

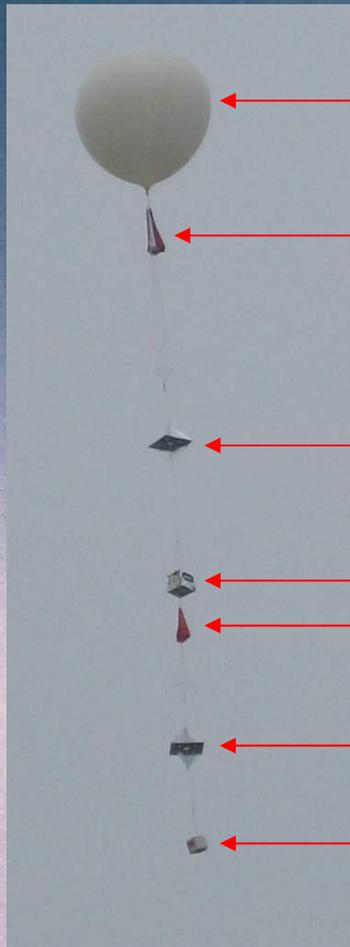
Ballon sonde 2009

BTS Systèmes Electroniques

Lycée Edouard Branly

Amiens

La chaîne de vol



Ballon gonflé à l'hélium

Parachute

Réflecteur radar

Nacelle principale

Parachute

Réflecteur radar

Nacelle secondaire

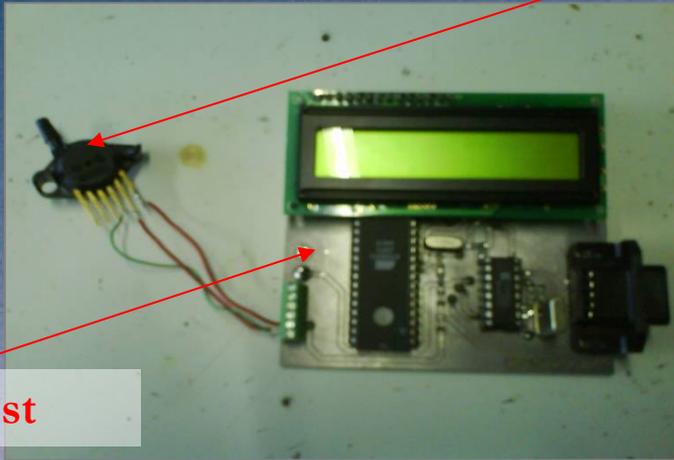
Mise en œuvre de la nacelle principale

- Elle extrait et retransmet la trame GPGGA du GPS (heure, fix, altitude, latitude, longitude...).
- Elle transmet les informations de pression, températures intérieure et extérieure, humidité relative et intensité lumineuse.
- L'émetteur est un modulateur FM de porteuse 139,5 MHz. Il est fourni par le CNES et porte le nom de Kiwi. Le signal modulant est une modulation FSK où un bit 0 est codé par un signal de fréquence 900 Hz et un bit 1 par un signal de fréquence 1500 Hz. Le débit de la communication est de 600 bauds.

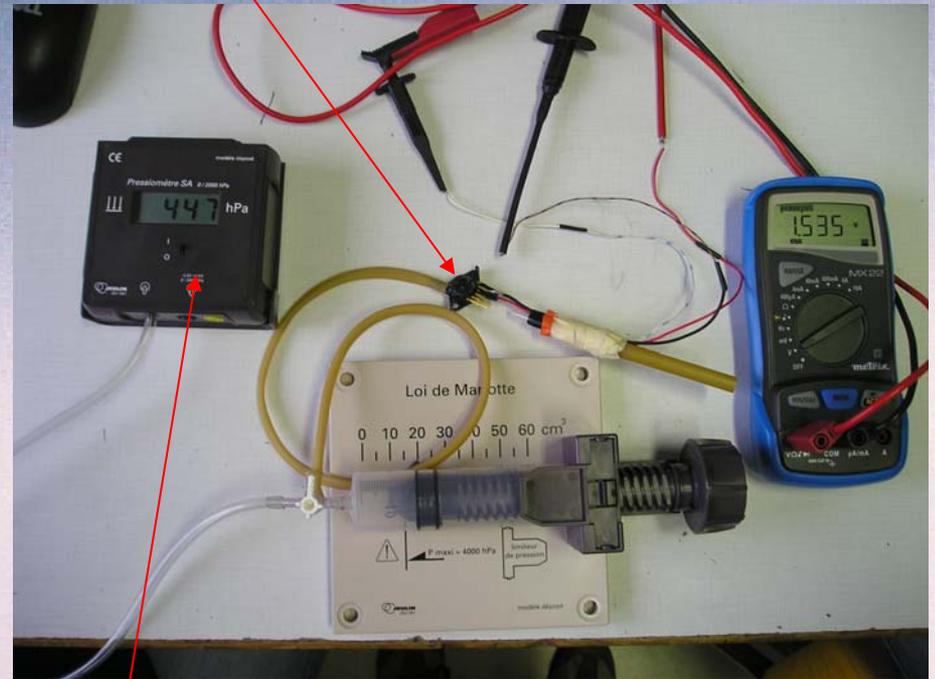
**Etalonnage des capteurs et
vérification de conformité avec
la documentation constructeur**

Capteur de pression (MPX4115)

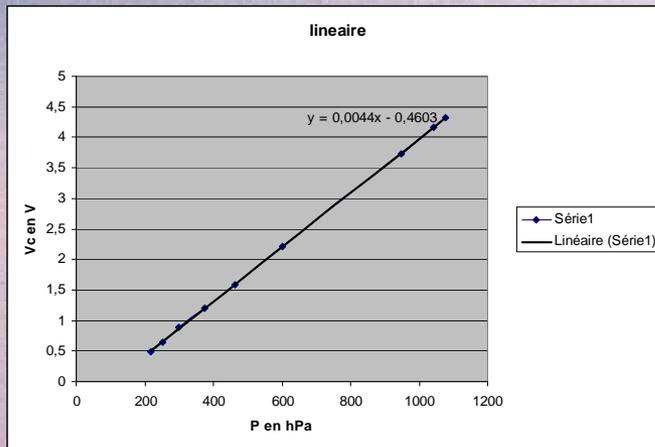
Capteur de pression



Carte test

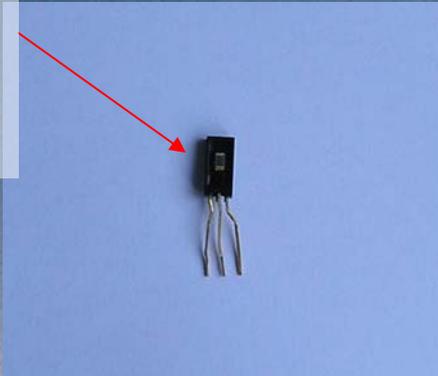


Capteur de pression étalon

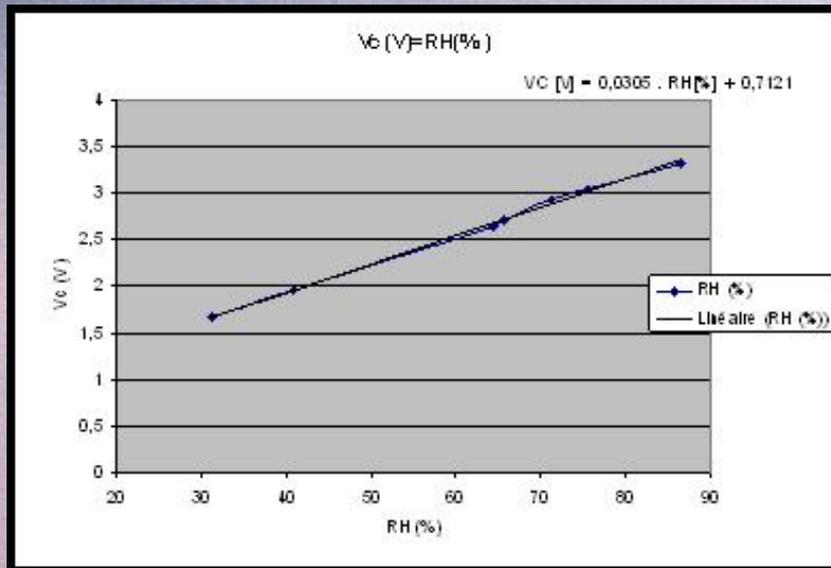
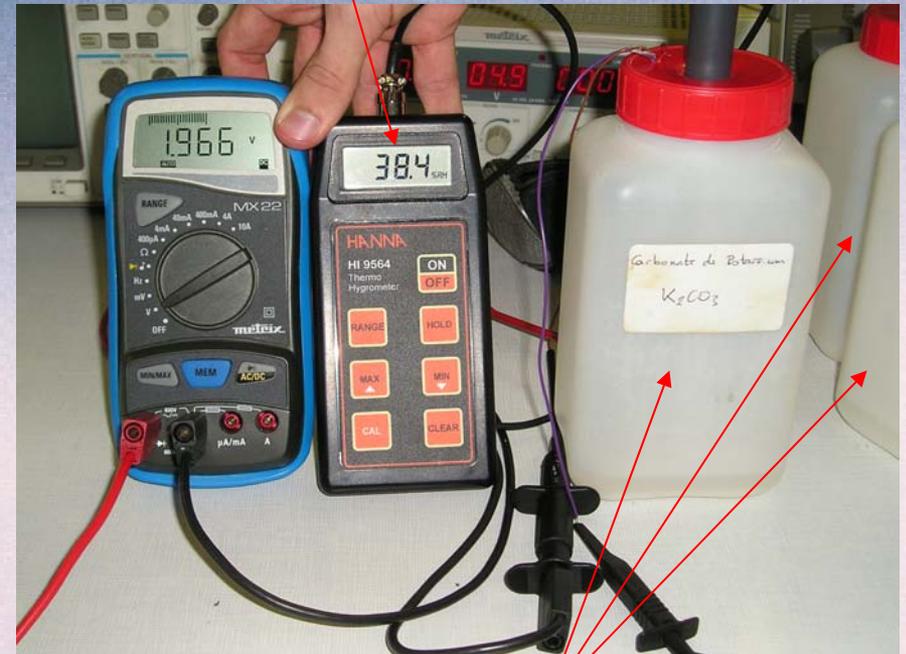


Capteur d'hygrométrie (HIH4000)

Capteur d'humidité relative



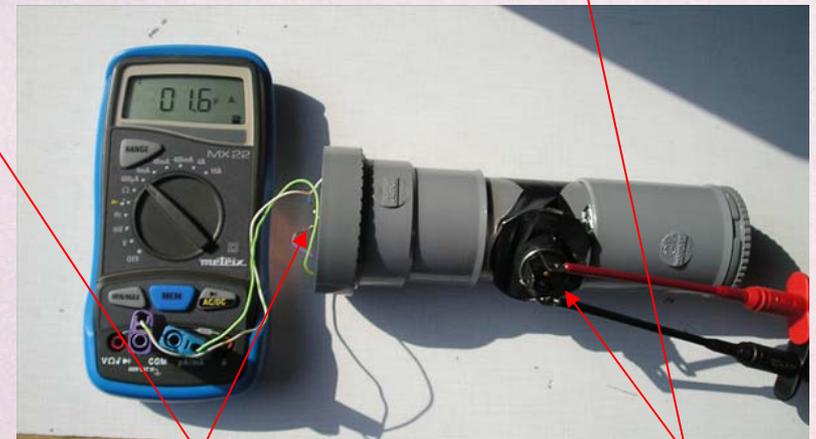
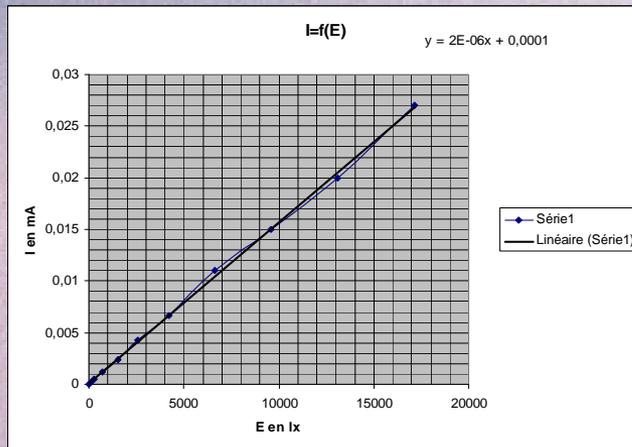
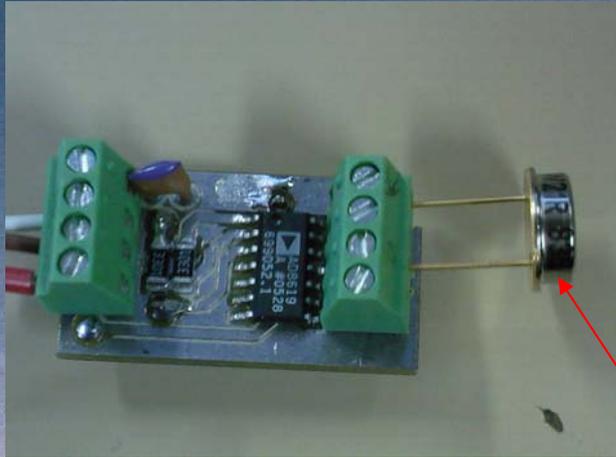
Hygromètre étalon



Solutions salines saturées dont l'atmosphère présente un taux d'humidité connu et constant

Capteur d'intensité lumineuse (BPW21R)

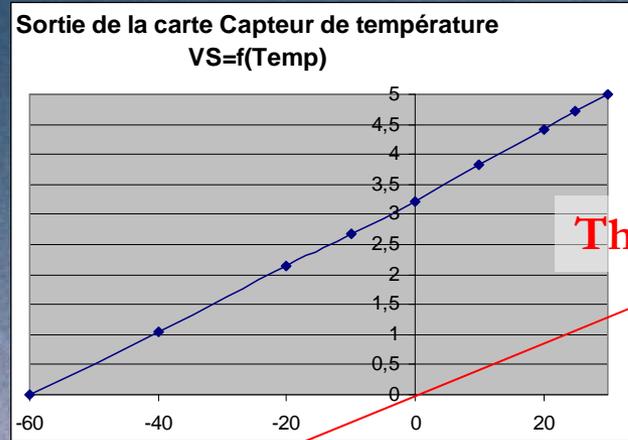
Luxmètre étalon



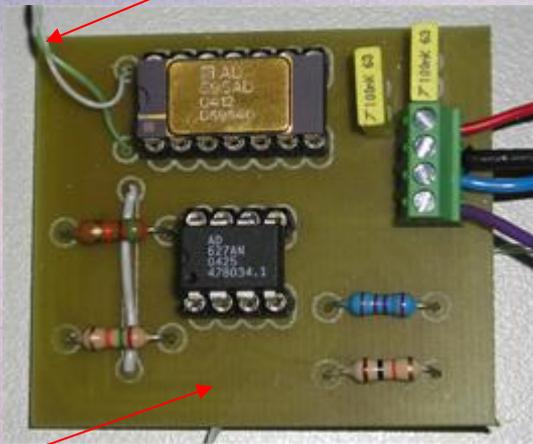
Capteur de lumière

Source de lumière

Capteur de température (thermocouple type K, conditionneur AD595)



Thermocouple



Carte de conditionnement

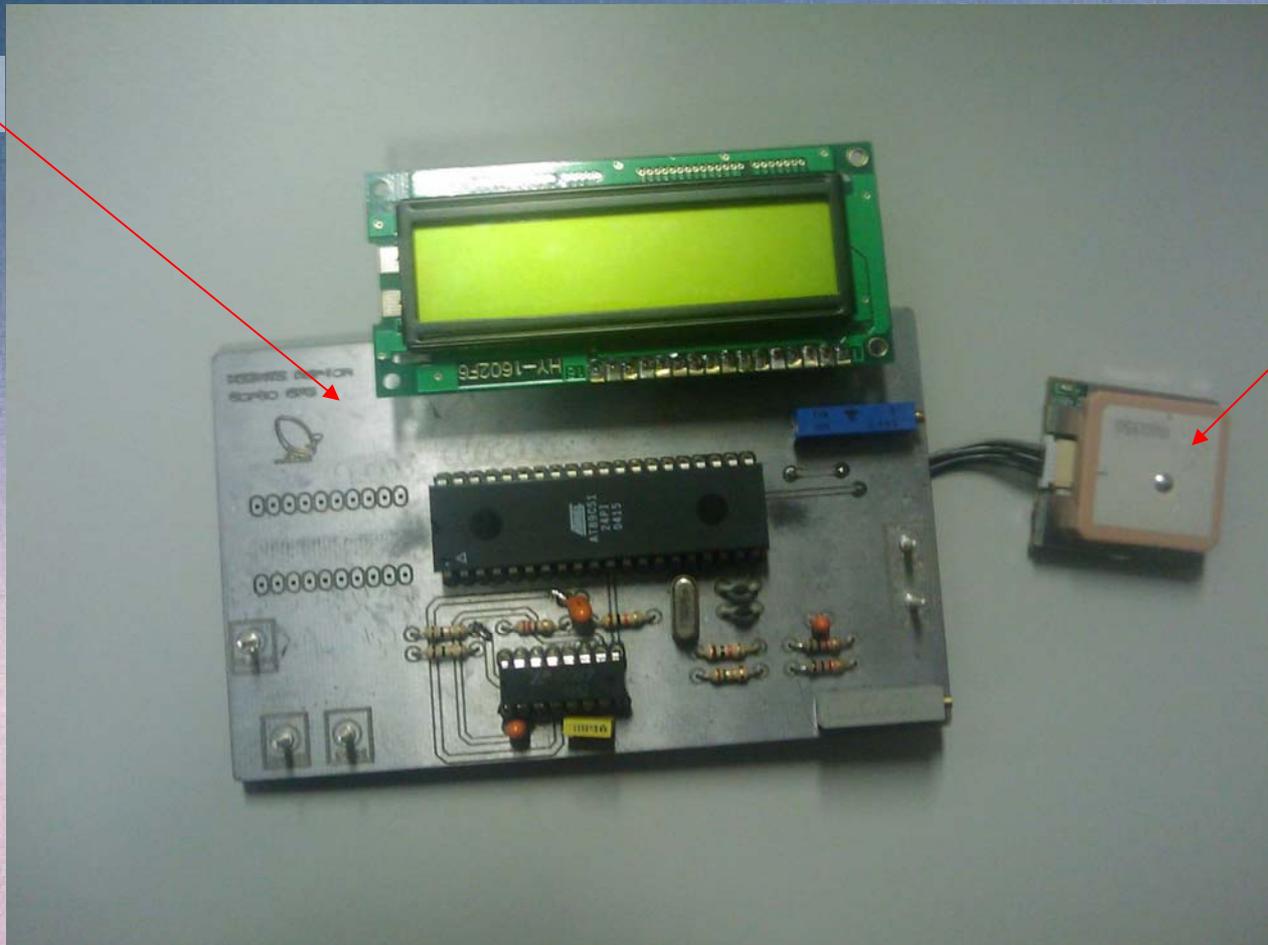


Thermomètre étalon

Solution «antigel» à -28 °C

GPS (EM-406)

Carte test

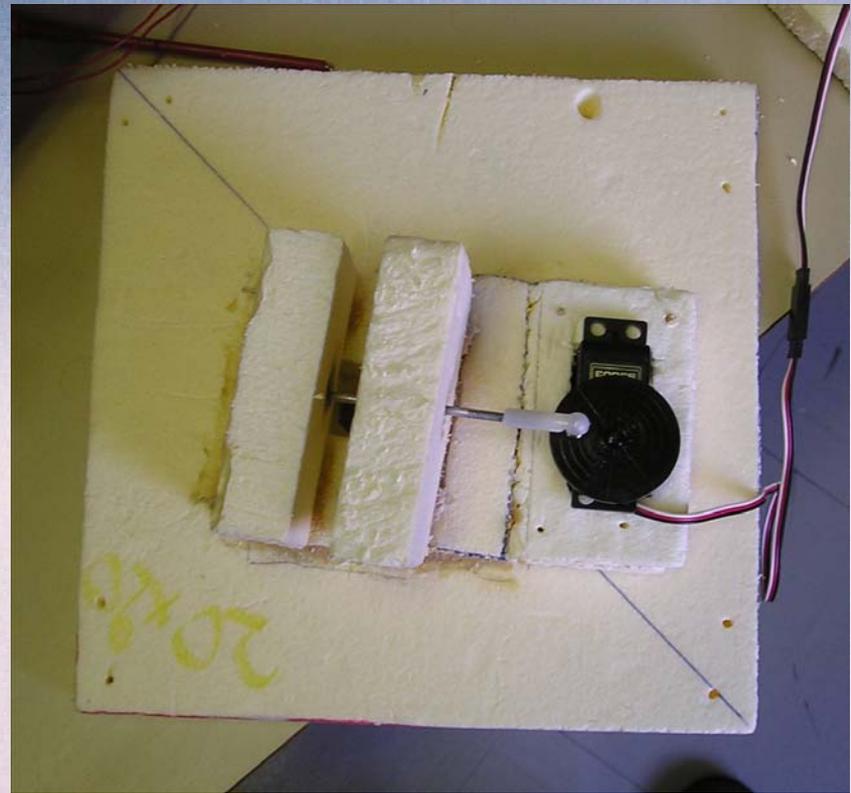


GPS

Mise en œuvre de la nacelle secondaire

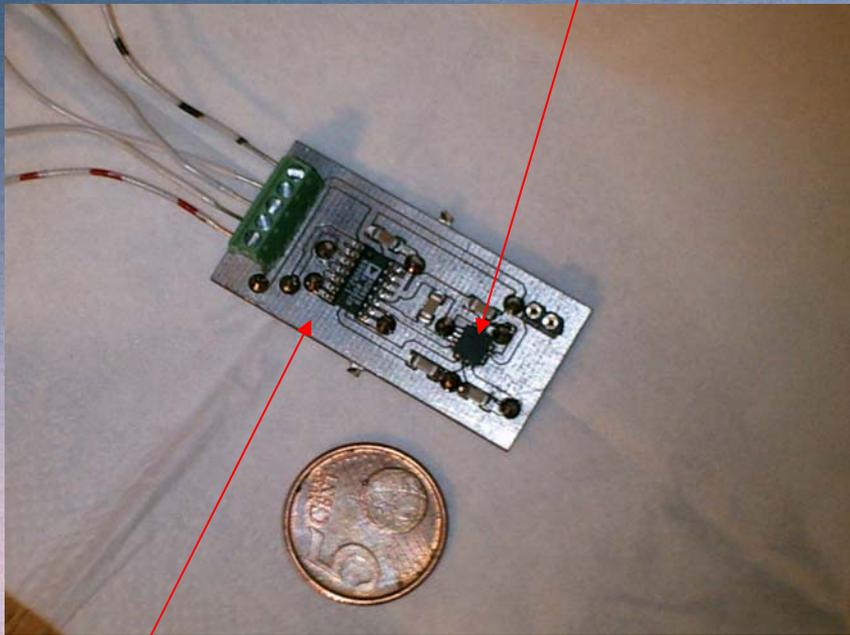
- Elle extrait et retransmet la trame GPGGA du GPS (heure, fix, altitude, latitude, longitude...).
- Elle transmet les informations de son accélération suivant 3 axes.
- Elle possède un système d'auto-largage, soit automatique à une altitude de 500 m, soit forcé par une télécommande au sol.
- Elle possède un système de prise de photos cyclique ou forcée par une télécommande au sol.
- Elle possède un émetteur sonore déclenché automatiquement à une altitude de 200 m lors de la phase descendante.
- L'émission et la réception sont effectuées par un module Xbee-pro à 2,4 GHz (modulation DSSS identique au Wi-Fi). Le débit de la communication est de 4800 bauds.

Systeme d'auto-largage de la nacelle secondaire par servo-moteur



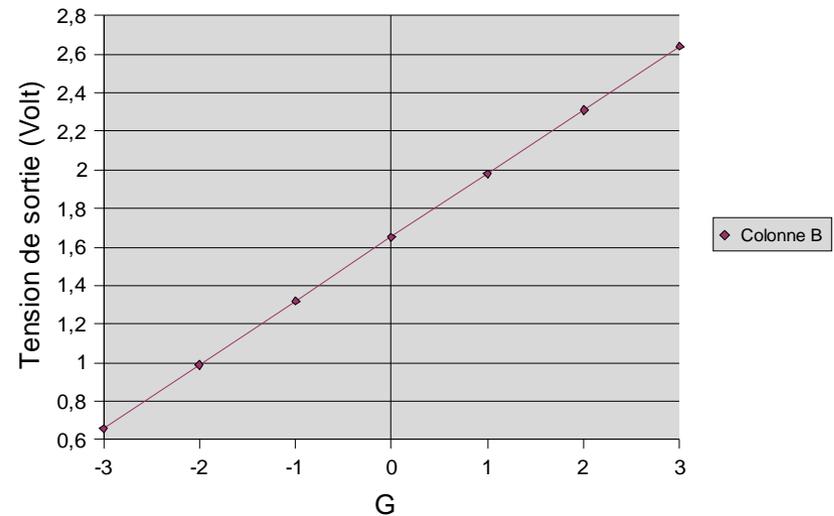
Capteur d'accélération (ADXL330)

Capteur d'accélération 3 axes



Carte de conditionnement

CARACTERISTIQUE CAPTEUR : $V_{out} = f(G)$



Télécommande de la nacelle secondaire

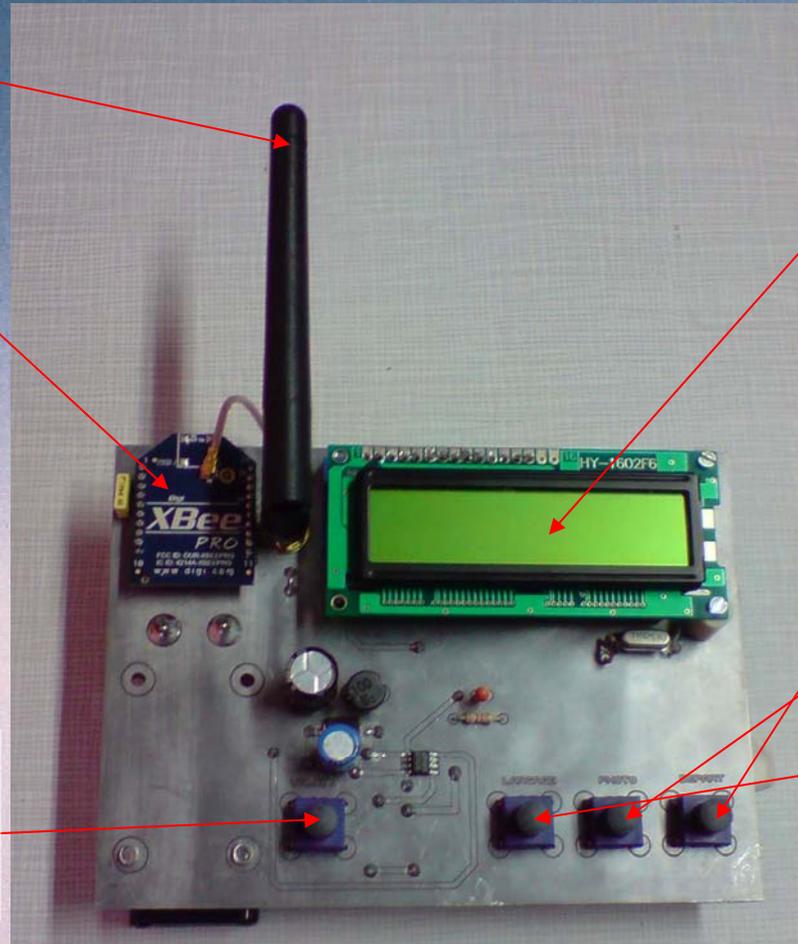
Antenne
d'émission

Emetteur
2,4 GHz

Ecran de
contrôle

Bouton de
validation de
la commande

Commande
départ cycle
Commande
forçage d'une
photo
Commande
d'auto-largage
de la nacelle
secondaire

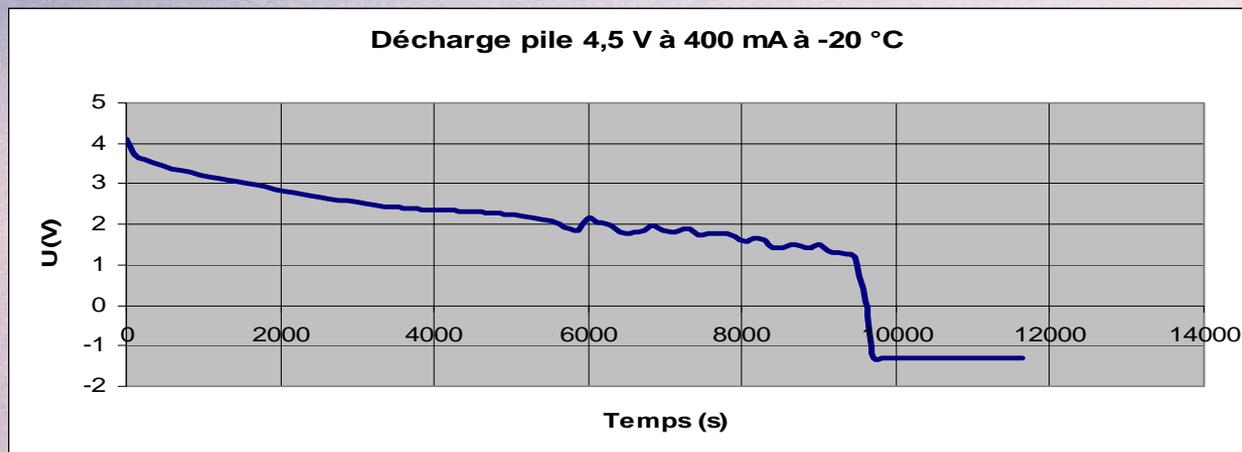
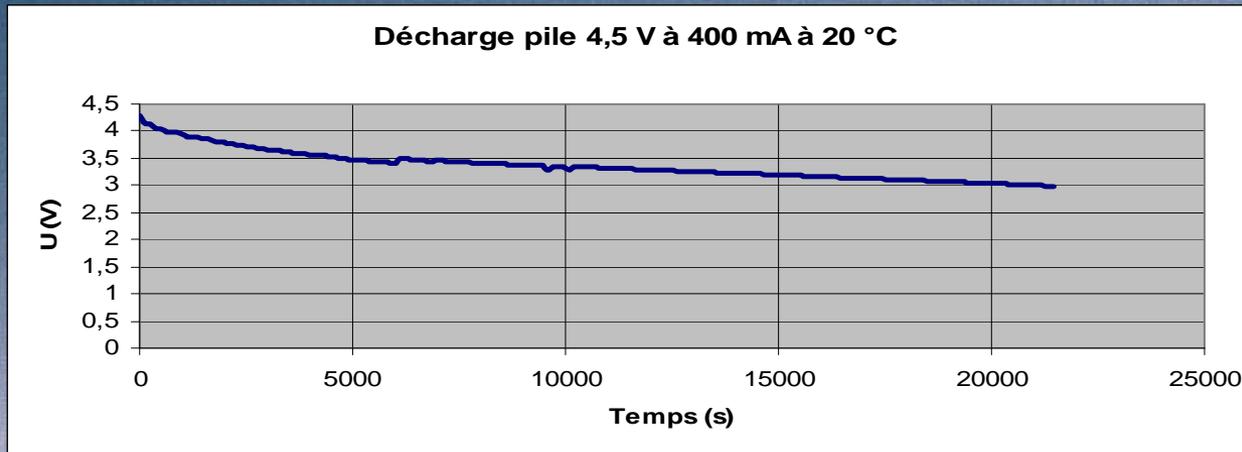


Choix des piles de la nacelle principale par un test de capacité

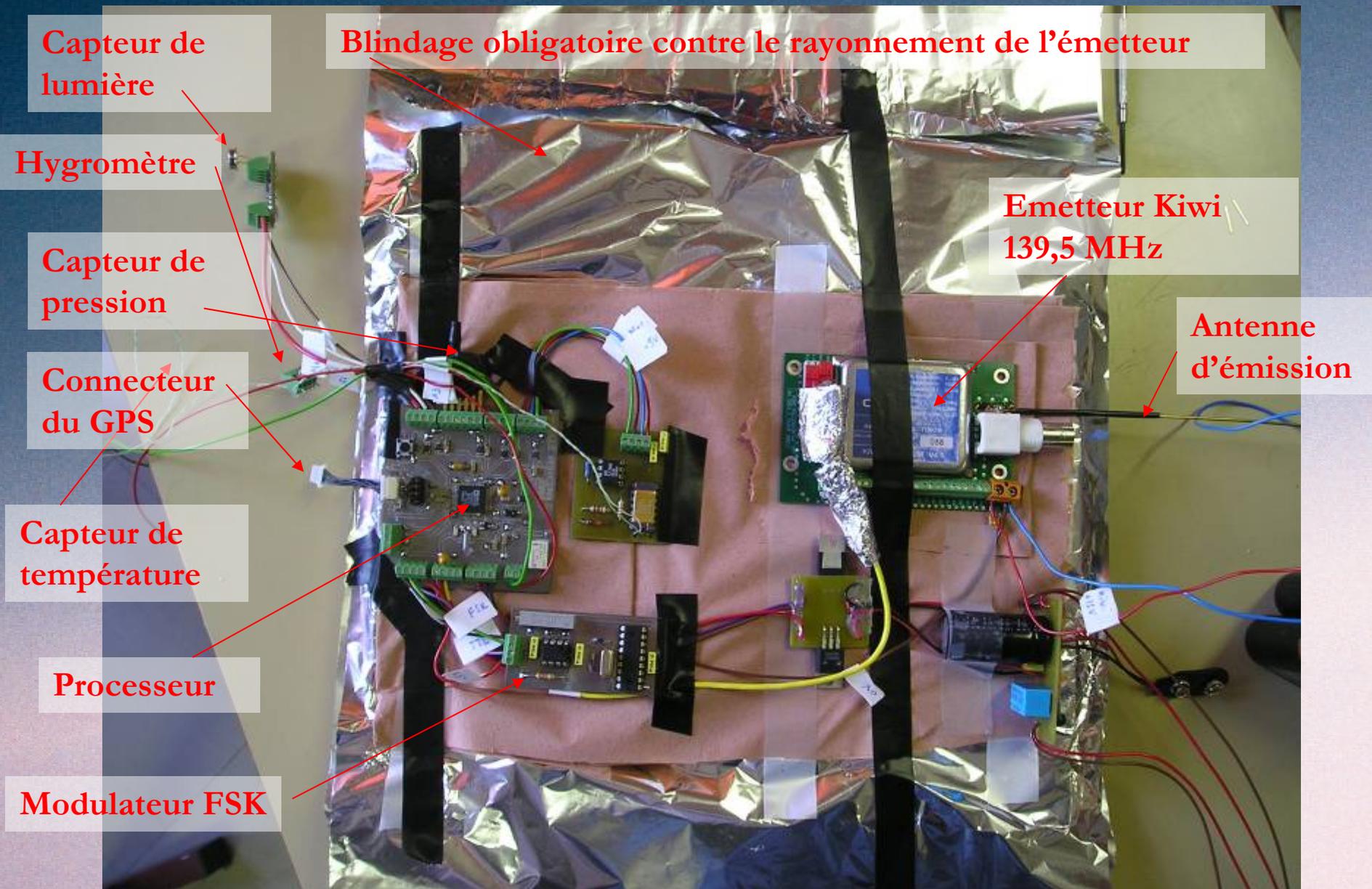
Les contraintes sont :

- Durée du vol de 3 h environ.
- Température minimale de l'atmosphère de $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Consommation des cartes électroniques d'environ 300 mA.

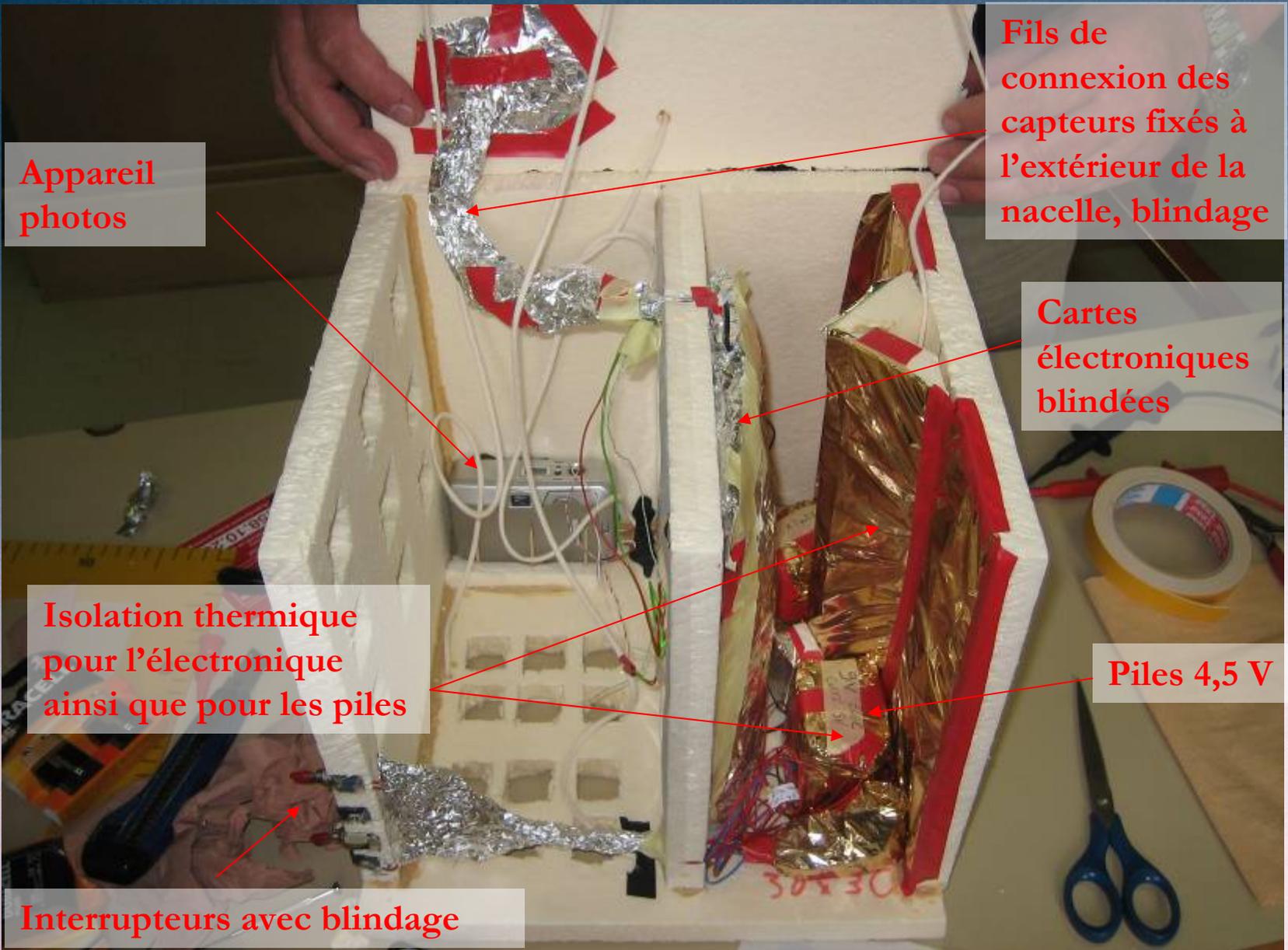
Décharge à courant constant à + 20°C et à - 20 °C



La nacelle principale



Cartes électroniques nacelle principale



Appareil photos

Fils de connexion des capteurs fixés à l'extérieur de la nacelle, blindage

Cartes électroniques blindées

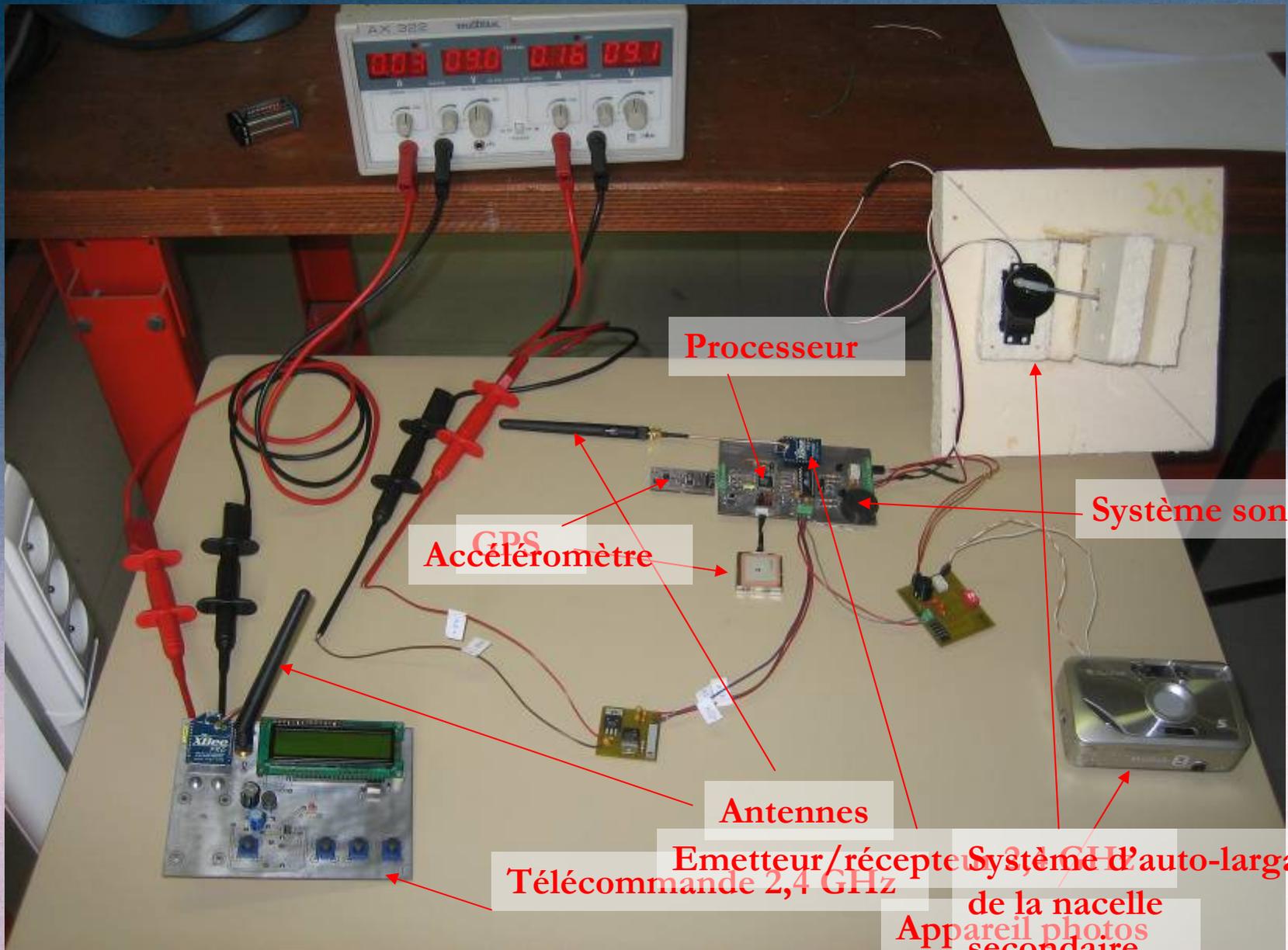
Isolation thermique pour l'électronique ainsi que pour les piles

Piles 4,5 V

Interrupteurs avec blindage

Nacelle principale

La nacelle secondaire

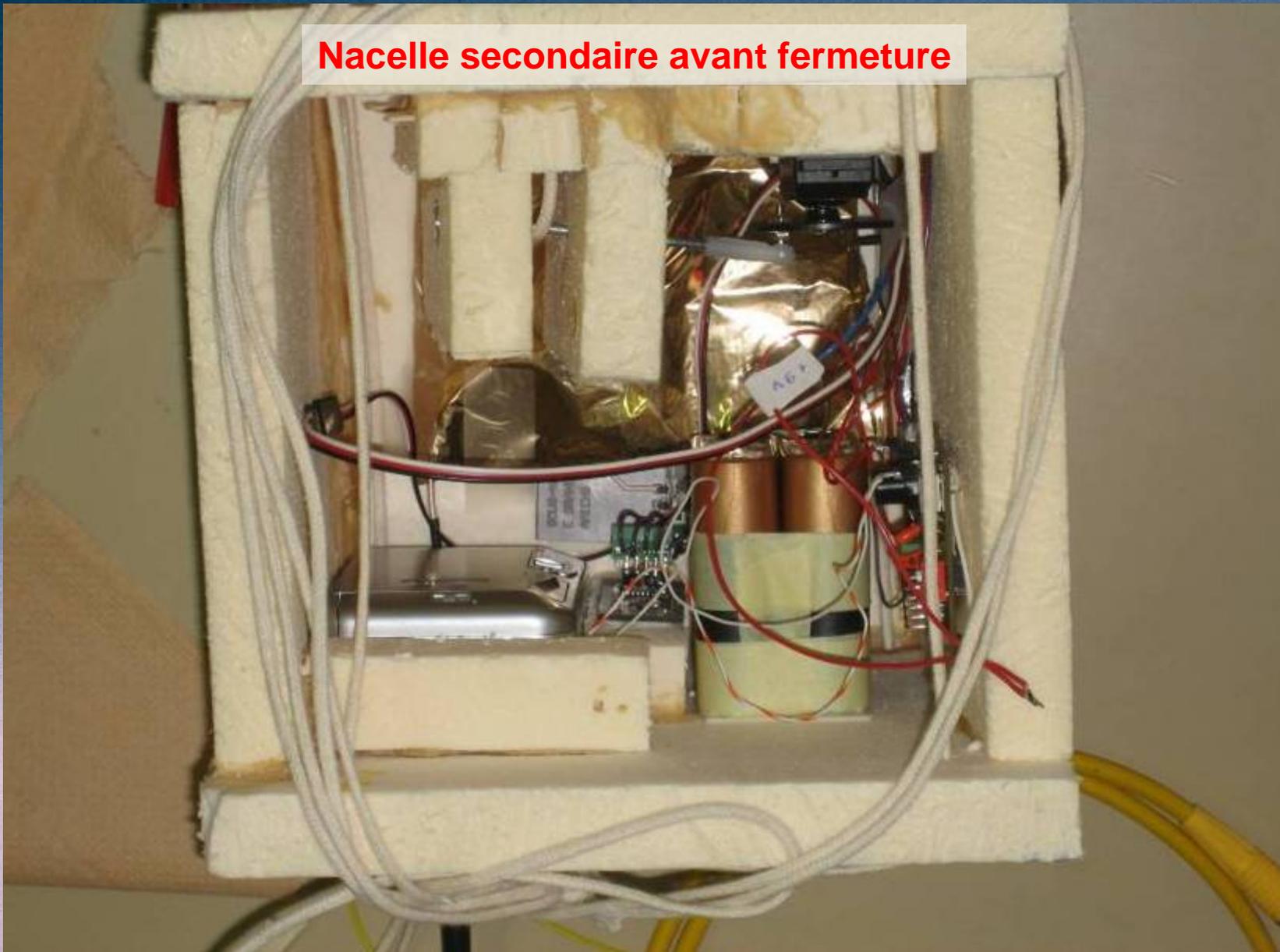


Cartes électroniques nacelle secondaire

Assemblage de la nacelle secondaire



Nacelle secondaire avant fermeture



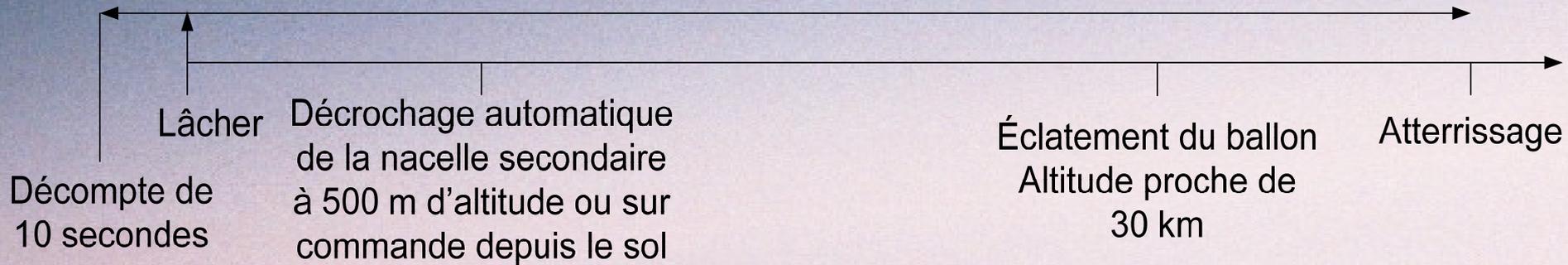
Le lâcher du ballon sonde

Vendredi 3 avril 2009

13 h 59

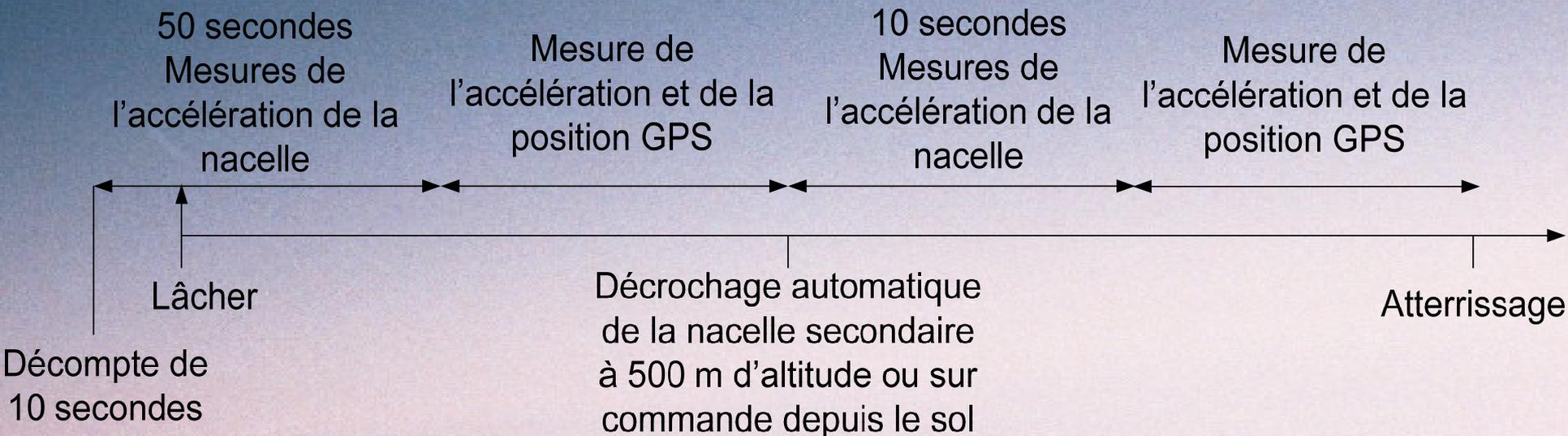
Phases de vol de la nacelle principale

Mesures de la pression, de la température, de l'hygrométrie et de l'intensité lumineuse
Mesure de la position GPS



Durée du vol : 3 heures

Phases de vol de la nacelle secondaire



Durée du vol : 3 minutes

Un ballon sonde a quitté le lycée

C'est la deuxième année que l'expérience est menée au lycée Branly. Les étudiants eux-mêmes pilotent le programme. Le succès est total pour les partenaires.

Le lycée Édouard-Branly avait des allures de mini Cap Canaveral, vendredi. La tension est palpable sur la piste d'envol où le lâcher est seulement autorisé par les services de l'Aviation civile entre 13 h 30 et 14 heures.

Dans la salle de contrôle, les équipes s'affairent aux derniers réglages. À 13 h 59, la chaîne de vol s'élève dans le ciel sous les applaudissements d'un nombreux public. La nacelle secondaire mesure l'accélération du décollage et la position du GPS. L'ensemble atteint les 500 mètres entre 1'30" et 2". La nacelle secondaire se décroche et sera récupérée vers la rue Saint-Fuscien. Le vol se poursuit, d'abord vers l'ouest, puis en direction du nord. Toutes les données transmises sont affichées en salle de contrôle. Le contact est gardé jusque 24 000 mètres. Le ballon, gonflé à l'hélium, a dû éclater vers 30 km d'altitude. Le signal GPS récupéré pendant la descente a permis de retrouver l'ensemble près de Villers-Bocage. Le matériel pourra resservir l'année prochaine.

Une performance scientifique

« Notre démarche ne consiste pas à rechercher une performance en termes de kilomètres parcourus mais s'inscrit dans un cadre scientifique », précise Vianney Dupont, professeur de physique appliquée.

L'aventure pédagogique a commencé fin septembre par la présentation du projet aux étudiants, en première et deuxième année de la



La chaîne de vol s'apprête à quitter le sol. L'émotion est à son comble.

section du BTS systèmes électroniques. Charge leur incombe d'établir un cahier des charges détaillé des mesures qu'ils souhaitent relever. L'établissement d'un schéma fonctionnel a permis d'organiser plusieurs sous-cahiers des charges.

Chaque élève s'y accapare une partie des fonctions à réaliser. L'un se charge de la mise en œuvre du GPS, l'autre de l'accéléromètre... L'ensemble constitue le travail du premier semestre. Assemblages et réglages viennent ensuite. « Sur le

plan technique, la barre était placée plus haut que l'an dernier », assure Vianney Dupont.

Quelques difficultés sont apparues au niveau des réglages. « Les ondes de l'émetteur avaient tendance à perturber l'électronique prévue pour assurer les mesures. » Il a fallu blinder pour protéger les cartes mesures. « La configuration de base de l'émetteur était limitée. Nous avons dû en refaire une partie afin d'assurer la transmission du plus grand nombre d'informations possibles. »

Le travail va se poursuivre en clas-

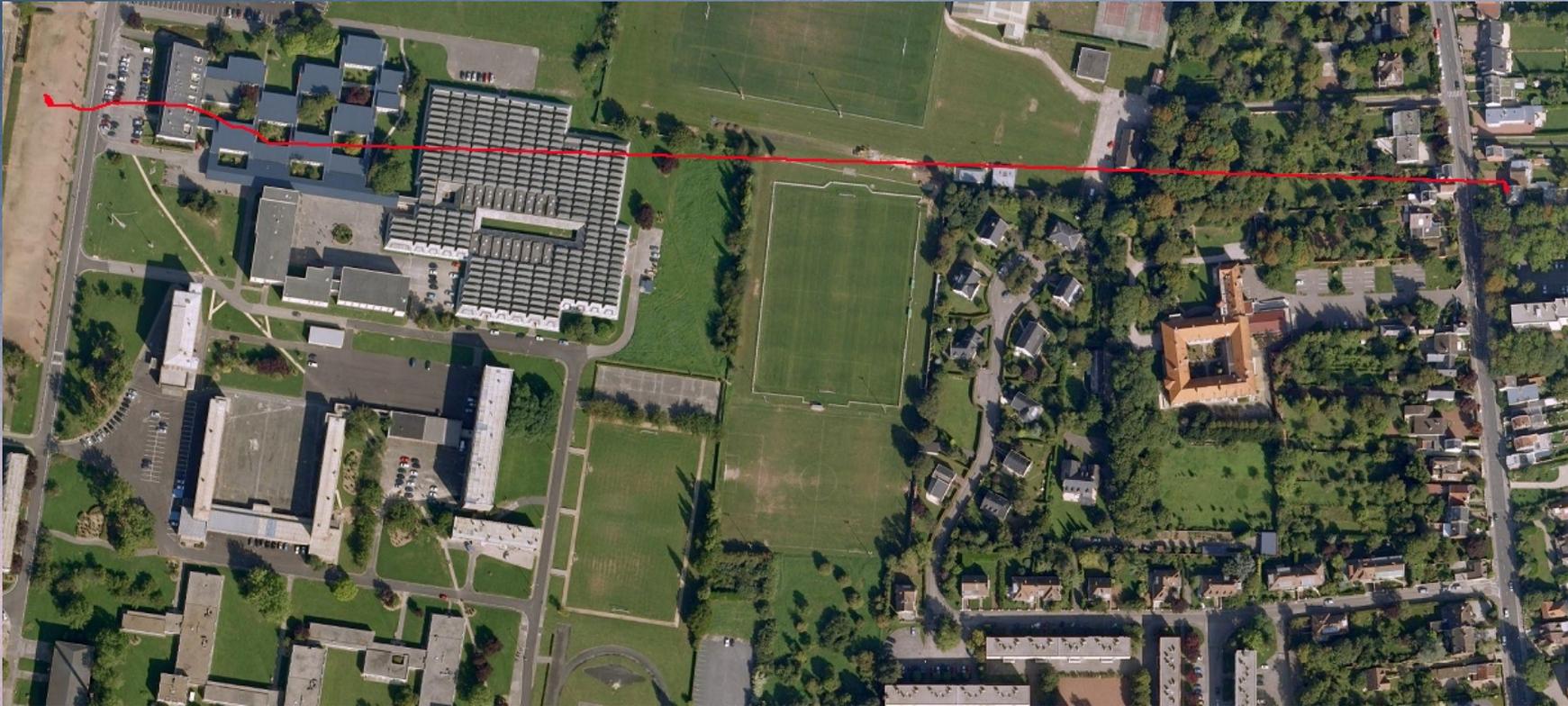
se par le dépouillement et l'exploitation des paramètres en fonction de l'altitude. Le parcours du ballon sera retracé sur une carte. Toute l'équipe d'enseignants en physique appliquée et en électronique a participé au projet, financé par le CNES. Planètes Sciences structure et encadre quatre réunions-bilans.

ATMO assure la communication. La démarche expérimentale permet l'acquisition de savoirs. Elle impose aux étudiants d'assurer des réalisations techniques.

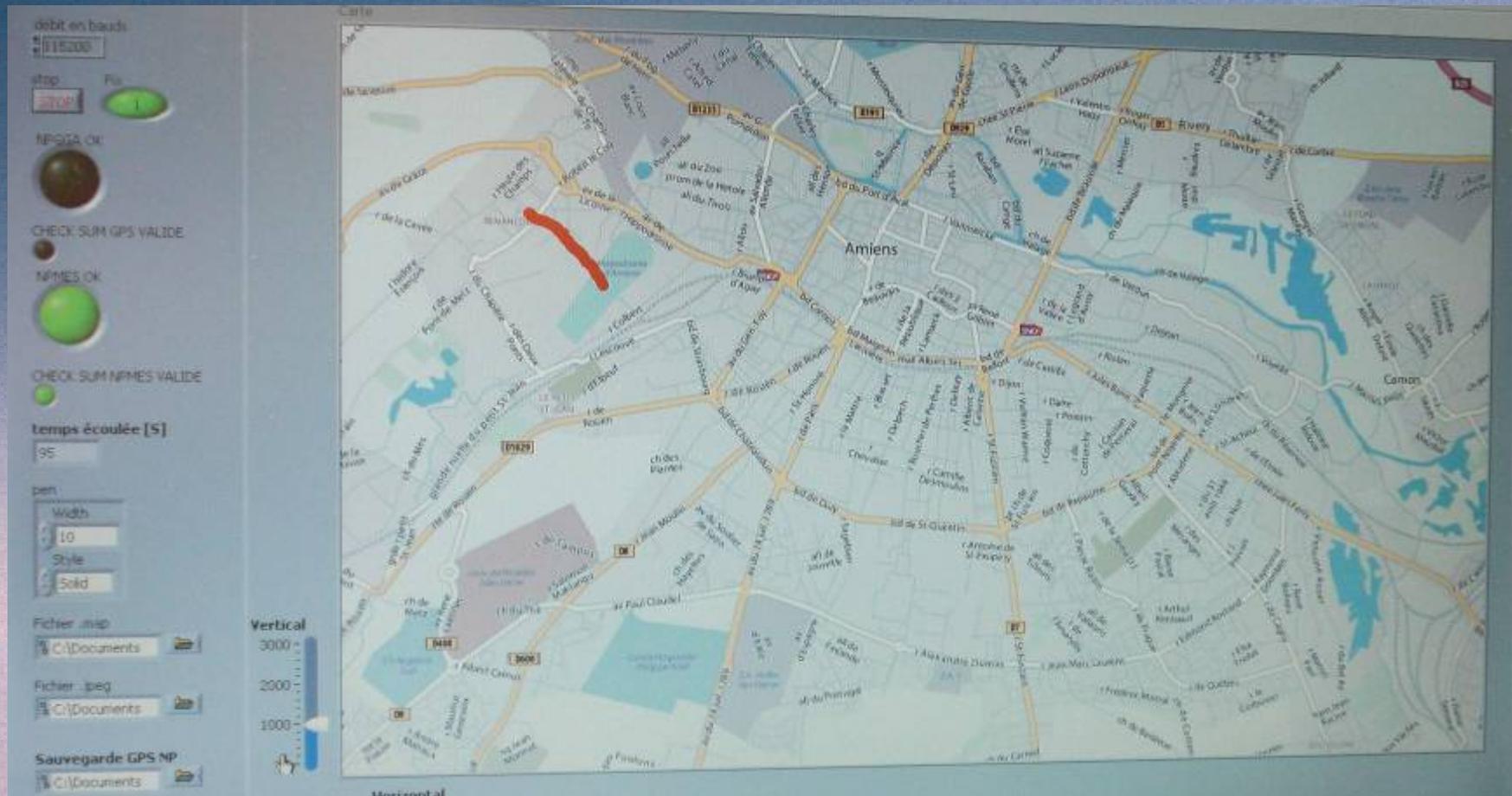
De notre correspondant CHRISTIAN LEGRIS

Le suivi du ballon en temps réel

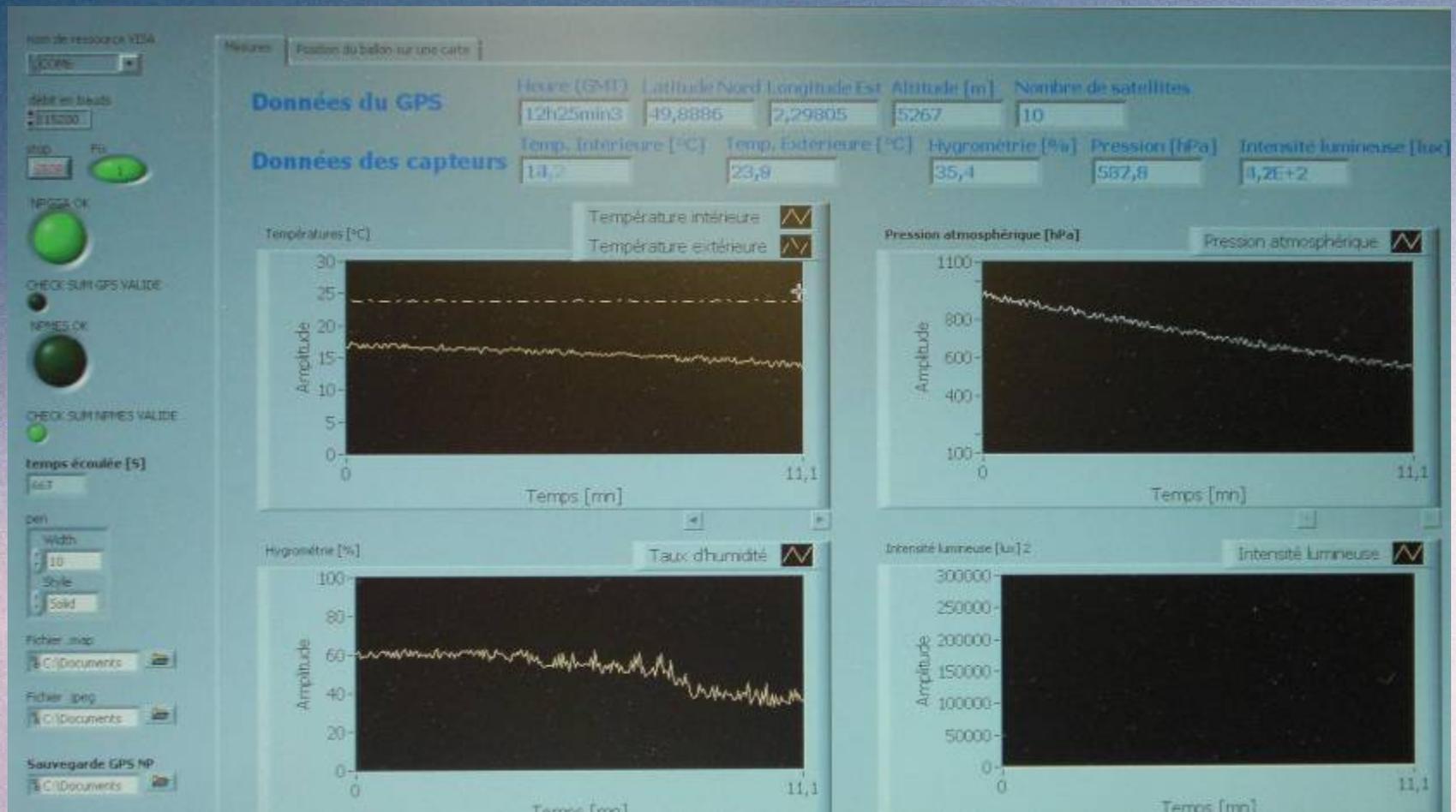
Le trajet de la nacelle secondaire



Suivi de la nacelle principale sur grand écran en salle de conférence et sur Internet (mise en place d'un serveur web)



Affichage des mesures de la nacelle principale sur grand écran et sur Internet



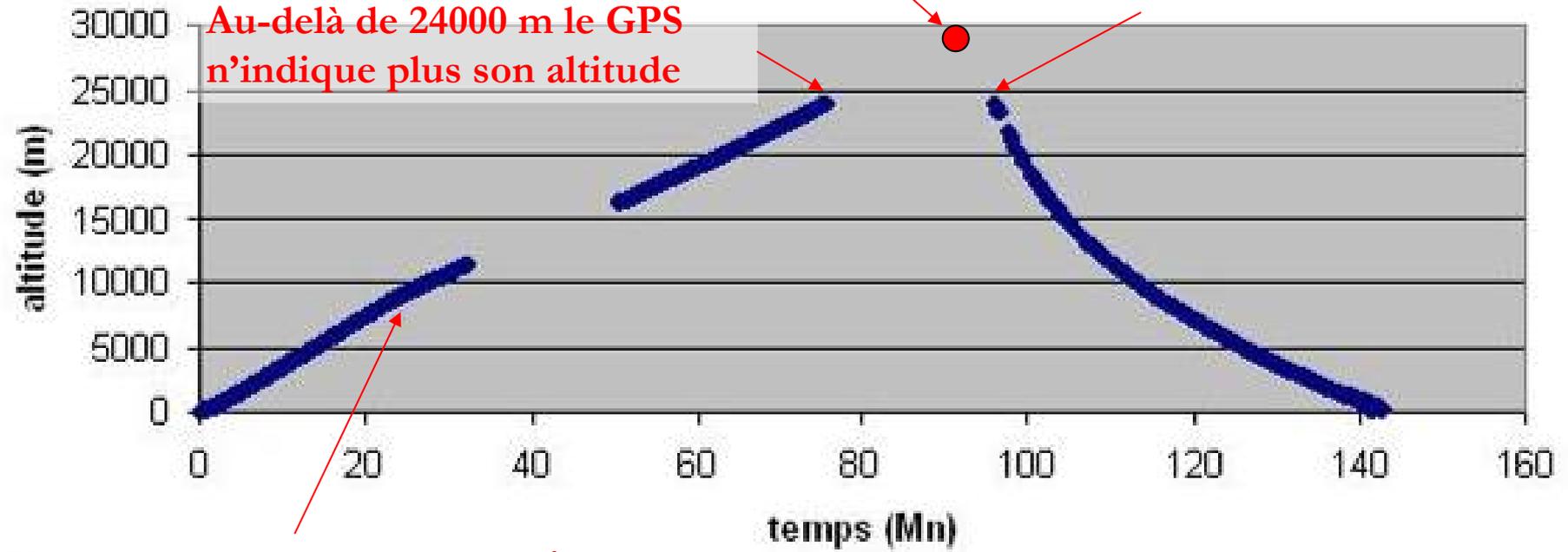
Les résultats

Altitude en fonction du temps

Point culminant : 28 800 mètres au bout de 90 minutes

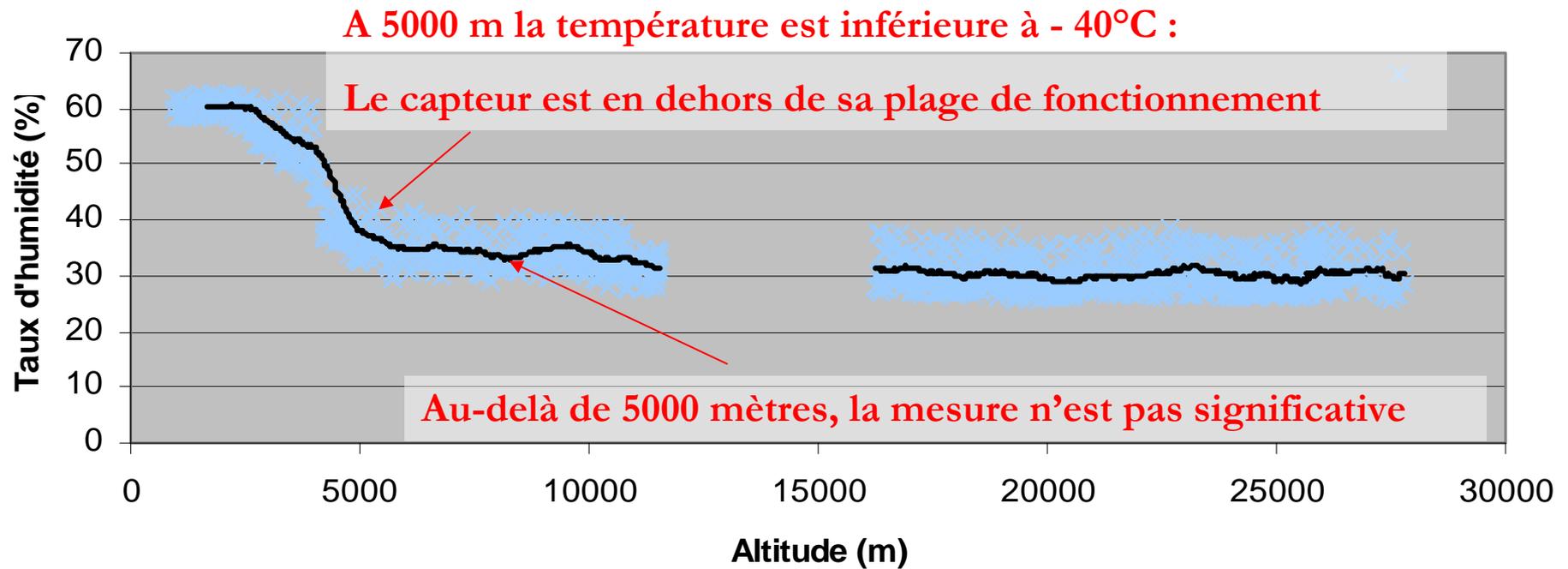
Vitesse pendant la chute de l'ordre de 20 m/s

Au-delà de 24000 m le GPS n'indique plus son altitude



Vitesse ascensionnelle de 5 m/s

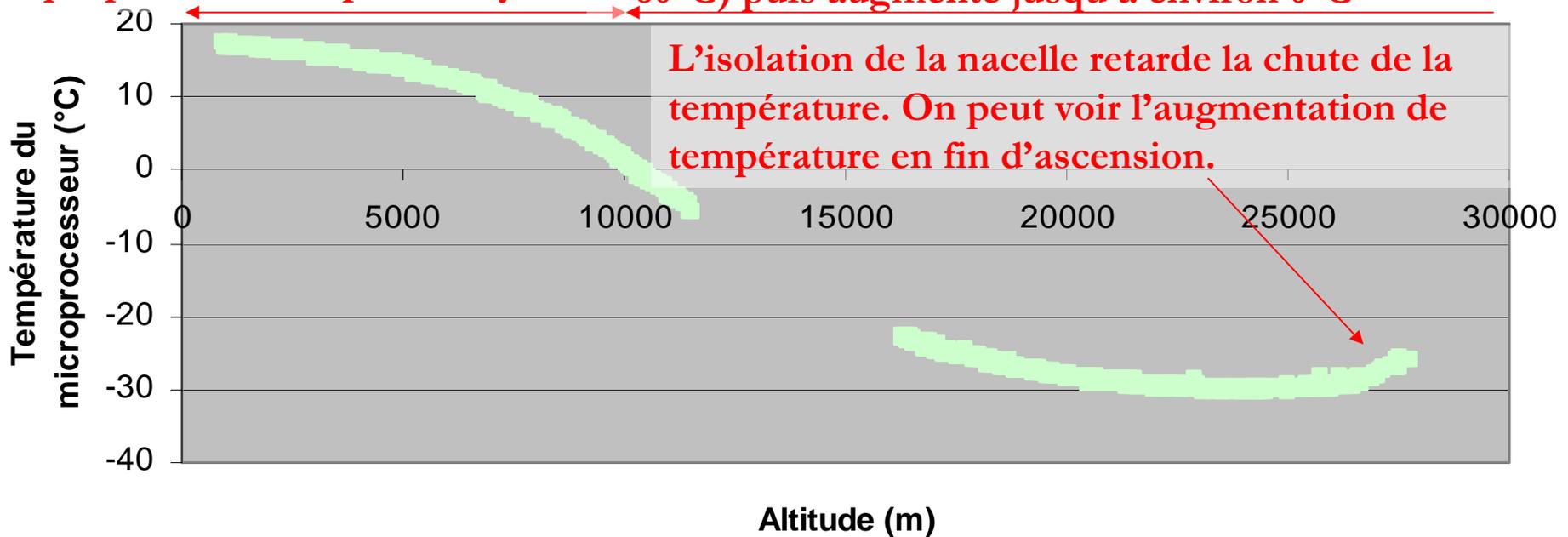
Évolution de l'hygrométrie



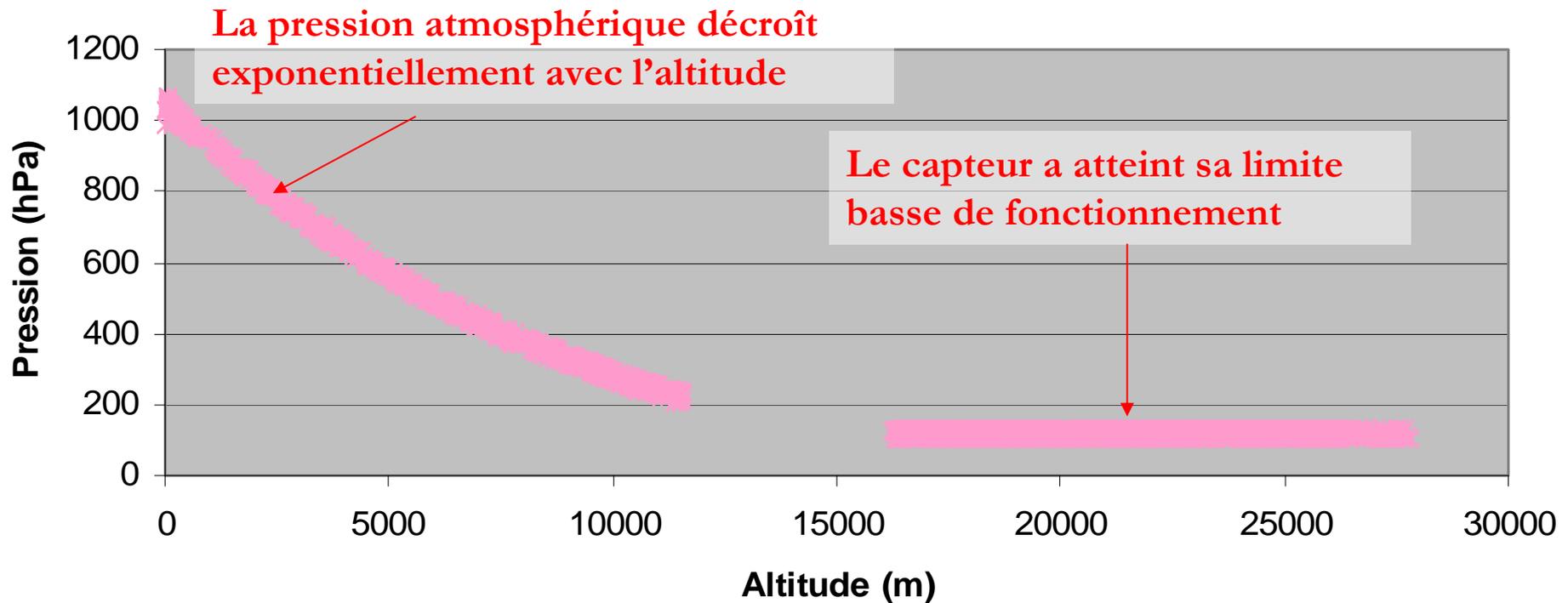
Évolution de la température à l'intérieur de la nacelle

Au delà de 10 km d'altitude le ballon évolue dans la stratosphère : la température y est constante (environ -60°C) puis augmente jusqu'à environ 0°C

Entre 0 et 10 km d'altitude, le ballon traverse la troposphère : la température y décroît



Évolution de la pression atmosphérique



Conclusion

- Le travail sous forme de projet permet d'aborder de manière concrète des parties du programme.
- Pour les élèves projet est ludique, tout en ayant un contenu scientifique dense.
- Les points forts de ce projet sont :
 - Acquisition de savoirs techniques et scientifiques de niveau BTS (GPS, accéléromètres, transmissions radios etc.).
 - Initiation à la conduite de projet : planification, travail en équipe.
 - Développement de la culture scientifique : connaissance de l'atmosphère, principes physiques relatifs au vol d'un ballon sonde.
 - Intérêt des élèves pour les sciences et les techniques, au sein de la section de BTS, mais aussi au sein du lycée.
 - Communication des travaux réalisés par les élèves par le biais d'un site internet et le lâcher en début d'après midi de semaine pour toucher un maximum d'élèves.
 - Communication dans la presse locale : mise en valeur du travail des élèves, des sections scientifiques et techniques et du partenariat avec Planète Sciences et le CNES.





<http://btsse.branly.amiens.free.fr>