

# Projet « ballon d'expérimentation »

## Compte-rendu

(Lâcher du 16/09/06)

**Préparé pour :**  
**Planète Science - CNES**

**Préparé par:**  
**CFA – AFTI - ETGL**  
**RD 128**

**91401 ORSAY**  
**France**



## EVOLUTIONS

	Date (JJ/MM/AA)	Ecrit par	Approuvé par	Description
1.0	18/12/06	Yazid Guerroudj		
2.0				
C				
D				
E				
F				



## Table des Matières

1.	LÂCHER DU BALLON.....	4
2.	TÉLÉMESURES.....	5
2.1.	TRAJECTOIRE DU BALLON .....	5
2.2.	ALTITUDE .....	6
2.3.	PRESSION .....	7
2.4.	HUMIDITÉ.....	8
2.5.	TEMPÉRATURE.....	9
3.	CONCLUSION.....	11



## 1. LÂCHER DU BALLON

Une fois la qualification menée par le représentant Planète-Sciences, nous avons recomposé la chaîne de vol et installé une antenne sur l'observatoire astronomique de la base de loisir de Buthier(77).

Le lâcher du ballon s'est effectué avec des conditions météorologiques favorables : un ciel nuageux avec des belles éclaircies et presque pas de vent, ce qui a permis de réaliser un lâcher à l'anneau.

Ainsi, le ballon emportant la « nacelULITE » a été lâché le 16 septembre 2006 à 14h45 du parking de la base de loisirs, en présence de l'ensemble de l'équipe pédagogique (Patricia Pancher de Thales Université) qui y avait participé et des six apprentis ayant clôturé (Christine Peter, Yazid Guerroudj, Kevin Martin, Gael Scordia, Yannick Lebrun et Paul Karp).



## 2. TÉLÉMESURES

La « nacelULITE » comportait un petit appareil photo numérique, un GPS et des sondes permettant la mesure de température, d'humidité et de pression.

### 2.1. TRAJECTOIRE DU BALLON

Un logiciel de poursuite nous a permis de suivre le ballon en temps réel sur une carte. Cette trajectoire, illustré en rouge sur la figure 1, part du coin bas droit de la figure vers le point près de l'A10 :

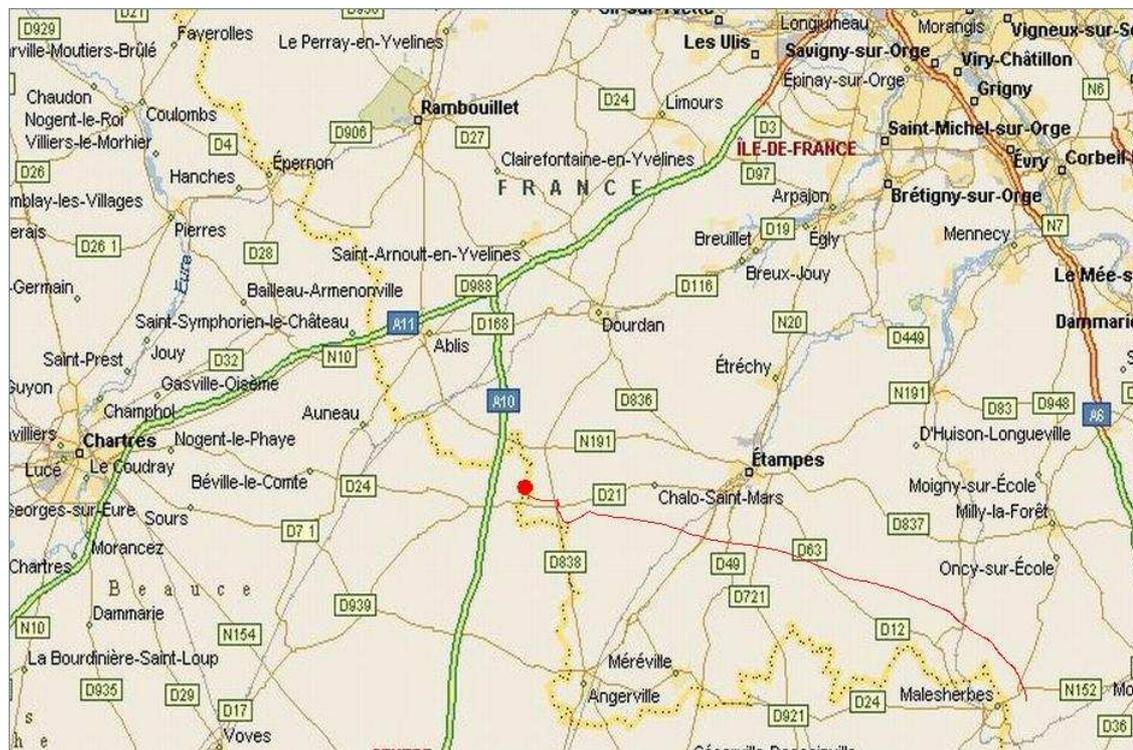
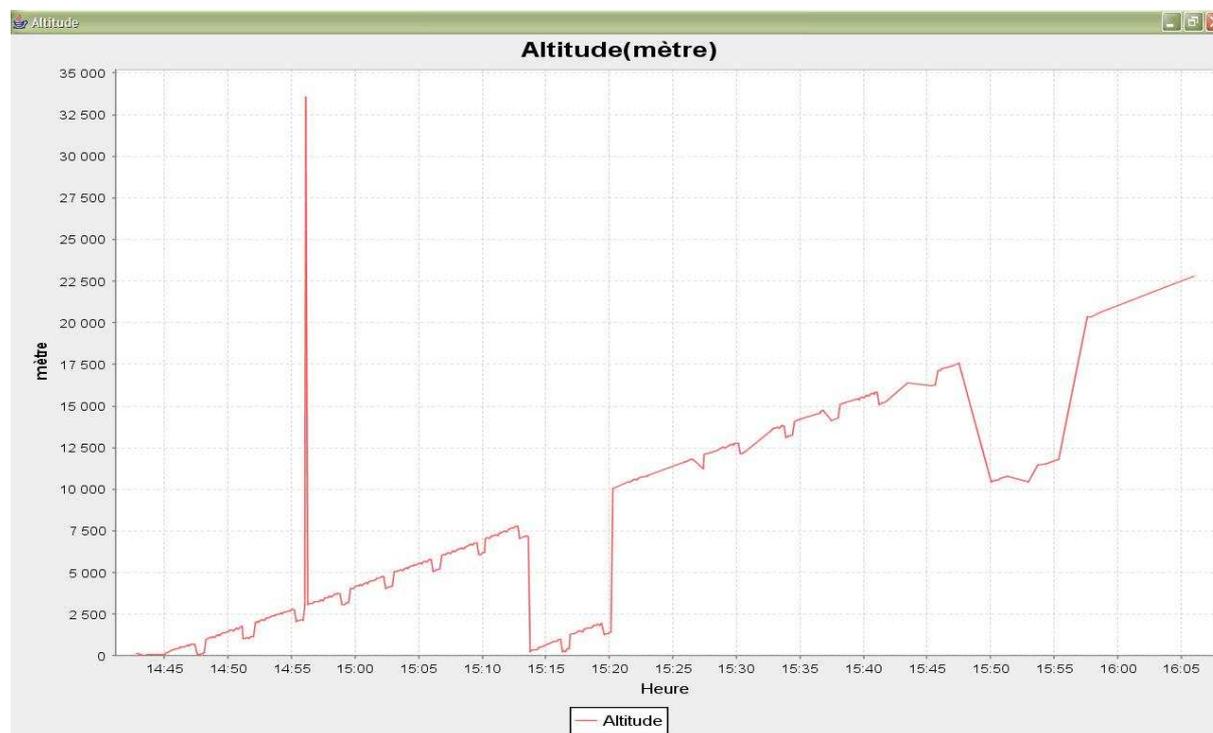


Figure 1 : Trajectoire du ballon superposée a une carte routière

Entre 14h45 et 16h20, le ballon aura ainsi parcouru un peu plus d'une cinquantaine de kilomètres à vol d'oiseau, dans la direction exacte calculée lors de la prévision de trajectoire.



## 2.2. ALTITUDE



**Figure 2 : Altitude du ballon fournie par l'équipement GPS, en mètres.**

Hormis une mesure aberrante à 32,7 km vers 15h56, le relevé d'altitude s'apparente à une droite sur laquelle se superpose deux phénomènes périodiques. Même si la seconde moitié du relevé semble moins régulière en raison d'une réception radio dégradée, on constate des chutes subites toutes les 4 minutes et deux grandes pertes d'altitude, équivalentes en amplitude et en durée, la première se produisant une trentaine de minute après le décollage et la seconde autant de temps après la première. Le vol n'a pas été suffisamment long pour établir la périodicité du second phénomène mais de telles régularités laisse penser que ces résultats sont dus aux synchronisations, bonnes ou mauvaises, du module GPS.

Le relevé nous permet de confirmer que la montée du ballon s'effectue à vitesse constante, cependant celle-ci est de l'ordre de 4,64 m/s, donc supérieure à la vitesse ascensionnelle attendue. Si cette montée rapide était due à un surgonflage, alors le plafond de vol du ballon a peut-être été réduit en conséquence.

La dernière altitude enregistrée, avant perte du signal, est de 22 500 mètres.



## 2.3. PRESSION

La courbe illustre la pression mesurée pendant le vol, à l'intérieur de la nacelle :



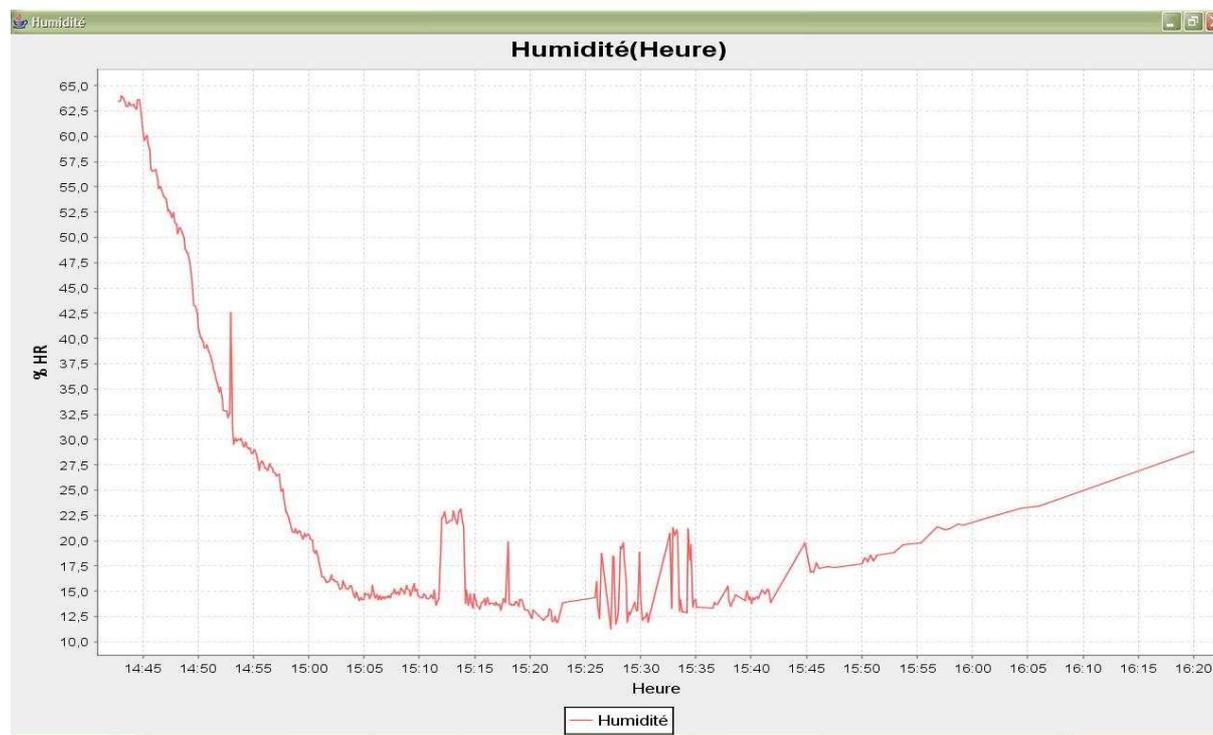
**Figure 3 : Pression à l'intérieur de la nacelle, en kPa.**

Le calibrage du capteur de pression n'a pas été effectué. On remarque rapidement que les différentes valeurs affichées ne coïncident pas avec des mesures réelles. Cela étant, l'allure de la courbe nous donne une idée sur ce qu'il s'est passé à l'intérieur de la nacelle. On constate une forte chute de pression vers 15h43, suivi de variations brutales. Il est difficile d'interpréter ces résultats. Par ailleurs, le logiciel d'acquisition des mesures filtre automatiquement les données incohérentes, c'est pourquoi les mesures sur la pression s'arrêtent vers 15h48 alors que les autres télémesures ont été transmises jusqu'à 16h20. Il est cependant possible de retrouver les données brutes transmises par la nacelle à travers le fichier log.



## 2.4. HUMIDITÉ

La courbe illustre l'humidité mesurée pendant le vol.



**Figure 4 : humidité relative mesurée à l'intérieur de la nacelle, en %.**

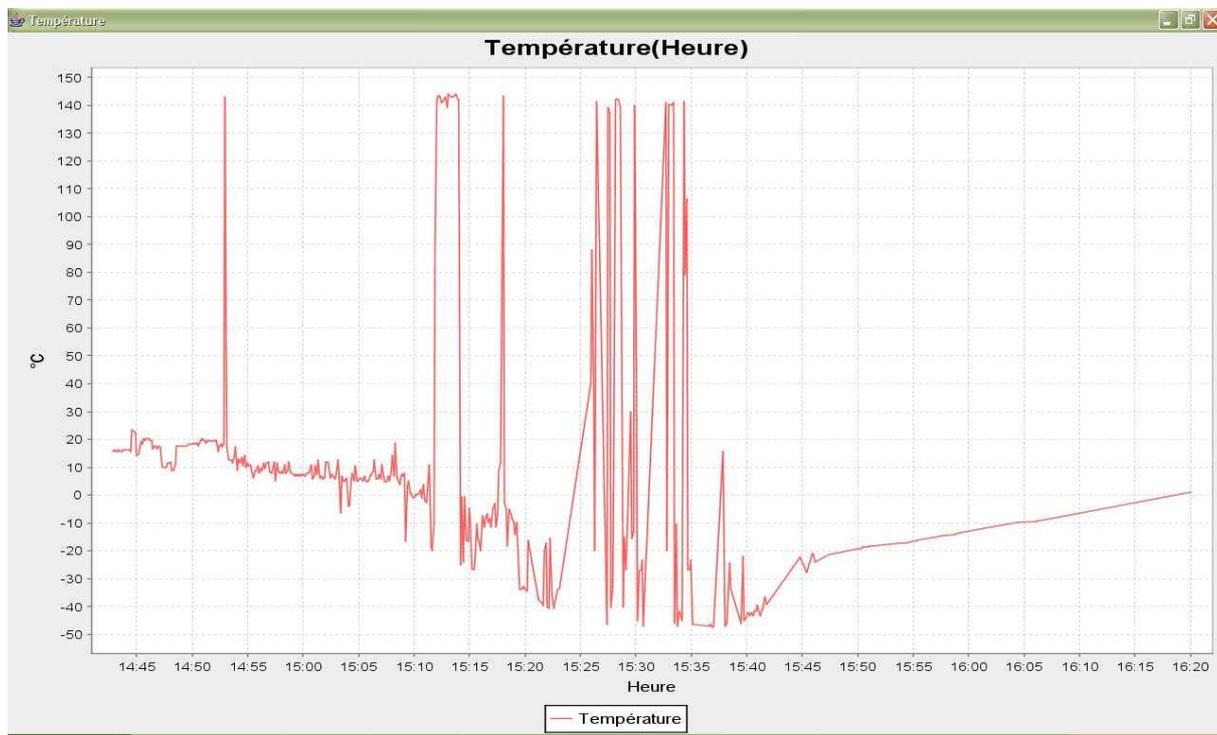
On s'aperçoit que le taux d'humidité relative chute très vite avec l'altitude puis remonte!

La sonde n'est à priori pas en cause puisqu'elle a été calibrée et que le relevé démontre une plage de variation correcte.

On a d'abord pensé à expliquer les différents pics d'humidité par le passage de la nacelle dans des nuages mais on constate une corrélation des "perturbations" entre les relevés d'humidité et de température : un premier pic à 14h53, une forte hausse de 15h12 à 15h14, un second pic à 15h18, puis 3 minutes sans réception de télémessures directement suivies d'un affolement des capteurs avec des variations fortes et sans tendances de 15h25 à 15h35.



## 2.5. TEMPÉRATURE



**Figure 5 : température à l'intérieur de la nacelle, en °C.**

Les petits pics de température observés s'expliquent par la non stabilité du capteur. En effet, celui-ci était directement exposé à l'air ambiant. Une stabilité aurait pu s'obtenir en plaçant une pièce de monnaie en cuivre sur le capteur.

Sur ce relevé les grandes perturbations cités précédemment sont encore plus prononcés et atteignent les températures limites inférieur et supérieur mesurables par le capteur.

Néanmoins, si on lisse la courbe sans les températures supérieurs à la température au sol, on constate que les perturbations ont eu lieu alors que la nacelle passe la tropopause, nous ne pensons pas que cela soit lié mais le passage de la tropopause à environ 12,5 km d'altitude confirme le relevé d'altitude et la théorie. En effet, la tropopause est le seuil, entre la troposphère et la stratosphère, auquel la température se stabilise (entre -45 et -80°C) puis réaugmente jusqu'à la thermosphère (voir figure 6).



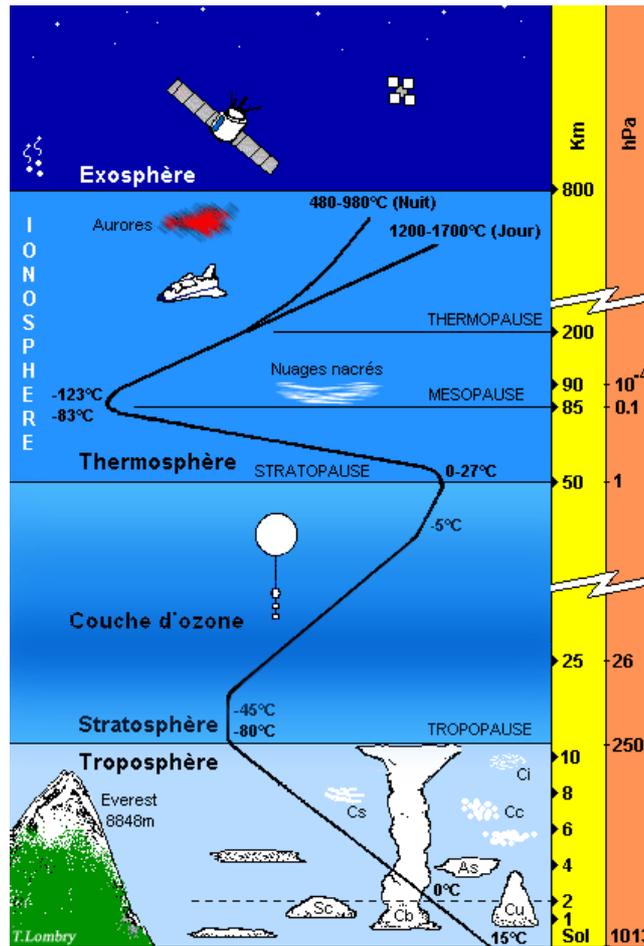


Figure 6 : Les différentes couches atmosphériques.



### 3. CONCLUSION

La dernière coordonnée GPS a été reçue à 16h06. La dernière trame de télémessure a été reçue à 16h20. Le ballon a été officiellement déclaré perdu à 17h30.

Plusieurs suppositions peuvent expliquer la perte de signal.

Premièrement, l'absence de signal peut être dû à un défaut de la batterie de l'émetteur embarqué. En effet, on sait que le froid provoque une chute de tension aux bornes d'une batterie et la nacelle a été soumise à un froid intense (-45°C). De plus, l'écart de 15 minutes entre la réception des deux dernières trames, de loin le plus long silence qu'on est eu, laisse penser à un problème d'alimentation. Il reste à déterminer si c'est l'alimentation de l'émetteur ou de la nacelle qui a fait défaut, cette dernière ne déclenchant plus l'émission.

Cela met en évidence les difficultés qu'on a parfois eu face aux conditions extrêmes que traverse le ballon, par exemple, le capteur de température a été calibré à seulement -4°C.

Le ballon a été récupéré par un agriculteur de l'Eure, de la commune de Saint-Léger des Aubes, et la récupération de la nacelle a été signalée à Planète Sciences par la gendarmerie d'Auneau le 23/10/06. La nacelle a été apportée à l'ETGL début novembre et nous n'avons pas pu récupérer les photos prises en vol à cause d'un problème de batterie.



# BILAN DE PROJET

Réf :	AFTI/ETGL/P33/BALLON/016
PJ :	ValeursICARE20071006.xls

Projet :	ICARE (Projet BALLON)
Thème :	Bilan de projet

Rédacteur	Date du CR	Lieu de la réunion	Date de réunion
F. VAN LAUWE	06/11/2007	ORSAY	08/10/2007 et 06/11/2007

Participants			
Nom	Service	Rôle	
Frédéric VAN LAUWE	AFTI/ETGL		
Anthony CANEVAROLO	AFTI/ETGL		
Jérôme DUMESNIL	AFTI/ETGL		
Pascale GRIMAULT	AFTI/ETGL		
Jean-Luc JOHNSON	AFTI/ETGL		
Sandra JOUAN	AFTI/ETGL		
Alan LE CORRE	AFTI/ETGL		
Cédric RAMBLIER	AFTI/ETGL		

Diffusion			
Nom	Service	Nom	Service
Participants +			
A. HUREL	PlanèteSciences	Fabien FORTIER	AFTI/ETGL
C. MERCIER	AMSAT	Jean-François FOURRE	AFTI/ETGL
G. AUVRAY	AMSAT	Frédéric JARRAUD	AFTI/ETGL
X. DUROCHER	IUT VA	Anthony DORLEANS	AFTI/ETGL
Restriction de communication			
La pièce jointe ne doit pas être diffusée à la prochaine promotion ballon.			

## 1. Ordre du jour

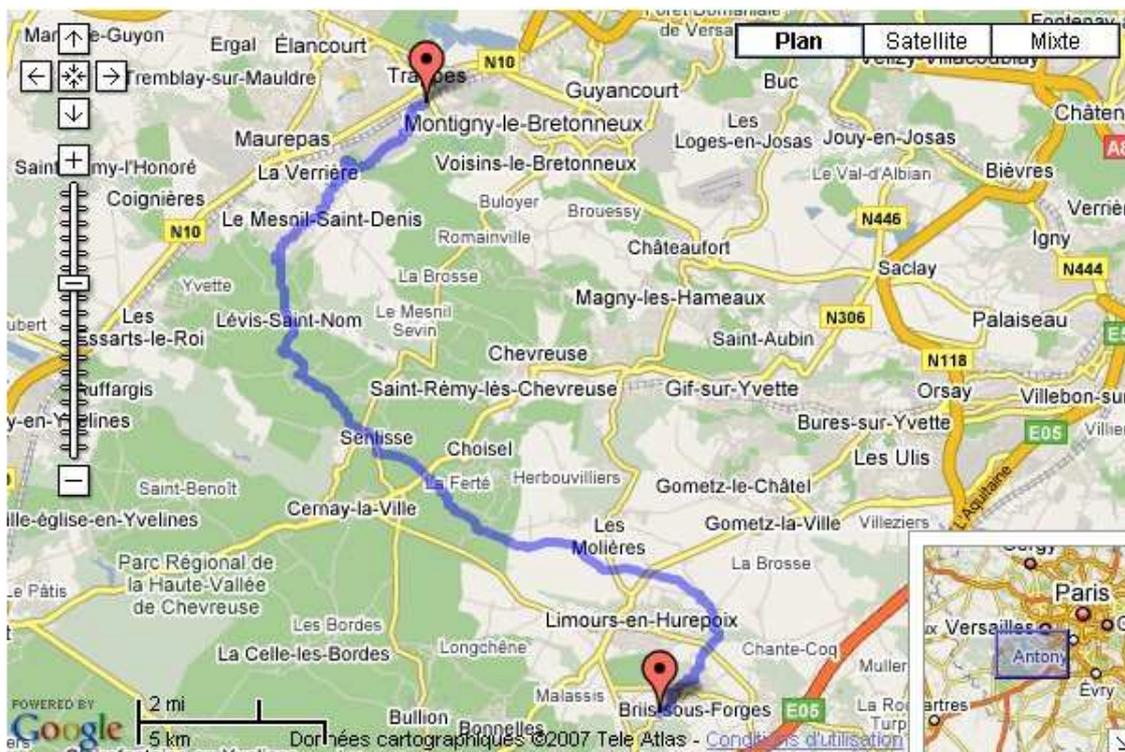
L'objectif de la réunion était d'effectuer le bilan du projet ICARE de la promotion P33.

Ce bilan de projet permet de présenter les résultats obtenus lors du lâcher et de faire le point sur les points remarquables, positifs et négatifs du projet. Ce document sera transmis au projet ballon de la promotion suivante.

## 2. Résultats obtenus

Le vol :

- Durée : 1h45
- Altitude max : 29 500 m
- les valeurs obtenues pendant le vol sont fournis en pièce jointe. Note : cette pièce jointe n'est pas transmise à la promotion suivante.
- Passage en mode dégradé quelques secondes avant l'atterrissage.
- Récupération le jour même grâce à la station mobile (participation primordiale de Gérard Auvray, qui disposait ce jour là du matériel nécessaire)



#### La nacelle :

- Alimentation difficilement accessible par rapport aux multiples branchement/débranchement à effectuer.
- poids à la limite du maximum autorisé
- deux capteurs ont été inversés.
- capteur de pression en dehors de la plage rencontrée à ces altitudes

#### Développement/intégration :

- l'étalonnage des capteurs a été réalisé beaucoup trop tard
- capteurs de température peu précis
- problème de mise au point d'AGWPE : le son trop fort fait cramer les cartes sons.
- longueur des câbles et fréquence : ce point a été étudié trop tard
- alimentation : un risque a été pris par rapport à l'alimentation du talkie. Pas assez de tests réalisés.
- la cartographie du logiciel sol était décalée par rapport à la position géographique.

#### Le déploiement :

- le site météo France de Trappes est facilement accessible. Une ou deux tables sont à disposition, ainsi que l'électricité (pas trop de prises quand même, la rallonge était utile).
- internet est disponible sur le site mais pas facilement accessible : la connexion n'a pas pu être continue. Un problème de copie de fichier par ftp a empêché de mettre à jour la page web.
- Notre connectique antenne n'était pas la bonne (heureusement que l'AMSAT était venu avec son matériel)

## 2. Bilan du projet

Le responsable de projet tient à féliciter l'équipe pour le travail réalisé, dans une période difficile pour les contacts avec les autres intervenants du projet (juillet-août), et pour le volume des travaux demandés supérieur aux précédentes éditions : plan de développement à fiches complet, compte rendu complet tous les 3 jours, superposition des prédictions de trajectoire et de la trajectoire courante, calcul de trajectoire par rapport à la position courante, export au format page internet avec cartographie googlemap.

Par ailleurs, la promotion P33 est la première à récupérer la nacelle le jour même du lâcher. Merci à Gérard Auvray et aux vents.

### Les points positifs :

- la composition des équipes était équilibrée.
- le portage de l'application embarquée d'un PIC16 vers un PIC18 s'est bien déroulé.
- La prédiction de trajectoire s'est révélée relativement fiable. La possibilité de faire une prédiction en fonction de la position courante s'est également révélée fort utile.
- la récupération de la nacelle dans un bon état.
- la bonne tenue de l'alimentation. Deux heures après l'atterrissage, l'alimentation affichait une perte de seulement 1 V, bien au dessus du seuil de passage en mode dégradé. Le passage en mode dégradé, quelques secondes avant l'atterrissage, est donc probablement dû à une déconnexion d'un câble, la nacelle ayant été fortement secouée (visuellement, il a été constaté que le parachute s'était enroulé sur la fin).
- le jeu fonctionne bien et permet de visualiser après coup la trajectoire suivie.

### L'équipe relève 7 points notables ayant porté préjudice au bon fonctionnement du projet :

- un manque de communication inter-lots. Les responsables des trois lots (système, logiciel sol, logiciel embarqué) ont très peu communiqué, voire pas du tout. La connaissance de l'état d'avancement des autres lots s'effectuait par «ouï-dire» dans les couloirs et les informations étaient donc souvent erronées ou périmées. Pire, la connaissance de l'avancement s'effectuait parfois pendant les réunions avec le responsable projet ou le chef de service. Le planning, dont la validité n'était donc pas assurée, n'était connu de personne.
- un manque de communication intra-lot. Dans certains lots (pas tous), il n'y avait pas ou peu de réunion d'équipe, permettant de faire un point sur l'avancement des travaux et sur les tâches à venir. Un responsable de lot ne savait souvent pas ce que faisait son équipe.
- l'état de la documentation sur les interfaces. Souvent inexistantes, parfois erronées, les documents décrivant les interfaces entre les éléments logiciels et matériels ont induits des malentendus et de fréquents changements sur les codes.
- à l'intérieur des équipes, certains membres travaillaient seul, ne transmettant pas forcément l'état d'avancement ou les difficultés rencontrées (cf points 1 et 2). Ainsi, lorsque le membre de l'équipe n'est plus disponible sur une tâche, personne n'est au courant. Les travaux sont ainsi oubliés, ou re-faits, occasionnant des délais supplémentaires.
- le désordre dans les postes de travail a occasionné de nombreuses pertes de temps. Deux points ont été particulièrement notés : perte de temps pour retrouver les documents, dont la validité n'était pas assurée ; difficulté sur l'électronique à cause de la propreté du poste de travail (soudure, câble, court-circuit...)
- la période, peu propice à la communication avec les co-traitants, sous-traitants et client. Juillet Août a en effet posé problème quant à la disponibilité des intervenants pour l'obtention d'information et la présentation d'état d'avancement. Les prochains projets ballon auront lieu plus tôt, afin d'éviter cette période.

- les retards successifs ont obligé à reporter le jour du lâcher. D'où une difficulté pour trouver un site et un aérostatier avec des délais si courts, dans une période très chargée (merci à Anabel). Tout le monde n'a pas pu être prévenus suffisamment à temps.

# BILAN DE PROJET

Réf :	AFTI/ETGL/P34/BALLON/BP
PJ :	

Projet :	PEGASE (Projet BALLON)
Thème :	Bilan de projet

Rédacteur	Date du CR	Lieu de la réunion	Date de réunion
F. VAN LAUWE	20/03/2008	ORSAY	12/03/2008

Participants		
Nom	Service	Rôle
Frédéric VAN LAUWE	AFTI/ETGL	
Aurélien FALLON	AFTI/ETGL	
Arnaud BERGER	AFTI/ETGL	
Fabrice SANSEN	AFTI/ETGL	
Guillaume FAGUER	AFTI/ETGL	
Aurélien GODET	AFTI/ETGL	
Julien URMES	AFTI/ETGL	
Philippe RAMAS	AFTI/ETGL	
Gael ODE	AFTI/ETGL	
Arnaud KIFFER	AFTI/ETGL	
Nicolas BARRAUD	AFTI/ETGL	

Diffusion			
Nom	Service	Nom	Service
Participants +			
A. HUREL	Planète Sciences		
L. COSTY	Planète Sciences		
C. MERCIER	AMSAT		
G. AUVRAY	AMSAT		
X. DUROCHER	IUT VA		
Restriction de communication			

## 1. Ordre du jour

L'objectif de la réunion était d'effectuer le bilan du projet PEGASE de la promotion P34.

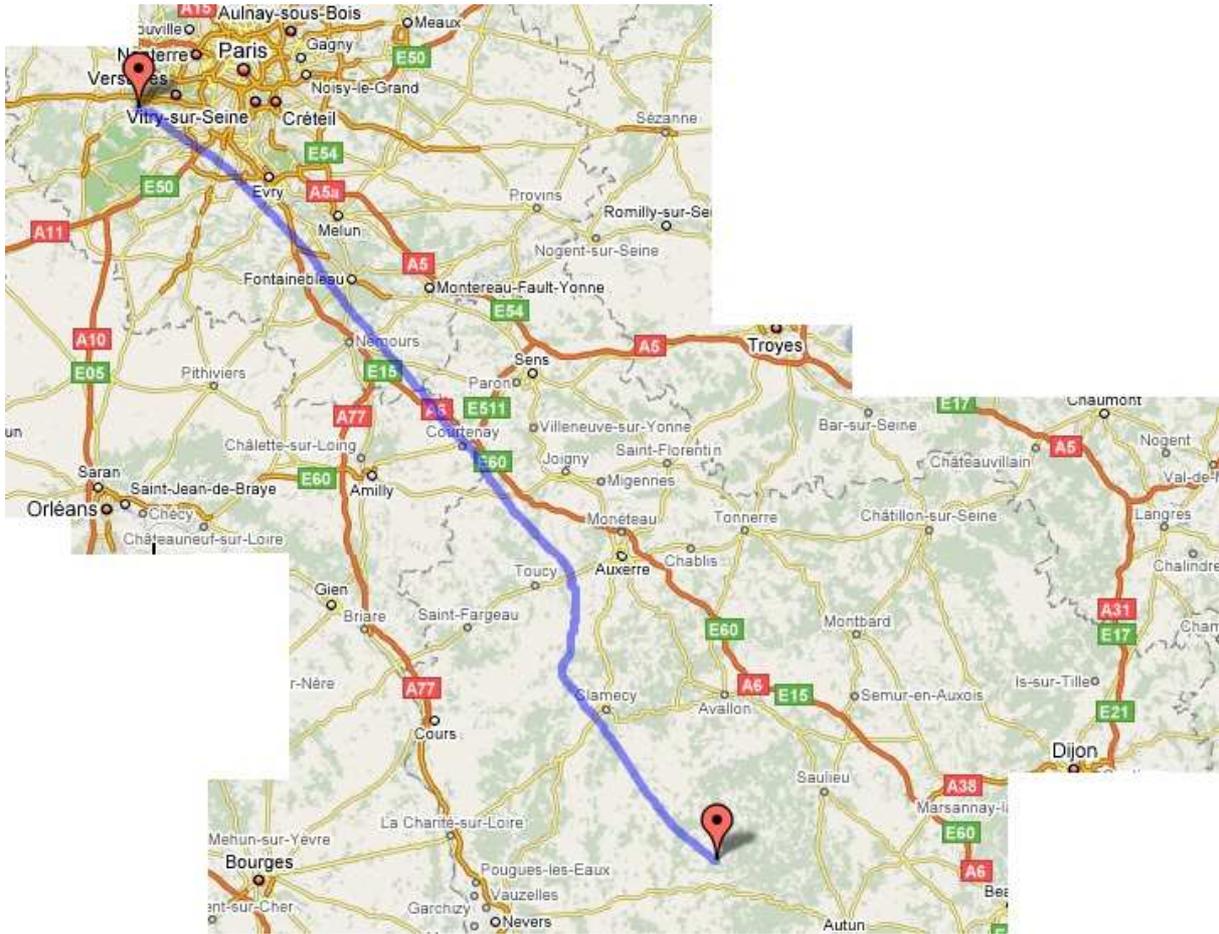
Ce bilan de projet permet de présenter les résultats obtenus lors du lâcher et de faire le point sur les points remarquables, positifs et négatifs du projet. Ce document sera transmis au projet ballon de la promotion suivante.

## 2. Résultats obtenus

### Le vol :

- Durée : 2h30
- Altitude max : 31500 m
- Distance parcourue : 250 km.
- pas de récupération de la nacelle le jour même. Mais PlanèteSciences nous a averti que la nacelle a été récupérée (Gendarmerie de Chaumard).

- Valeurs : les pression, position, altitude sont correctes, mais les températures sont fausses.



#### La nacelle :

- Alimentation facilement accessible grâce la connectique extérieure.
- poids à la limite du maximum autorisé.
- électronique des capteurs de température peu fiable.
- capteur de pression en dehors de la plage rencontrée à ces altitudes

#### Développement/intégration :

- l'étalonnage des capteurs a été réalisé au bon moment, même si plus tôt aurait été encore plus pratique.
- capteurs de température peu précis
- AGWPE : l'étude du logiciel a été bien anticipé, mais le fonctionnement semble dépendre des OS et machines utilisées.
- longueur des câbles et fréquence : faire attention aux interférences.
- alimentation : un risque a été pris par rapport à l'alimentation du talkie.
- alimentation : les différentes alimentations possibles ont été testées en étuve : indispensable car certaines piles faisaient apparaître des chutes de tension trop importantes. Le choix a pu se faire correctement.
- alimentation : les boîtiers de piles sont pratiques, cela évite les soudures de piles entre elles.

- le choix de conception de 2 cartes électroniques, une pour l'alimentation et une autre pour la connexion des capteurs étaient pratiques pour la parallélisation du développement et des tests, mais a provoqué un retard car la conception n'a pas été figée à temps.

#### Le déploiement :

- le site météo France de Trappes est facilement accessible. Une ou deux tables sont à disposition, ainsi que l'électricité (pas trop de prises quand même, la rallonge électrique de 50m était utile). Le personnel sur place ne semblait pas être bien au courant de notre lâcher. Il aurait fallu que l'on communique plus sur ce sujet.

- internet est disponible sur le site mais pas facilement accessible : la connexion n'a pas pu être exploitée. Il a fallu utiliser la clé 3G initialement prévue pour la voiture de poursuite. Le logiciel de mise à jour de la page web n'avait pas été testé sans connexion internet, et il y a avait un bug (connexion ftp qui reste ouverte), ce qui a empêché la page web d'être à jour en continu.

- Notre connectique antenne n'était pas la bonne (heureusement que l'AMSAT était venu avec son matériel)

- Très gros problème d'organisation sur le site le jour du lâcher : les machines de la plateforme n'étaient pas configurées, les logiciels pas installés, clé 3G non testée : il a fallu plus de 3 heures pour obtenir une plateforme en état de fonctionnement (à peine 45 minutes avant le lâcher !).

- Réseau local : l'idée du serveur AGWPE est bonne. Le montage réseau a également permis de faire plusieurs enregistrements et de pouvoir recomposer les fichiers de sauvegardes (pratique quand les logiciels plantent).

- deux logiciels ont été utilisés : le logiciel PEGASE (issu de icare.jar, précédent ballon) et le logiciel FFB (Following the Flying Balloon, issu de PEGASE et transformé en projet PAJ pour intégrer une cartographie vectorielle et corriger des bugs).

#### Voiture suiveuse:

- la voiture a bien capté les signaux avec UI View quasiment jusqu'à la fin (mappoint intégré à UI View est très pratique). Par contre, problème de réception de la position de la voiture avec la carte tinytrak.

- il aurait fallu 2 PC en voiture pour séparer l'émission de la réception. Les jumelles ont manqué.

## **2. Bilan du projet**

Le responsable de projet tient à féliciter l'équipe pour le travail réalisé.

#### Les points positifs :

- les réunions matinales : très pratiques pour faire le point et fixer les travaux de la journée.

- bonne organisation générale.

- La prédiction de trajectoire en vol s'est révélée relativement fiable. La possibilité de faire une prédiction en fonction de la position courante s'est également révélée fort utile. Par contre, la prédiction après éclatement doit être revue. Ou bien, peut être faut il la remplacer ou la suppléer par de l'extrapolation toute simple.

- la bonne tenue de l'alimentation. La baisse de tension n'a été que de 2,2 V. Du coup, la tension prévue était largement supérieure à ce qui était nécessaire.

- le jeu fonctionne bien et permet de visualiser après coup la trajectoire suivie.

- contact très facile et agréable avec PlanèteSciences.

### L'équipe relève quelques points ayant porté préjudice au bon fonctionnement du projet :

- un manque de compétences et de ressources en électronique dans l'équipe Embarqué.
- Plus de communication entre certains lots pour les aspects interfaces. Certains changements de protocole n'étaient pas connus de toutes les équipes suffisamment à temps, ce qui a engendré des incompatibilités et donc du re-codage inutile.
- Le code de la carte COTT a été très long à prendre en main. L'état de la documentation (pas à jour) sur la carte COTT a compliquée énormément la tâche, et l'équipe ne savait plus dans quoi elle devait avoir confiance.
- Il aurait fallu prendre contact avec les intervenants beaucoup plus tôt, pour disposer d'informations suffisantes et mieux anticiper (sur leurs matériels disponibles par exemple)
- le lâcher a eu lieu à une heure tardive (14h40). Cela pose un problème lorsque les vents sont importants : la distance parcourue est longue, et donc lorsque la voiture suiveuse arrive sur les lieux (17h30), il fait noir et il est donc difficile de chercher un ballon au sol.

### Evolutions :

Le responsable projet souhaite faire évoluer peu à peu le logiciel FFB vers une politique produit : le même logiciel serait ainsi utilisé pour chaque ballon, mais dans des versions différentes.

Compte tenu de ses remarques, et sur demande du responsable projet, l'équipe relève les propositions d'évolution suivantes pour le logiciel de suivi de ballon FFB :

- faire de l'extrapolation surtout pour après l'éclatement du ballon,
- simplifier le stockage des données,
- paramétrage du format des trames à terminer,
- cartographie vectorielle à superposer à l'image bmp,
- cartographie mappoint,
- repasser en orientation par 1 degré au lieu de 45°. Utiliser une icône pour représenter le cap du ballon.
- calculer et afficher l'angle et l'azimuth du ballon par rapport à la position sol. Cela pourrait permettre d'orienter plus facilement l'antenne de suivi de la vidéo.
- calculer et afficher l'élévation (distance altitude ballon - altitude sol). Cela nécessite d'intégrer un modèle de terrain.
- rejeu en mode magnétoscope pour faire défiler le temps comme on le souhaite.
- pouvoir réenregistrer après un rejeu. Cela permet de reprendre un enregistrement après un plantage du logiciel, et donc de pouvoir régénérer les pages web avec l'historique des positions du ballon.
- intégrer les télémétries dans la page web générée.
- intégrer la prédiction de trajectoire dans la page web générée.
- importer/exporter une prédiction de trajectoire. Cela permettra de revisualiser une trajectoire précédemment exportée (et notamment celle réalisée au moment même du lâcher)