

voi



Project Epsilon Project



2008 - 2009

Membres du groupe :

Courage Aurélien

Dô Maxime

Piot Jacques

Servos Sophie

Terminale Scientifique

Option : **Sciences de l'Ingénieur**

*Remerciements à l'ensemble des professeurs de Sciences de l'Ingénieur de Lycée Aragon, en particulier à **Mme Georget**, professeur d'électricité ; et à **Mr Huet**, professeur de mécanique ; à l'équipe de Radioamateurs et à l'équipe de Planète Sciences ; qui nous ont apporté leur soutien et leurs conseils lors de la réalisation du projet*

Problématique : « *Comment analyser l'évolution de certaines grandeurs physiques de l'atmosphère à une altitude comprise entre quelques mètres et environ 30 000 mètres* »

Sommaire

Introduction.....p. 7

I. Présentation du projet - Idées - Conception.....p. 9

- a) Présentation générale.....p. 9
- b) Historiquep. 10
- c) Description du cahier des charges.....p. 11

II. Réalisation du projet.....p. 17

- a) Partie électronique.....p. 17
 - L'appareil photo numérique.....p. 17
 - Les sondes de mesure.....p. 31
 - L'électronique supplémentaire (kiwi ; GPS ; alimentation)p. 51
- b) Partie mécanique.....p. 60
 - la nacelle.....p. 60
 - fixation des appareils.....p. 63

III. Bilan.....p. 72

- a) le jour du départ de la nacelle.....p. 72
- b) Retrouvailles du ballon.....p. 80
- c) l'exploitation des résultats.....p. 82

Conclusion.....p. 91

Sources.....p. 95

Introduction

Cette année scolaire 2008-2009, dans le cadre des Sciences de l'Ingénieur, nous devons réaliser un PPE : un Projet Pluri technologique Encadré.

Les élèves forment des groupes, et doivent mener un projet dans le but de mettre en application les connaissances acquises en Sciences de l'Ingénieur au cours de ces deux dernières années.

Pour la première fois au lycée Louis Aragon, nos professeurs de Sciences de l'Ingénieur Mme Georget (professeur de Génie Electrique) et Mr Huet (professeur de Génie Mécanique) nous ont proposé le projet « Un ballon pour l'école », un projet encadré par l'association *Planète Science*.

Ce projet nous a immédiatement intéressés, par son caractère original et le fait qu'il demande des connaissances dans de nombreux domaines : sciences de l'Ingénieur, physique, mathématiques, etc.

D'après les caractéristiques du cahier des charges fourni, les exigences des Projets Pluri technologiques encadrés, et nos propres moyens, nous avons donc choisi comme problématique de départ :

« Comment analyser l'évolution de certaines grandeurs physiques de l'atmosphère à une altitude comprise entre quelques mètres et environ 30 000 mètres »

Il s'agissait alors de réaliser, en une trentaine d'heures, une nacelle contenant des appareils de mesures. Nous avons décidé, en outre, d'intégrer un appareil photo afin de prendre, au cours du vol, des photographies de la terre.

I. Présentation du projet

a) Présentation générale

Cette année scolaire 2008-2009, le lycée Aragon, et plus particulièrement les professeurs de Science de l'Ingénieur Mr Huet (professeur de mécanique) et Mme Georget (professeur d'électricité) nous ont proposé, dans le cadre des Projets Pluri technologiques Encadrés, le projet du **Ballon Sonde**.

Ce projet est réalisé avec le soutien de *Planètes Sciences*, une association qui encadre dans toute la France des projets de ce type, depuis le niveau école primaire jusqu'au niveau école d'ingénieurs, en passant par des clubs indépendants, ainsi que celui du CNES (Centre National d'Études Spatiales).

Le Ballon Sonde est un ballon en latex, rempli d'hélium, auquel est rattachée une nacelle, remplie d'appareils de mesures. Le ballon s'élève donc dans les airs, puis, arrivé à une certaine altitude, il éclate, du fait de la diminution de la pression atmosphérique.



b) Historique du projet

Nous avons choisi de nommer ce projet « projet *epsilon* ».

Cette lettre grecque nous est en effet assez familière : nous l'avons utilisée assez fréquemment au cours de ces dernières années, en Sciences de l'Ingénieur, lors de l'étude des ponts diviseurs de tension.

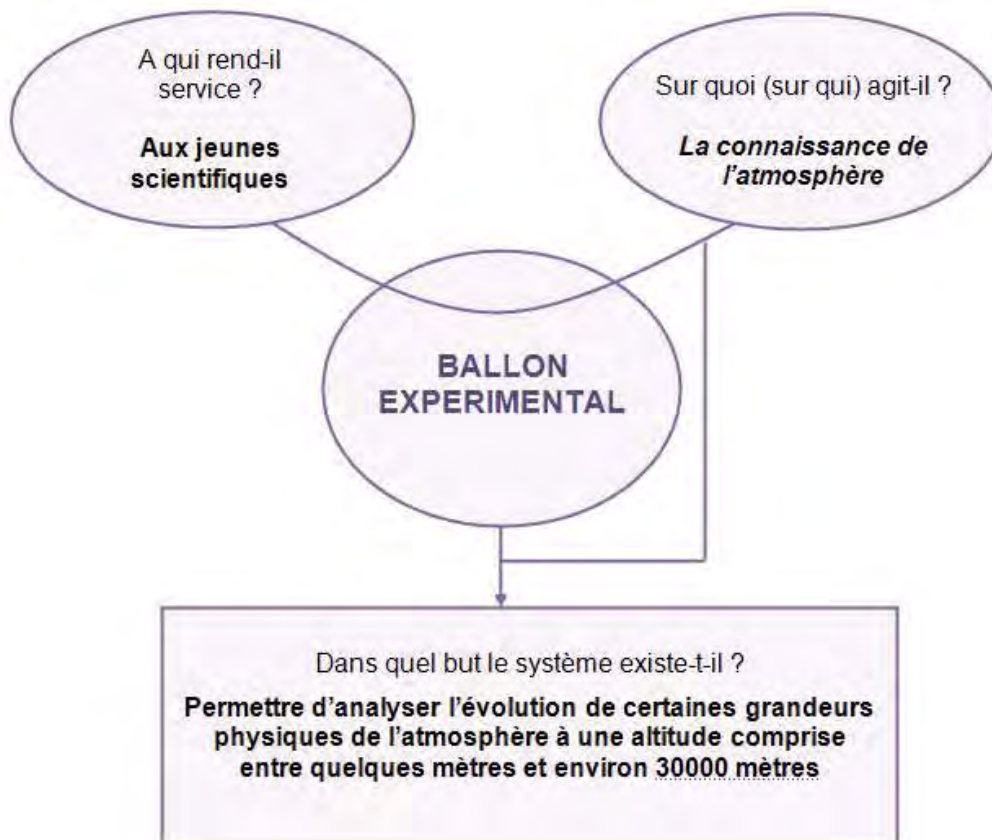
c) Description du cahier des charges

Afin de réaliser notre projet, nous avons réalisé son cahier des charges. Nous avons donc recherché les principaux objectifs que nous souhaitons atteindre, et les contraintes qu'il nous fallait respecter.

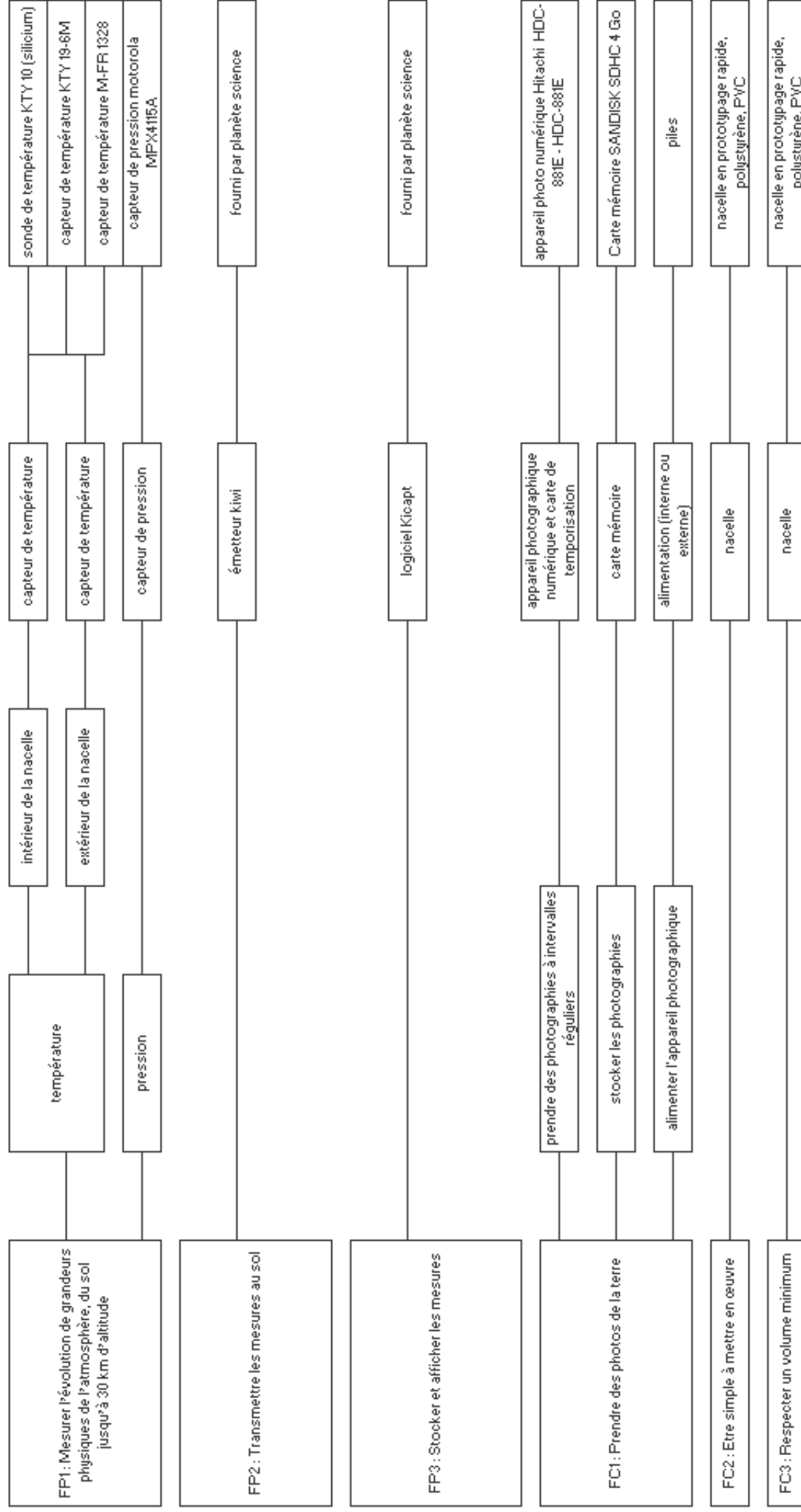
Il s'agissait, en une trentaine d'heures, de réaliser une nacelle, qui serait rattachée ensuite à une chaîne de vol, et à un ballon gonflé à l'hélium (fournis par Planète Sciences).

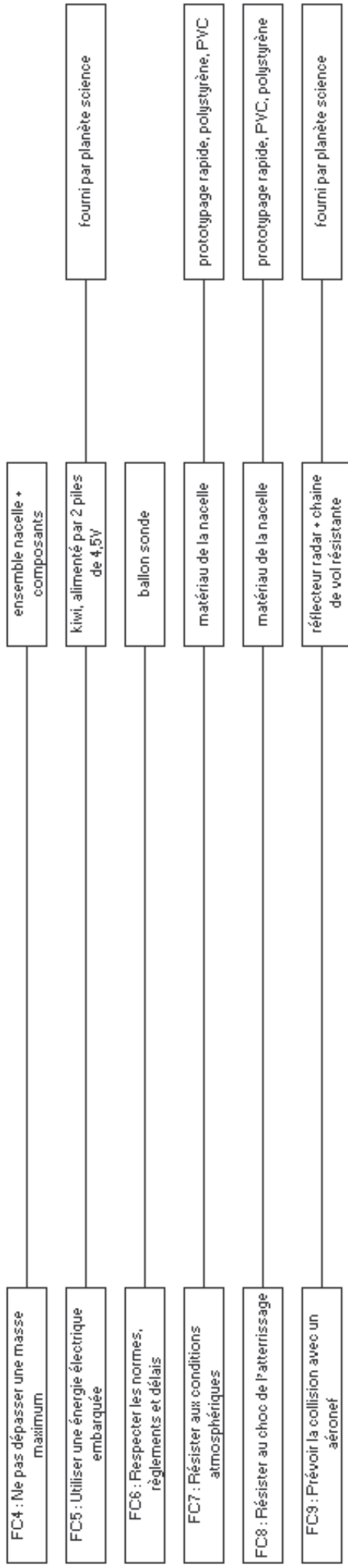
La nacelle devait répondre à des critères très stricts, imposés par Planète Sciences. Le principal objectif de ce projet était le suivant : analyser l'évolution de certaines grandeurs physiques de l'atmosphère à une altitude comprise entre quelques mètres et environ 30 000 mètres.

Ci-dessous, la « bête à cornes », un diagramme qui résume le projet :



Ensuite, nous avons réalisé un diagramme FAST, qui résumait les contraintes techniques et les objectifs du projet (voir document annexe pX)





Les deux principales contraintes que nous devons respecter étaient les suivantes :

- ne pas dépasser une masse totale de 2.5kg
- réaliser une nacelle dont les dimensions sont au minimum de 30 X 30 X 30 (cm)

Afin de respecter la contrainte dimensionnelle tout en ayant une masse minimum, nous avons décidé de réaliser une nacelle aux dimensions minimum : 30 X 30 X 30 (cm)

Nous avons ensuite réalisé une étude précise de tous les éléments que nous souhaitons emporter, en notant leurs dimensions ainsi que leur masse :

nom du composant	longueur (mm)	largeur (mm)	hauteur (mm)	masse (g)
appareil photo numérique	89	21,5	56	85
capteurs de température	20	4,2	5,2	4
carte gps	165	90	25	200
kiwi	77,5	57	11	50
capteur de pression	28,53	29,16	8,26	10
alimentation	65,1	62	21,6	480
(capteur ozone)	64	64	62	70
nacelle	30	30	30	724,976
carte électroniques	-	-	-	10
Total :				1633,976

IV. Conception - Fabrication

c) Partie électronique

→ L'appareil photo numérique

Une des contraintes du cahier des charges était d'intégrer dans notre nacelle un appareil photo. Celui-ci prendrait des clichés de la Terre, lors du vol, et ce de manière périodique, à intervalles rapprochés.

Nous avons donc dû, tout d'abord, réfléchir au choix d'un appareil photo convenable.

Le choix de l'utilisation d'un appareil photo numérique nous a paru évident ; les appareils photo numérique permettent en effet de prendre un plus grand nombre de clichés qu'un appareil photo de type argentique (qui reste limité la capacité d'une pellicule, c'est-à-dire 24 à 36 photos environ).

Nous avons deux critères essentiels à respecter :

- l'appareil ne devait pas comporter de système de mise au point,
- il devait offrir un rapport qualité-prix intéressant

Le lycée ne nous avait pas imposé de restriction budgétaire. Le choix du modèle s'est fait grâce à nos recherches communes sur internet, et à l'aide de comparateurs de prix et performances, nombreux et souvent fiables.

L'appareil photo utilisé est donc un appareil numérique 8.0 MegaPixels de marque « HITACHI » - Référence HDC-881E. Un relevé de prix (Janvier 2009) nous indiquait 50 Euros, ce qui restait très accessible.



photo de l'appareil photo numérique sélectionné
pour le ballon-sonde

Notre professeur de mécanique, Mr Huet, a validé ce choix et s'est chargé de l'achat de l'appareil au point de vente « Darty » le plus proche de notre lycée.

Nous avons donc du le recevoir une semaine après.

Il ne nous restait désormais qu'à imaginer une solution permettant de déclencher l'appareil photo périodiquement.

Nous avons en premier lieu écarté les solutions mécaniques (moteur + réducteur, électroaimant ...) peu fiables (de par les mouvements de la nacelle lors du lancer et du vol) et, de plus, difficiles à mettre en œuvre. **La solution devait être totalement électronique.**

1^{ère} étape : que se passe-t-il exactement lorsque l'on appuie sur le déclencheur ?

Voilà la question que nous nous sommes posés, pour pouvoir simuler le déclenchement.

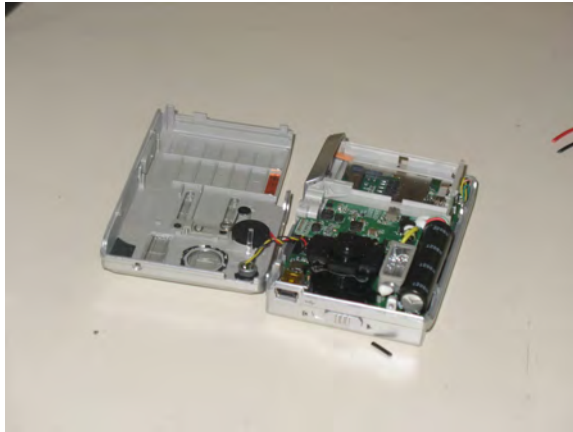
Souvent, le déclenchement se fait en deux étapes :

- premier temps à mi-course, pour réaliser la mise au point ;
- deuxième temps lorsque l'utilisateur enfonce complètement le déclencheur pour prendre la photo.

Cela compliquait considérablement notre intervention pour simuler une pression sur le déclencheur.

Dans le cas de notre appareil HITACHI, il n'y a pas de mise au point car elle est réglée sur l'hyperfocale, comme sur les appareils argentiques jetables. Cette simplicité de mise en œuvre nous a confortés dans notre choix.

2^{ème} étape : nécessité d'ouvrir l'appareil photo, pour comprendre son fonctionnement



Nous avons remarqué qu'une pression sur le déclencheur provoque un contact électrique, ce qui entraîne la prise de vue.

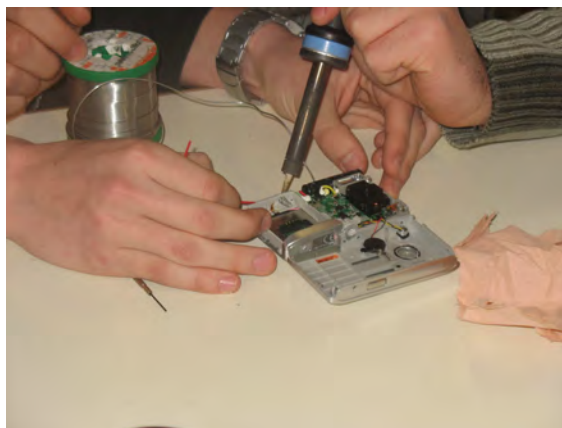
Notre décision a donc été de remplacer le déclencheur par deux câbles électriques, reliés à un relais : ce relais se fermerait de manière périodique, grâce à un signal d'horloge, délivré par un ensemble de composants électroniques.

3^{ème} étape : comment simuler cette action sur le déclencheur ?

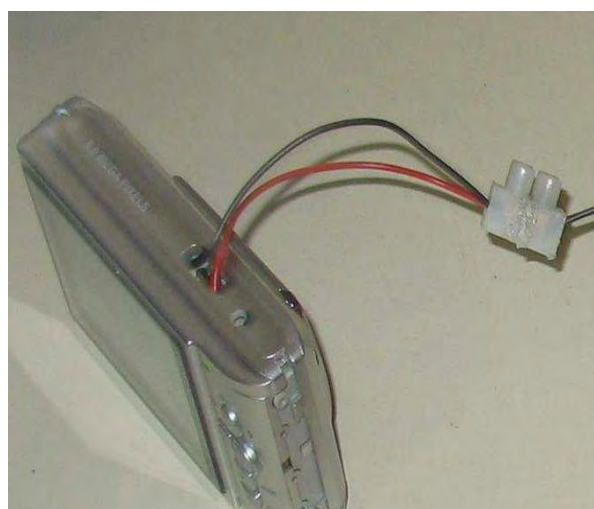
Comme nous l'avons précisé ci-dessus, le déclenchement se fait en une seule étape donc nous n'avons qu'un seul interrupteur à simuler.

Par contre, que le délai entre deux prises de vue est très long (plusieurs secondes). Cela peut être critique pour réaliser des prises en rafale. Dans notre cas, nous avons fixé la durée entre deux prises de vues à 15 secondes.

Les deux fils (noir et rouge), soudés sur les contacts du déclencheur, partent vers une carte électronique sur laquelle un relais établit périodiquement le contact : la prise de vue à intervalles réguliers semblait possible. Notre carte électronique intègre également une temporisation réglable, nous offrant la possibilité de choisir la durée séparant deux prises de vues consécutives.



Soudure des deux fils sur l'appareil

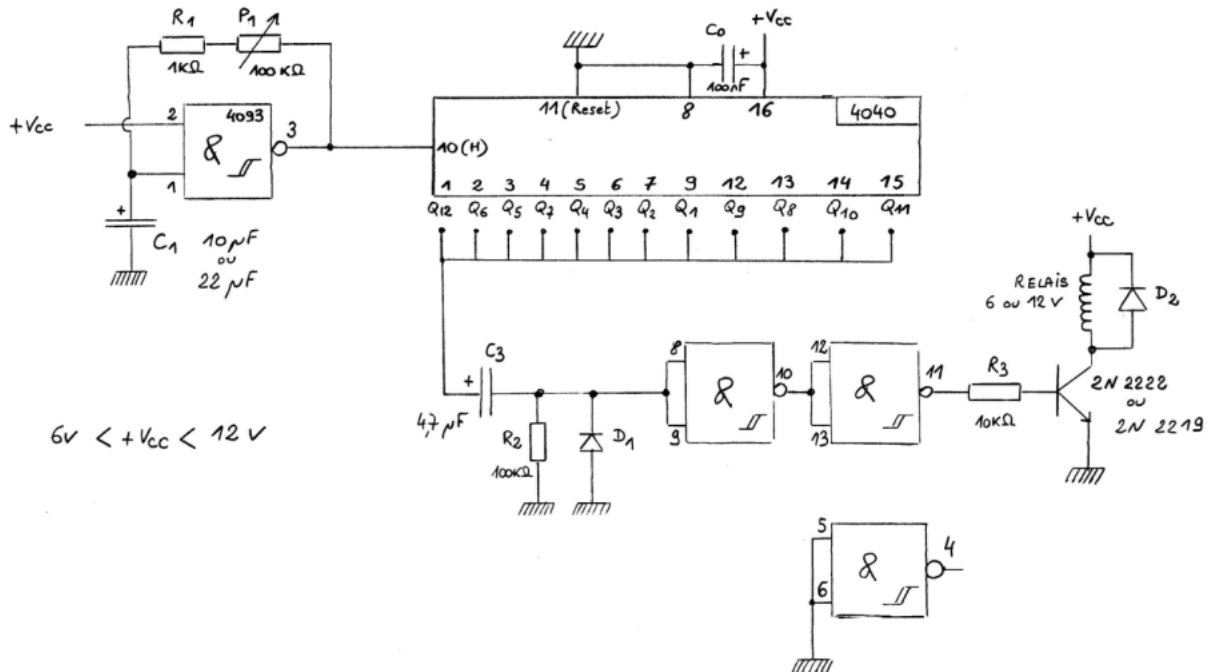


Les deux fils sont soudés, et l'appareil photo refermé

Le domino permet une connexion et une déconnexion de l'appareil rapides et sans encombre

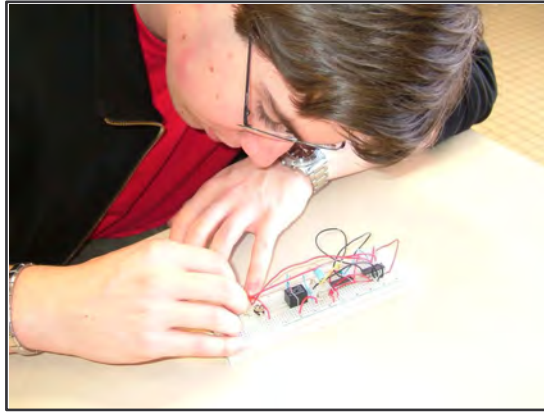
4^{ème} étape : réalisation de la maquette électronique de déclenchement

Le schéma électrique de la maquette électronique est présenté ci-dessous :



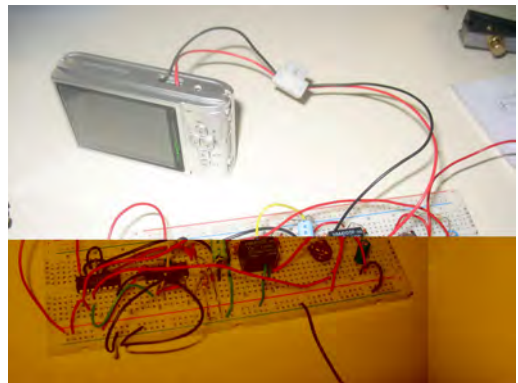
La première porte logique NON-ET CMOS 4093 (avec Trigger) réalise avec R_1 , P_1 et C_1 un **oscillateur** chargé de générer le **signal d'horloge** sur le compteur CMOS 4040 constitué de 12 étages. (notre établissement scolaire ne possédant pas ce composant, nous avons utilisé un compteur CMOS 4024, constitué de 8 étages).

L'utilisateur choisit, à l'aide d'un cavalier, la sortie Q_x présentant la temporisation souhaitée. Un circuit dérivateur réalisé à l'aide de C_3 , R_2 , D_1 et de 2 autres portes logiques NON-ET permettra de faire coller le relais furtivement. Ainsi, si nous choisissons des intervalles de 1 minute entre chaque déclenchement, le relais restait collé 1 seconde uniquement et non pendant la durée totale de l'état haut soit 30 secondes (la moitié de la période $T = 1$ minute)...



Connexion des composants sur la platine d'essais

5^{ème} étape : tests et simulations



Une platine de tests et un multimètre ont permis de tester notre montage ; nous l'avons ensuite connecté à l'appareil photo

Lors d'un premier montage, nous avons utilisé un relai 12V.

Mais, le KIWI émettant une tension de 5V, nous avons dû opter pour un relai 6V. Ainsi, nous avons dû changer la valeur de la résistance en sortie du condensateur C3, afin de conserver la période désirée. Nous sommes donc passés d'une résistance de 100 K Ω à environ 30 M Ω .

Pour être certains du bon fonctionnement du système, nous avons laissé l'appareil photographier un élève réalisant un devoir, pendant 1h30, en salle de SI.

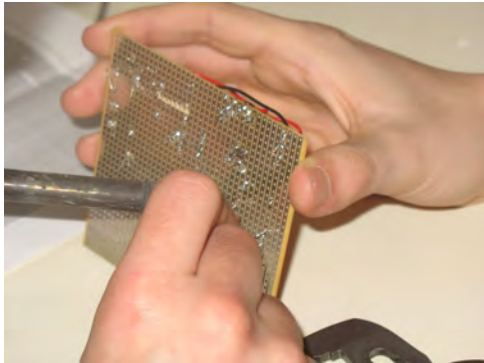
Voici quelques uns des 46 di chés obtenus, grâce à des prises de vue toutes les 30secondes :

Ce test fut positif, l'appareil prenait bien des photos aux intervalles de temps

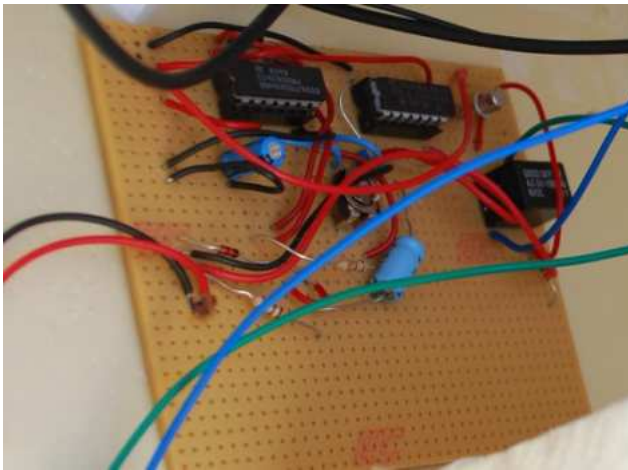


souhaités.

Cela nous a permis de poursuivre notre travail : nous avons alors réalisé une plaquette sur laquelle nous avons soudé les composants que nous avons utilisés, suivant le schéma de la platine d'essais.



À la suite des soudures, et en vue d'éviter tout faux contact dans le circuit, il nous a fallu « casser les pistes » au dos de la plaquette



La platine réalisée, avec les composants soudés

Cependant, la réalisation de cette plaquette ne fut pas aisée, notamment à cause d'un mauvais branchement initial de la porte logique et du compteur. De même, nous avons inversé la polarité d'une diode, ce qui ne permettait pas au courant électrique de traverser le circuit.

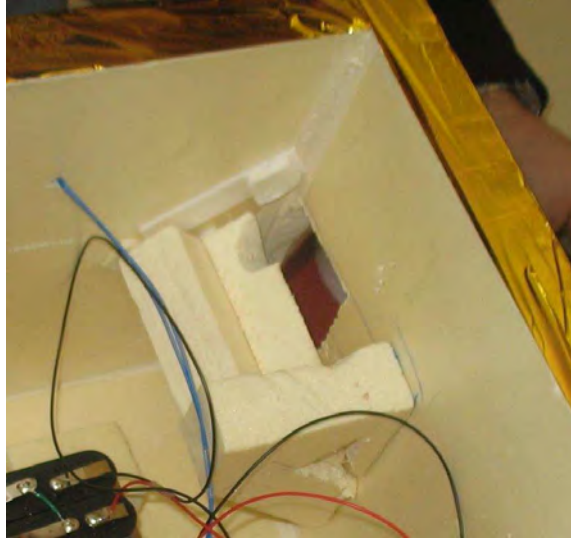
Ces événements nous ont fait perdre du temps, mais nous avons pu les diagnostiquer suffisamment tôt pour permettre l'installation de l'appareil dans la nacelle quelques jours avant le lâcher.

6^{ème} étape : fixation du montage dans la nacelle

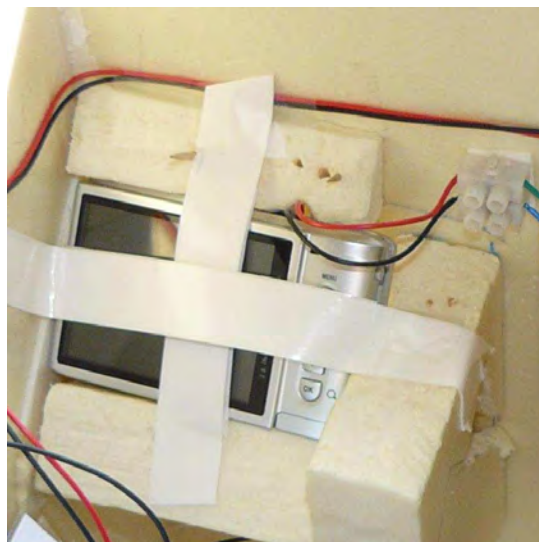
Afin de maintenir en place l'appareil photo numérique dans la nacelle, nous avons réalisé un système de fixation en polystyrène extrudé (de la même matière que la nacelle).

Ce système nous a permis, en outre, d'incliner l'appareil de 45° par rapport à l'horizontale.

Nous espérons ainsi photographier à la fois la rotondité de la terre, et le sol, lors du vol du ballon.



Le système de fixation en polystyrène



L'appareil fixé dans la nacelle

7^{ème} étape : pendant et après le vol:

Quelques secondes avant le départ du ballon-sonde, nous avons mis sous tension le Ki wi millénium, qui alimentait le circuit de dédenchement de l'appareil photo numérique.

Après la réception de la nacelle, nous avons pu examiner les photographies prises durant le vol : nous avons récupéré environ 150 photos.

En jugeant d'après les photos prises au cours du vol, l'appareil photo aurait cessé de fonctionner au bout d' 1h40 de vol. Nous savions la batterie de faible capacité, et la faible température due à l'altitude a probablement joué en notre défaveur.

Notre principale déception a été de ne pas avoir obtenu de photos représentant la rotondité de la Terre (qui était l'un de nos objectifs de départ).

Cependant, nous possédons désormais quelques photos étonnantes de notre établissement scolaire (vu de haut), à différentes altitudes, ainsi que des photos des environs de Givors, et de la région de St Etienne.

En voici quelques une des plus représentatives :

Les premières prises de vue sont bien sûr celles du public, puis du lycée



Ensuite, survol de Givors et de la zone commerciale du Giers



Éloignement vers Saint Etienne



La dernière photo prise par le ballon, à 11h50:



→ Les sondes de mesure

➤ Les sondes de température

1. Introduction et coefficient de température.

❖ choix du capteur

Pour mesurer les températures à l'intérieur et à l'extérieur de la nacelle, nous avons décidé d'utiliser des CTN (Coefficient de Température Négatif). Ce sont des thermistances dont la résistance augmente de façon exponentielle, lorsque la température diminue.

En effet nous disposions déjà de tels capteurs au laboratoire, ce qui permettait de limiter les dépenses. De plus, nous connaissions en partie leur principe de fonctionnement, car nous avons étudiées une résistance de ce type au cours d'un Travail Pratique d'électricité, cette année.

❖ Présentation du capteur

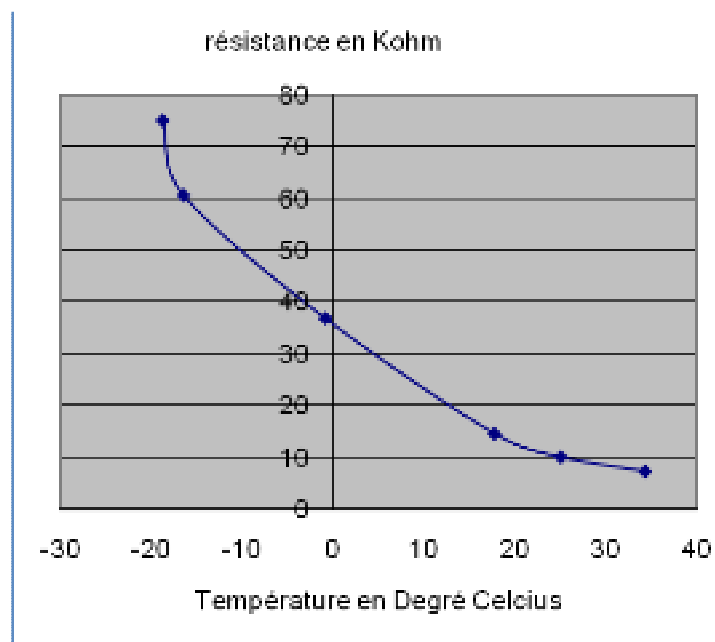
Ces thermistances se caractérisent par un **coefficient** que l'on note habituellement β . Celui-ci nous était inconnu et il nous a fallu le retrouver par la méthode expérimentale.

Nous avons donc procédé au test suivant : nous avons tout d'abord **étanchéifié** la CTN extérieure grâce à :

- Du câble,
- De la gaine thermo rétractable,
- Du ruban adhésif.

Nous l'avons ensuite directement relié à un **ohmmètre** pour mesurer sa résistance puis nous l'avons plongé dans de la **glace**, tout en relevant la valeur de la résistance. L'ajout de sel à la glace a permis de diminuer la température, et ainsi d'atteindre -18.8°C (ce qui semblait être suffisant pour effectuer des calculs d'étalonnage corrects).

Nous avons donc pu obtenir la courbe suivante, représentant la valeur de la résistance en fonction de la température :



Courbe obtenue expérimentalement représentant la résistance en KOhm de la CTN en fonction de la température.

Il nous a ensuite fallu calculer le coefficient β .

Nous disposons de l'équation suivante :

$$\frac{R_T}{R_0} = \exp \left(\beta \times \left(\frac{1}{T + 273,15} - \frac{1}{T_0 + 273,15} \right) \right)$$

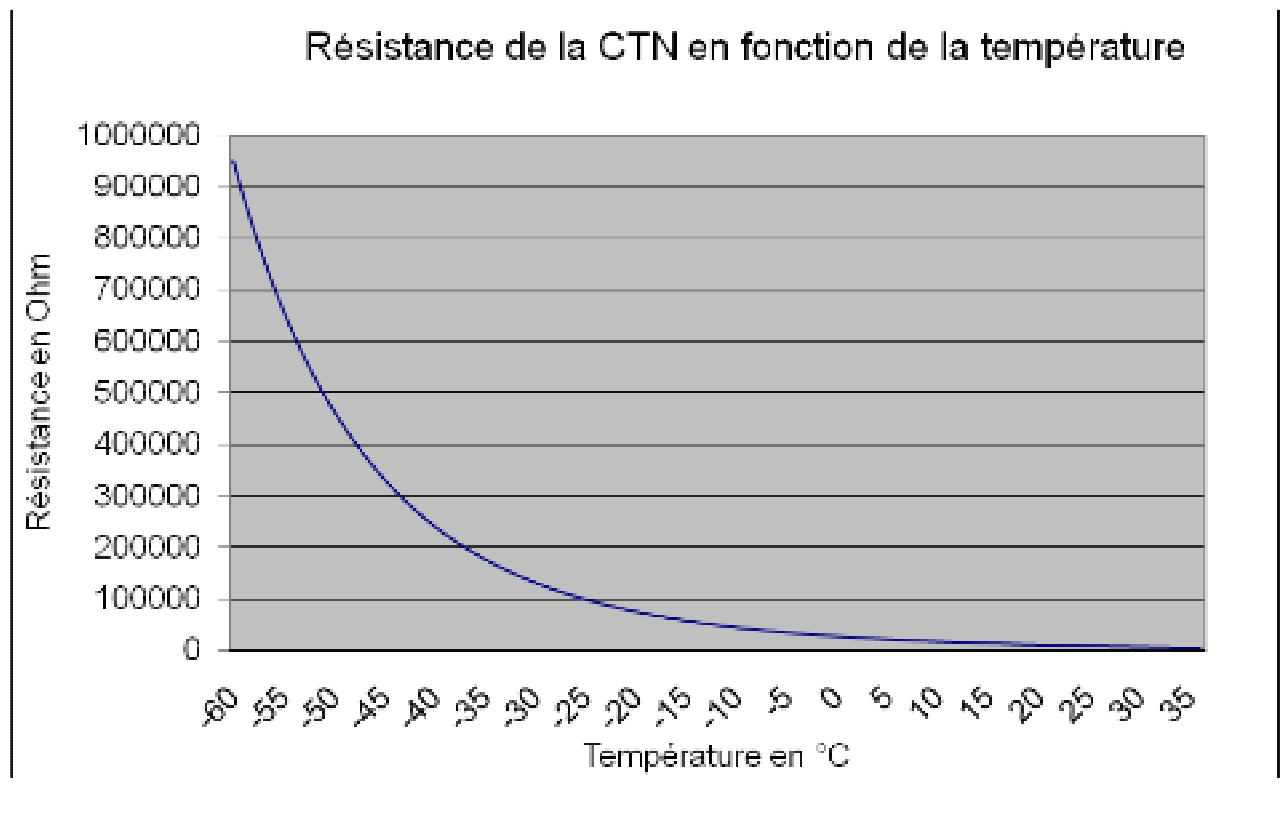
- R_T représente la résistance (en ohms) du capteur à la température T cherchée (en °C);
- T_0 représente une température où la résistance R_0 est déjà connue, et proche de la température T cherchée ; ici $T_0 = 25^\circ\text{C}$ et $R_0 = 10\text{Kohm}$
- β est le coefficient recherché

Après transformation :

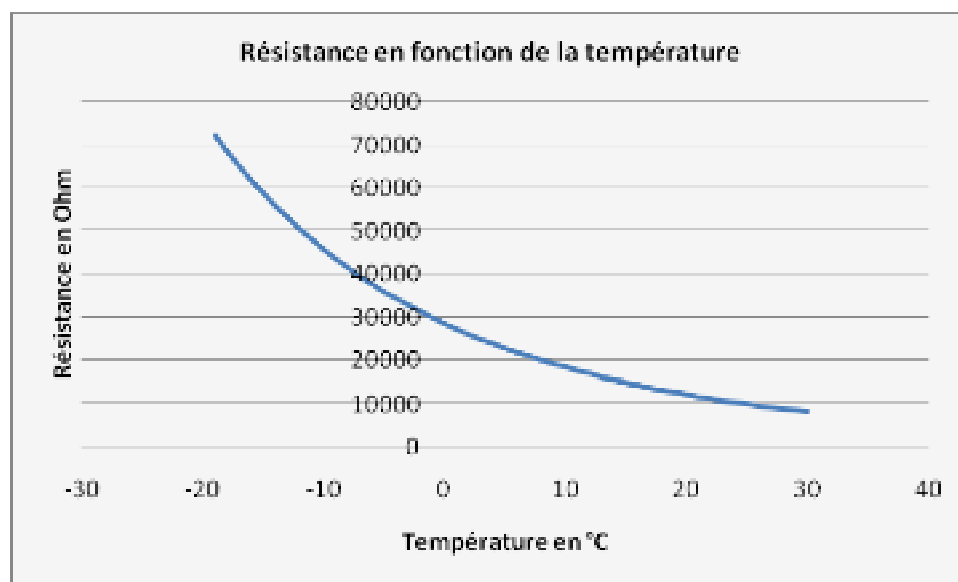
$$\beta = \frac{\ln \left(\frac{R_T}{R_0} \right)}{\frac{1}{(T + 273,5)} - \frac{1}{(T_0 + 273,5)}}$$

Ainsi nous avons trouvé un β d'environ **3400** en effectuant la moyenne de différentes valeurs calculées.

Nous avons ensuite appliqué ce résultat à la gamme de température possible lors de l'expérience



Nous retrouvons, en zoomant sur la courbe ci-dessus, la courbe expérimentale (qui est très proche) :

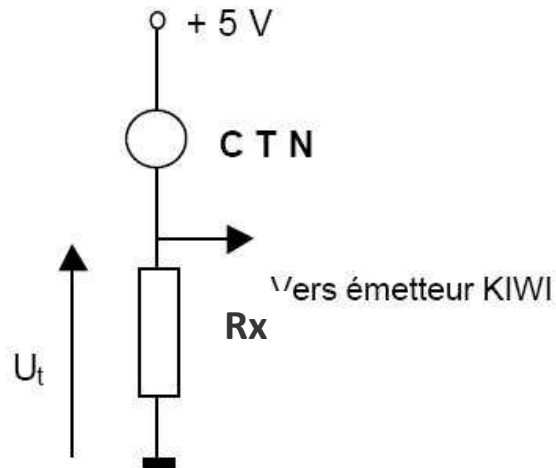


2. Montage électrique

Après avoir étalonné le capteur, nous avons du réaliser le montage électrique.

Le plus simple était d'utiliser un **pont diviseur de tension**.

Nous disposons d'une tension d'alimentation de **5V**, d'une **masse** et devons fournir une tension de sortie variable allant de **0V à 5V** pour le Kiwi. Le montage fut donc le suivant :



Nous devons utiliser la plage de tension la plus grande possible.

Pour cela le choix de la résistance Rx devait être judicieux et permettre d'atteindre environ 0V à -70°C et 5V à +30°C.

Sa valeur fut donc celle de la résistance de la CTN au milieu de la plage de température, c'est-à-dire à -20°C : **Rx=91.2 KOhm**.

La tension de sortie se calcule par la relation :

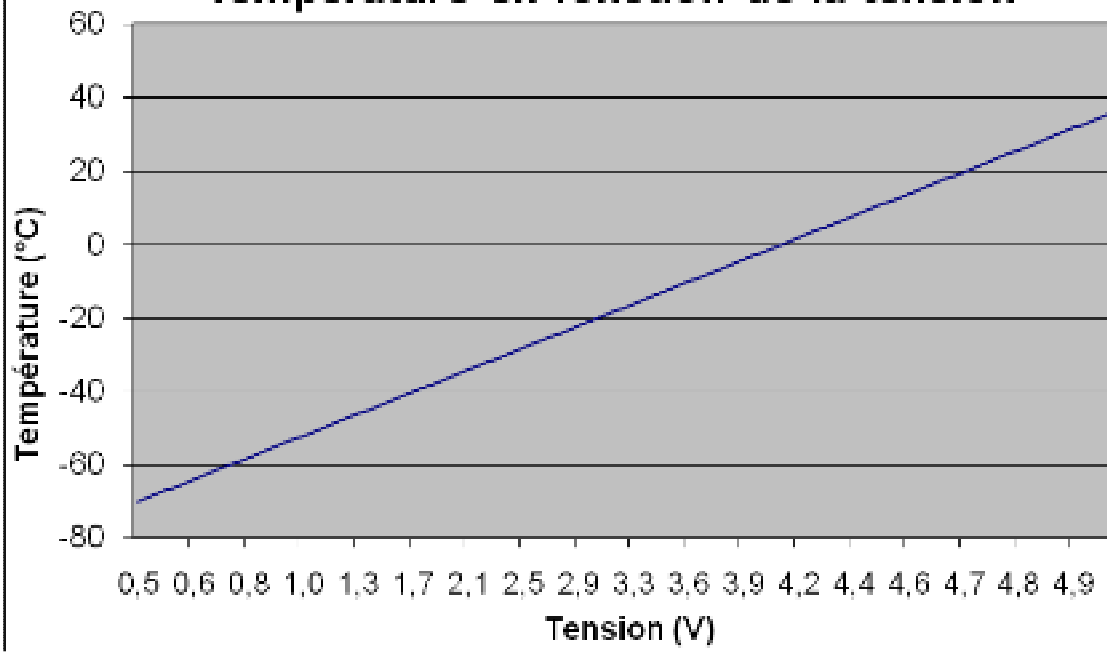
$$V_{kiwi} = +V_{cc} * \frac{R_{ctn}}{R_{ctn} + R_x}$$

Soit

$$V_{kiwi} = 5 * \frac{R_{ctn}}{R_{ctn} + 91200}$$

Nous avons ainsi calculé la température en fonction de la tension de sortie grâce à un tableur :

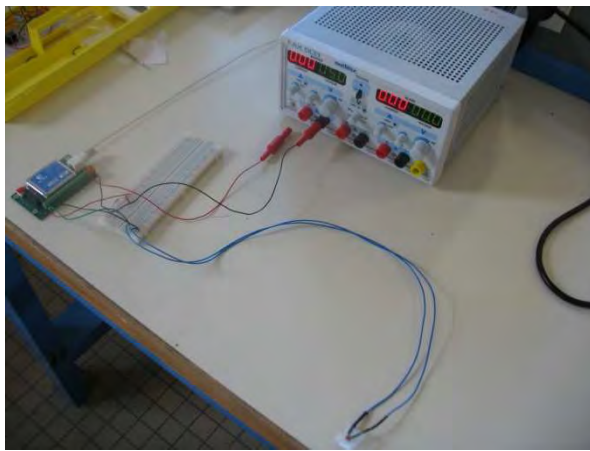
Température en fonction de la tension



3. Réalisation

Nous avons tout d'abord effectué un test **sur platine** pour vérifier que celui-ci fonctionnait bien (1) puis après avoir réalisé le **montage final** nous avons de nouveau utilisé de la glace (2) pour, une fois de plus, vérifier

- la correspondance entre le théorique et l'expérimental
- le bon fonctionnement du système



(1)



(2)

Enfin celui-ci a été placé dans la nacelle :



CTN
extérieure

CTN intérieure :
non protégée
contre l'humidité

➤ Le capteur de pression : La Fonction « Connaître l'altitude du ballon »

1. Introduction générale

L'une des questions qui s'est posée lors de l'élaboration du projet était la suivante :
« Comment connaître l'altitude en temps réel du ballon ? »

Les seuls moyens de connaître l'altitude d'un objet en temps réel est

- soit d'utiliser un système de navigation du type GPS ;
- soit de connaître la pression atmosphérique, et ainsi, d'en déduire l'altitude

Bien qu'un GPS nous soit fourni, dans le cadre des PPE, il nous a semblé intéressant de mesurer par nous-mêmes l'altitude, en étudiant l'évolution de la pression, au fil du temps.

Recherche du capteur

Pour étudier cette pression atmosphérique, nous avons donc étudiés différents moyens en prenant en compte le fait que nous avions l'émetteur KIWI :

- L'expérience la moins couteuse pour mesurer la pression est d'utiliser une **seringue** reliée à un **potentiomètre rectiligne linéaire**.

En effet, lorsque la pression diminue, le volume d'air augmente. Ainsi, la tige de la seringue (attachée au curseur du potentiomètre) ferait varier la valeur de la résistance.

Malheureusement, nous serions confrontés à différents problèmes :

- En premier lieu, il faut savoir que ce genre de potentiomètre prend de la place et que combiné à une seringue et son système d'attache, nous serions confronté à une masse importante. (nous devons en effet respecter une masse d'eau maximum de 2.5 kg).
- De plus, nous serions confrontés à une imprécision assez importante due à des frottements à l'intérieur de la seringue ou du potentiomètre. Ces frottements peuvent la bloquer légèrement, et nous empêchent d'avoir des mesures précises.

- La façon la plus simple pour mesurer la pression est d'utiliser un **manomètre** ou **baromètre électrique**.

Ces modèles sont en effet assez précis, à l'heure actuelle, et ont l'avantage d'être autoalimentés.

Cependant, malgré le fait qu'il soit très simple de mesurer la pression avec ces modèles nous aurions été confrontés à de nombreux problèmes :

- Ces modèles sont autoalimentés certes, mais nous aurions aucune certitude sur la durée des **batteries** voir de la **mise en veille automatique** de l'appareil.
- Un autre problème est le poids non négligeable de ce type d'appareils.
- Enfin un problème beaucoup plus important qui se pose : « *Comment transmettre les informations de ce type d'appareil ?* »

Il existe, bien entendu, des modèles capables d'enregistrer les données mesurées mais leur prix est très élevé : plus d'une soixantaine d'euros (sans compter le fait que nous n'étions pas certains de récupérer la nacelle).

En outre, étudier le circuit électrique d'un tel appareil afin de comprendre son fonctionnement aurait été beaucoup trop long, car nous ne possédions que 30 heures pour réaliser entièrement le projet *Epsilon*.

- La façon la plus raisonnable pour mesurer la pression est d'utiliser un **capteur de pression électronique**.

Les modèles actuels combinent beaucoup d'avantage et très peu de défauts :

- Ils sont de **petite taille**, ce qui satisfaisait notre contrainte d'espace réduit de la nacelle.
- Leur **masse** est très faible, ce qui nous permet de ne pas trop alourdir notre nacelle (dont la masse totale ne doit pas excéder 2.5kg)
- La plupart des modèles fonctionnent en étant alimentés en **5 volts**, qui est la tension mise à notre disposition par l'émetteur KIWI.
- Ils disposent d'une bonne **fiabilité dans leurs mesures** et d'aucun **retard**.

Malheureusement, les températures trop basses perturbe leur fonctionnement.

La nacelle peut, lors de son vol, atteindre des hauteurs de plusieurs dizaines de kilomètres d'altitude : les températures y sont alors très basses (-50°C environ). Nous nous exposons donc malheureusement à ne pas obtenir des valeurs très fiables.

Choix du capteur

Après une étude des différentes possibilités de mesurer la pression, nous avons décidé d'intégrer dans notre nacelle un **capteur de pression électronique**.

En effet, c'est le système de mesure qui correspondait au mieux à notre cahier des charges. L'émetteur KIWI dont nous disposions était capable de fournir une tension de 5 V et de mesurer une tension équivalente en retour, ce type de capteur est petit, léger et relativement précis.

Le capteur retenu fut le **Motorola MPX5100AP**.

Il représentait en effet le meilleur rapport qualité-prix, et remplissait les conditions souhaitées :

- Il peut mesurer la pression sur une très grande plage avant de se retrouver « hors capacité ».
- La plage de valeurs qu'il peut atteindre est de 15 à 115 kPa (soit 150hPa à 1150hPa).

2. Présentation du capteur de pression :

❖ Principe de fonctionnement

En quelques mots, voici le principe de fonctionnement du capteur :

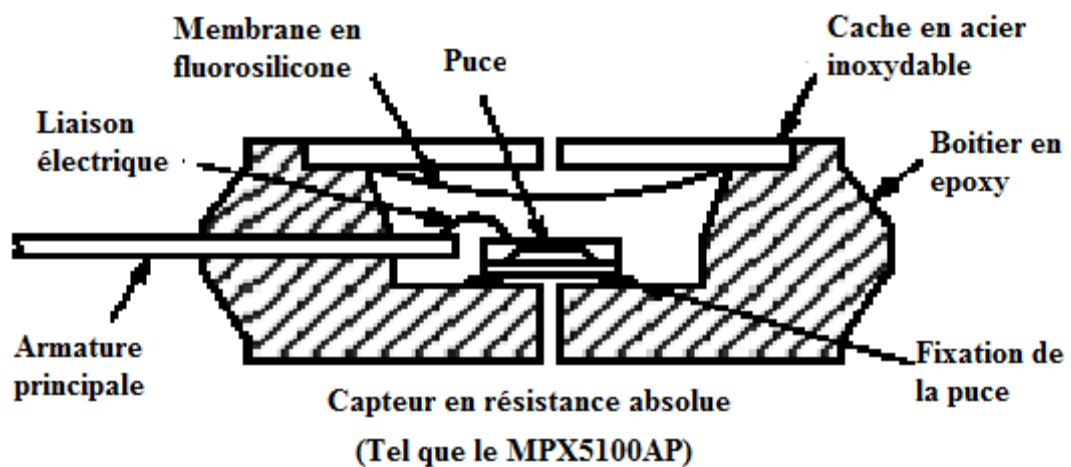
Le capteur de pression MPX5100AP de Motorola est un capteur de pression piézoélectrique absolu (du grec « *piézein* » : presser, appuyer).

Lorsque la pression diminue, la quantité de courant que laisse passer la membrane piézoélectrique diminue, et la tension de sortie diminue.

Ainsi, lorsque la pression diminue, la tension de sortie diminue.

❖ Présentation détaillée du capteur

Voici la vue en coupe du capteur de pression. Motorola ne fournit pas de schéma pour chaque modèle mais leur fonctionnement est similaire.



Le capteur de pression est équipé de **six broches** formant l'armature principale.

La première broche correspond à la **sortie** Vout qui varie en fonction de la pression.

La deuxième et troisième broche correspondent au Vs et Gnd (Soit le **+** et le **-**).

Les trois autres broches sont nécessaires au **fonctionnement interne** du capteur.

Cette armature principale est reliée par des liaisons électriques à la **puce**.

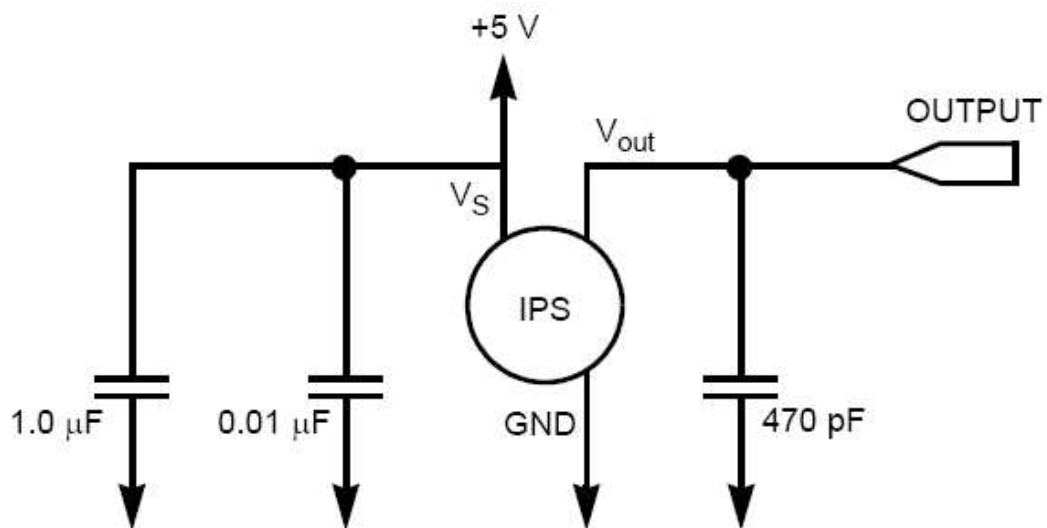
La *membrane en fluorosilicone* permet de protéger la surface de la puce et la liaison électrique de l'environnement extérieur, tout en permettant à la pression d'agir sur la membrane piézoélectrique.

3. Réalisation du circuit :

❖ Etude théorique

Nous avons ensuite décidé d'établir un circuit électrique nous permettant d'exploiter le capteur de pression.

Le circuit électrique a été conçu et fabriqué en tenant compte des informations données dans le document constructeur du capteur de pression :



Le capteur (IPS) est ainsi alimenté en **5 volts** et le circuit possède trois **condensateurs** :

- un permettant de filtrer la tension au niveau de la **sortie**
- deux autres permettant de filtrer la tension à l'**entrée** du capteur

En effet nous verrons plus tard que la tension de sortie est dépendante de la tension d'entrée.

Comme précisé plus tôt, les trois autres broches ne doivent en aucun cas être reliées à d'autres éléments et encore moins entre elles pour éviter tout court-circuit.

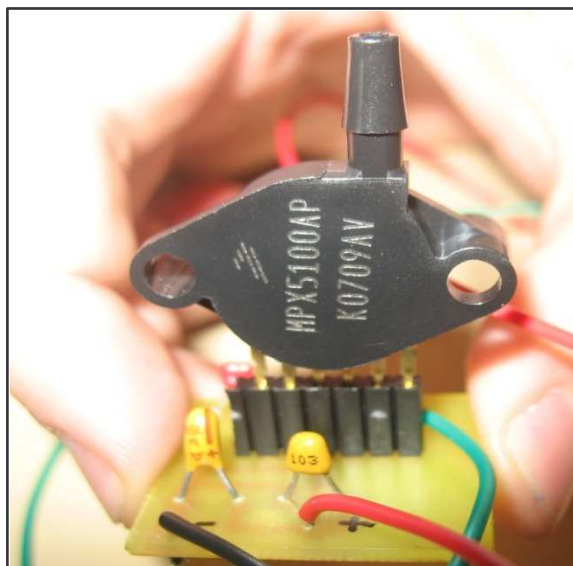
❖ fabrication du circuit

Le circuit a d'abord été **dessiné sur BigCI PRO** qui permet de réaliser des schémas pour circuits imprimés en dessinant automatiquement les liaisons électriques entre les composants.

Une fois **imprimé sur une feuille transparente**, nous avons **insolé le cuivre** puis **retiré l'excédant** à l'aide de perchlorure de fer afin d'obtenir notre circuit.

Enfin, nous avons **implanté les composants électriques** et vérifié qu'il n'y ait aucun court-circuit (il n'y eut heureusement aucun problème).

De la conception...



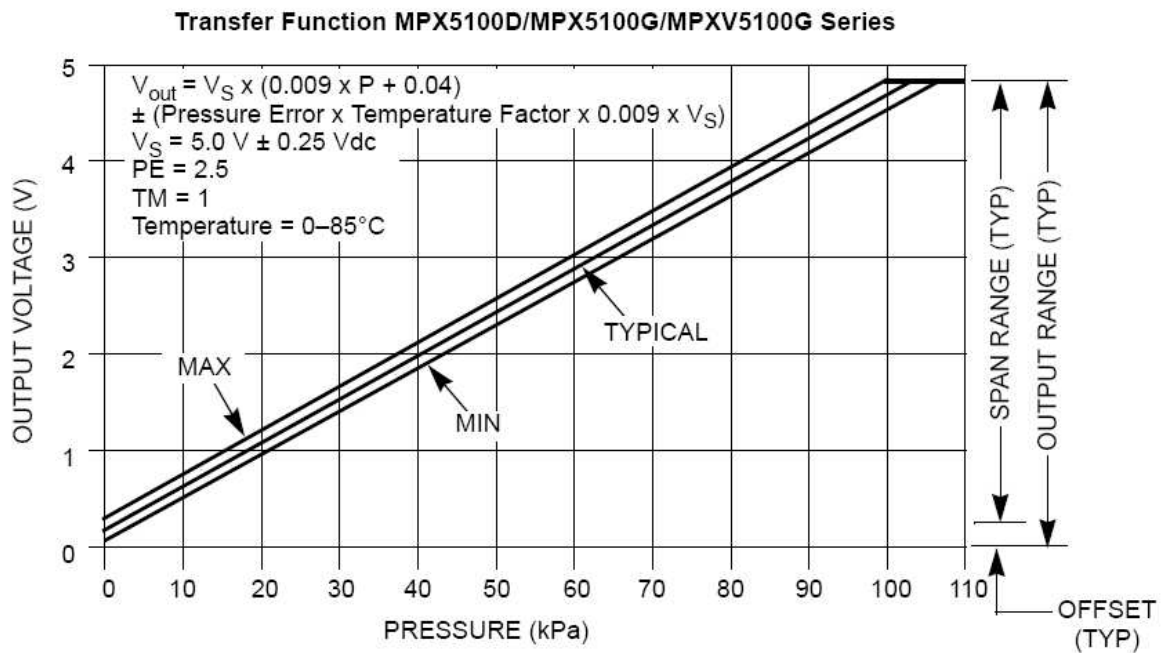
...au résultat final

4. Courbes obtenues, interprétation :

Afin d'interpréter les courbes obtenus lors du lâcher du ballon, nous dû, au préalable, étalonner le capteur de pression.

Cet étalonnage nous a permis d'identifier directement, lors du lancé, **l'altitude exacte** du ballon en fonction de la tension de sortie du capteur.

Il nous a, en outre, permis de **vérifier la courbe** de la tension en fonction de la pression fournie par le **constructeur** (*ci-dessous*) :



Pour réaliser l'étalonnage, nous avons emprunté aux laboratoires de physique du lycée une **cloche à vide** ainsi qu'un **Manomètre à affichage numérique**.

Nous avons alimenté le circuit avec une pile de **4.5V**, branché un **voltmètre** pour mesurer la tension de sortie. Puis, nous avons placé l'ensemble dans la cloche à vide.



Le système qui nous a permis d'étalonner le capteur de pression. (Seule la cloche en verre est absente)

Lors de chaque mesure, nous notions la tension mesurée ainsi que la pression donnée par le Manomètre.

Puis, nous diminuions la pression de 50 hPa, et nous réalisions à nouveau des mesures.

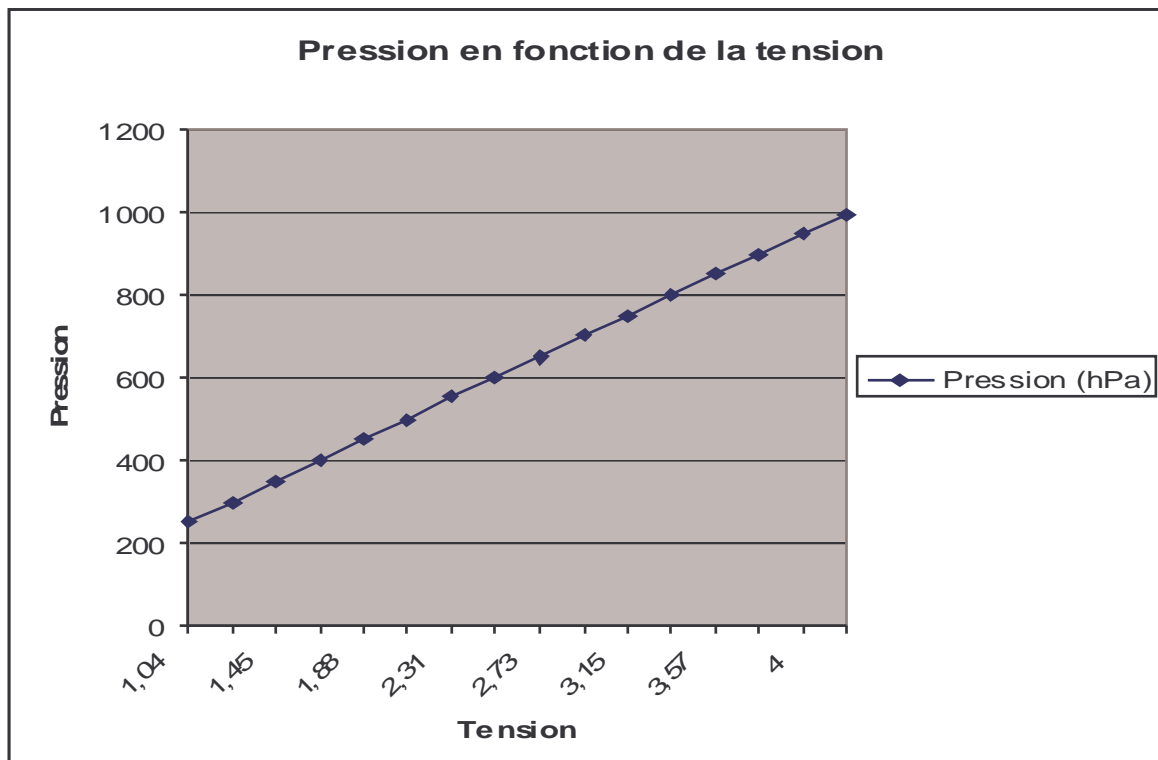
De la sorte, nous avons pu obtenir une courbe représentative de la tension en fonction de la pression.

Nous pouvons remarquer le fait que cette courbe est une droite, ce qui confirme la linéarité du capteur.

Cependant, l'altitude et la pression ne sont pas proportionnelles. Ainsi, pour chaque mesure de pression, nous devons rechercher à quelle altitude celle-ci correspond (au moyen d'un tableau de correspondance).

Et nous avons donc obtenu une courbe indiquant l'altitude en fonction de la tension. (Cette courbe est exploitable mais elle possède cependant des légères imprécisions).

Voici les courbes d'étalonnage, réalisées sous *Excel*, représentatives de la valeur de la pression en fonction de l'altitude.

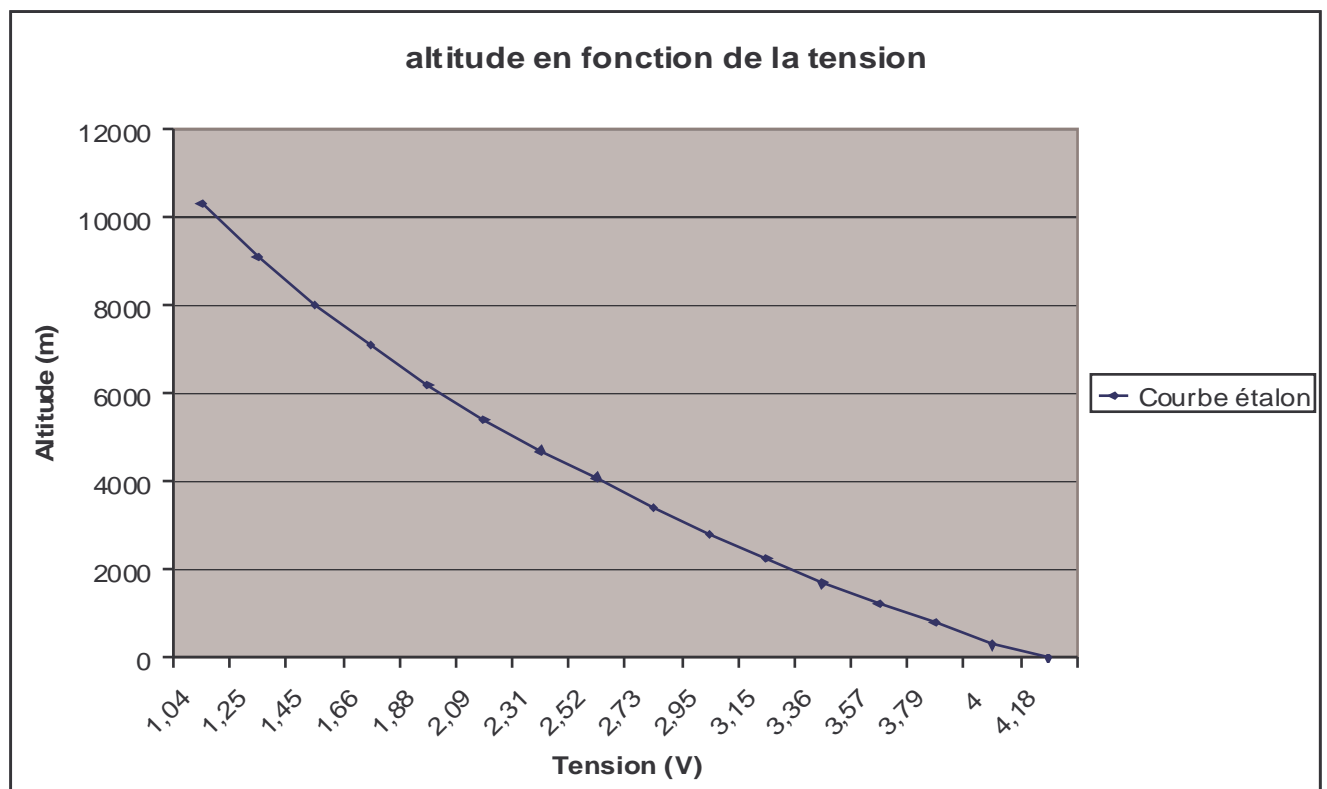


Cette première courbe, indiquant la pression en fonction de la tension a été réalisée au départ avec une pile de 4.5V, soit 0.5V de moins que l'alimentation du KIWI. Mais nous avons constaté qu'en alimentant le capteur à l'air libre (en dehors de la cloche), nous avons exactement 0.5V de plus. Nous avons donc rajouté 0.5V à toutes nos mesures.

Enfin cette courbe nous permet de constater qu'elle correspond fortement avec la courbe « TYPICAL » donnée par le constructeur.

Pour obtenir la deuxième courbe d'étalonnage, nous permettant de connaître l'altitude en fonction de la pression, nous avons utilisé un tableau de correspondance fourni par Planète Science.

Cette courbe fut celle utilisée lors du lâcher du ballon, afin de déterminer en temps réel l'altitude à laquelle il se trouvait.



Cette deuxième courbe, indiquant l'altitude en fonction de la pression n'est pas linéaire contrairement à celle de la pression en fonction de la tension.

Elle nous montre que la **pression** diminue plus fortement à partir de **8000 mètres**.

Cela nous a donné à croire que nous allions probablement nous situer hors capacité avant 20000 mètres. A partir de ce moment-là, pour connaître l'altitude du ballon, nous serons donc forcés d'utiliser le GPS qui nous aura été fourni.

→ L'électronique supplémentaire : alimentation - GPS - Kiwi Millénium

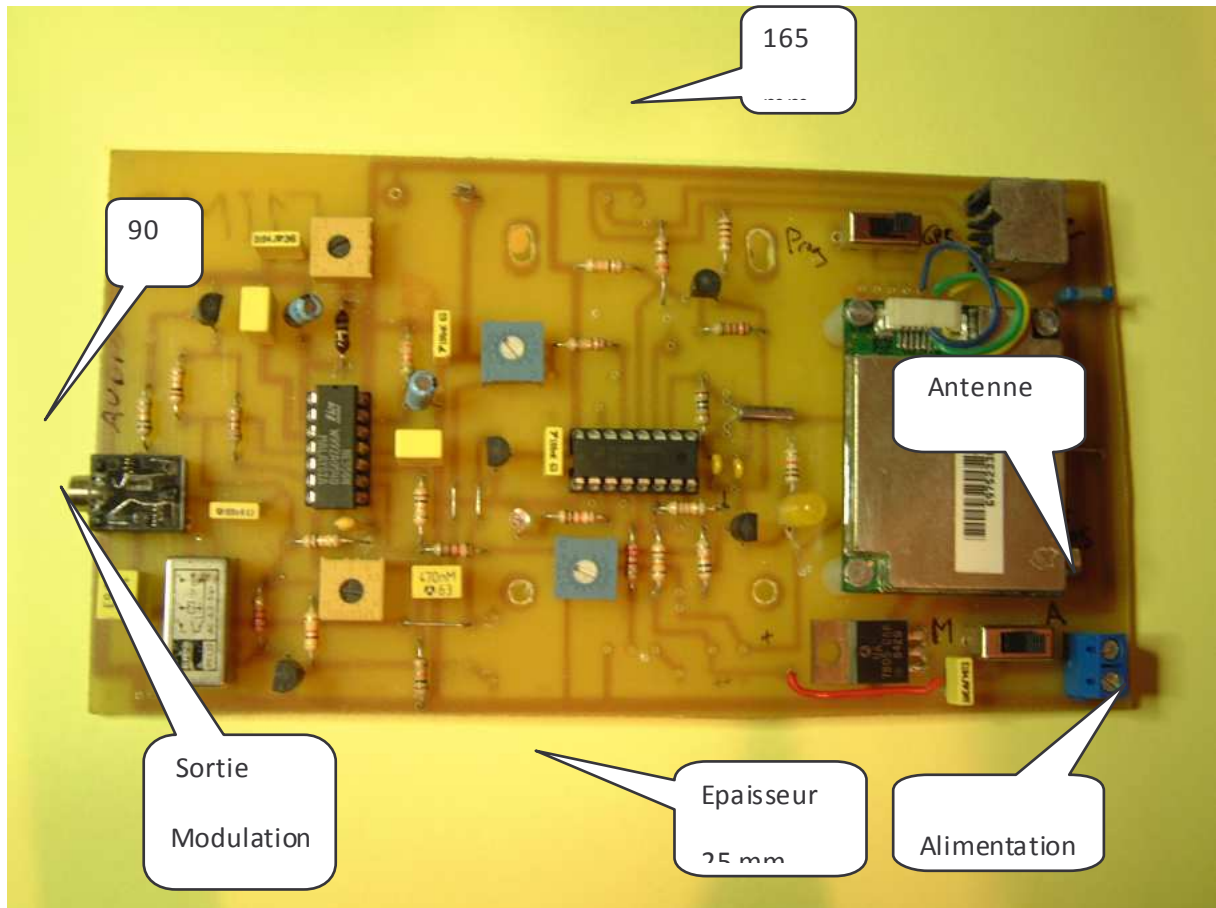
➤ Alimentation

Nous avons décidé d'utiliser deux alimentations de 9V : une pour le Kiwi millénium, et une autre le GPS. Ces deux alimentations sont indépendantes. Elles sont réalisées au moyen de deux piles Alcaline de 4.5V disposées en série (grâce à une soudure, réalisée avec du fil multibrins, et de l'étain).

➤ GPS

Pour pouvoir suivre la nacelle lors de son vol, nous avons utilisé une carte GPS, que nous avons louée à un groupe de radioamateurs.

Cette carte GPS possède les caractéristiques suivantes :

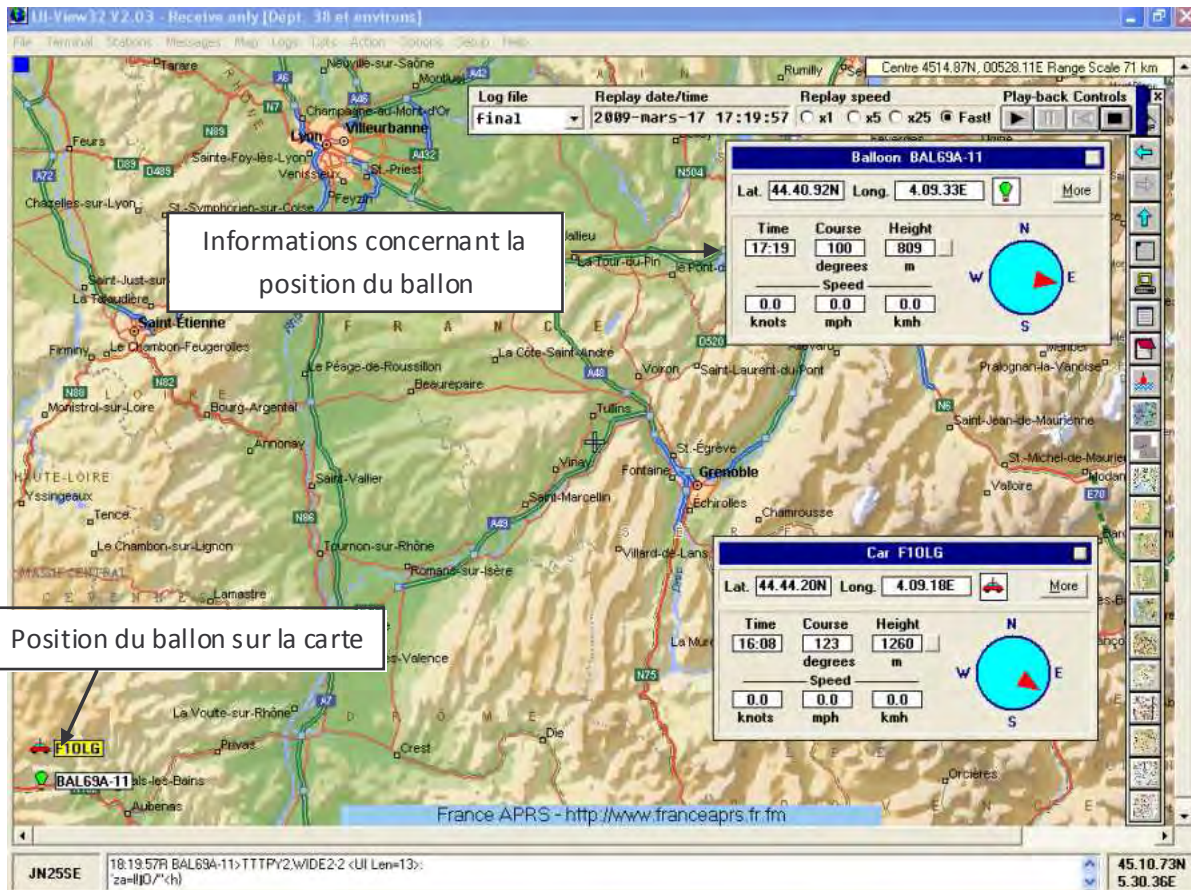


Cette carte GPS est reliée à une alimentation indépendante, de 4.5V. Elle est mise sous tension au moyen d'un interrupteur indépendant.

Un logiciel nous permet d'obtenir en direct sa position précise :

- longitude
- latitude
- hauteur

En outre, nous pouvons suivre le parcours du ballon sur une carte, et nous possédons les informations concernant sa course (toutes ces informations nous sont bien entendu données en fonction du temps)



Exemple d'une saisie d'écran de l'ordinateur utilisé pour le suivi du ballon

Le suivi du ballon s'est effectué simultanément au lycée Aragon : l'équipe de radio amateurs nous a en effet installé une base de réception de mesures : une antenne était fixée sur le toit du préfabriqué où nous étions installés :



En outre, nous possédions un ordinateur équipé du logiciel permettant de suivre le ballon :



L'équipe de radioamateurs possédait une base de réception de données et une antenne GPS dans un véhicule spécialisé. De la sorte, ils ont pu suivre le ballon en direct, et le retrouver lors de son atterrissage.



➤ Kiwi Millénium

Le Kiwi millénium est un émetteur de données fourni par *Planète Science*.

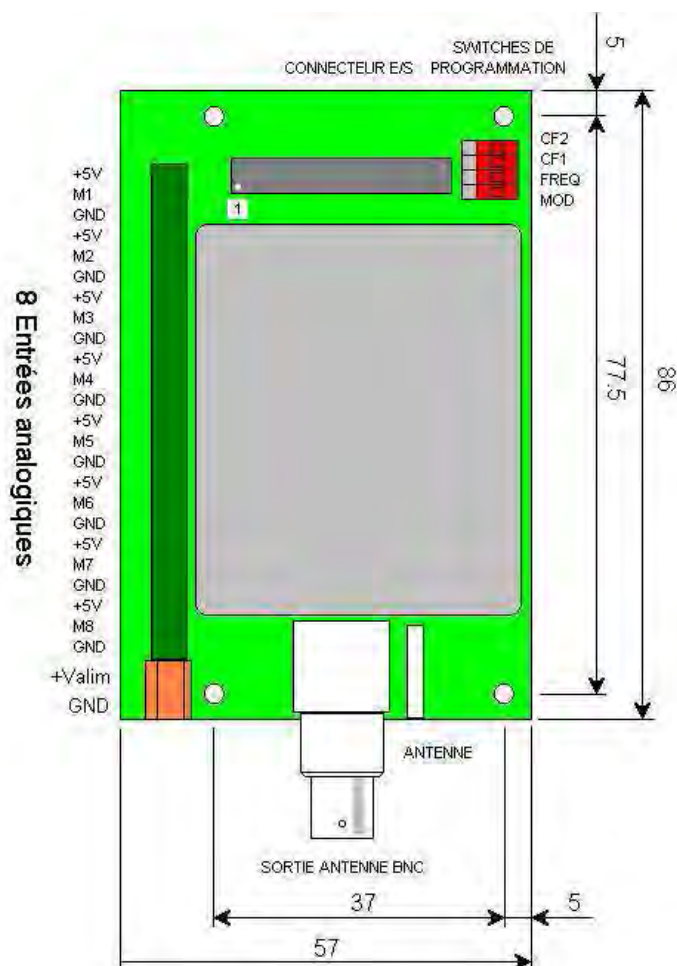
Il s'agit d'un appareil que l'on fixe dans la nacelle.

Il nécessite une alimentation de 4.5V, et peut, en retour, délivrer des tensions équivalentes.

Cet appareil possède 8 entrées et 8 sorties.

Les sorties permettent d'alimenter des appareils de mesure.

Les entrées permettent de recevoir les mesures effectuées par les appareils situés dans la nacelle. Le principe est le suivant : on branche au kiwi des appareils constitués par des capteurs qui transforment des grandeurs physiques en grandeurs numériques (en tension). Le kiwi envoie au sol des signaux permettant d'avoir en direct ces variations de tensions. De la sorte, en effectuant les conversions nécessaires, il est possible de posséder en direct au sol des grandeurs physiques mesurées dans le ballon.



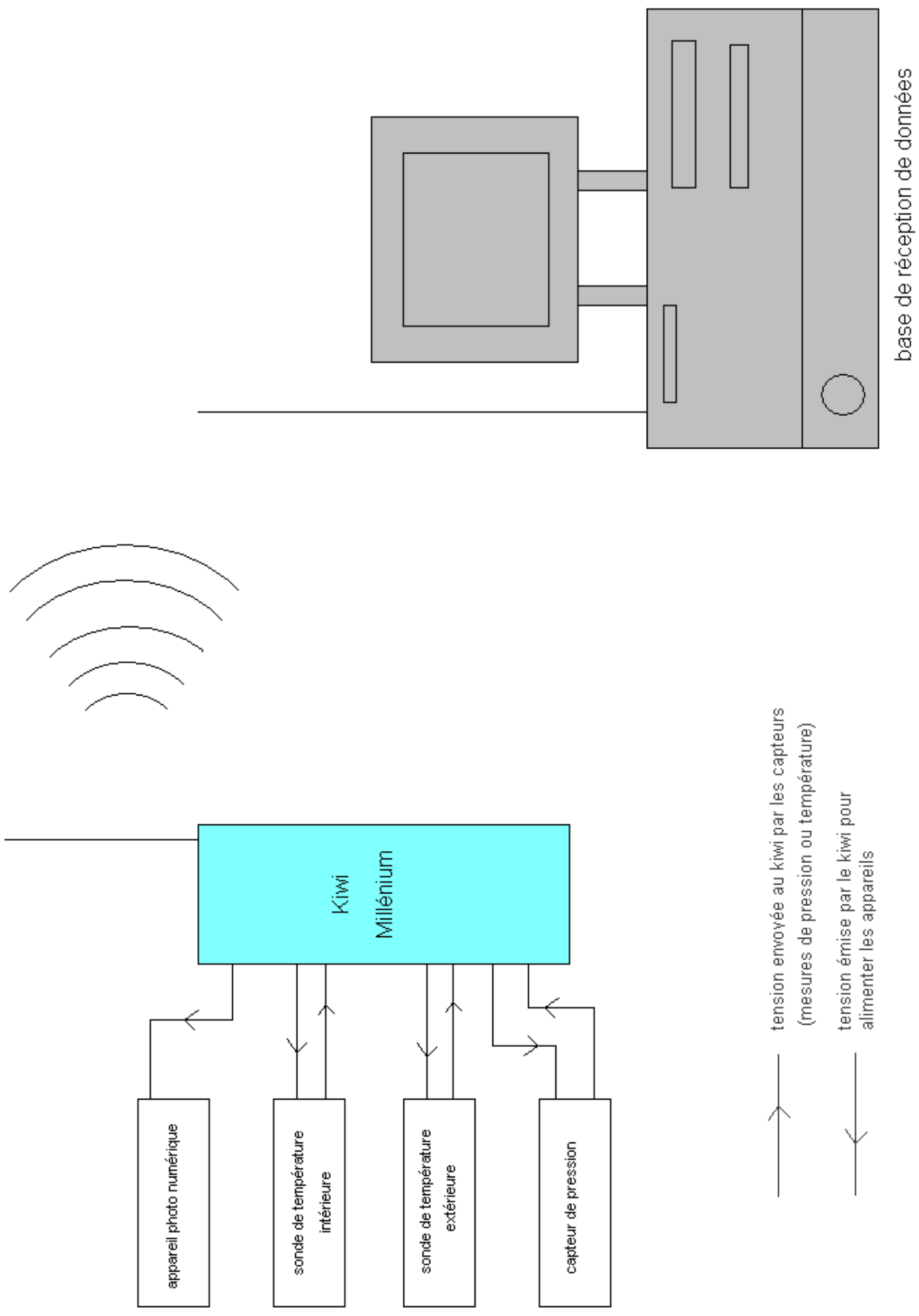


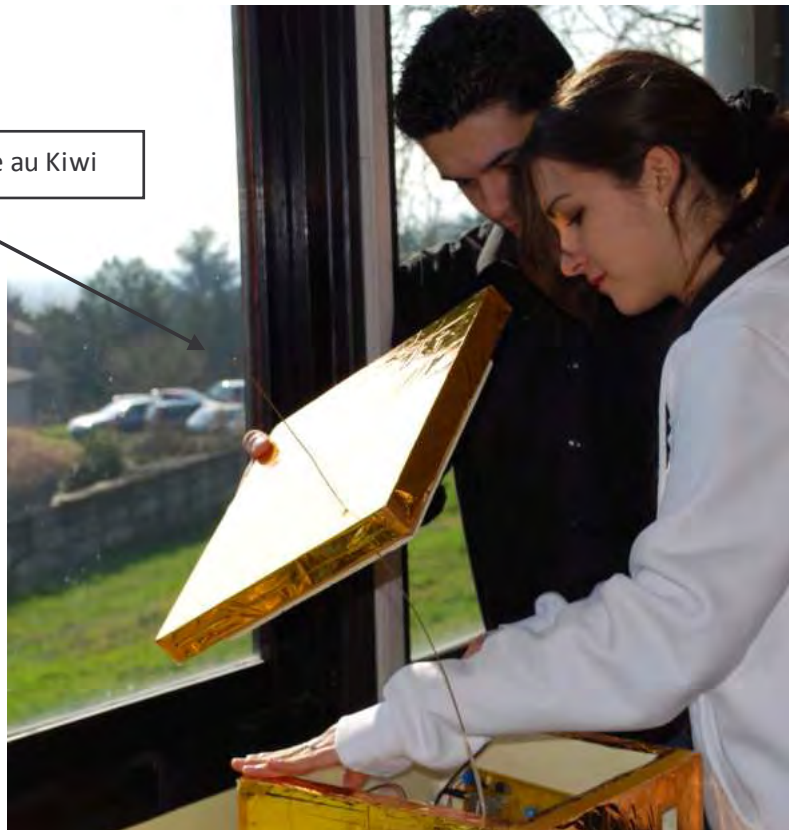
Schéma de la prise de mesures grâce au kiwi millénium



Photographies du Kiwi millénium (en haut : kiwi situé dans la nacelle, quelques minutes avant la fermeture de la nacelle)

Pour retransmettre au sol les informations qu'il reçoit, il est nécessaire de fixer au Kiwi une antenne de 50cm, en laiton.

Antenne en laiton reliée au Kiwi



d) Partie mécanique

→ la nacelle

1. Rappel des contraintes à respecter

Rappelons tout d'abord les principales contraintes que nous devons respecter pour réaliser la nacelle :

- La dimension d'une arête de la nacelle ne doit pas être inférieure à 300mm
- Sa masse totale (nacelle + composants) ne doit pas dépasser 2.5kg
- La masse volumique de son matériau ne doit pas dépasser 13g/cm³
- Elle doit pouvoir flotter, en cas de chute dans un cours d'eau ou dans la mer
- Elle doit pouvoir résister aux chocs, notamment lors de sa chute au sol



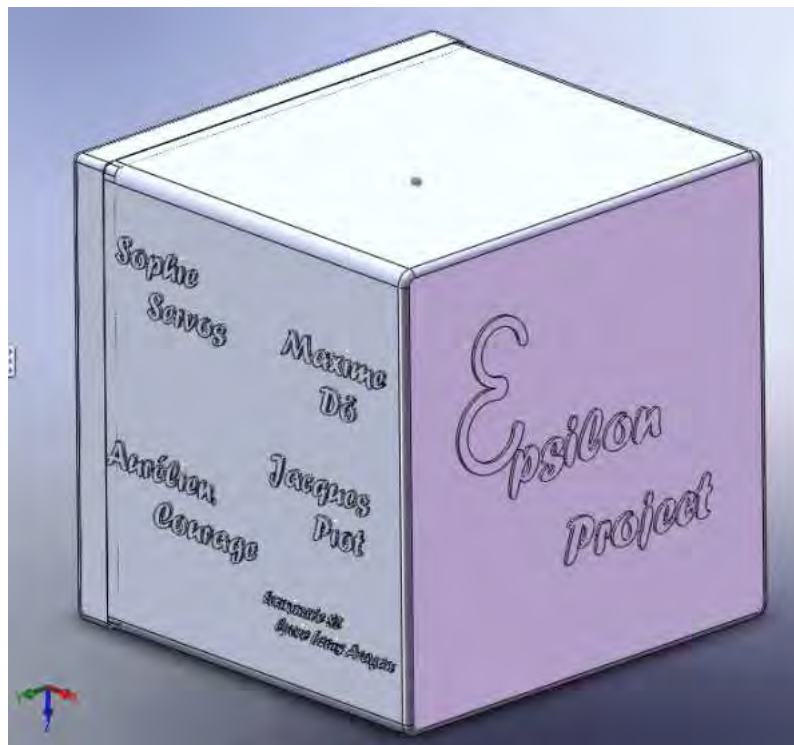
Mr Bruno Gaudin, membre du groupe de radio amateurs, qui a suivi le ballon sonde lors de son vol, et Mme Georget, professeur d'électricité au lycée Aragon, et ayant encadré le projet Epsilon ; près du ballon sonde, retrouvé après son vol

2. Premières idées

➤ *Prototypage rapide*

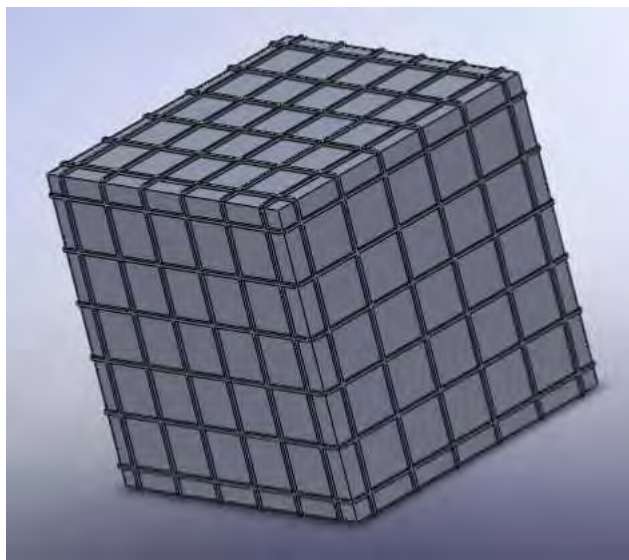
Nous avons eu tout d'abord l'idée de réaliser notre nacelle en prototypage rapide, grâce à la machine de prototypage rapide que nous possédons au lycée.

De la sorte, nous pouvons réaliser les emplacements de chaque appareil de mesure, et réaliser une coque originale : nous avons envisagé d'inscrire le nom du projet, ainsi que nos propres noms en relief sur les parois de la nacelle.



La nacelle modélisée sous SolidWorks : le nom du projet et ceux des membres du groupe sont inscrits en relief sur ses parois

En raison du coût élevé de la poudre de frittage et des dimensions minimum de la nacelle à respecter, l'épaisseur de la nacelle ne devait dépasser un ou deux millimètres d'épaisseur. Avec une si faible épaisseur, la coque aurait été très flexible, beaucoup trop souple et insuffisamment solide pour résister aux éventuels chocs (collision avec d'autres objets, chute lors de l'atterrissage, etc.). C'est pourquoi nous avons décidé de la renforcer au moyen de nervures.



La nacelle modélisée sous SolidWorks : des nervures positionnées régulièrement sur ses parois lui permettent d'être solide et résistante, bien que l'épaisseur de sa paroi n'excède pas quelques millimètres.

Cependant, nous nous sommes heurtés à plusieurs obstacles :

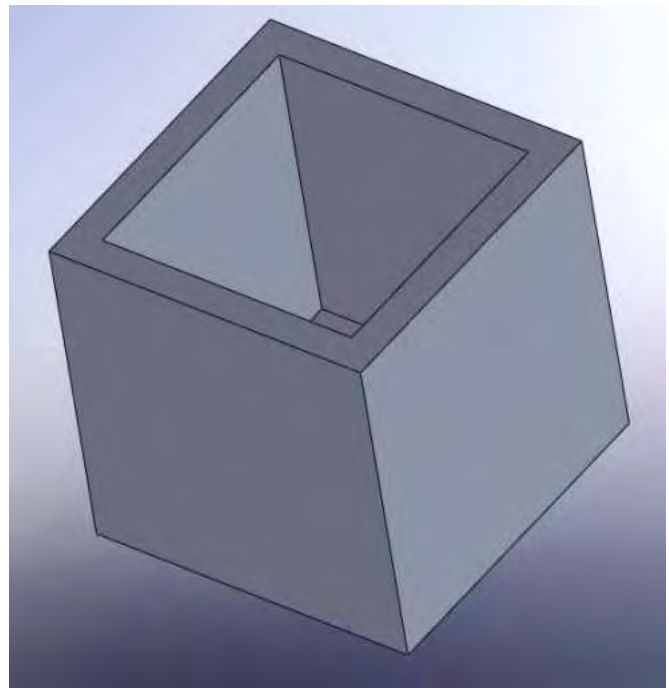
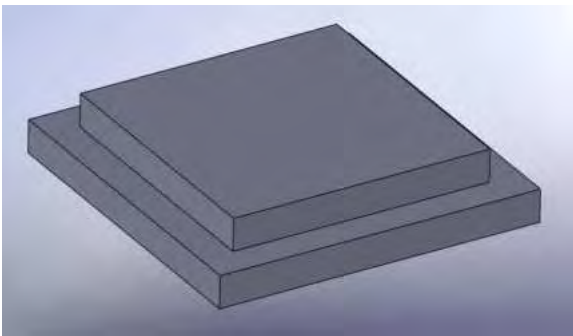
- le prototypage rapide est un matériau assez poreux, ce qui ne nous assurait pas une très bonne flottabilité, en cas de chute dans un cours d'eau ou dans la mer
- la machine était en panne lorsque nous avons voulu réaliser notre nacelle

Polystyrène extrudé

Pour ces différentes raisons, nous avons abandonné l'idée de réaliser notre nacelle en prototypage rapide. Nous avons donc choisi comme matériau le polystyrène extrudé.

En effet, celui-ci possédait divers avantages :

- son coût est peu élevé
- il est facile à travailler
- il est relativement léger
- sa masse volumique est faible (et inférieure à 13g/cm^3), et il est étanche : il assure donc une bonne flottabilité
- il absorbe efficacement les chocs
- il constitue un bon isolant face à l'extérieur



La nacelle modélisée sous SolidWorks : à droite, la boîte contenant les appareils de mesure, et à gauche, son couvercle.

➤ Fixation des appareils

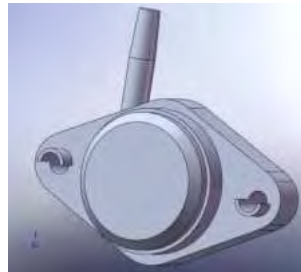
1. Liste des appareils emmenés dans la nacelle :

Afin de réaliser les expériences décrites précédemment, nous devons emporter différents appareils dans la nacelle :

- deux CTN



- un capteur de pression

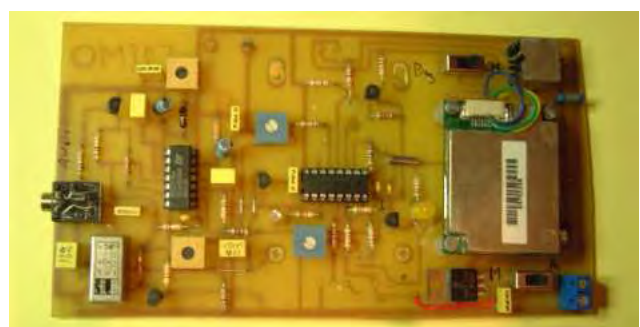


- leurs cartes électroniques

- un kiwi de télémesure



- une carte GPS



- un appareil photo numérique



- un capteur de taux d'ozone (que nous ne recevrons finalement pas à temps pour le jour du lancer)



- une alimentation formée de 4 piles de 4.5V

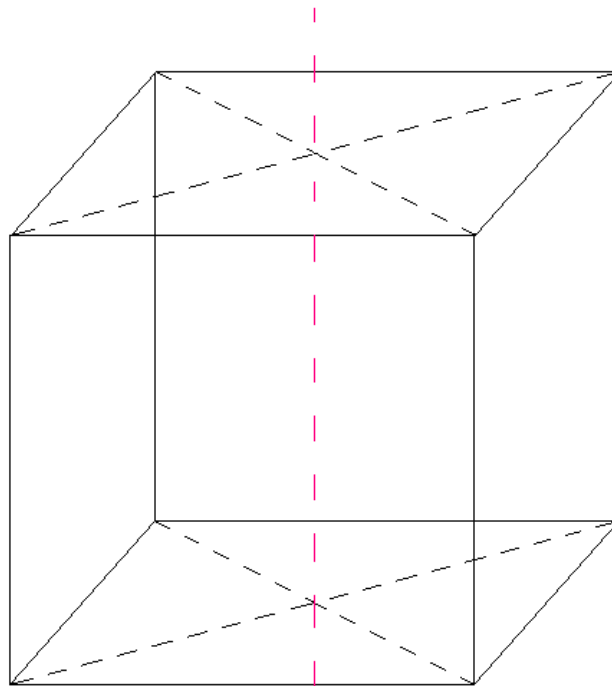


2. Plan de la nacelle

Après avoir sélectionné les différents éléments que nous souhaitons installer dans la nacelle, nous avons réfléchi à leur disposition au sein de celle-ci.

Pour cela, nous avons réfléchi l'agencement le plus souhaitable, afin que le centre de gravité de la nacelle se situe de façon équilibrée.

Ci-dessous, nous avons représenté en rose la ligne figurant la zone où se situerait le centre de gravité de la nacelle bien équilibrée.



Afin de matérialiser l'emplacement de ce centre de gravité, nous avons utilisé le logiciel *SolidWorks*, et nous avons réalisé plusieurs études de masse du système : nous avons recherché l'emplacement du centre de gravité pour différentes dispositions des composants, et nous avons finalement retenu la disposition ci-dessous (où théoriquement le centre de gravité se rapprochait le plus de l'emplacement souhaité)

En outre, nous avons placé le GPS et le Kiwi millénium le plus loin possible l'un de l'autre, afin que les émissions de l'un ne perturbent pas celles de l'autre, et vice versa.

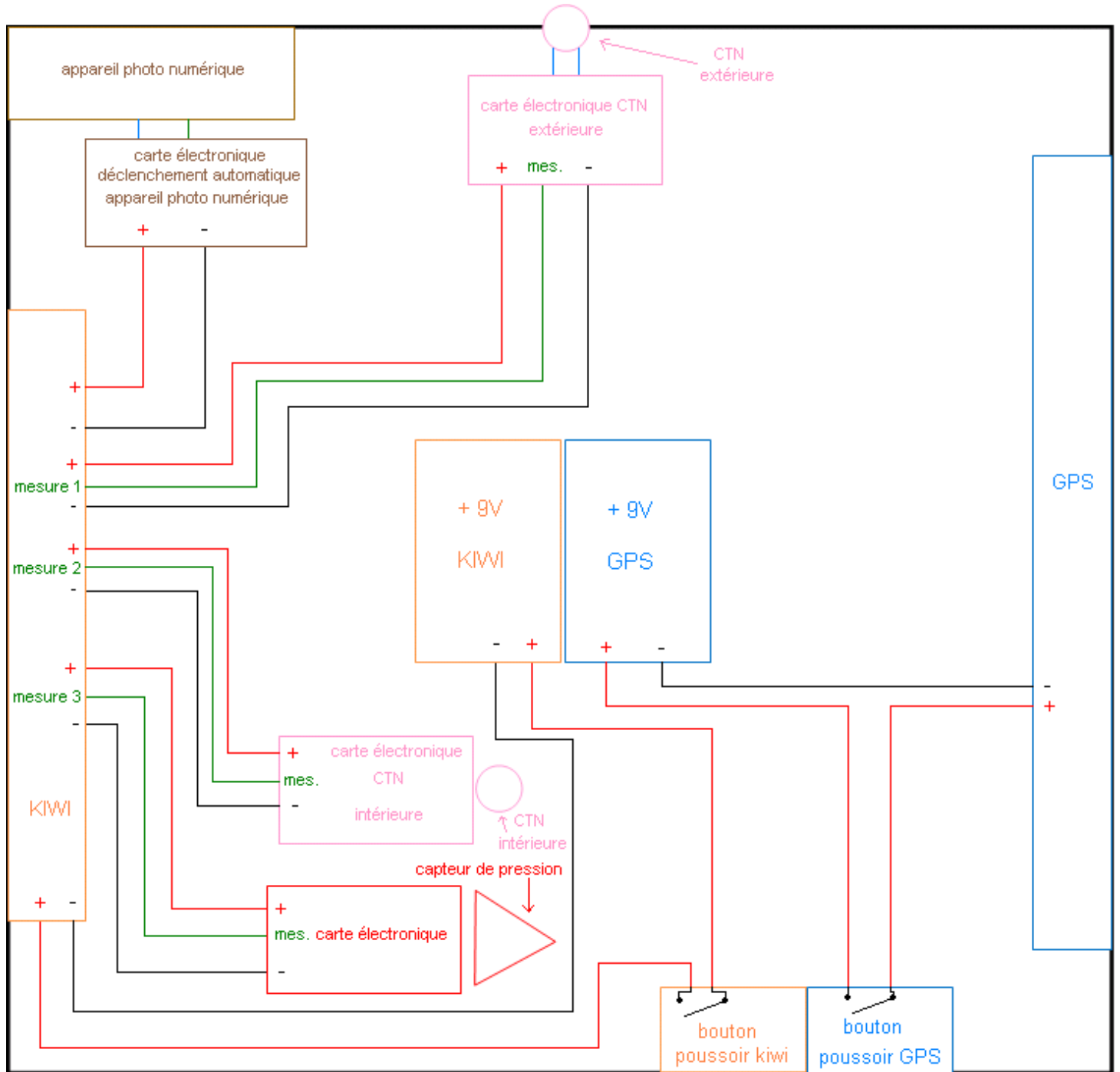


Schéma représentatif de la disposition des composants au sein de la nacelle (vue de haut)

Ensuite, nous avons cherché l'implantation des composants dans la hauteur de la nacelle.

Nous avons placé l'appareil photo numérique dans la partie supérieure de la nacelle. En effet, nous avons prévu une ouverture assez large pour prendre des photos avec une inclinaison de 45° par rapport à l'horizontale. De la sorte, si à l'atterrissage, la nacelle devait se poser sur un cours d'eau, la flottabilité de l'ensemble serait assurée.

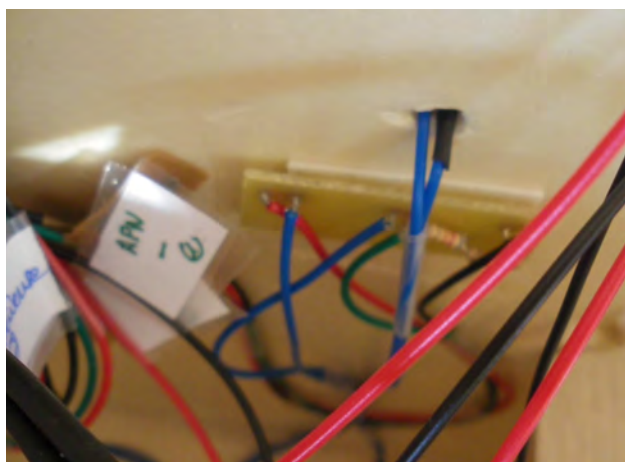
Nous avons placé les piles dans le fond de la nacelle afin de lester celle-ci

3. Fixation des composants :

Enfin, nous avons du fixer les différents appareils au sein de notre nacelle, afin que ceux-ci ne se déplacent pas lors du vol, ou lors de l'atterrissage (qui équivaut à une chute de 1m. de haut). En effet, si les appareils n'étaient pas parfaitement immobiles lors du vol, certaines soudures pourraient se briser, ou certains appareils pourraient être endommagés en cas de choc.

Pour fixer nos appareils, nous avons donc réalisé différents modules :

- nous avons fixé la sonde de température extérieure au moyen d'une ouverture pratiquée dans la paroi de la nacelle, et d'un morceau de scotch



Photos de la fixation de la sonde de température extérieure : en haut, vue de l'extérieur, en bas, vue de l'intérieur

- pour fixer l'appareil photo numérique, nous avons réalisé en polystyrène extrudé un module de fixation, nous permettant de prendre des photographies avec une inclinaison de 45° (voir présentation plus détaillée dans la partie appareil photo numérique)
- nous avons également réalisé un module de fixation pour le capteur de taux d'ozone, en polystyrène extrudé. Malheureusement, le capteur de taux d'ozone que nous avons commandé à la société *Cairpol* ne nous a pas été fourni à temps, nous avons donc abandonné l'idée de cette expérience.
- les piles ont été fixées dans le fond de la nacelle au moyen d'un module fabriqué en polystyrène extrudé, fixé lui même grâce à des cure-dents, de la colle et du scotch double face

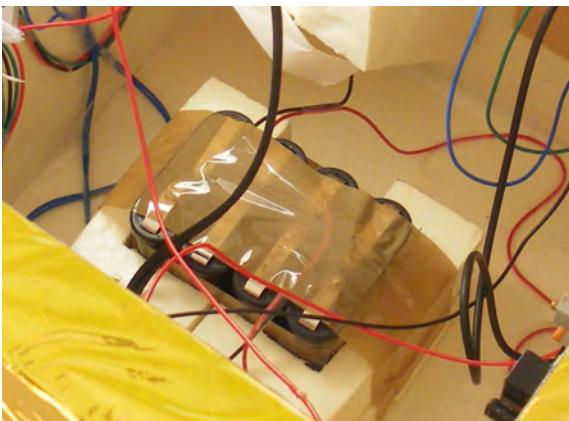
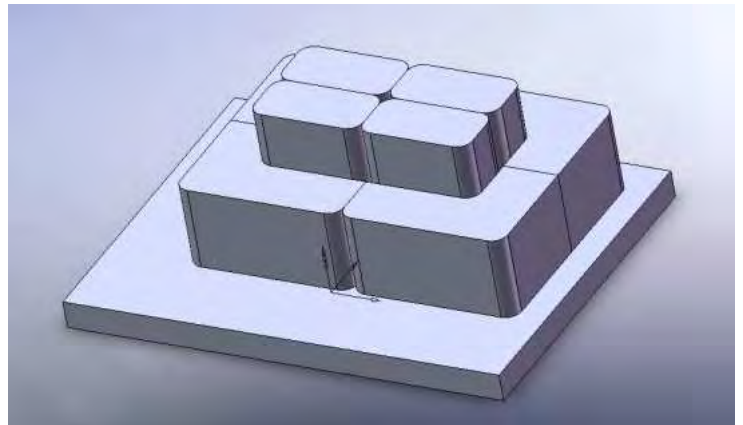


Photo de l'alimentation de la nacelle : 4 piles alcaline de 4.5V



Modélisation sous SolidWorks de l'alimentation de la nacelle : 4 piles alcaline de 4.5V

- les cartes électroniques, le GPS, le Kiwi, le capteur de pression et la CTN intérieure ont été fixés au moyen de scotch double face et de cure-dents.



Photo de la carte GPS fixée sur une paroi de la nacelle, quelques heures avant le départ

Nous avons fixé les différentes parois de la nacelle au moyen de colle à bois, et de cure-dents. Nous avons, par la suite, entouré la nacelle d'une couverture de survie, pour favoriser son isolation (le froid peut en effet endommager les appareils embarqués dans la nacelle).

V. Bilan

d) le jour du départ de la nacelle

1. Présentation générale

Nous sommes arrivés au lycée le 17 mars 2009, à 8h, afin d'installer la chaîne de réception et de vérifier une dernière fois les points cruciaux du projet (GPS, télémétrie).

La météo du jour était bonne : le temps était en effet assez clair, dégagé, et le vent était relativement faible.

Notre journée était planifiée depuis la veille. Afin de ne rien laisser au hasard, nous avons en effet noté soigneusement chaque action à réaliser, puis nous nous sommes réparti les tâches pour gagner un maximum de temps et éviter le désordre.

Nous avons en premier lieu étudié l'emplacement du site de lancement afin de déterminer l'endroit idéal pour placer notre station de réception.

Le terrain de ce site formant une « cuvette », la station a dû être installée à l'intérieur d'un bâtiment préfabriqué voisin, situé plus haut que le site.

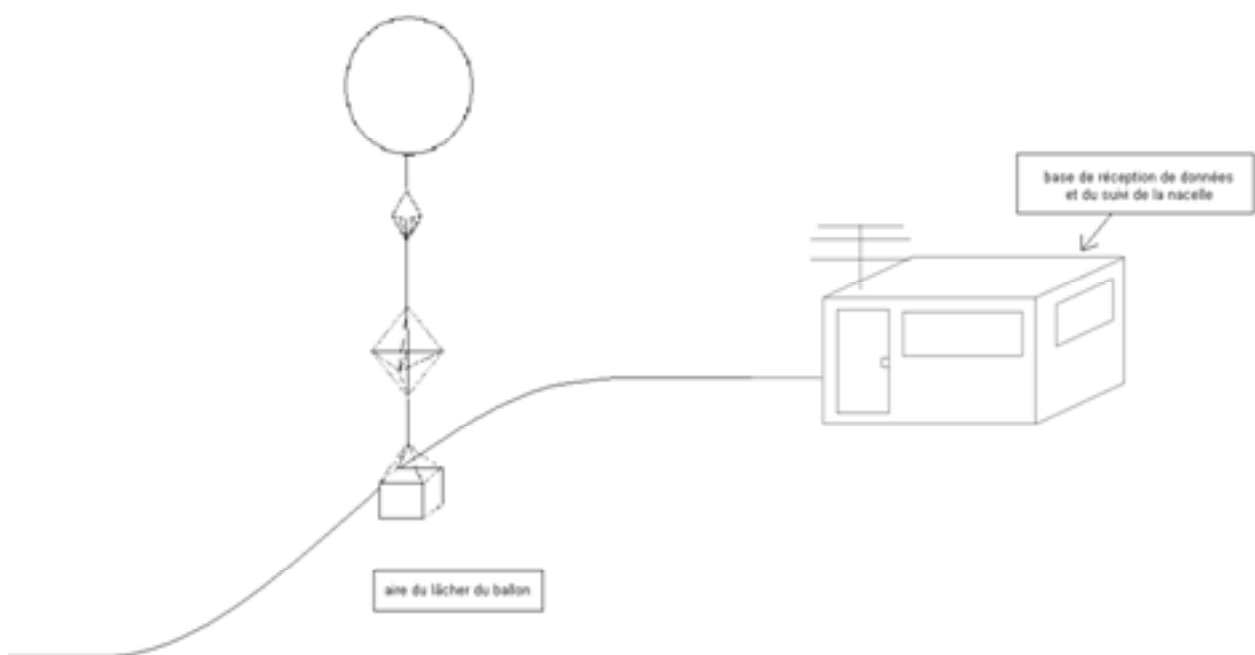


Schéma représentatif du site

Chronologie

AIRE DE LACHER		STATION DE TELEMESURE
Arrivée, Démarrage de la chronologie (Jacques)	H-100	
Mise en place : Bâche, bouteille, antenne, jumelles (Aurélien, Sophie, Maxime, Jacques, Clément)	H-95	Arrivée
Pesée de la nacelle et tarage (Aurélien)	H-95	Installation du matériel. (Maxime)
Constitution de la chaîne de vol. (Mise en place du détenteur (H-80	Mise sous tension de la station. Calibrage de la baie Essai de l'ordinateur (Maxime)
Mise sous tension de la nacelle. (Jacques)	H-50	Essai de réception (Maxime)
Gonflage et lancer d'un ballon témoin. (H-40	Lancement du logiciel de réception, (Maxime)
Décision d'effectuer le lâcher (Sophie)	H-35	Décision d'effectuer le lâcher (Sophie)
Dépliage du ballon. Début de gonflage	H-30	Réglage de télémétrie
Rappel à haute voix du rôle de chacun au moment du lâcher Noter le sens du vent. Faire écarter le public en particulier dans la zone sous le vent, (Aurélien, Jacques)	H-25	Relevé sur un cahier des conditions expérimentales (Sophie) Si besoin téléphoner à l'aviation civile (Maxime)
Relevé de température, Pression ... (Maxime)	H-20	
Fin de gonflage. Fermeture du ballon. Accrochage de la chaîne de vol. (Jacques)	H-10	
Prise en charge par chaque équipier d' un élément de la chaîne de vol (Jacques, Aurélien, Sophie)	H-5	Mise en marche de la télémétrie (Maxime)
Direction aire de lâcher	H-3	Autorisation de lâcher
Lâcher	H	Départ chronomètre, relevé de l'heure
Remplir la carte postale et la poster, (Sophie)	H+30	Si nécessaire, retoucher les réglages (Maxime)
Boire un yop, féliciter les journalistes, etc. (Jacques)	H+60	Si nécessaire repointer l'antenne, (Aurélien)

Nous avons placé sur le sol une bâche plastique, afin de protéger le ballon, lors de son gonflement à l'hélium. Sa paroi est en effet très fine, et risquait d'être crevée par les graviers du sol.



Photo de la zone du lâcher du ballon, ainsi que le préfabriqué

Puis chacuna effectué les tâches qui lui étaient assignées, suivant le programme ci-joint :

Montage de la chaîne de vol

Nous avons ensuite transporté le matériel depuis les laboratoires de SI (notre salle de classe), jusqu'à la zone de lancer.

Ce matériel comprend:

- un PC (pour la réception des données du KIWI)
- un écran d'ordinateur (pour afficher sur un écran plus large les données du GPS, réceptionnées sur un Asus EEE PC, appartenant à Mr Gaudin)

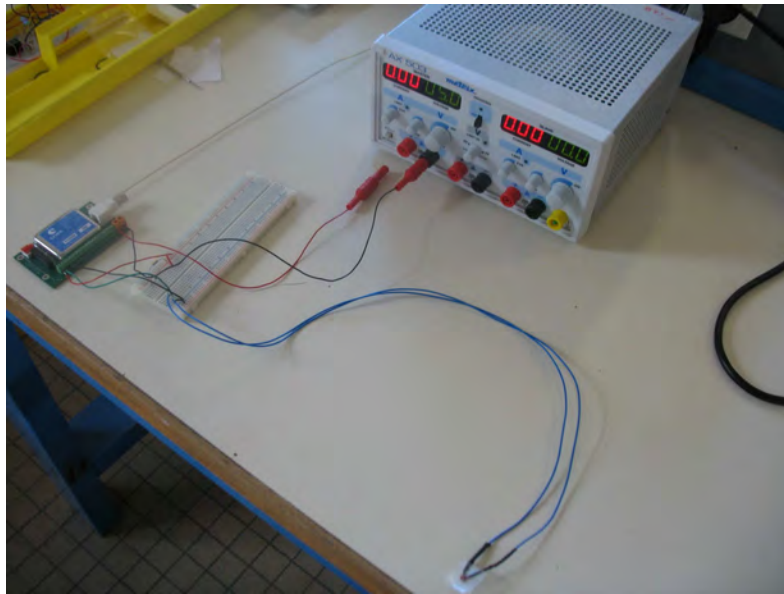


Dans le préfabriqué

- quatre bouteilles d'hélium (deux étaient suffisantes, mais les personnes nous encadrant ont préféré être prévoyantes)



- une alimentation de laboratoire, pour procéder aux derniers tests des appareils situés dans la nacelle, sans user les piles.



Kiwi millénium, platine d'essais et alimentation

Dans le même temps, nous avons commencé à réaliser la chaîne de vol : assemblage du ballon, du parachute et du réflecteur radar (fournis le jour même par Planète Sciences) à la nacelle avec de la cordelette.



Fermeture définitive de la nacelle, à l'aide d'un ruban adhésif

Une fois les divers éléments de la chaîne de vol montés et assemblés, nous étions prêts pour rejoindre la zone de lancer, et commencer à gonfler le ballon. Un élève est resté dans le bâtiment, pour installer la chaîne de télémétrie, et commencer les essais de réception.

2. Essais de la chaîne de télémesure

Nous possédions deux stations de réception: l'une était située dans le préfabriqué (photo de gauche), l'autre était dans la voiture de l'équipe de Radios Amateurs (photo de droite).



Notre fréquence de télémesure était de 1380 MHz, et disposait d'une bande passante importante pour permettre la transmission des données transmises par le KIWI.

3. Réglage de la télémesure

En vue d'obtenir un relevé précis de la position du ballon, il nous a fallu régler le récepteur DR 3000A (Microdyne Corporation L3Com).

La fréquence de réception choisie a été de 1380 MHz.

Cette fréquence devait nous permettre de recevoir des données **multiples** : celles des trois capteurs intégrés dans la nacelle, et **à une distance importante** : plusieurs milliers de mètres d'altitude.



Transport des éléments de la chaîne de vol du préfabriqué jusqu'au site de lancement

4. Lancement

Un profil prévisionnel des vents en haute altitude nous a été fourni par Météo France le matin même. La météo, clémente ce jour là, et un léger vent de Nord-Est nous ont aidés à obtenir des photos sans trop de nuage de la Vallée du Giers.

L'aérotechnicien délégué par Planète-Science, aidé par deux d'entre nous et de quelques élèves de classe de seconde ont commencé à remplir le ballon d'hélium, le sous-gonflant légèrement afin que le vol soit plus long et que la nacelle puisse parcourir une distance au sol satisfaisante.



Gonflage du ballon et accrochage du parachute à la nacelle

Une fois gonflé, le ballon possède un diamètre d'environ deux mètres.

En parallèle, un ballon témoin a été installé puis lancé, afin d'évaluer la direction que prendrait le véritable ballon lors de son lâcher.



Le gonflage du ballon

Finalement, nous nous sommes rendus dans le préfabriqué afin de suivre l'évolution des mesures, et le suivi du ballon sur le PC de réception.

Nous avons également rempli et envoyé la carte suivante, comme il nous l'avait été demandé par Planètes Sciences.



Planète Sciences / Commission ballons
16 place Jacques Brel
91130 RIS ORANGIS

tél : 01 69 02 76 29

N° de série : B.....		Type d'enveloppe :		Date d'envoi :	
Nom du projet :			Ecole ou club :		
Nom de l'animateur sueur du projet :	Association relais : PlaSci PlaSci Atlantique PlaSci Bretagne PlaSci IDF Guyane STJ PlaSci Languedoc PlaSci Méditerranée PlaSci Midi Pyrénées PlaSci Normandie PlaSci Picardie PlaSci Rhône-Alpes PlaSci Sarthe AJSEP Galerie Euréka Lacq Odysée Pavillon des Sciences Autre :				
Activité : Ballon école (UBPE) Ballon séjour de vacances Ballon club Scientificobus Ballon atelier scolaire ou classe sciences Ballon formation Ballon communication Autre :					Eclatement
Date du lâcher :		Heure :	Commune :		Dp :
Nom de ou des aérotechniciens : /					
Expérience(s) embarquée(s) :		Télémesure : Kiwi n° Durée du vol : Voie 1 Voie 2 Voie 3 Voie 4 Voie 5 Voie 6 Voie 7 Voie 8 Autre (précisez) :			

b) Récupération du ballon

Après le lancement du ballon, nous avons suivi, depuis notre chaîne réception localisée au lycée, le déplacement du ballon.

Mais à cause de la **distance** qui nous en séparait et de la **rapidité** du déplacement horizontal de la nacelle, nous avons perdu le contact avec elle lorsqu'elle a atteint une altitude de **11000** mètres.

Heureusement, les membres de l'équipe de radioamateurs étaient nombreux, et la distance qui les séparait du ballon était relativement faible (puisqu'ils « suivaient » le ballon), ils ont donc pu garder le contact le ballon tout au long de son vol.

Le matin de la journée de lancement, une équipe de « chasseurs » (Thierry F1OLG, Janique F0FOX, Laurent F0FNC et Julien F0FVC) est partie de **Lyon** pour se positionner à partir de 10h au col de l'Escrinet (07) à proximité de la zone de prévision de chute pour suivre le vol du ballon via le système APRS à bord et par des moyens de radiogoniométrie.



Dans le même temps, une autre équipe (Bruno F1IMO et deux autres personnes) est venue au lycée pour nous aider à installer la **chaîne de réception**, puis est partie en voiture, afin de suivre le ballon.

A 12h43 le GPS a cessé de fonctionner à cause des températures proche de -60°C puisque la dernière trame APRS transmise alors indique que le ballon se situe à 25222m d'altitude, et l'éclatement est proche (estimé vers 28000m quelques minutes plus tard).

Le ballon se trouvait environ à l'Est du **Mont Mézenc** et au nord du **Mont Gerbier-de-Jonc**.

La nacelle a été finalement récupérée dans un secteur assez difficile d'accès (zone de montagne assez pentue, dans des falaises), au dessus du village de Barnas, vers 19h30, à la nuit tombante.



La nacelle a été retrouvée dans la zone ci-dessus. Elle était en bon état, et aucun des composants n'a été détérioré : nous avons ainsi pu récupérer l'**appareil photo** et les **capteurs**, qui

seront surement réutilisés si le lycée réalise à nouveau un projet de Ballon Sonde (prévu probablement pour l'année prochaine).



Situation théorique de la zone d'atterrissage de la nacelle

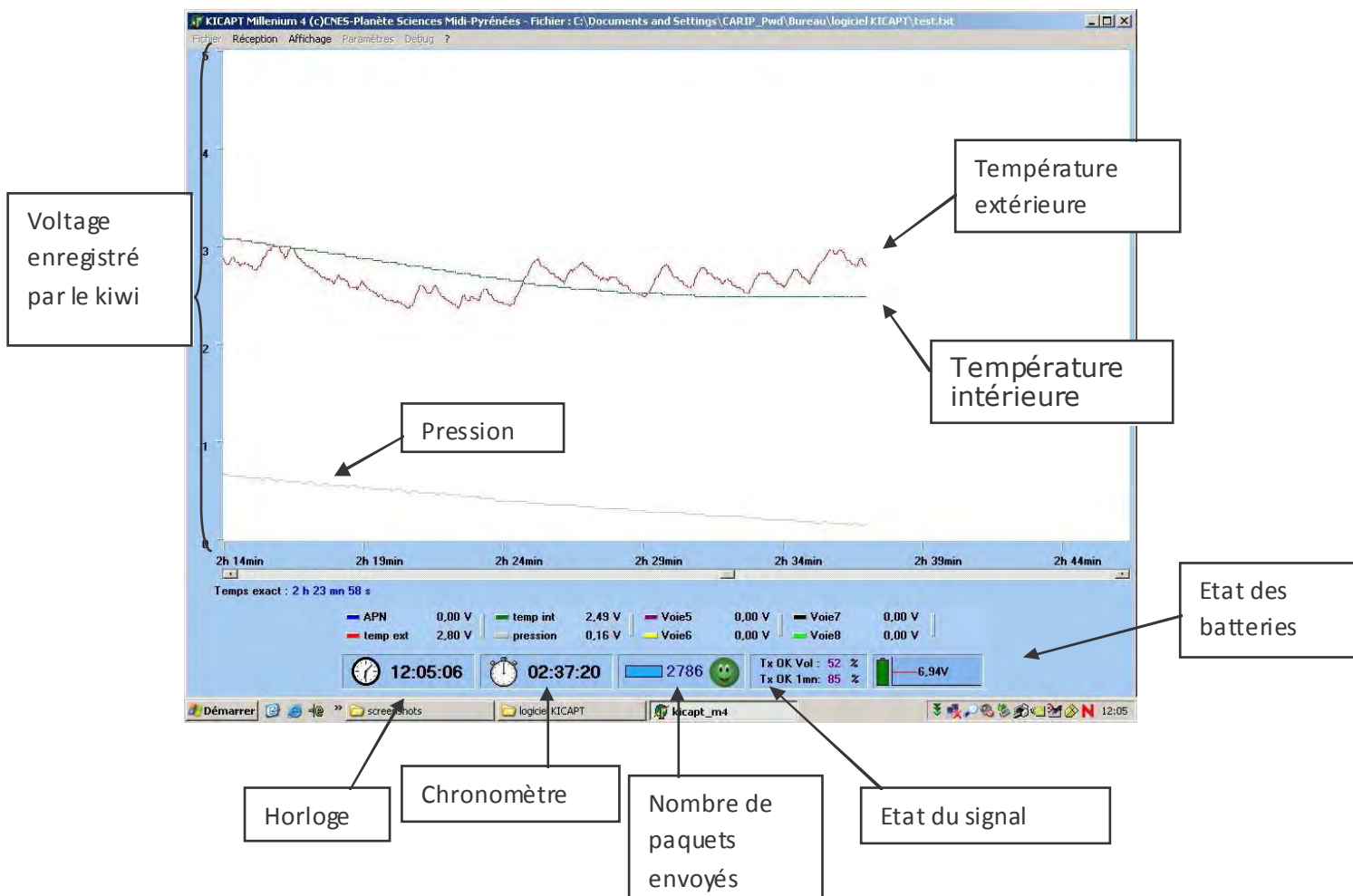
c) Exploitation des résultats de l'expérience

Dans cette dernière partie nous allons tenter d'exploiter les différentes données obtenues lors de l'expérience avec les connaissances que nous possédons.

1. Le Kiwi :

Malheureusement nous n'avons pu recevoir les informations envoyées par le kiwi que 10 minutes après le lancer (le ballon était aux alentours de 2000m d'après le GPS), mais les données récoltées au cours de l'expérience ont été nombreuses : le kiwi a émis plus de 4500 fois.

Le logiciel utilisé nous a permis de visualiser les courbes des **tensions** relevées en temps direct :



Il nous a ensuite fallu importer les données dans un **tableur** pour les exploiter.

Pour la température, nous avons du utiliser les équations faisant le lien entre la tension et la température. Nous avons précédemment vu que :

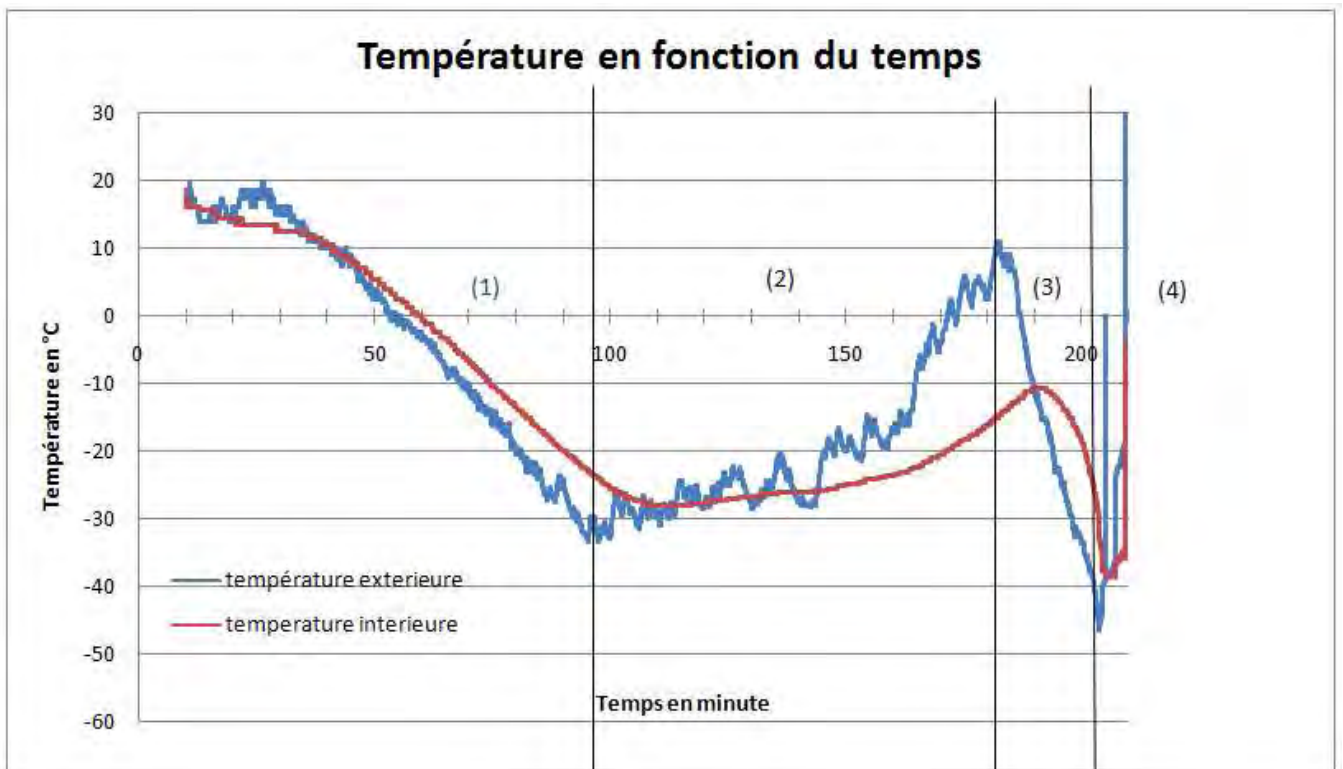
$$\frac{R_T}{R_0} = \exp \left(\beta \times \left(\frac{1}{T + 273,15} - \frac{1}{T_0 + 273,15} \right) \right)$$

Et que : $V_{k1w1} = +V_{cc} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

En transformant ces équations on obtient :

$$T = \frac{\ln \left(\frac{5 + 91200 \cdot \frac{V_{k1w1}}{10000}}{91200} \right) + 273}{3400} + \frac{1}{298}$$

Ce qui permet de tracer les courbes de température en fonction du temps :



(1) Nous observons sur ces courbes tout d'abord une nette baisse de la température qui atteint les -35 degrés. La température intérieure est plus stable que l'extérieure ce qui montre l'isolation de la nacelle.

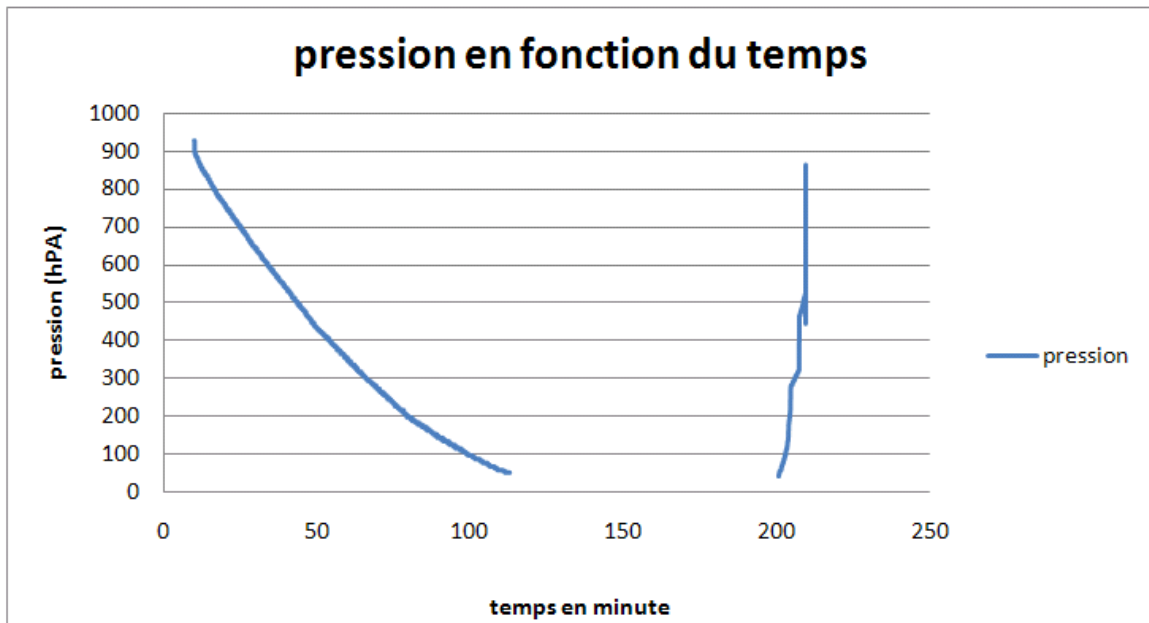
- (2) Puis une remontée jusqu'à des températures positives malgré que le ballon continue son ascension.
- (3) L'éclatement de celui-ci se caractérise par une chute brutale des températures. Cette chute est difficile à expliquer. La seule explication plausible que nous avons trouvée est que le ballon traverse les couches plus froides déjà franchies entre les phases 1 et 2 mais avec une vitesse plus grande, ce qui expliquerait la température plus basse.
- (4) Dans cette dernière zone les résultats sont totalement faussés en raison de la faible altitude du kiwi qui ne lui permet pas d'émettre correctement.

En ce qui concerne la pression, nous avons utilisé la courbe d'étalonnage :

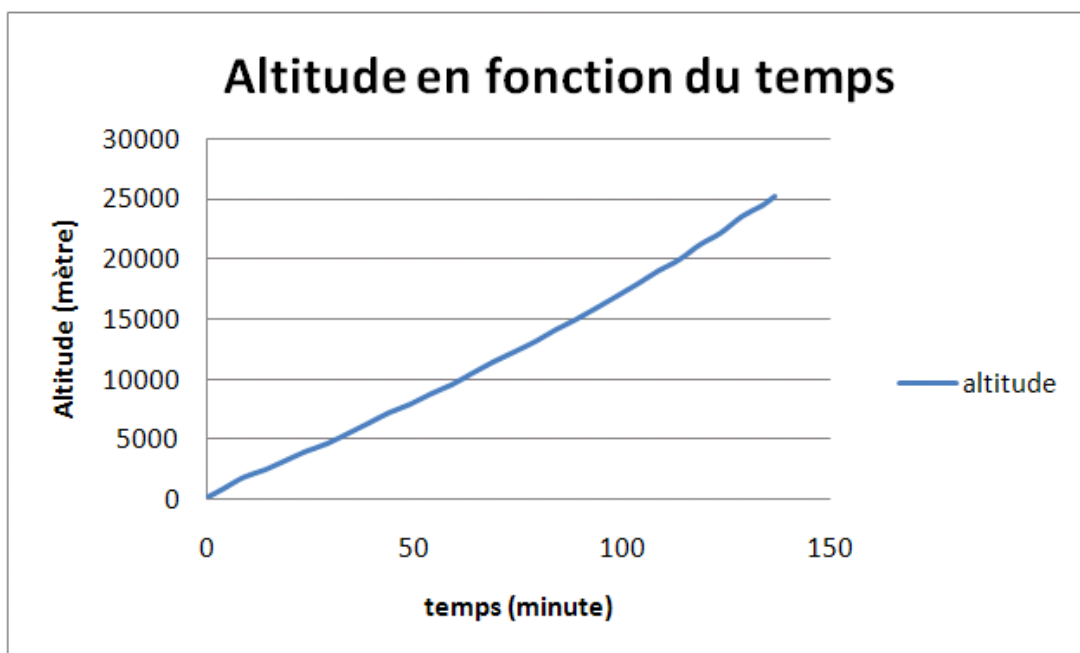
En prenant deux points de la droite nous avons pu trouver le coefficient directeur de celle-ci qui est de 235. Nous en avons déduit que

$$P = 235 * V_{kiwi}$$

Grâce au tableuret à cette formule on peut tracer la courbe suivante :

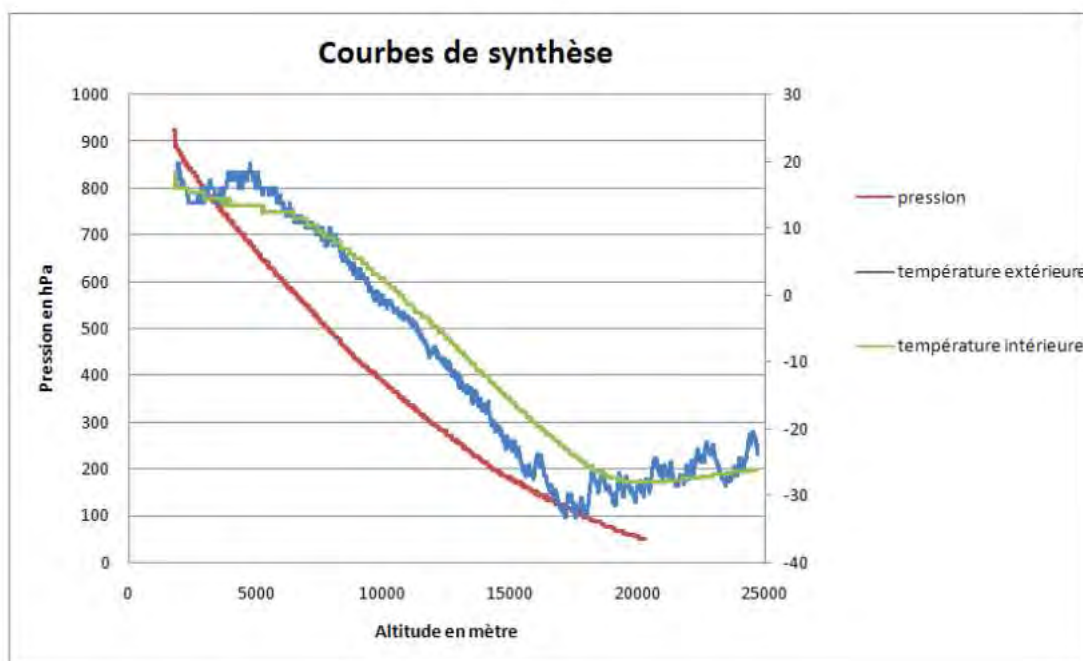


On constate que comme prévu, le capteur n'a pas pu nous informer sur la totalité du trajet, mais grâce aux relevés d'altitude et à l'horloge du GPS nous pouvons tracer la courbe d'altitude en fonction du temps :



Cette courbe n'est que partielle car le signal du GPS a été perdu mais elle permet tout de même d'étudier l'ascension du ballon. Ainsi en combinant toutes les courbes nous pouvons tracer un graphique de synthèse :

La qualité des données semble être juste mais les valeurs, notamment celle de la température sont vraisemblablement fausses. Malheureusement nous n'avons pas pu tester la CTN à des températures aussi extrêmes. Il se peut donc que l'étalonnage soit faussé à partir d'environ -20°C.

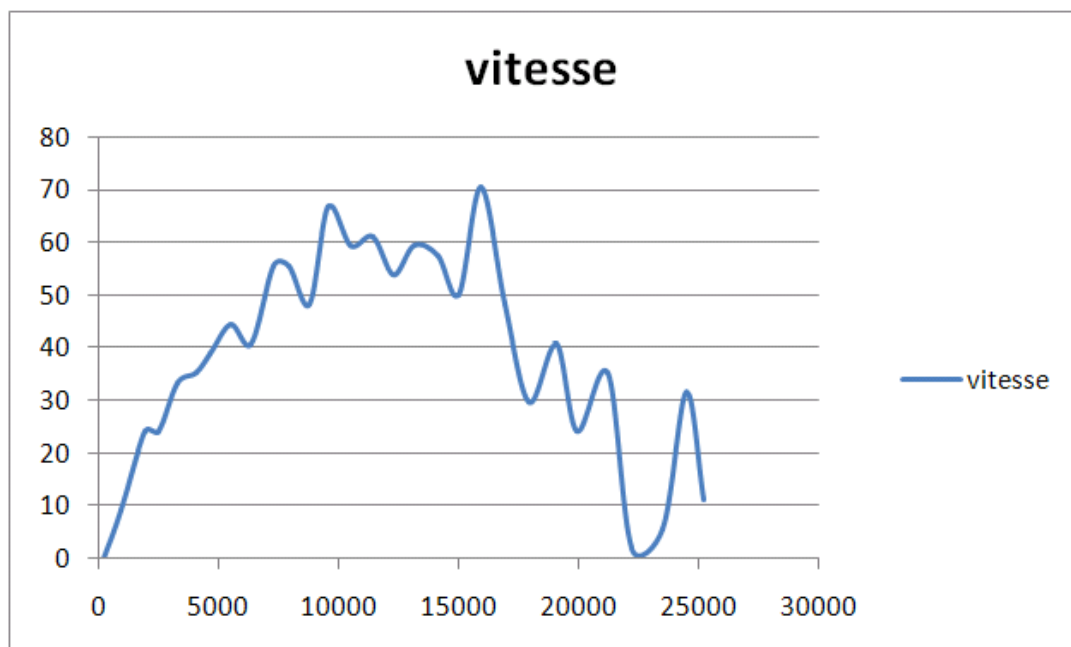


2. GPS

Le GPS placé dans la nacelle nous a été d'une grande utilité.

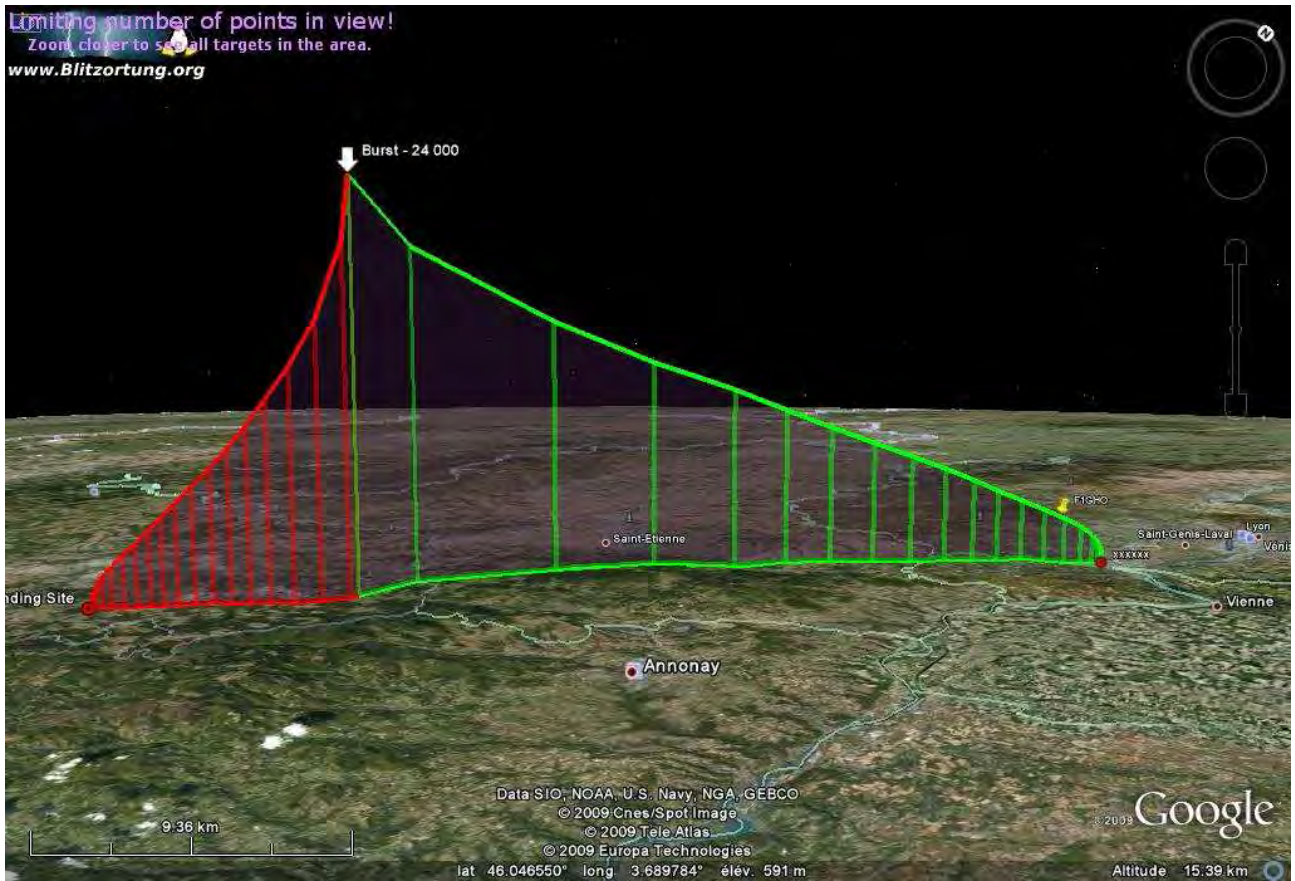
En effet celui-ci a permis de connaître l'**altitude**, tout comme avec le capteur de pression mais de manière directe (aucun calcul n'était nécessaire) et à une altitude plus importante.

Il a malheureusement cessé de fonctionner aux alentours de 25000m à cause des températures trop basses, mais a permis d'obtenir une courbe d'altitude de vitesse, ainsi que le trajet du ballon (*ci-dessous*):



Cette courbe est intéressante car elle permet une approximation qualitative des vents d'altitude.

Ainsi ceux-ci sont de plus en plus intenses jusqu'à 15000m puis sont de plus en plus faibles et même nuls à 22500m, avant de se ré intensifier aux alentours de 25000m.



Courbe de déplacement du ballon en trois dimensions

Grâce à un logiciel, nous avons pu obtenir la courbe ci-dessus, représentant l'altitude et le trajet du ballon, en trois dimensions.



Trajet du ballon

Nous avons également pu obtenir le déplacement du ballon sur une carte en vue aérienne (ci-dessus), grâce à ce même logiciel.

On observe que le Ballon suit le tracé de l'autoroute reliant Lyon à St Etienne : on peut expliquer cette coïncidence par le fait que cette autoroute se situe dans une vallée ; car la direction des vents est probablement influencée par le relief.

Conclusion

Pour conclure, nous pouvons dire qu'à l'issue de ces 30 heures de Projets Pluri technologiques Encadrés, nous avons pu apporter une solution satisfaisante à notre problématique de départ :

« Comment analyser l'évolution de certaines grandeurs physiques de l'atmosphère à une altitude comprise entre quelques mètres et environ 30 000 mètres »

Nous avons en effet pu réaliser des mesures de température de l'atmosphère au cours du vol de la nacelle, et des mesures de pression. Ces mesures de pression nous ont permis, en outre, de mesurer par nous-mêmes l'altitude de la nacelle au cours de son trajet.

Nous avons également pu prendre de nombreuses photographies de la Terre vue du ciel.

Nous pouvons donc dire que malgré quelques petites défaillances dans les capteurs, et dans la batterie de l'appareil photo numérique, ce projet aura été une réussite pour nous tous.

Tout d'abord, il nous a permis d'exploiter et de mettre en pratique la majeure partie des connaissances que nous avons acquises ces dernières années dans de nombreux domaines.

Ensuite, il nous a permis de réaliser un réel travail de groupe. Chacun a trouvé sa place et a pu exploiter de façon optimale ses capacités, tout en apportant sa touche personnelle.



L'équipe, au grand complet, ainsi que les deux professeurs de Sciences de l'ingénieur encadrant le projet, et l'un des suiveurs





Les élèves des lycées Aragon et Picasso présents lors du départ du Ballon Sonde

Givors et ses environs

QUI L'Y MELE

Le vote pour l'Algérie, les cantonales...

« Très important »
L'identité de l'association de la région (APCA), appelée les Givors, se place en mise à Lyon, du 4 au 10 mars pour la présidentielle. La raison de la présence du Givors, ce dimanche à la salle Mark, n'est pas de consigner de vote, mais une liste importante. Ça fait avancer Jean Louis en Algérie.

Boudjelaba aux cantonales
Le maire municipal givordien, a bien Givors « qu'il conduisait en et présenter un candidat aux cantonales (du 17 au 20 mars). Il ne s'est pas avancé mais le Givordien ont besoin d'une visibilité et de se pour leur territoire. Les dans notre feuille de route. On évolue. »

de demain
Les deux camps partent de Givors capitale des Gaules.

DC-NOTES

Jeu 18 mars à 14 heures, concours de boules vétérans, pour les sociétaires à pour de cotisation. Le 20 mars à 8 h au stade, championnat du Rhône, doublettes Fagot.

Cultivons la santé
Jusqu'au 25 mars, à la bibliothèque, expositions, animations, témoignages liés aux préoccupations de santé. Entrée gratuite. Conférence animée par Régine Detambel le 21 mars à 15 h au conservatoire, rue Gusekine. Entrée gratuite. Tél. 04 78 73 93 33.

Concert et vidéo
La jeunesse contre le racisme jeu 19 mars à 20 h 30 à la Maison des jeunes, avec Expérimental, White Nigaz renommé. Tél. 04 78 73 09 02.

Plan de mobilisation pour l'emploi
Jeu 19 mars de 8 h 30 à 10 h 30, à la Maison des jeunes.

GIVORS

Le ballon sonde expérimental de quatre lycéens d'Aragon a pris l'air

Ce projet s'inscrivait dans leur programme de Terminale. Le ballon a permis de réaliser divers relevés scientifiques

Hier matin, c'était l'aboutissement d'un travail débuté en octobre dernier et qui leur aura pris plus de cinquante heures.

Un GPS et un appareil photo numérique dans la nacelle

Sophie, Aurélien, Maxime et lui sont en Terminale S au lycée polyvalent Aragon. Et c'est dans le cadre de l'option sciences de l'ingénieur qu'ils ont réalisé ce travail colossal.

Cela rentre dans le cadre du Projet Pluritechnique cocodré réside Christelle Georget, enseignante en génie électrique. L'un des deux professeurs à avoir encadré l'expérience.

Tout a été réglé au millimètre puisqu'il s'agit de l'aviation civile et militaire de la présence du ballon (muni d'un réflecteur radar pour être facilement repérable). Il y a quarante jours, comme le stipule la loi.

Hier matin, c'était donc le jour J. A l'heure de la récréation, c'est devant des centaines de camarades que le quatuor a peaufiné les derniers détails, aidé par les professeurs, les amis, et par un

de la nacelle. Équipé d'un GPS, et gonflé à l'hélium, le ballon de deux mètres de diamètre a été suivi à distance par une voiture du Club Radio-Météo, chargé de le récupérer au moment où il implorerait à cause de la pression atmosphérique.

Le temps est idéal, on ne pouvait rêver mieux, note Stéphane Huot, l'autre professeur-superviseur. D'après nos calculs, avec le vent Nord-Est qui souffle, il devrait retomber aux alentours du plateau ardèche-hauts vers Aubenas.

Il va gonfler jusqu'à prendre dix mètres d'envergure puis la nacelle va tomber et le parachute s'ouvrira dès qu'il y aura un peu d'air. Il ajoute : « On avait prévu de mettre aussi un capteur d'ionosphère mais il n'a pas été livré à temps. »

Puis il s'interrompt pour laisser ses collègues dérouler le fil et s'écarte, progressivement. A 10 h 26, le ballon a pris son envol sous les applaudissements de la foule.

Hier après-midi, après un peu plus de trois heures de vol, la nacelle s'est réchauffée à proximité du Mont-Gerbier de Joux, à la limite de la Loire et de l'Arèche.

« Mais à quoi ça sert ? », entendait-on dans la foule. « Cela va permettre de faire des mesures de pression dans l'atmosphère, de prendre des photos et de procéder à des relevés de température », explique l'enseignante.

« Le temps est idéal, on ne pouvait rêver mieux, note Stéphane Huot, l'autre professeur-superviseur. D'après nos calculs, avec le vent Nord-Est qui souffle, il devrait retomber aux alentours du plateau ardèche-hauts vers Aubenas. »

« On avait prévu de mettre aussi un capteur d'ionosphère mais il n'a pas été livré à temps. »

Puis il s'interrompt pour laisser ses collègues dérouler le fil et s'écarte, progressivement. A 10 h 26, le ballon a pris son envol sous les applaudissements de la foule.

Hier après-midi, après un peu plus de trois heures de vol, la nacelle s'est réchauffée à proximité du Mont-Gerbier de Joux, à la limite de la Loire et de l'Arèche.



REPÈRES
30 000 m La hauteur à laquelle le ballon est monté.
2 heures Le temps de montée (moitié moins pour la descente).
300 km La distance maximum que le ballon peut parcourir.
5 m par seconde La vitesse de déplacement.
30 secondes L'intervalle de temps entre la prise de 2 photos.



Jacques Piot, Sophie Servos, Aurélien Courage et Maxime Dô, les quatre lycéens qui ont monté le projet. Photo Vincent Huchon.

C'est sous les yeux des lycéens d'Aragon et de Picasso que le ballon et la nacelle ont été lâchés dans le ciel. Photo Vincent Huchon.

L'article du journal Le Progrès, qui a paru à la suite du départ du Ballon Sonde

Sources

Afin de réaliser notre projet, nous avons utilisé des documents provenant des sources suivantes :

Informations concernant le capteur de taux d'ozone : www.cairpol.com

Informations concernant les résistances : <http://gatt.club.fr/index.html>

Informations concernant le capteur de pression : www.datasheetcatalog.com

Informations concernant le projet du ballon et informations concernant le kiwi :
<http://www.planete-sciences.org/>

Informations concernant les capteurs de température et de pression : <http://www.conrad.fr>

Informations concernant le projet du ballon sonde et le déroulement de la journée du départ du ballon : <http://physique.doisneau.free.fr/mpi>

Informations concernant le déclenchement de l'appareil photo numérique :
<http://ballonsonde.com/declencheur.htm>