteur). Cette température est due aux composants électroniques qui dégagent de la chaleur en plus grande quantité que la chaleur qui s'évacue normalement de la nacelle. La température à l'intérieur a dû se stabiliser aux alentours de 45°C, sinon l'électronique n'aurait plus fonctionné.

- Le capteur de température extérieur a bien fonctionné : la température au sol était de 25°C, à 17000m de -7°C.

*Voir courbe page suivante*

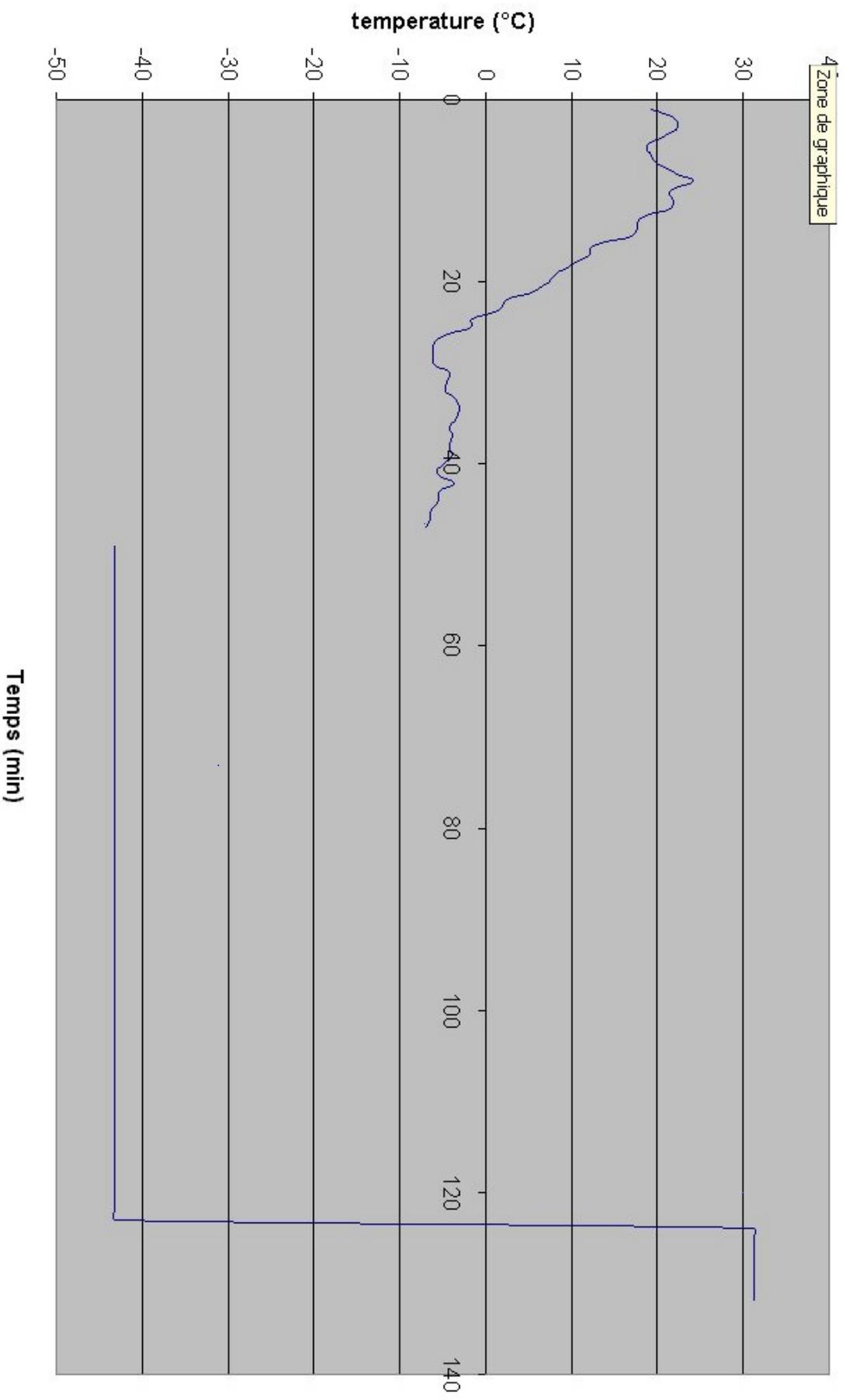
Comme on peut le voir, au fur et à mesure que l'on monte, la température diminue, jusqu'à un seuil minimum, puis elle augmente un peu avant de diminuer à nouveau. Cette « bosse » résulte sûrement de l'influence d'un coup de vent légèrement plus chaud, qui a soufflé à ce moment-là. On suppose qu'il s'agit d'un coup de vent parce que, au même moment, le ballon a changé de cap et a ralenti son allure.

Cette courbe n'est pas parfaitement lisse parce que notre capteur de température est directement exposé au vent ou au soleil selon l'inclinaison de la nacelle ; il est donc très sensible à ces perturbations.

Comme le ballon a continué de monter, on suppose que la température a dû continuer à diminuer jusqu'à la culmination avant de ré-augmenter (voir courbe en pointillé).

A la fin, ce capteur sature à 30°C. On peut supposer que soit le capteur était en plein soleil, soit les piles étaient trop faibles pour permettre un fonctionnement normal du système d'amplificateur (car ce jour-là, il ne faisait pas plus de 25°C à l'ombre).

# TEMPERATURE EXTERIEUR



## **MESURE DE L'ALTITUDE**

Pour effectuer la mesure d'altitude, on avait mis un capteur de pression. Il y avait aussi le GPS qui nous donnait l'altitude avec une précision moindre.

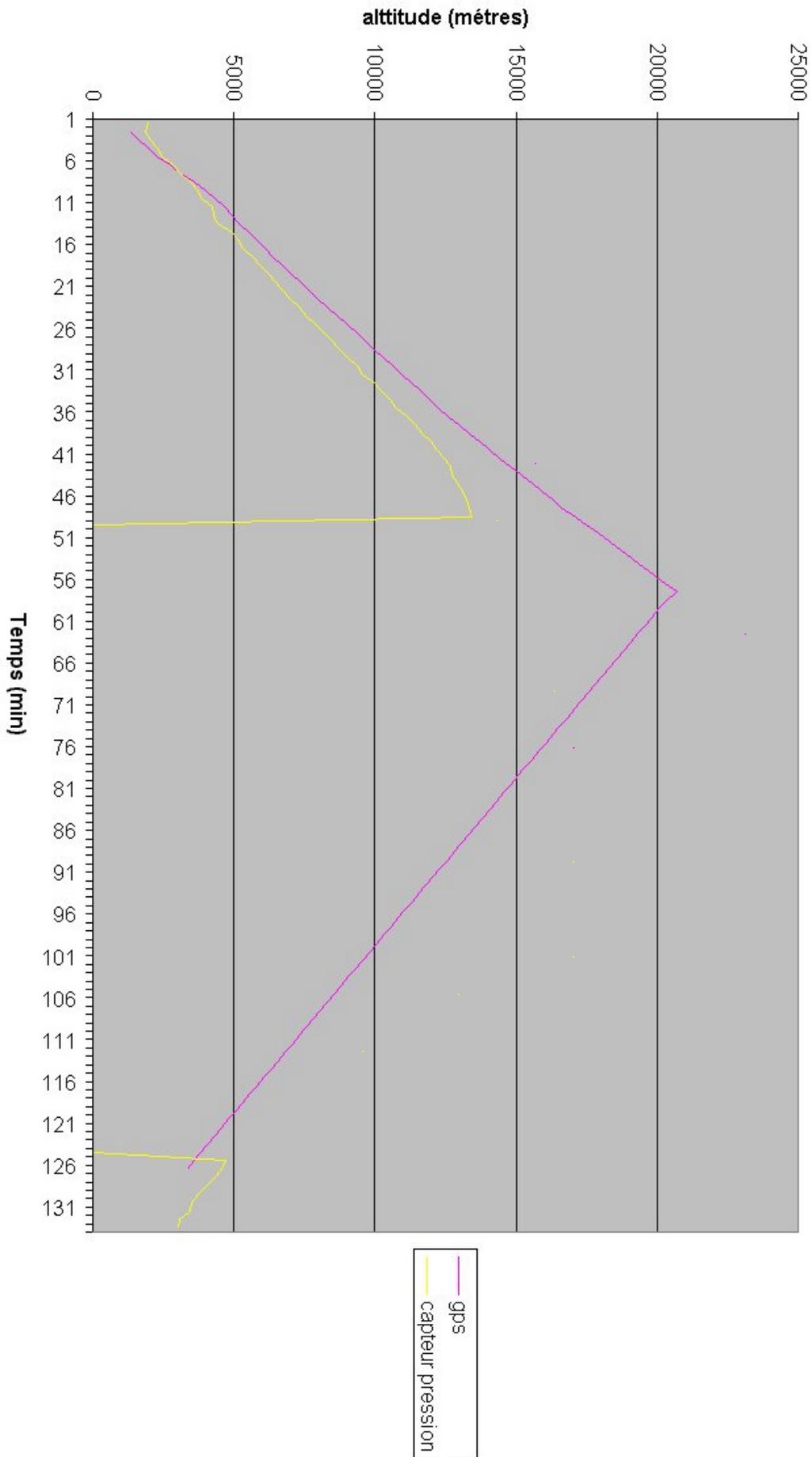
La courbe en rose est la courbe de l'altitude donnée par le GPS. Comme cette courbe était linéaire de chaque côté, (avant et après la perte du contact), nous l'avons extrapolée pour avoir une idée de l'altitude maximum. En haute atmosphère, l'air étant plus rare, la descente sous parachute du ballon a dû commencer lentement, puis accélérer au fur et à mesure. C'est pourquoi on suppose que le ballon est monté jusqu'à environ 25 000 m (courbe en pointillé).

La courbe jaune est celle de notre capteur de pression « fait maison », celle-ci est calquée sur celle du GPS jusqu'à 10 000 m, puis elle commence à fléchir. Pour justifier cela il y a trois possibilités :

- Soit les piles, en s'affaiblissant, ont provoqué une sous-alimentation du capteur.
- Soit, comme on avait pu le constater en observant les mesures d'altitudes du GPS dans une voiture, celui-ci a tendance à extrapoler les montées, et il arrive même qu'il continue à indiquer une altitude croissante quand on redescend une cote. Toutefois, dans notre nacelle ce dernier était en relation permanente avec 8 satellites, il aurait donc dû être relativement précis.

Ces deux arguments se défendent. Si on avait eu l'ensemble du vol, on aurait pu décider lequel était le plus vraisemblable.

# Les deux mesures d'altitudes



## **LA STABILITE**

Cette mesure consiste, à l'aide de deux barrières photoélectriques, à voir l'inclinaison de la nacelle. L'objectif est de voir si la nacelle bouge beaucoup ou peu et on en déduit les perturbations atmosphériques.

La courbe ci-dessous nous montre que, pendant la plus grande partie du vol, il n'y a pas eu de changement d'inclinaison :

- Au début, il y a des perturbations sur l'axe des Y (la largeur de la nacelle).

- Ensuite, dès que les perturbations ont cessé sur cet axe, elles se sont produites sur l'autre axe pendant quelques instants, puis la nacelle s'est stabilisée quelques minutes dans un sens (capteur à 0), puis après quelques perturbations, elle s'est stabilisée dans son inclinaison d'origine (capteur à 1).

- Pendant le reste de la phase ascensionnelle, la nacelle est restée stable, ce qui est dû à la force de traction du ballon, qui tirait les éléments comme une voiture tire une remorque.

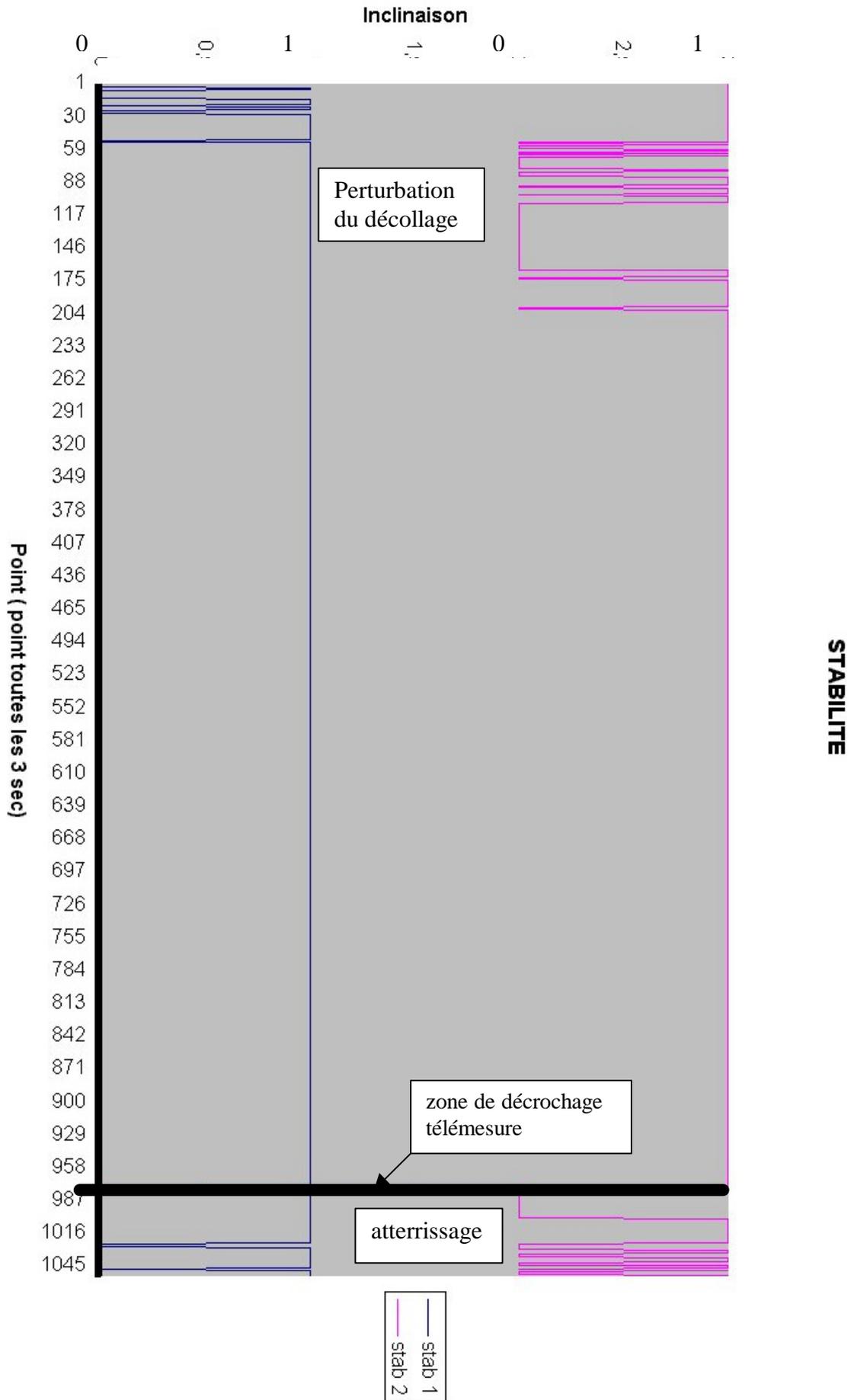
- Ensuite pendant les quelques minutes de la descente sous parachute, on voit qu'elle est encore relativement stable, elle change juste de position sur l'axe des X. Au cours de cette phase, c'est la nacelle qui tire les éléments (dont le parachute).

- Jusqu'à ce que le ballon soit à une altitude de 2000 m où il recommence à être perturbé.

Donc, le ballon subit des perturbations en basse altitude, la première perturbation est due à la stabilisation des deux nacelles après le décollage qui venait de se produire. Ensuite, les perturbations ont pu être produites par la traversée d'un nuage, ou par une perturbation éolienne.

Contrairement à mes suppositions initiales, dans toute la phase ascensionnelle, la nacelle n'a pas changé d'axe, ce qui signifie que la force de traction du ballon d'hélium était relativement forte.

Dans la phase de descente, la nacelle est relativement stable au début. En haute altitude, le vent souffle de manière homogène et plus on se rapproche du sol plus il est hétérogène (traversée des nuages, confrontation entre les vents du plateau du Larzac et ceux de la région de Tauriac...). On peut être surpris que pendant cette phase, la trajectoire du ballon ne présente pas de soubresaut mais une descente toujours homogène.



## LA PRISE DE PHOTOGRAPHIE

On avait placé l'appareil photo dans une nacelle spéciale qui devait retomber au bout de 1mn30. Cela devait nous permettre de retrouver l'appareil photo plus facilement (il aurait dû retomber sur le site de lancement). On l'a bien vu retomber, à quelques centaines de mètres du lieu de lancement, mais il a été impossible de le retrouver. On a dû le chercher un peu trop loin, en dehors du terrain militaire, mais l'intérieur du camp nous est interdit (à l'exception de la zone où les lancements ont lieu).

Si elle est tombée sur le terrain militaire, il y a, à mon avis de fortes chances pour que les militaires la retrouvent, mais ils risquent de refuser de restituer la nacelle (comme à Bourges il y a quelques années), car il est mal venu de photographier leurs terrains...

A l'heure actuelle, trois semaines après le lancement, personne ne semble l'avoir retrouvée. De toute façon, la pellicule serait probablement inexploitable en raison des intempéries auxquelles elle a été exposée.



*Préparation du lâcher*

## **CONCLUSION**

Ce projet qui aura duré deux ans est enfin achevé. Globalement nous sommes satisfaits du vol et des résultats qui montrent que les capteurs ont bien fonctionné même si la mesure de pression présente peut être un affaiblissement des piles sur la fin.

On tient à remercier toutes les personnes et les organismes qui nous ont aidé à réaliser ce ballon : l'ANSTJ, l'ANVAR, la ville de Massy, Emmanuel Jolly, ...).

Notre plus grand regret est d'avoir perdu la nacelle inférieure et toutes les prises de vue faites par l'appareil photo. On regrette aussi de ne pas avoir reçu de trame pendant la partie de vol la plus intéressante : on aurait pu voir l'altitude de culmination, la température minimum, et la manière dont le ballon redescendait.

Ce ballon étant le premier de notre club, les imperfections énoncées ci-dessus sont en fait un encouragement pour faire un deuxième ballon dans quelques années avec des expériences encore plus ambitieuses....

Pour ce qui est de la nacelle supérieure, le 6 août, un habitant de Tauriac de Camares, nous a téléphoné car il avait retrouvé la nacelle. Un membre de l'ANSTJ s'est proposé pour aller la chercher et on devrait la récupérer dans quelques semaines.

Si vous désirez plus de renseignements n'hésitez pas à nous contacter :

**Club STS**  
**Chez Mr Silvestre**  
**8 rue des Vignes**

**91300 Massy**

**Email : [SwiftTuttle@caramail.com](mailto:SwiftTuttle@caramail.com)**