



# Compte-rendu du Ballon expérimental du Club Aéronautique « HamsterLand » des Hauts-Cantons

– Laurens - Hérault –





## TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>2. PRESENTATION DU PROJET</b>	<b>3</b>
1. LES OBJECTIFS	3
2. LA CONCEPTION ET LA REALISATION	4
<i>Schéma de la carte mère</i>	4
<i>Conception électrique</i>	4
<i>Conception mécanique</i>	5
<b>3. RESULTATS</b>	<b>6</b>
1. TENSION DES PILES	8
2. LA VITESSE DU SON	9
3. LA PRESSION ATMOSPHERIQUE	10
4. LA TEMPERATURE EXTERNE	11
5. LA TEMPERATURE INTERNE	12
6. PRISE DE PHOTOS	13
<b>4. CONTENU SCIENTIFIQUE</b>	<b>14</b>
1. QUELLES EXPERIENCES ?	14
2. QUELLES MESURES ? AVEC QUELS CAPTEURS ?	15
<i>La vitesse de propagation du son</i>	15
<i>La pression atmosphérique</i>	17
<i>La température externe</i>	19
<i>La température interne</i>	19
<i>La prise de photos</i>	21
3. PROTOCOLE D'ETALONNAGE :	29
<b>5. LE CONTENU TECHNIQUE DU PROJET</b>	<b>32</b>
1. SYSTEME DE RECUPERATION	32
2. SYSTEME ELECTRONIQUE	32
<b>6. GESTION DU PROJET :</b>	<b>33</b>
1. COUT DE LA NACELLE	33
2. RESSOURCES FINANCIERES :	33
3. RESSOURCES MATERIELLES :	33
4. RESSOURCES HUMAINES :	33
<b>7. LACHER DU BALLON</b>	<b>34</b>
1. CHRONOLOGIE	34
2. QUELQUES PHOTOS DU JOUR DU LACHER	35
<b>8. BILAN DU PROJET</b>	<b>39</b>
1. DIFFICULTES RENCONTREES :	39
2. ERREURS A NE PLUS REFAIRE :	39
3. SATISFACTIONS	39
4. CONCLUSION	39
<b>9. REMERCIEMENTS</b>	<b>40</b>
<b>10. TABLE DES ILLUSTRATIONS</b>	<b>41</b>



## 1. Introduction

Le « *Club Aérospatial HamsterLand des Hauts-Cantons* » a été créé en octobre 2005 par deux adultes – formateurs tous deux de métiers – désireux de faire partager, découvrir et mettre en œuvre avec des jeunes, des projets techniques et scientifiques.

La démarche expérimentale de Planète Sciences Espace les a conquis et les ont décidés à créer un club.

Encore fallait-il être suivis et approuvé par des jeunes qui réaliseraient des projets.

Pour cette première année, six lycéens – amis dans la vie – avaient envies, parallèlement à cela de monter un projet.

Nos deux chemins se sont rencontrés et c'est comme cela que ce premier projet est né.

Il fallait choisir entre *ballon ou fusée*. Pour la première année, et le premier projet, il nous a paru plus simple de réaliser un ballon expérimental.

## 2. Présentation du projet

### 1. Les objectifs

Le premier objectif était d'apprendre à monter un projet espace.

Le projet ballon de cette année – premier projet scientifique du club - a été baptisé « HamsterPower » trouvé dans la culture du groupe. Suite logique par rapport au nom du club.

Deux objectifs principaux ont été retenus après délibération du groupe :

- Mesurer la vitesse de propagation du son en fonction de la température externe et de l'altitude
- Effectuer une série de photos afin d'estimer le diamètre de la terre

Afin d'atteindre le premier objectif, on peut constater qu'il ne suffit de mesurer le son la température et l'altitude. Cela a permis au groupe d'effectuer plusieurs autres expériences.

- Mesurer la pression
  - Mesurer la température externe
- } afin de pouvoir calculer l'altitude
- Mesurer la température interne afin de vérifier que tout se passait bien
  - Mesurer la célérité du son

Avec ces mesures, le premier objectif pouvait être atteint

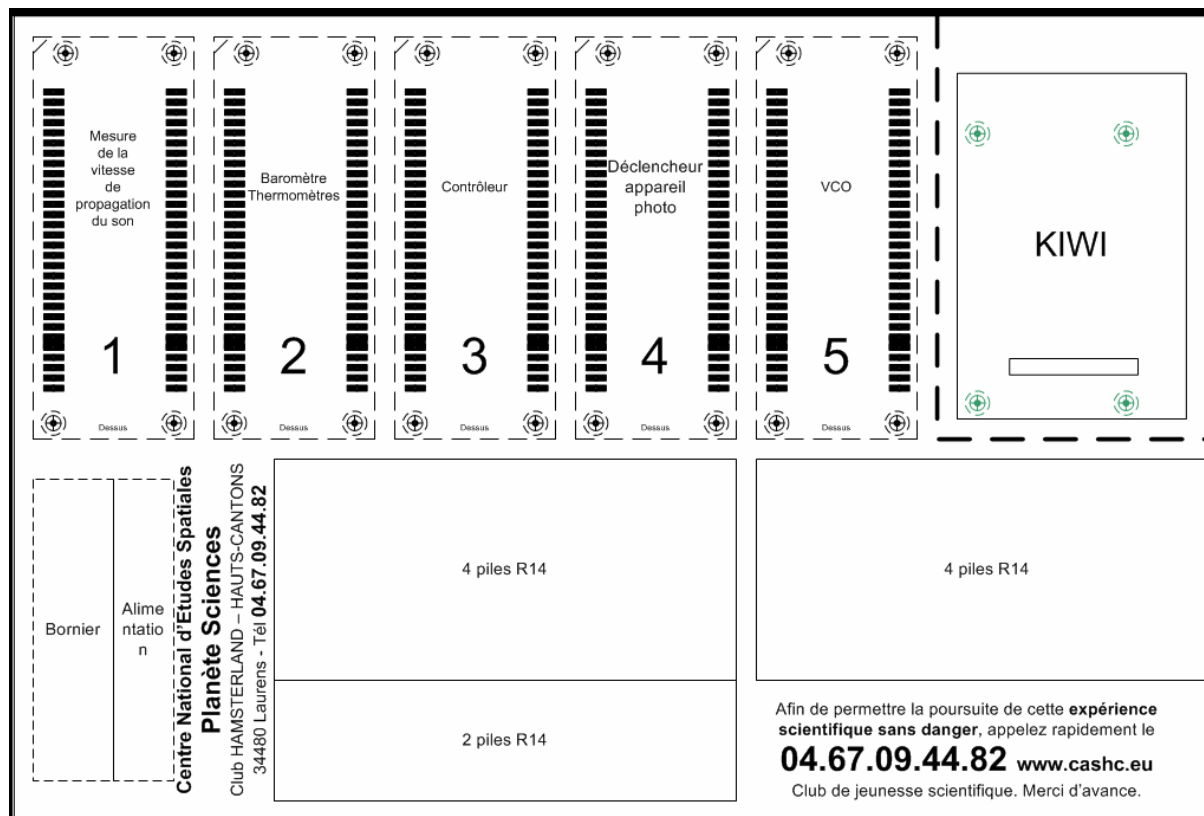
Pour le deuxième objectif, effectuer les photos, il fallait faire :

- Déclencher l'appareil
- Prendre des photos toutes les mn
- Trouver l'inclinaison de positionnement pour l'appareil photo



## 2. La conception et la réalisation

### Schéma de la carte mère



**Figure 1 : Schéma de la carte mère**

La carte mère permet d'avoir cinq cartes, le kiwi et l'alimentation sur un même support. Cela permet aussi de ne pas remettre en cause une carte, une fois testée et en état de marche. Elles sont chacune, reliée à la carte du microcontrôleur.

### Conception électrique

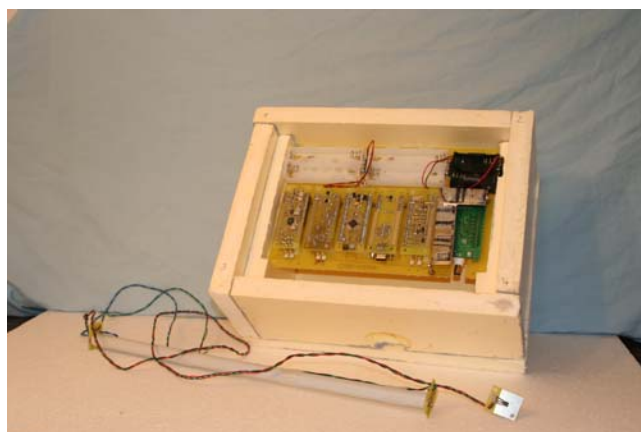


## Conception mécanique

La nacelle est de forme parallélépipédique ; forme la plus simple qu'il soit. Le matériau utilisé est du polystyrène extrudé de 3 cm d'épaisseur. C'est un matériau léger et solide, mais aussi un bon isolant. La nacelle est ensuite recouverte d'une couverture de survie.

L'appareil photo sera déposé sur un socle incliné d'un angle de 85°.

La carte mère sera posée au dessus sur un support et sera simplement tenu par le couvercle de la nacelle, lui-même attaché au moment du décollage.



**Figure 2 : Nacelle**



### **3. Résultats**

Le premier objectif - apprendre à monter un projet espace - a été atteint. En effet, nous considérons que chacun dans le groupe a beaucoup appris aussi bien au niveau du savoir-faire technique que scientifique, mais aussi pédagogique.

Toutefois le plus important pour le club et ses managers, c'est d'être allé jusqu'au bout du projet, complexe au départ, malgré tous les aléas rencontrés. (Ressources financières, humaines, problèmes techniques...)

Nous avons aussi appris à connaître un réseau de personnes, intéressées par un même sujet - l'espace - et une motivation commune - apprendre à des jeunes à monter des projets scientifiques tout en s'amusant.

En ce qui concerne les objectifs scientifiques, toutes les expériences n'ont eu les résultats escomptés, mais la richesse qu'elles ont pu apporter suffit à dire que le projet a été un succès. Il a été terminé dans les temps malgré quelques difficultés rencontrées au cours de son avancement. En effet :

- Le lancement s'est effectué comme convenue, le 24 juin 2006 depuis l'aérodrome de Bédarieux (34). Pour notre plus grande satisfaction, pas un souffle de vent au moment du lâcher.
- Le suivi en télémétrie s'est effectué de 15h07 à 18h34 soit pendant 3h27.
- Les capteurs de températures interne et externe ont fonctionné comme convenu
- Les possibilités techniques maximales du capteur utilisé pour la pression n'ont pas permis de connaître le maximum véritablement atteint. Le dernier chiffre connu : 117.98 hPa.
- La vitesse du son minimale a été de 91.55 m/s. Ceci à cause d'un oubli sur le modèle final de la nacelle. En effet, un émetteur et un récepteur de son, chacun collé à une extrémité d'un tube permettait de connaître la célérité du son. Lors des différents essais, un trou minuscule avait été fait afin de permettre une décompression au fur et à mesure de la montée de la nacelle. Malheureusement, nous avons oublié de le faire sur le modèle réel.
- L'appareil photo est tombé en panne 10 jours avant le départ, ce qui a entraîné l'abandon des prises de photos et l'atteinte du deuxième objectif.
- Grâce à toutes les mesures recueillies avec le suivi de télémétrie, il a été estimé que la distance parcourue devait se situer entre 144 à 156 km. Pour ce qui concerne l'endroit où elle a pu atterrir, au vu des calculs, du vent pratiquement inexistant, elle devrait se situer dans l'arc de cercle dessiné sur cette figure.



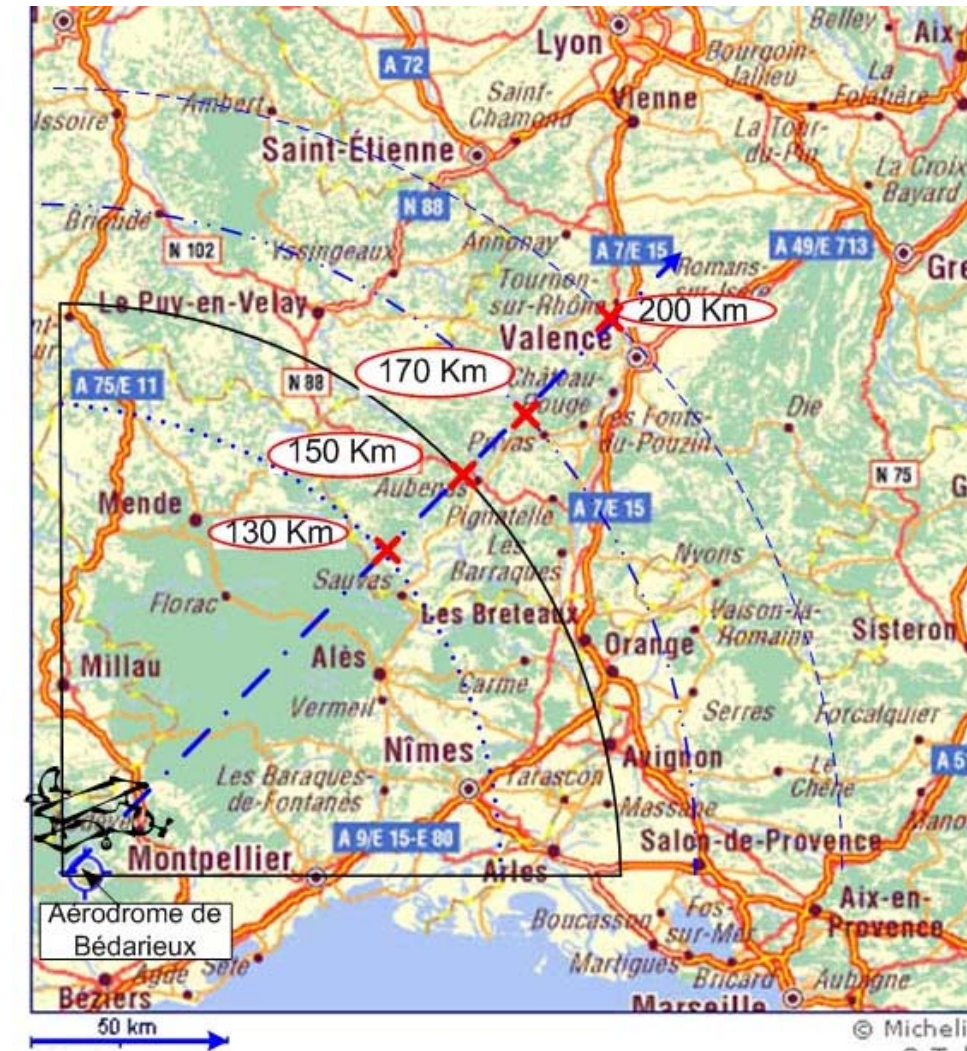


Figure 3 : Carte de localisation de la nacelle



### 1. Tension des piles

10 piles de 1.5 volt permettaient d'alimenter le Kiwi ainsi que toutes les cartes électroniques. On peut constater qu'en 3h30, la tension n'a pas beaucoup baissé. En effet, elle a varié de 14.63V à 12.18V.

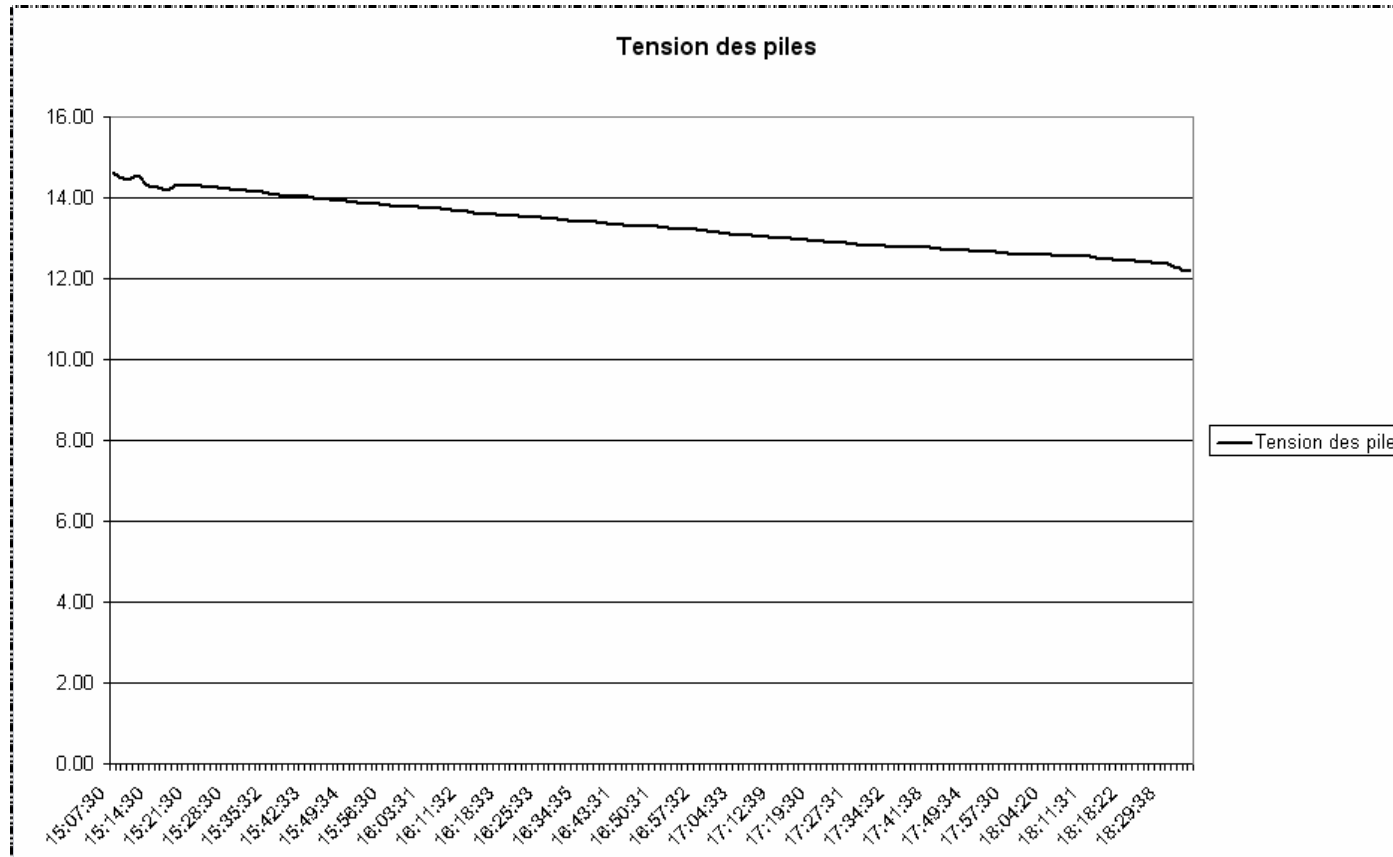


Figure 3a : Courbe de la Tension des piles





## 2. La vitesse du son

La courbe montre bien ici, le minimum atteint assez rapidement après le départ : 91.55 m/s. On pourrait croire que les capteurs n'ont pas résisté à la pression du tube. Mais si l'on regarde bien, on s'aperçoit qu'à 18h30 les capteurs se remettent à fonctionner. 289.62 m/s puis 300.15 m/s au moment de la perte de la liaison radio.

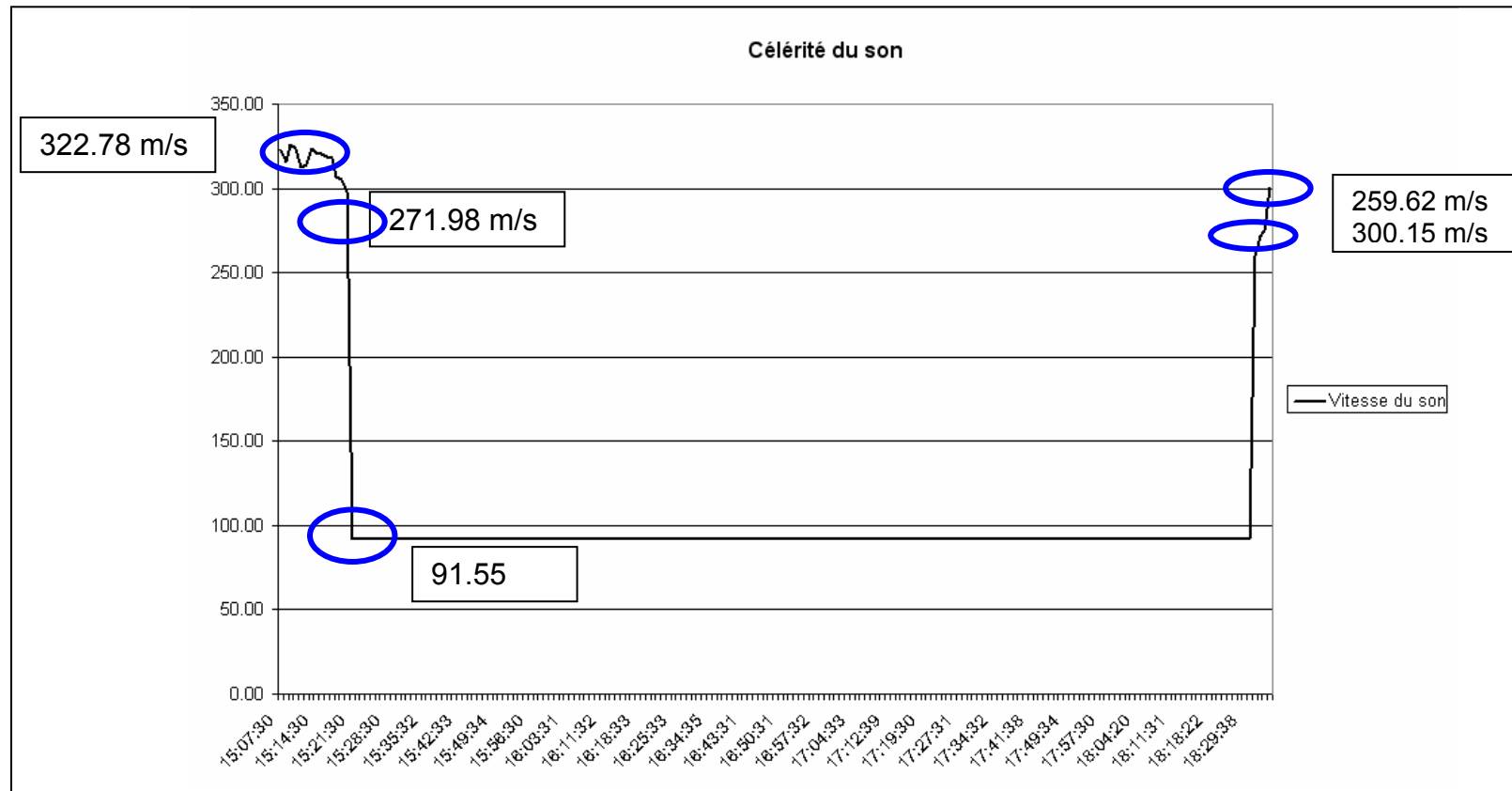


Figure 3b : Courbe de la Célérité du son



### 3. La pression atmosphérique

La pression au départ était de 969.27hPa à 377 m, altitude de l'aérodrome de Bédarieux. Au cours de la montée du ballon, le capteur est descendu jusqu'à 117.98 hPa. Ses capacités techniques ne nous ont pas permis de connaître la pression au-delà de cette valeur. Nous savons toutefois que la pression est descendue plus bas, car si l'on regarde la courbe des températures externes, la plus basse est de  $-64.09^{\circ}\text{C}$ . Ceci qui nous permet de dire que le ballon est monté à une altitude de plus de 25 000 m. Or à une altitude d'environ 15 800 m, la pression atteinte est de 91.55 hP.

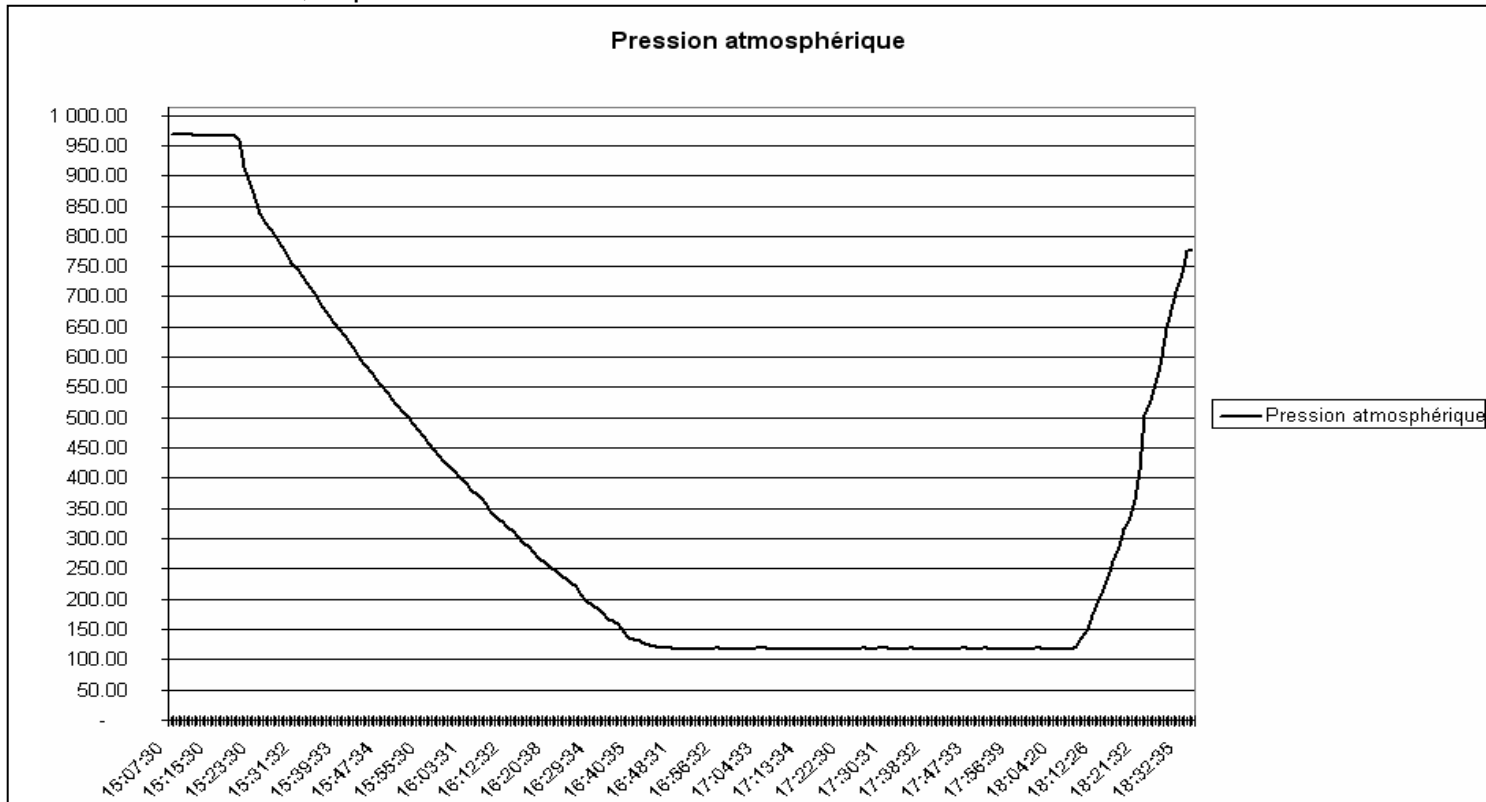


Figure 5 : Courbe de la Pression atmosphérique



#### 4. La température externe

Au moment du lâcher, la température au sol était de 42.55°C. La courbe montre ici, qu'elle est descendue progressivement, pour atteindre un premier palier vers -22°C, puis un deuxième moins abrupte jusqu'à -30°C, puis la courbe remonte jusqu'à -1.36°C et redescend brutalement pour atteindre -64.09°C. Elle remonte ensuite à 12°C moment où la liaison radio est perdue. La première idée qui vient à l'esprit est que la nacelle a dû se retrouver face au soleil, ce qui expliquerait la montée de la température.

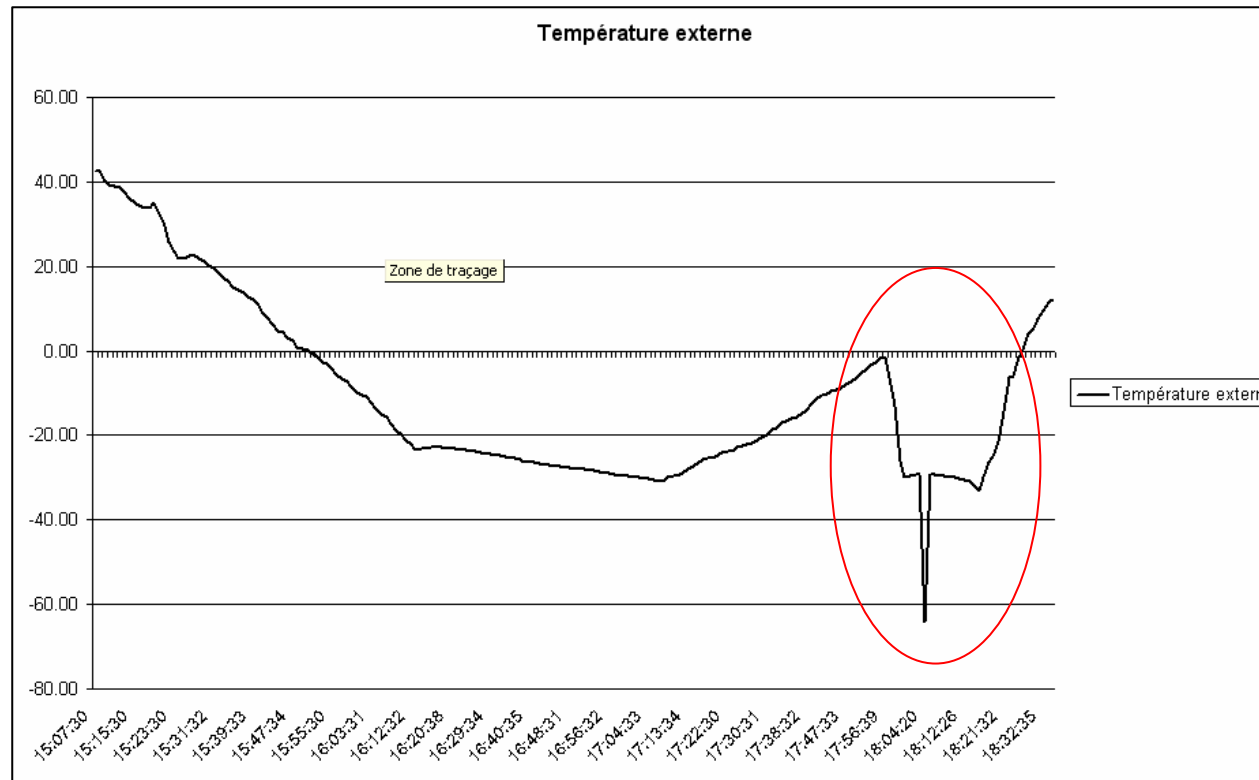


Figure 6 : Courbe des Températures extérieures



### 5. La température interne

Elle était de 41.73°C au début du vol pour atteindre 9.55°C en milieu de vol, pour chuter finalement à -0.14°C au moment de la perte de la liaison radio.

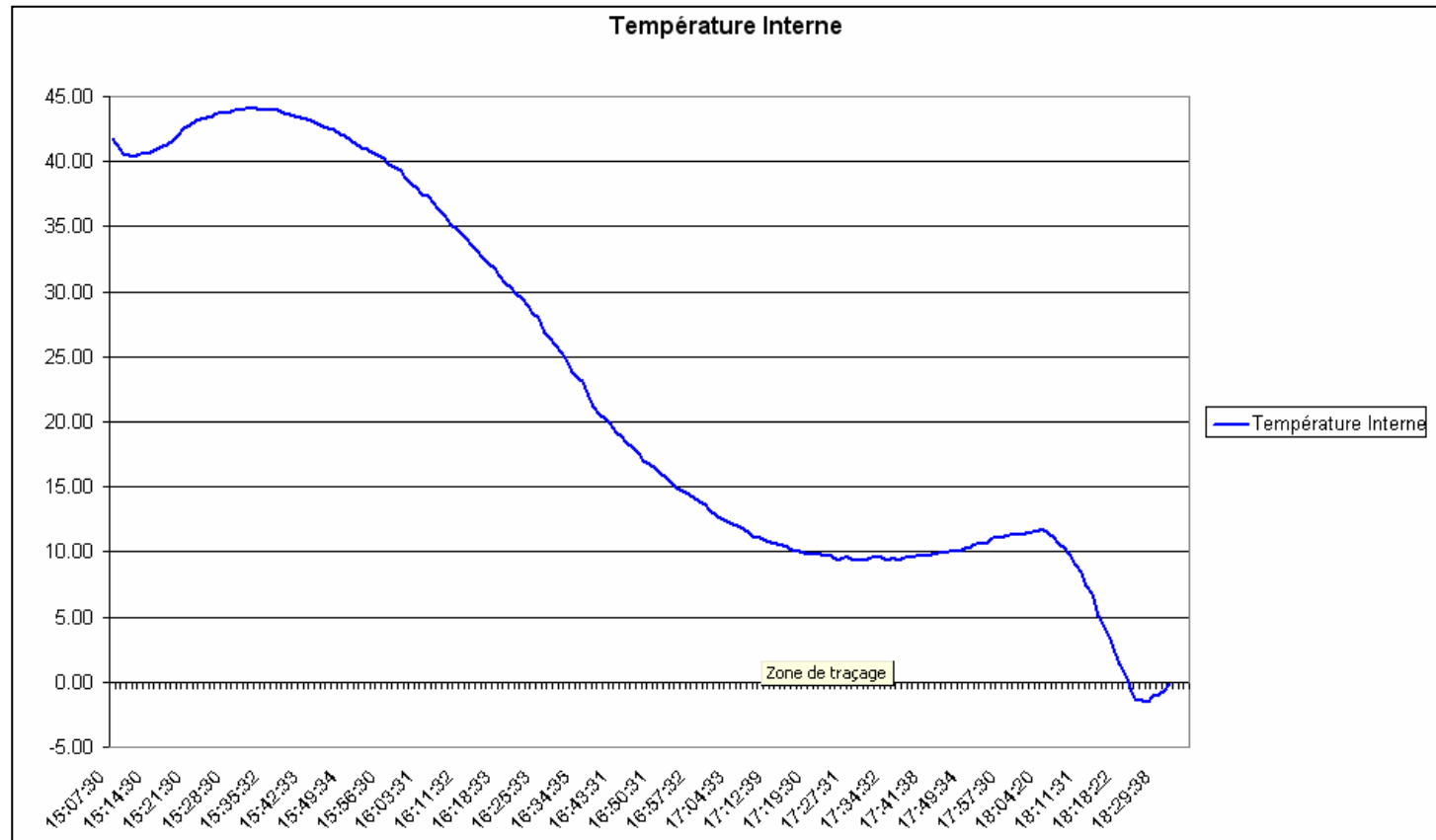


Figure 7 : Courbe des Températures internes



## **6. Prise de photos**

Aucunes photos n'a été prises, puisque l'appareil étant tombé en panne, cette partie du projet a du être abandonné.



## 4. Contenu scientifique

### 1. Quelles expériences ?

Expériences	Objectifs
Mesurer la tension des piles	Connaître en permanence le voltage alimentant les circuits des différentes expériences
Mesurer la vitesse de propagation du son	Connaître la variation de la célérité du son en fonction de la température et de l'altitude
Mesurer la pression atmosphérique	Connaître l'altitude du ballon au cours de son ascension
Mesurer la température externe	Avoir un relevé de la variation de température afin de calculer l'altitude
Mesurer la température interne	Vérifier que tout le système électronique dans la nacelle fonctionnait dans de bonnes conditions
Prendre des photos	Calculer le diamètre de la terre
Télémesure Kiwi	Retransmettre en temps réel de toutes les mesures faites par les différents capteurs, sauf les photos.





## 2. Quelles mesures ? Avec quels capteurs ?

### La vitesse de propagation du son

Cette expérience avait pour but de savoir si le son se propageait à la même vitesse en fonction de l'altitude et de la température.

#### Qu'est ce que la vitesse de propagation du son ?

Dans un milieu matériel élastique comme l'air, le son se propage sous forme d'une variation de pression créée par la source sonore.

*Grâce à son élasticité, cette déformation gagne du terrain. Le phénomène se produit sans transport de matière. Donc après le passage des secousses, le milieu redevient lui-même !*

Un haut-parleur, par exemple, utilise ce mécanisme. De manière identique, lorsque l'on observe des ronds dans l'eau, les vagues se déplacent mais l'eau reste au même endroit.

Elle ne fait que se déplacer verticalement et non suivre les vagues

Pour la même raison, il n'y a pas de « vent » devant un haut-parleur.

La vitesse de propagation du son dépend du milieu dans lequel il est émis.

C'est en fait la distance que le son parcourt pendant une unité de temps. Elle est exprimée en m/s

Elle dépend de sa compressibilité (ou élasticité) du milieu et de la masse volumique (ou densité) de ce même milieu.

#### Comment calculer la vitesse du son ou célérité?

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho\chi}}$$

Où

$\rho$  est la masse volumique du gaz.

Elle est égale à la Pression (exprimée en Pascal) divisée par  $(287.053 \times T \text{ } ^\circ\text{K})$

Et

$\chi$  sa compressibilité.

Conclusion : La célérité du son diminue lorsque la densité du gaz et sa compressibilité (aptitude à changer de volume sous l'effet de la pression) augmente.



### Exemples de vitesses du son pour différents matériaux

Le tableau suivant donne quelques exemples pour quelques matériaux à une température de 20°C.

Matériaux	Célérité du son en (m/s)
Air	343
Eau	1 480
Glace	3 200
Verre	5 300
Acier	5 200
Plomb	1 200
Titane	4 950
PVC (mou)	80
PVC (Dur)	1 700
Béton	3 100
Hêtre	3 300
Dans l'acier	5 000
Dans l'aluminium	6 400

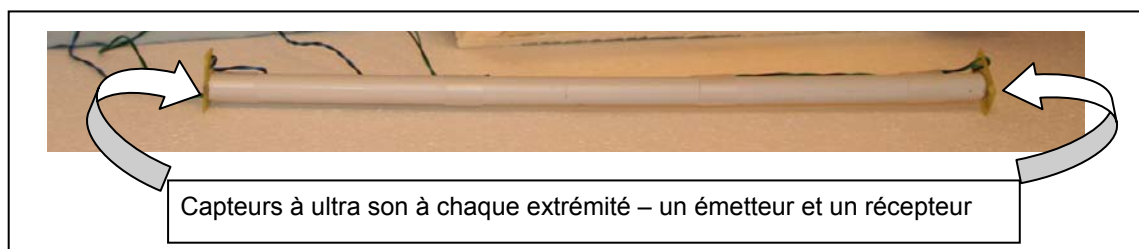
Conclusion : La vitesse du son augmente avec la densité du milieu traversé :

$$V_{\text{son solide}} > V_{\text{son liquide}} > V_{\text{son gaz}}$$

Afin de voir comment cela se passait vraiment, nous avons donc placé deux capteurs à ultra son à chaque extrémité d'un tube fixé lui-même au dessous de la nacelle. Chacun émettait une impulsion émission – réception, et la vitesse entre les deux était calculée grâce à un circuit électronique piloté par un microprocesseur.

Afin que le tube ne soit pas comprimé pendant l'ascension, nous avons prévu de faire un mini trou (comme sur les stylos bille). Malheureusement, nous avons tout simplement oublié de le faire sur le modèle réel, alors que sur les différentes maquettes, nous n'avons jamais oublié.

Résultats : la vitesse de propagation est brutalement à 91.55 m/s. Nous avons pensé dans un premier temps que les capteurs n'avaient pas résisté au choc, mais l'on s'aperçoit sur la courbe que pendant la descente, ils recommencent à émettre et recevoir. Valeurs enregistrées sur la fin : 259.62 m/s et 300.15 m/s au moment de la perte de la liaison radio.



**Figure 8 : Tube avec les capteurs ultra son pour la célérité du son**



## La pression atmosphérique

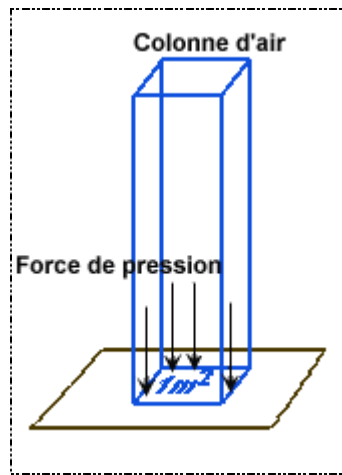
Par définition, la pression en un point est donnée par le poids de la colonne d'air qui le surmonte. Lorsqu'on s'élève, la hauteur de cette colonne diminue, tout comme son poids, et la pression diminue en conséquence. Physiquement parlant il s'agit d'une force s'exerçant par unité de surface

$$\rho = F/S.$$

$\rho$  = pression

F = force

S = surface



**Figure 9 : Représentation de la force de pression**

La loi de variation de la pression avec l'altitude suit à peu près une loi logarithmique. En effet, on peut ainsi déterminer que dans les basses couches de l'atmosphère (entre le sol et 4 km d'altitude), la pression diminue de 1.25 mbar en moyenne tous les 10 m (8.60m au sol et 12.5m à 4 km d'altitude).

Les valeurs standards sont : 850 mb à 1500m, 700 mb à 3000m, 500 mb à 5500 m, 250 mb à 10400m, 200 mb à 12 km.

Voilà pour ce concerne la définition. Passons maintenant à notre expérience.

Cette expérience avait pour but de déterminer à quelle pression le ballon était soumis lors de son ascension et de sa descente.

Le capteur utilisé était un modèle MPX5100AP de chez Motorola. La plage de valeurs qu'il peut atteindre est de 15 à 115 kPa (soit 150hPa à 1150hPa). La pression minimale à atteindre pouvait être 55hPa si le ballon montait à 20 000m et entre 26 et 1 hPa s'il atteignait 30 000m.

Lors de l'ascension, le capteur a atteint un minimum de 117.98hPa. Nous ne pourrions donc pas savoir à quelle altitude il est vraiment monté, ni à quelle pression il a été vraiment soumis.

Il aurait fallu pouvoir se procurer un capteur pouvant couvrir une plage entre 1013hPa et 20 hPa, mais nous n'avons pas réussi.

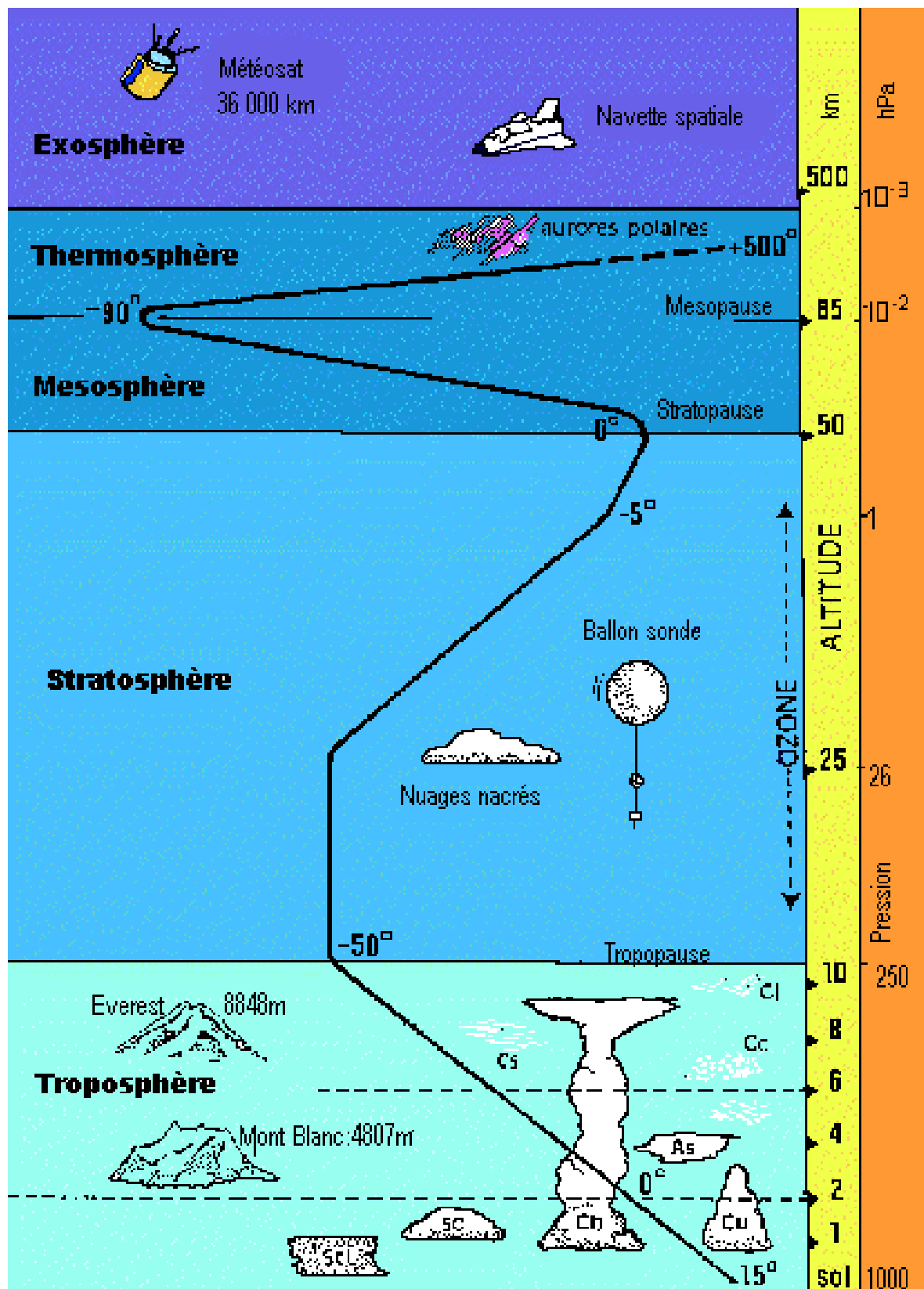


Figure 10 : Coupe atmosphérique



## La température externe

L'objectif de cette expérience était d'une part de connaître la variation de température extérieure à la nacelle au cours de l'ascension puis de la descente, et d'autre part de voir en fonction de cette température comment la vitesse su son variait elle aussi.

La température varie en fonction de l'altitude. Ce qui nous permettait donc ensuite avec une analyse de cette variation et celle de la pression atmosphérique de connaître l'altitude approximative atteinte par le ballon.

En effet, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a défini une atmosphère de référence :

- au niveau de la mer, l'air est à 15 °C et à 1 013 hPa ;
- dans la troposphère soit de 0 à 11 km, la température décroît linéairement de -6,5 °C par km, elle a donc une température de -56,5 °C à la tropopause ;
- à la tropopause et à la basse stratosphère, entre 11 et 20 km d'altitude, la température est constante et vaut -56,5 °C ;
- dans la moyenne stratosphère, entre 20 et 32 km, l'air se réchauffe linéairement de +1 °C par km, elle atteint donc -44,5 °C à 32 km d'altitude.

Pour la météorologie, on extrapole ce modèle pour des altitudes plus élevées :

- dans la haute stratosphère, entre 32 et 47 km d'altitude, la température croît linéairement de +2,8 °C par km, atteignant -2,5 °C à 47 km ;
- dans la stratopause, de 47 à 51 km, la température reste constante à -2,5 °C.

Le capteur de température était placé à l'extérieur de la nacelle mais non protégé du soleil. Ceci a faussé les données réelles. En effet, en vue direct avec le soleil, le capteur peut atteindre de valeur élevées au dessus de zéro, au lieu des -56°C prévus. C'est ce qui s'est visiblement passé. Car, si l'on regarde la courbe, on constate que la température est progressivement descendue jusqu'à 17h15 de 42°C à -30°C puis est remontée jusqu'à 18H00 aux environs de 0°C pour redescendre brusquement à -64°C à 18h15 puis ensuite remonter à 12°C à 18h34 heure où la liaison radio a été perdue.

Ce que nous pouvons en déduire c'est que la nacelle a sûrement tournée sur elle même lorsqu'elle a atteint la fin de la troposphère, s'est retrouvée face au soleil, ce qui expliquerait la remontée de la température (-1.36°C), puis a de nouveau tournée, d'où la chute jusqu'à -64°C . Le ballon devait alors se trouver dans stratosphère, entre 20 000m et 30 000m.

## La température interne

Le but de cette expérience était de vérifier qu'à l'intérieur de la nacelle, les composants électroniques ne subissaient pas de variations trop importantes et pouvaient fonctionner de manière optimale.

On peut constater qu'elle était de 41.73°C au début du vol pour atteindre finalement -0.14°C.



A partir des valeurs de l'OACI récapitulées dans le tableau ci-dessous, nous avons tracé les courbes types que nous devons trouver.

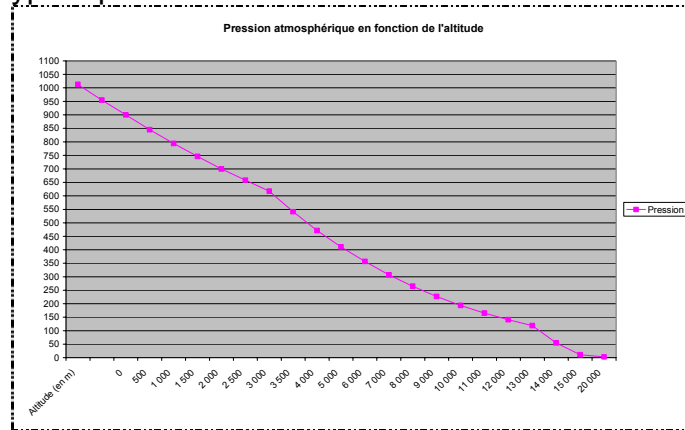


Figure 11 : Courbe théorique de la pression atmosphérique

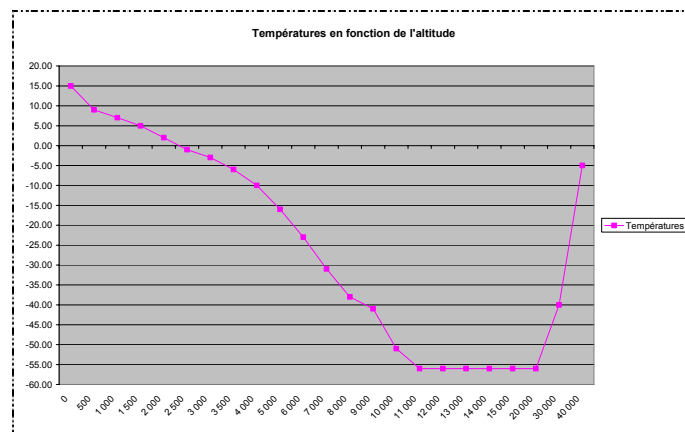


Figure 13 : Courbe théorique de la température en altitude

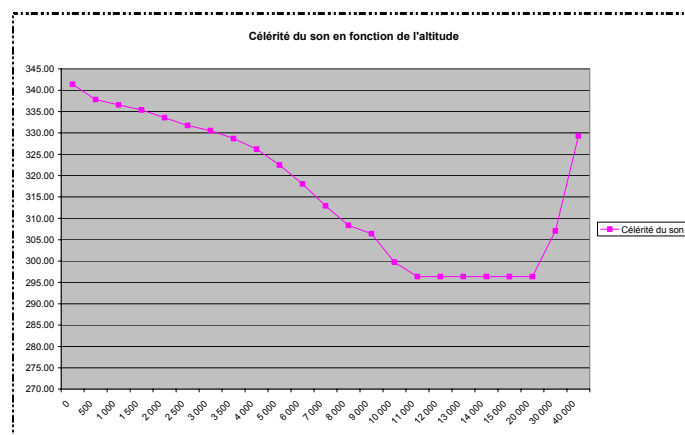


Figure 14 : Courbe théorique de la célérité du son





## La prise de photos

Avant de calculer le diamètre de la terre à partir de photos, il faut tout d'abord calculer l'angle d'inclinaison de l'appareil photo dans la nacelle, puis déclencher automatiquement le mécanisme. C'est pour cette raison que l'appareil choisi est un appareil argentique à déclenchement automatique.

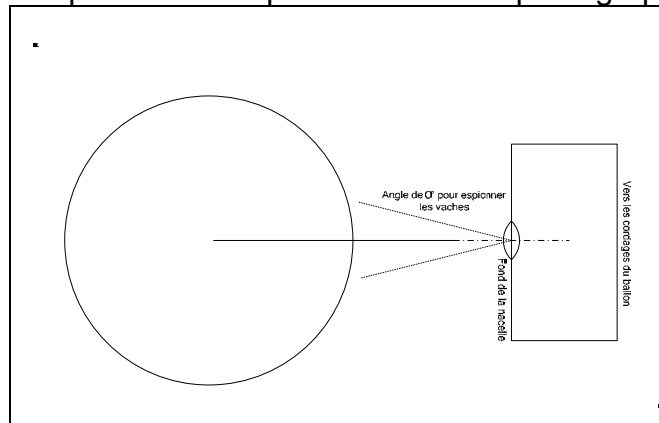
Des questions se posaient encore :

- A quelle altitude faut-il commencer la prise des photos ?
- Toutes les combien de minutes faut il en faire ?

### Orientation de l'appareil photo

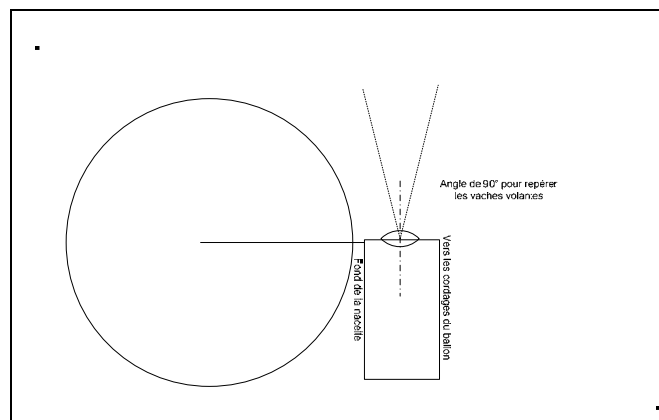
Afin d'obtenir le profil de la Terre sur la pellicule, il convient d'orienter l'appareil photo selon un angle à déterminer.

- Si l'on décide que l'angle vaut  $0^\circ$  (à la verticale), nous immortaliserons le dos des vaches, mais pas l'horizon que nous voulons photographier !



**Figure 15 : Représentation de la terre et de la nacelle avec un angle =  $0^\circ$**

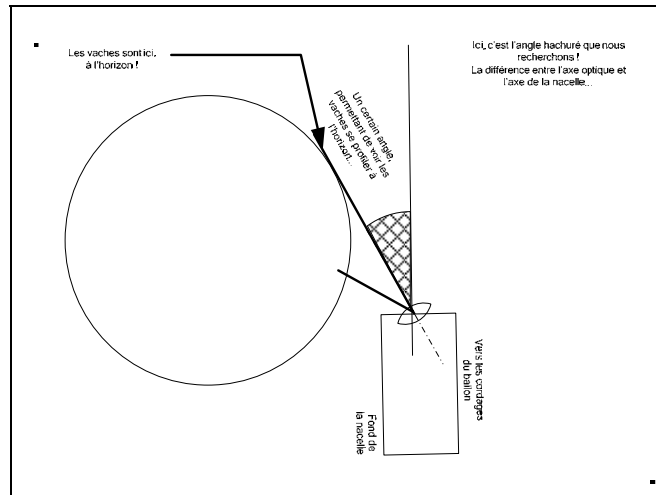
- Si l'angle est de  $90^\circ$  (à horizontale), nous photographierons l'horizon pendant les premières minutes (il sera vraisemblablement rectiligne à cette faible altitude), puis il y a de bonnes chances que la Terre se situe ensuite "sous" l'appareil photo et nous n'aurons plus que du joli ciel bleu sur chaque photo !



**Figure 16 : Représentation de la terre et de la nacelle avec un angle =  $90^\circ$**



- Il faut donc incliner l'appareil d'un "certain angle", pour obtenir de bonnes images à une "certaine altitude"...Pour fixer les idées, les premières photos intéressantes devraient se situer vers 10.000 m, et ensuite jusqu'à 30.000 m.



**Figure 17 : Représentation de la terre et de la nacelle avec un angle à déterminer**

Vous remarquerez, que la lentille est inclinée par rapport à la nacelle, d'un "certain angle" !

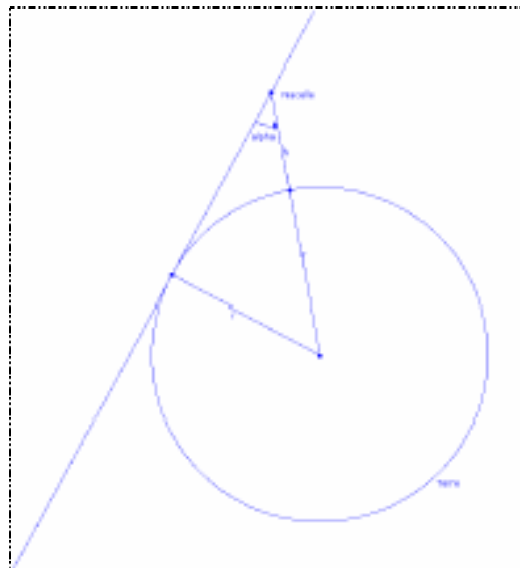
L'objectif est de trouver l'angle entre l'axe horizontal de la nacelle au repos et l'axe optique, pour intercepter l'horizon à plus de 10.000 m.

L'angle intercepté par la lentille (entre les deux traits pointillés) devrait être de l'ordre de 120 degrés d'angle. C'est une information à utiliser en fin de calcul pour vérifier ensemble les résultats.

**Mais en première approche** on peut raisonner avec l'axe optique de la lentille qui doit se trouver à proximité de l'horizon. Il ne peut pas l'être en permanence cependant (le ballon monte, donc l'horizon descend).



Calcul de l'angle d'inclinaison



**Figure 18 : Géométrie pour calculer l'angle d'inclinaison de la nacelle**

Dans le triangle ici formé, on peut dire que la tangente de l'horizon forme un angle droit avec le rayon, donc :

$$\sin(\alpha) = r / r + h$$

soit

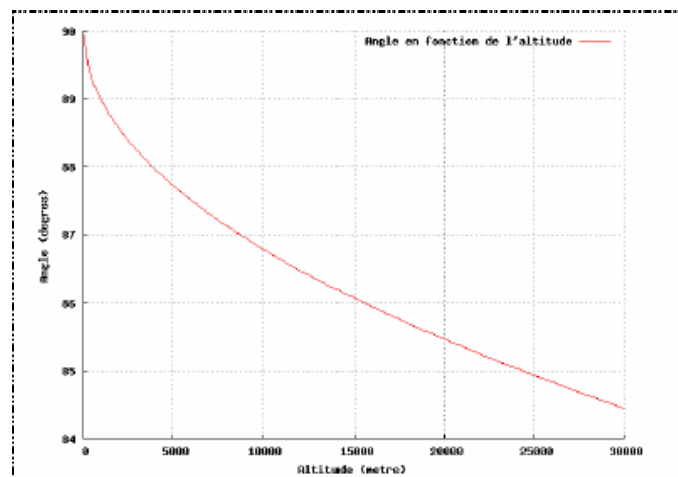
$$\alpha = a \sin(r / r + h)$$

Définissons sur [0;30000], altitude du niveau de la mer à celle atteinte par le ballon au maximum, la fonction f(h) donnant l'angle  $\alpha$  en fonction de l'altitude (et du diamètre de la terre).

On sait que r=6 378 140m

$$f(h) = a \sin(6378140) / (6378140 + h)$$

Sur l'intervalle de définition, f(h) est constamment décroissante :



**Figure 19 : Courbe de l'angle en fonction de l'altitude**



On peut remarquer les valeurs suivantes :

$$f(0)=90^\circ$$

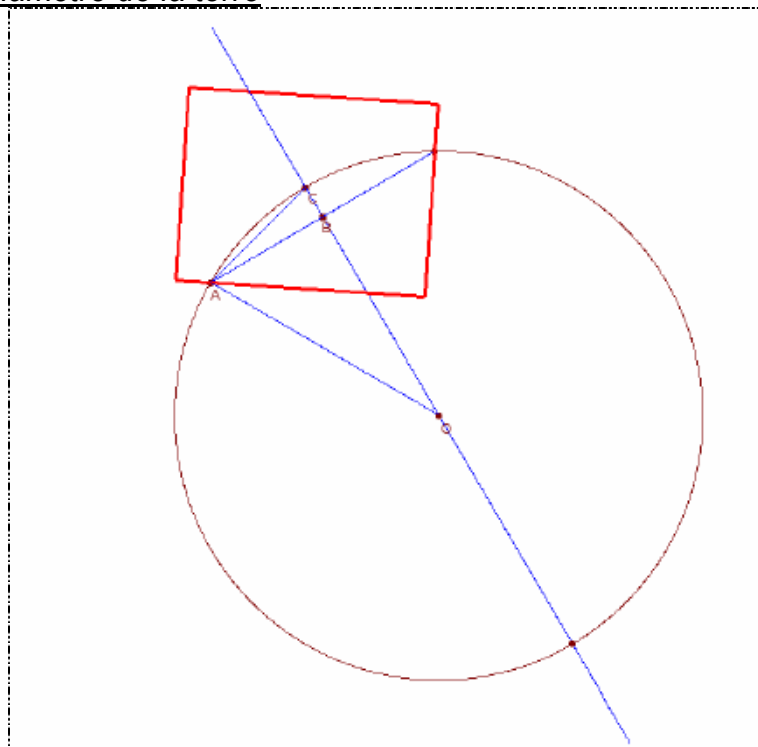
$$f(10000)=86^\circ$$

$$f(30000)=84^\circ$$

La variation de l'angle est de  $6^\circ$ , ce qui est dans l'angle de vision d'un appareil photo.

Conclusion : une orientation unique de l'appareil selon un angle de  $85^\circ$  serait optimale pour capturer l'ensemble de la montée.

### Calcul du diamètre de la terre



**Figure 21 : Géométrie du calcul du diamètre de la terre**

Calcul du diamètre à partir de la corde et de la flèche

Voici ce qu'on obtient si on intègre la photo au cercle complet. On peut tirer quelques égalités :

$$r = OA = OC$$

$$OB + BC = OC = r \Rightarrow OB = r - BC$$

On connaît AB et BC

Notre ami Pythagore nous permet d'écrire :

$$OA^2 = AB^2 + OB^2 \Leftrightarrow r^2 = AB^2 + (r - BC)^2$$

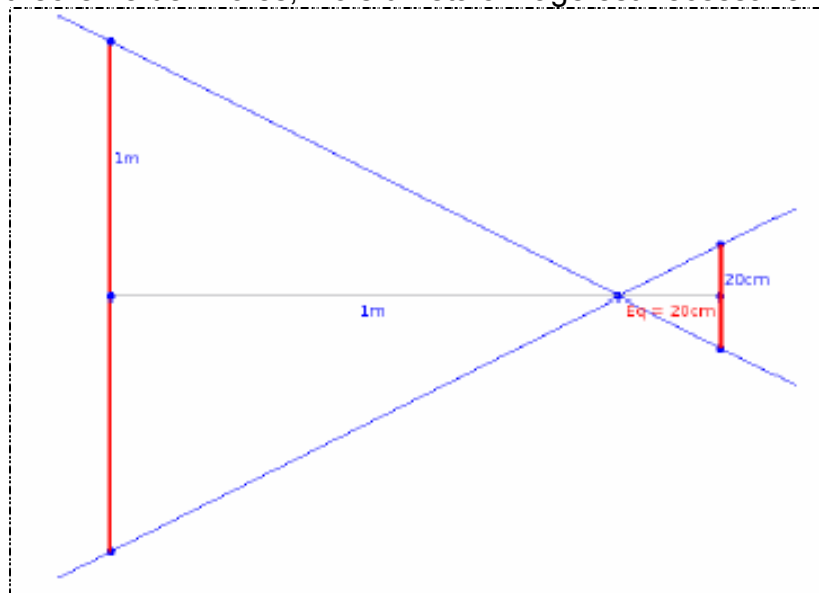
$$AB^2 + r^2 - 2rBC + BC^2 - r^2 = 0$$

$$2rBC = AB^2 + BC^2$$



$$r = \frac{AB^2 + BC^2}{2BC}$$

Maintenant nous cherchons à pouvoir mettre à l'échelle ce rayon. La mise à l'échelle dépend de la distance à l'objet et de la taille qu'il a sur la photo. Nous pouvons pour ceci utiliser le théorème de Thalès, mais un étalonnage est nécessaire.

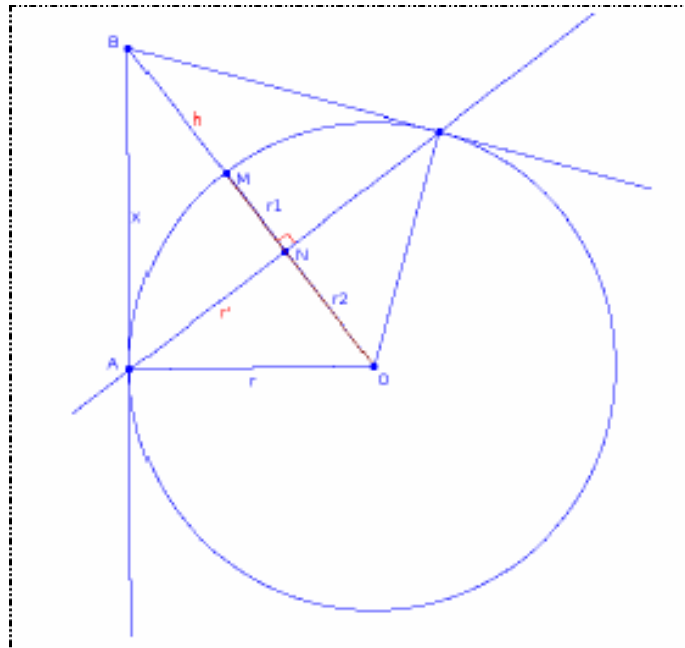


**Figure 22 : Etalonnage**

Un étalonnage approximatif est fait. On suppose qu'un objet de 1m de haut pris à 1 mètre de distance mesure 20cm de haut sur la photo. On cherche la « distance équivalente » entre la photo et la lentille.

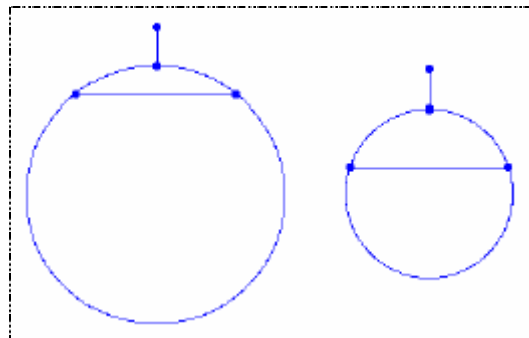
$$\frac{Eq}{100} = \frac{20}{100} \Rightarrow Eq = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

Pour connaître le rayon réel, on doit d'abord savoir à quelle distance se situe l'horizon.



**Figure 23 : Géométrie pour calculer l'horizon**

Or un problème se pose, si on fait simplement varier la distance MN, qui nous est inconnue, on obtient différents cercles.

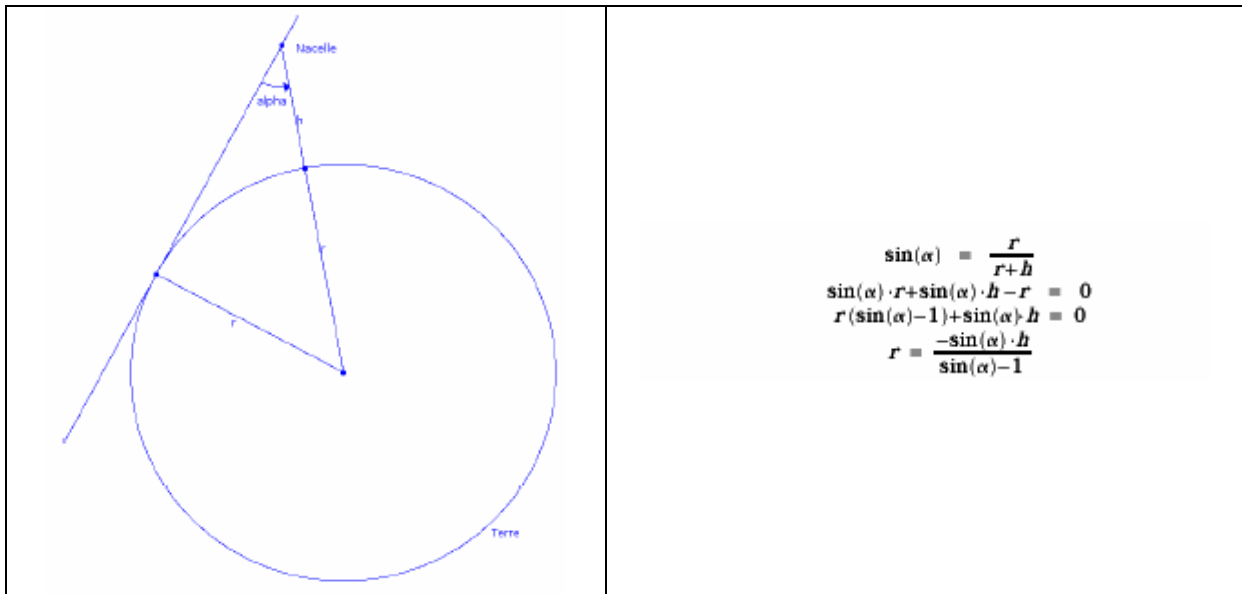


**Figure 24 : Représentation du résultat**

On peut en déduire que l'obtention du diamètre de la Terre ne peut être fait sans connaître l'angle ABO

Puisque cet angle est nécessaire au calcul du diamètre, il serait possible d'envisager un calcul beaucoup plus simple en inversant simplement la formule du chapitre précédent.





$$\begin{aligned}\sin(\alpha) &= \frac{r}{r+h} \\ \sin(\alpha) \cdot r + \sin(\alpha) \cdot h - r &= 0 \\ r(\sin(\alpha) - 1) + \sin(\alpha) \cdot h &= 0 \\ r &= \frac{-\sin(\alpha) \cdot h}{\sin(\alpha) - 1}\end{aligned}$$

Il est donc possible d'obtenir le rayon à partir de la fonction  $f(\alpha) = \frac{-\sin(\alpha) \cdot h}{\sin(\alpha) - 1}$

Dans tout les cas, l'angle est nécessaire au calcul du rayon. Cependant, il nous est impossible de le connaître avec les dispositifs actuellement prévu. Ainsi se pose la question suivante : [Comment connaître l'angle de l'horizon de manière fiable et précise ?](#)



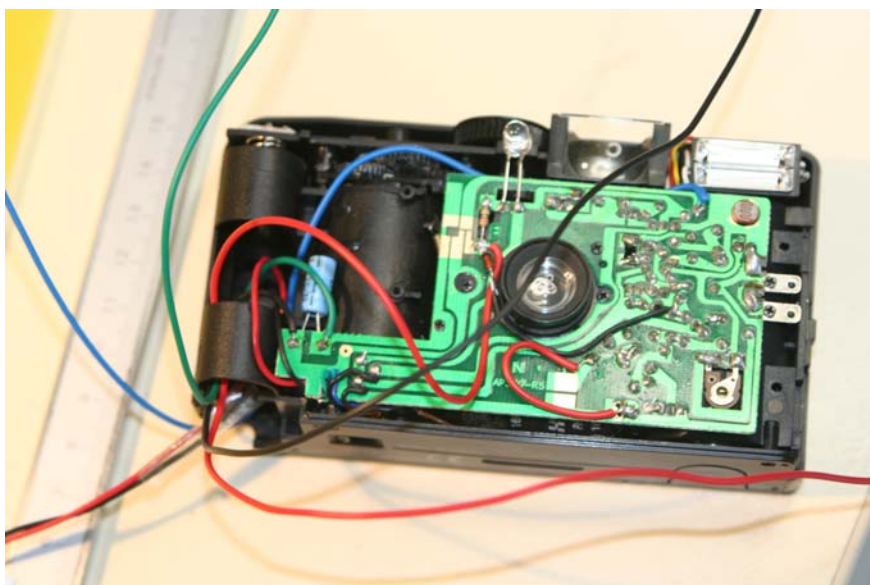
### Déclenchement automatique de l'appareil

Le modèle utilisé possède un déclenchement mécanique de l'obturateur. Un circuit imprimé avec un relai piloté par le microcontrôleur, permet à un électroaimant de déclencher un moteur. Ce moteur appuie sur le bouton.

Une photo sera faite toutes les 5 minutes afin d'obtenir le nombre de photos pour calculer le diamètre de la terre.

Mais dix jours avant le lâcher du ballon, l'appareil est tombé en panne, et nous avons été dans l'impossibilité de le réparer. Il nous a donc fallu racheter dans l'urgence un autre appareil. Mais le modèle, acheté sur un site Web de vente d'occasion, n'était pas identique au premier - (plus grand, plus lourd, et peu démontable).

De plus contrairement à l'annonce, l'obturateur ne se déclenchait pas électriquement. Nous avons alors essayé de fabriquer un système mécanique, mais le temps nous a manqué, et nous avons préféré abandonner la prise de photos, plutôt que de mettre en échec le projet tout entier.



**Figure 25 : Appareil photo démonté pour accès à l'électronique**



### **3. Protocole d'étalonnage :**

Afin de tester et d'étalonner chaque circuit électronique ainsi que la carte mère, dans des conditions les plus proches de la réalité, nous avons fabriqué une mini nacelle. Cette dernière était de taille à rentrer dans un tiroir de congélateur en hauteur. (25 x 25 x 25 cm).

Le congélateur quand a lui a été mis dans des conditions de températures minimum (- 26°C) et la nacelle a été mise plusieurs jours en test pour étalonner et vérifier que tout se passait bien.

Une fois que tout le système électronique fonctionnait, nous avons testé le Kiwi dans les conditions proches de la réalité du lâcher. (Nacelle, antenne et logiciel)

Nous avons fabriqué spécialement une antenne avec deux tubes d'acier carrés de deux mètres chacun, avec en plus au bout une tige en bois afin que le dernier tronçon soit non conducteur à la proximité de l'antenne.

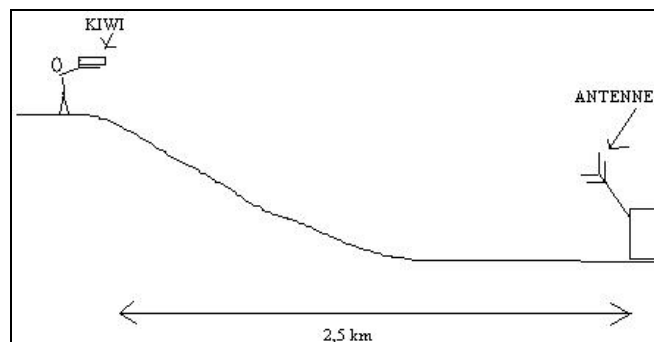


**Figure 26 : Fabrication et montage de l'antenne**

Pourquoi ? Tout simplement parce qu'en testant avec une antenne de 1mètre de haut, la réception n'était pas satisfaisante. Avec cette antenne de 5mètres, nous avons toujours eu des résultats satisfaisants.

#### Premiers tests :

Antenne simple au club, et la nacelle à 2.5Km sur les hauts du village. Résultats peu marquants. La réception n'était pas très bonne.

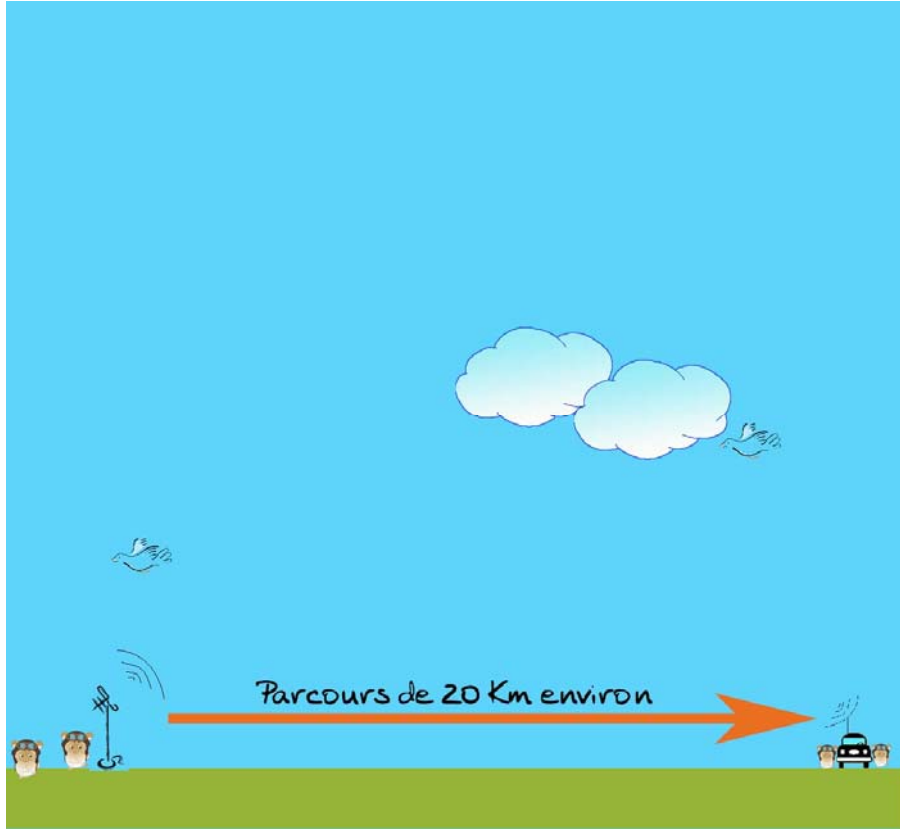


**Figure 27 : Premiers tests**

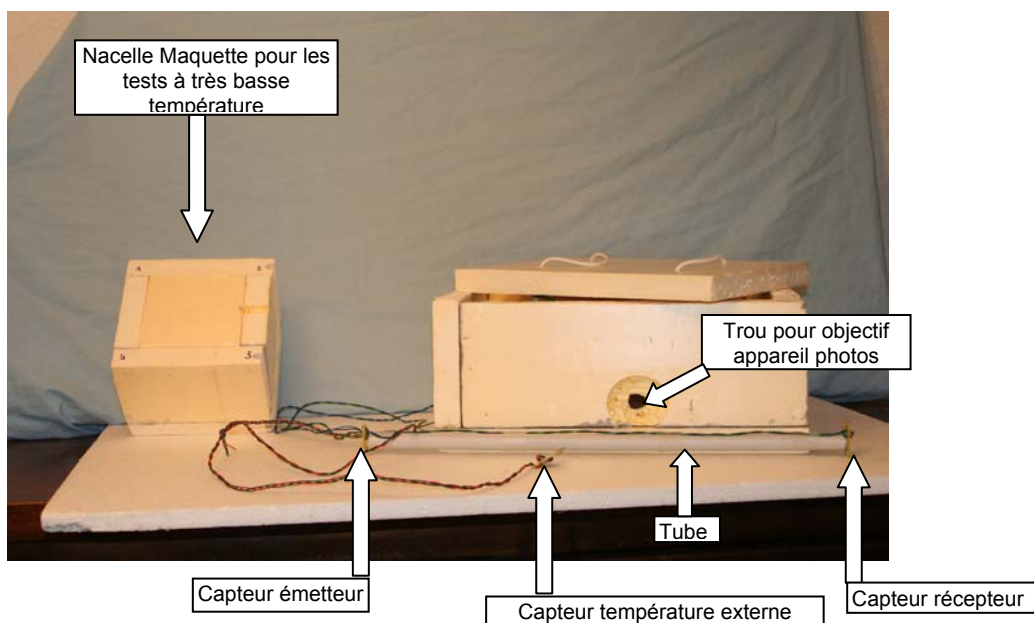


Deuxièmes tests après fabrication du pied pour l'antenne :

En nous déplaçant avec la nacelle dans une voiture en mouvement et en laissant l'antenne au club, nous avons pu avoir une réception sur 20Km sans problème.



**Figure 28 : Tests avec antenne de 5m**



**Figure 29 : Maquette de la nacelle et maquette réelle**

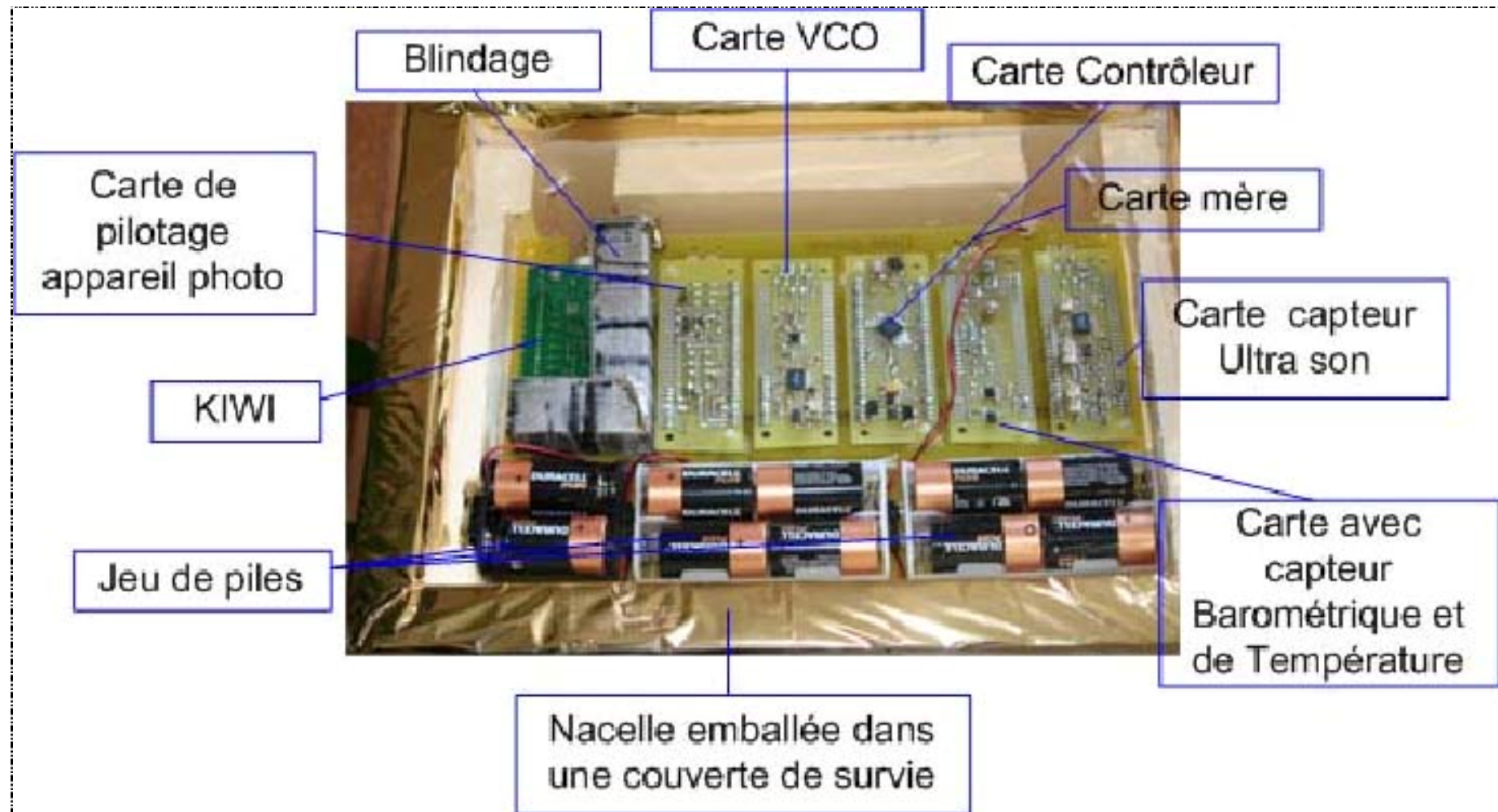


Figure 30 : Nacelle et système électronique complet et détaillé





## 5. Le contenu technique du projet

### 1. Systeme de récupération

Le système de récupération pour la nacelle est un parachute fourni avec la chaîne de vol par le CNES.

Ici la chaîne de vol que nous avons mis au bout de notre ballon. Elle est composée d'un parachute (rouge et blanc aux couleurs du CNES), pour la chute de notre nacelle. Puis d'un réflecteur, gris métallisé en mylar afin cela soit visible sur les radars des avions



Figure 31 : Réflecteur radar

### 2. Systeme électronique

Le système électronique se compose d'une carte mère portant cinq cartes électroniques avec chacune un travail déterminé.

1. une carte avec le micro contrôleur,
2. une carte VCO,
3. une carte gérant l'appareil photo
4. une carte contrôlant le baromètre et la température.
5. une carte mesurant la vitesse de propagation du son,

Le système KIWI est relié à tout ce système électronique afin d'envoyer les informations. Ici c'est le signal numérique qui a été utilisé et non l'analogique.

Le système était alimenté par 10 piles de 1.5 volt chacune soit au totale 15Volts.



## **6. Gestion du projet :**

### **1. Cout de la nacelle**

<b>Frais administratifs</b>	
inscription à Planète-Sciences	50.00
<b>Construction de la nacelle</b>	
polystyrène extrudé + colle	15.00
couverture chauffante	2.95
<b>Module électronique</b>	
composants électroniques	102.50
10 piles 1.5volts LR14	27.50
2 piles 9volts 6LR61	10.70
appareil photo	10.00
tube PVC	2.00
<b>Antenne</b>	
tube acier	17.15
petite visserie	5.70
<b>Cout Total</b>	<b>243.50</b>

### **2. Ressources financières :**

Pour les fonds nécessaires à la constitution du projet nous avons récolté des fonds auprès des commerces, entreprises, ainsi que des mairies des villes alentours au club.

### **3. Ressources matérielles :**

Quant aux ressources matérielles nous n'avons rien obtenu !

### **4. Ressources humaines :**

En dehors des membres du club, nous avons été assistés par Planète-Sciences, et les professeurs de mathématique du Lycée F. Fabre de Bédarieux.

Nous les en remercions ici.

Beaucoup de renseignements ont été trouvés sur divers sites Internet.



## **7. Lâcher du ballon**

Nous avons invité pour le lâcher, les proches des membres du club, les donateurs et quelques sommités de la région : maires, responsables du lycée, professeurs, responsables d'entreprises et de commerces environnants, ...

Nous avons convoqué les proches pour 12h30 afin de faire un pique-nique en commun avec notre suiveur, Gabriel Bernard. Les autres invités étaient conviés pour 14h30, heure approximative du lâcher.

Une liste des rôles attribués à chacun a été faite. Chacun sa tâche.

### **1. Chronologie**

Heure	Action	Personne(s)
13h32	Installation de l'antenne	Fabrice Adèle et Sophie
13h40	Installation du QG	Toute l'équipe
13h45	Lecture et répartition des rôles	Marie
13h50	Vérification du poids de la nacelle	Rémy
14h00	Calcul et vérification de la quantité d'hélium	Marie et Rémy
14h00	Montage de la chaine vol	Marion et Adèle
14h05	Installation du PC, du récepteur	Marie et Rémy
14h10	Tests	Fabrice et Barbara
14h10	Installation de l'aire de lancement	Marion et Adèle
14h20	Vérification, avertissement à l'aviation civile du lâcher et autorisation du vol	Gabriel Bernard – suiveur Planète-Sciences
14h25	Dépliage et installation du ballon	Gabriel Bernard – suiveur Planète-Sciences
14h30	Début de Gonflage du ballon	Marie, Marion, Sophie, Barbara, Adèle et Rémy
14h35	Mise en place de piles dans la nacelle et mise sous tension	Barbara
14h40	Attache de la chaine de vol à la nacelle et au ballon	Barbara et Gabriel
14h45	Suite du gonflage du ballon	Gabriel Bernard et l'équipe
15h07	Lâcher du ballon	Toute l'équipe
15h07 à 18h34	Suivie du ballon	Toute l'équipe
18h34	Perte de la liaison radio	
18h45	Rangement de tout le matériel	Toute l'équipe





## 2. Quelques photos du jour du lâcher



Figure 32 : Montage de l'antenne



Figure 33 : Montage du QG



Figure 35 : Montage de la chaine de vol



Figure 34 : Répartition de rôle



Figure 36 : Calcul de la quantité d'hélium





Figure 37 : Vérification quantité d'hélium



Figure 38 : Déroulement du ballon



Figure 40 : Montage de piles



Figure 39 : Début du gonflage du ballon



Figure 41 : Apport de la nacelle vers l'aire





Figure 42 : Vérification de la réception du signal



Figure 43 : Fin du gonflage



Figure 44 : Décollage -4 secondes



Figure 45 : Décollage -1 seconde



**Figure 46 : Ca y est il est partit**



**Figure 47 : On remballe tout**



**Figure 48 : Impossible de défaire l'antenne**



Nous avons réussi à lancer notre ballon stratosphérique en respectant le cahier des charges prévues par Planète-Sciences et les échéances imposées au départ. Le ballon pris son envol le 24 juin 2006, Mais à ce jour, personne ne nous a signalé sa présence, ni ne nous l'a rapporté.

## **8. Bilan du projet**

Etant donné qu'il s'agit de notre premier projet Espace, fait dans le cadre de Planète-Sciences, le bilan global est positif.

Trois niveaux peuvent être expliqués : les difficultés rencontrées, les erreurs à ne plus refaire et enfin les satisfactions du projet.

### **1. Difficultés rencontrées :**

- Trouver de l'argent pour financer le projet
- Obtenir un appareil photo argentique et automatique assez petit et abordable
- Comprendre le fonctionnement du logiciel se référant au KIWI
- Trouver l'inclinaison de l'appareil photo, ainsi que la hauteur pour prendre la première photo
- Organiser les voyages pour les réunions et les formations
- Organiser dans le groupe la gestion du temps et le rôle de chacun

### **2. Erreurs à ne plus refaire :**

- Eviter de proposer des expériences compliqués et chères qui ne peuvent pas aboutir
- Manquer de rigueur au niveau du programme à suivre
- Oublier de percer le tube de capteur de son
- Oublier de faire des comptes rendus à la fin de chaque réunion

### **3. Satisfactions**

- Réussite de l'aboutissement du projet dans les temps
- Apprentissage d'une démarche projet
- Réflexions et recherche des résultats à obtenir

### **4. Conclusion**

Le projet « HamsterPower » a vu son apogée avec son lancement réussi le 24 juin 2006. Grâce à cela, nous pouvons repartir sur d'autres projets : ballons, mini fusées ou encore fusées expérimentales. L'analyse des résultats nous donne l'envie d'en refaire d'autres, qui eux aussi nous apporteront beaucoup de réflexion et de savoir faire.



## **9. Remerciements**

Nous remercions :

- tous les donateurs qui nous ont aidés moralement et financièrement,
- Planète-Sciences,
- les organisateurs de l'exposition Einstein qui nous ont aidés moralement, en nous accordons un prix de participation.
- le propriétaire de l'aérodrome de Bédarieux, qui nous a gentiment prêté son terrain pour le lancement

Nous remercions aussi, tous ceux qui se reconnaîtront, et nous ne citons pas ici.





## 10. Table des illustrations

Figure 1 : Schéma de la carte mère .....	4
Figure 2 : Nacelle .....	5
Figure 3 : Carte de localisation de la nacelle .....	7
Figure 3a : Courbe de la Tension des piles.....	8
Figure 3b : Courbe de la Célérité du son .....	9
Figure 5 : Courbe de la Pression atmosphérique.....	10
Figure 6 : Courbe des Températures extérieures .....	11
Figure 7 : Courbe des Températures internes .....	12
Figure 8 : Tube avec les capteurs ultra son pour la célérité du son.....	16
Figure 9 : Représentation de la force de pression .....	17
Figure 10 : Coupe atmosphérique.....	18
Figure 11 : Courbe théorique de la pression atmosphérique .....	20
Figure 13 : Courbe théorique de la température en altitude.....	20
Figure 14 : Courbe théorique de la célérité du son .....	20
Figure 15 : Représentation de la terre et de la nacelle avec un angle = 0° .....	21
Figure 16 : Représentation de la terre et de la nacelle avec un angle = 90°.....	21
Figure 17 : Représentation de la terre et de la nacelle avec un angle à déterminer.....	22
Figure 18 : Géométrie pour calculer l'angle d'inclinaison de la nacelle.....	23
Figure 19 : Courbe de l'angle en fonction de l'altitude .....	23
Figure 21 : Géométrie du calcul du diamètre de la terre .....	24
Figure 22 : Etalonnage .....	25
Figure 23 : Géométrie pour calculer l'horizon .....	26
Figure 24 : Représentation du résultat .....	26
Figure 25 : Appareil photo démonté pour accès à l'électronique .....	28
Figure 26 : Fabrication et montage de l'antenne .....	29
Figure 27 : Premiers tests .....	29
Figure 28 : Tests avec antenne de 5m.....	30
Figure 29 : Maquette de la nacelle et maquette réelle .....	30
Figure 30 : Nacelle et système électronique complet et détaillé .....	31
Figure 31 : Réflecteur radar .....	32
Figure 32 : Montage de l'antenne.....	35
Figure 33 : Montage du QG.....	35
Figure 35 : Montage de la chaîne de vol .....	35
Figure 34 : Répartition de rôle.....	35
Figure 36 : Calcul de la quantité d'hélium .....	35
Figure 37 : Vérification quantité d'hélium .....	36
Figure 38 : Déroulement du ballon.....	36
Figure 40 : Montage de piles.....	36
Figure 39 : Début du gonflage du ballon .....	36
Figure 41 : Apport de la nacelle vers l'aire .....	36
Figure 42 : Vérification de la réception du signal .....	37
Figure 43 : Fin du gonflage .....	37
Figure 45 : Décollage -1 seconde .....	37
Figure 44 : Décollage -4 secondes.....	37
Figure 46 : Ca y est il est parti.....	38
Figure 47 : On remballé tout.....	38
Figure 48 : Impossible de défaire l'antenne .....	38