

Remerciements

- *A. Monsieur De Breza pour ses remarques pertinentes*
- *A. Monsieur Piron pour ses conseils*
- *A. Monsieur Recherand pour sa disponibilité*
- *A. Monsieur Meyer suiveur de planète sciences*
- *A. Monsieur Ligot qui a eu la gentillesse de nous retourner notre nacelle.*

SOMMAIRE

I-	Introduction	3
II-	Les premières étapes	4
1-	Les expériences	4
2-	Organisation du travail	5
3-	Budget	5
4-	Emetteur Kiwi	6
5-	Conditions du lâcher	6
III-	La pression	7
1-	Rappel théorique	7
2-	Choix du capteur de pression mécanique	7
3-	Principe du capteur de pression à seringue	8
4-	Choix des composants	9
5-	Ordre de grandeur du volume d'air initial	9
6-	Etalonnage du capteur	10
7-	Exploitation de la télémessure	11
8-	Graphes finaux pour l'ascension	13
IV-	Eclaircissement	15
1-	Objectif	15
2-	Principe physique	15
3-	Solution retenue	15
4-	Réalisation du système	16
5-	Etalonnage	18
6-	Problèmes rencontrés	19
7-	Résultats	20
8-	Interprétations	21
V-	Photographie	23
1-	Objectifs	23
2-	Identification des problèmes éventuels	23
3-	Recherches de solutions technologiques	23
4-	Vérification de la validité du dispositif par rapport au cahier des charges	25
5-	Résultats obtenus	25
VI-	Vitesse ascensionnelle	26
1-	Notre démarche	26
2-	Le capteur	27
3-	Etalonnage	28
4-	Les résultats et leur analyse	29
VII-	Température	30
1-	Objectifs	30
2-	Contraintes	31
3-	Différentes solutions proposées	31
4-	Mise en place des capteurs	32
5-	Exploitation des résultats	36
VIII-	La nacelle	37
1-	Plan de la nacelle	38
2-	Réalisation	39
3-	Réception	40
IX-	Conclusion	40

I- Introduction

Le PIT s'est déroulé sur une période de 6 mois, soit l'équivalent de 30 heures scolaires et 30 heures personnelles. Notre objectif était de réaliser une nacelle afin de l'envoyer dans l'atmosphère à des fins expérimentales. Nous avons donc choisi les expériences à mettre en œuvre en tenant compte de différents critères tel que le temps, le coût financier et la faisabilité dans le budget impartie. A ces différentes contraintes matérielles et financières venaient s'ajouter les contraintes de sécurité fixées par le CNES & Planète Sciences au sein du cahier des charges.

D'un point de vue matériel tous les capteurs et la nacelle étaient à réaliser, la tâche de travail était importante. C'est pourquoi dès les premières séances, nous nous sommes répartis les tâches et nous avons réalisé un planning.

Mois	septembre				octobre				novembre				décembre				janvier			février						
Semaines	#	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tâches																										
Sujets --> élèves.																										
Présentation PIT																										
CdCE Version 2																										
Bibliographie																										
Calculs																										
Conception																										
Réalisation																										
Essai (étalonnage)																										
Mise au point																										
Rapport élèves																										
Présentation locale																										
Notation																										
Lancement du ballon																										

Au fur et à mesure de notre avancement, nous avons rencontré certains problèmes technologiques, ou de conception qui nous ont retardé dans l'avancement du projet. Cependant le planning nous a néanmoins permis de garder une ligne directrice.

Il n'en reste pas moins que la réussite totale des expériences était conditionnée par de nombreux facteurs aléatoires tel que les conditions atmosphériques, le bon fonctionnement de l'émetteur Kiwi dont nous parlerons par la suite et la bonne réception des données envoyées par télémétrie.

II- Les premières étapes

1- Les expériences

La recherche des expériences s'est en partie effectuée lors de la première séance de présentation à Lille. Dès lors on a constaté que les expériences possibles étaient multiples, malgré les grands classiques incontournables (température, pression...) il était possible de trouver plusieurs expériences « originales ».

Lors des séances suivantes, nous avons choisi les expériences qu'on allait réaliser en tenant compte de l'intérêt de la mesure (les expériences doivent être réalisées dans un objectif scientifique), de la faisabilité d'un point de vue technologique et financier. Nous avons aussi pris le facteur temps en compte car l'enthousiasme scientifique nous conduit sur un choix d'une dizaine d'expériences alors que la réalisation de 5 expériences est déjà très lourde de travail.

Nous avons choisis finalement les expériences suivantes :

- Photographie (Jean-Charles & Jean)
Objectifs : Prises de vue de la Terre
Intérêts : - suivi du parcours du ballon (pour le début)
- Observation de la rotondité de la Terre

- Température (Geoffroy)
On a décidé de mesurer l'évolution de la température à l'extérieure de la nacelle et si possible à l'intérieur.
- Pression (Alexis & Lionel)
Objectifs : Mesurer la pression selon l'altitude
Réaliser un graphique montrant l'évolution de la pression en fonction de l'altitude.
- Vitesse ascensionnelle (Salih & Tony)
Objectifs : Connaître le point de redescente du ballon et connaître la position du ballon.
- Mesure du rayonnement (Gurvan)
Objectifs : Mesurer le rayonnement en fonction de l'altitude
Suivre les rotations de la nacelle
Renseigner sur l'éclatement du ballon

2- Organisation du travail

Après le choix des expériences, on s'est réparti le travail par groupes : une expérience pour chacun. Ainsi à commencer le travail de recherche non négligeable, d'une durée de un mois et demi. Après un premier bilan des travaux de recherche sur les solutions technologiques, nous sommes passé dans la phase de conception.

Dans un premier temps, chaque groupe a travaillé sur l'expérience qui lui était confié, de la conception jusqu'à l'obtention du capteur souhaité.

Ensuite nous sommes passé dans une phase de conception commune : celle de la nacelle, de la mise en place de l'alimentation, et du câblage.

Puis nous avons réalisé les différents étalonnages nécessaires à la réalisation des mesures.

Les différents points de chaque expérience seront détaillés par la suite.

3- Budget

On est parti sur la base d'un budget de 300€. Pour confectionner la nacelle ainsi que chaque capteur. Ce budget peut rapidement être dépassé, si il n'est pas bien géré dans son ensemble. De même il est nécessaire de développer son esprit créatif afin de réaliser le capteur le plus performant possible avec le coût le plus faible.

On peut chiffrer les dépenses :

■ Adhésion planète science : 25€	■ Alimentation, pellicule photo : 35€
■ Moteur, rhéostat, sonde thermique : 7€27	■ Fourniture pression : 10€
■ Matériel photo (moteur, circuit) : 11€60	■ Composants : 8€
■ Rallonge axe moteur + divers : 7€18	■ Régulateur + potentiomètre : 15€
■ Composants circuit photo : 0.40 €	■ Piles duracelles : 13€
■ Composants (AO, potentiomètre, diode, autres) : 6.70€	■ Lentilles : 20€
■ Nacelle : 15€	■ Fourniture lumière : 25€
	■ Petite fourniture : 30€
	■ Colle : 17€60

4- Emetteur Kiwi

Nous avons disposé d'un émetteur Kiwi millénium (différent de celui utilisé les années précédentes) qui est une version améliorée de l'émetteur antérieur. L'émetteur s'alimente avec du 9V, on l'a relié au 13.5V (sur conseil du suiveur) pour qu'il dispose de suffisamment de puissance pendant tout le vol. Celui-ci dispose de 8 entrées de mesures sur lesquelles on envoie une tension comprise entre 0 V et 5 V.

Nous avons ainsi utilisé 5 voies (2 pour la température, 1 pour la pression, 1 pour la vitesse ascensionnelle et 2 pour les capteurs de lumière).

Cependant, nous avons rencontré un grand nombre de problèmes, d'ordre électronique. En effet, tous les capteurs installés dans la nacelle fonctionnaient parfaitement jusqu'à la mise en marche de l'émetteur. Après étude de la situation, nous avons remarqué que seul les capteurs comprenant des AO étaient perturbés. On peut expliquer cela par le fait que l'émetteur est un système oscillant comme les AO, il y a donc nécessairement des interférences. Nous avons ainsi réalisé une cage de Faraday autour du capteur afin de limiter les perturbations.

Néanmoins il aurait été préférable que l'on ait été prévenu plus tôt des effets secondaires du Kiwi afin d'adopter des solutions technologiques compatibles avec ce problème. Cela a sans doute influencé la qualité des résultats

5- Conditions du lâcher

La nacelle est fixée à l'extrémité d'une chaîne constituée du ballon, d'un parachute et d'un réflecteur radars.

Les conditions atmosphériques n'étaient pas optimales, puisque le jour du lâcher (31 mars vers 17h) il pleuvait et le ciel était couvert. La photographie et la lumière dépendaient de ces paramètres.

Par ailleurs, on peut noter que la télémétrie a été interrompue avant la fin de la chute du ballon pour des raisons logistiques vis-à-vis du suiveur, ainsi on a des résultats jusqu'à 20h30 environ.



III- La pression

Pour mesurer la pression atmosphérique, nous avons choisi de réaliser un capteur de pression mécanique.

1- Rappel théorique

Afin de bien comprendre le principe d'un capteur de pression mécanique, il est nécessaire de rappeler la loi des gaz parfaits.

En effet, nous faisons l'hypothèse que l'air peut être assimilé à un gaz parfait ; il vérifie donc l'équation d'état des gaz parfaits :

$$P V = n R T \quad \text{avec } P : \text{pression (en Pa)}$$

V : volume (en m^3)

n : quantité de matière (en mol)

R : constante des gaz parfaits

$$R = 8.314 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

T : température (en K)

La nacelle étant suffisamment bien isolée, on peut considérer que la température est constante : $T = \text{constante}$.

La quantité d'air enfermée est elle aussi constante, car on bouche toutes les ouvertures du capteur en contact direct avec l'air atmosphérique : $n = \text{constante}$.

On a donc : $P V = \text{constante} \quad (1)$

Si la pression diminue, le volume augmente, et inversement.

2- Choix du capteur de pression mécanique

Plusieurs possibilités nous étaient offertes, chacune d'entre elles possédant des avantages et des défauts.

- le capteur de pression à eau :
- Le principe d'un tel capteur consiste à enfermer de l'air dans l'une des extrémités d'un tube en U entre un bouchon et de l'eau, et à placer un flotteur à l'autre extrémité du tube, ce dernier étant relié à un potentiomètre via une ficelle. La pression exercée sur

l'eau par l'air comprimé fait monter le niveau de l'eau, et donc le flotteur, qui va tirer sur la ficelle et faire ainsi tourner le potentiomètre. La tension s'en trouvera modifiée. Les principaux défauts de ce capteur sont le manque de stabilité du flotteur, la difficulté de sa réalisation et le poids !

- Le capteur de pression avec un ballon :

Le principe est tout aussi simple : il s'agit de faire varier la résistance d'un potentiomètre à l'aide d'un ballon de baudruche. La pression fait gonfler le ballon qui va agir sur le potentiomètre.

Le principal défaut est ici la grande difficulté de réalisation, mais aussi l'encombrement imposé par le ballon.

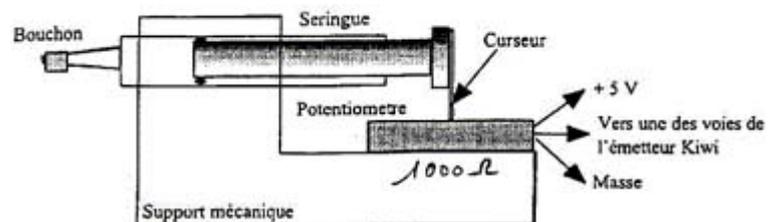
- le capteur de pression à seringue :

Le principe en soi est analogue aux deux précédents, en remplaçant le tube en U ou le ballon de baudruche par une seringue.

L'avantage de ce capteur est par conséquent une réalisation beaucoup plus aisée, ainsi qu'un faible encombrement et un poids modéré.

Nous avons donc finalement opté pour ce dernier capteur car il nous a paru être celui qui était le plus adapté au trajet du ballon, dans le but de nous donner un maximum de chance de réussite.

De plus, nous l'avons choisi en fonction de l'accessibilité des composants nécessaires à sa réalisation.



3- Principe du capteur de pression à seringue

Au fur et à mesure que le ballon s'élève, la pression de l'air diminue.

Par conséquent, le volume d'air contenu dans la seringue bouchée à son extrémité (avec de la colle) augmente, ce qui engendre un déplacement du piston de la seringue. Celui-ci étant relié à un potentiomètre linéaire, il déplace le curseur de ce dernier. La tension varie alors.

Par un étalonnage de la seringue à l'aide d'une pompe à vide, on en déduit la pression puisque l'on obtient une tension qui lui est proportionnelle.

En réalité, cela n'est pas si évident car les frottements au niveau du piston de la seringue font que ce dernier se déplace par à-coups, ce qui fausse la mesure.

4- Choix des composants

Comme les frottements au niveau du piston sont loin d'être négligeables, cela gêne son déplacement. Nous avons donc essayé de choisir une seringue avec une section importante, en vue de maximiser les forces de pression s'exerçant sur celle-ci ($F = p S$), c'est à dire en vue de favoriser le déplacement du piston.

Nous avons pris une seringue de 20 mL, avec un diamètre de 20 mm.

D'autre part, nous avons pris une seringue neuve car l'on constate que dans ce cas, les frottements sont légèrement amoindris.

Pour ce qui est du potentiomètre, il nous en fallait un qui corresponde à la linéarité du dispositif. En effet, le piston se déplaçant de manière rectiligne, il était intéressant de choisir un potentiomètre dont le curseur se déplaçait lui aussi de façon rectiligne. C'est pourquoi nous avons choisi de prendre un potentiomètre rectiligne, dont la course maximale du curseur correspond approximativement au déplacement maximum du piston, soit 58 mm.

5- Ordre de grandeur du volume d'air initial

Afin de maximiser le déplacement du piston au cours de l'ascension du ballon, on peut calculer quel volume d'air faut-il prévoir initialement dans la seringue. Autrement dit, on aimerait bien qu'au moment où le ballon atteint son altitude maximale, le piston ait parcouru la distance maximale (environ 6 cm), ceci dans le but d'éviter d'être en butée à des altitudes inférieures.

D'après (1), on sait que $P V = constante$.

On l'applique ici, en notant les grandeurs avec l'indice 0, celles pour lesquelles on est à altitude nulle ($z_0 = 0$), et avec l'indice 1 celles pour lesquelles on est à altitude maximale.

On supposera : $z_1 = 30 \text{ km}$.

$$P_0 \cdot V_0 = P_1 \cdot V_1 \quad \text{où } V_0 \text{ est à déterminer.}$$

En considérant le modèle de l'atmosphère isotherme, et toujours dans le cadre du gaz parfait, on connaît la relation liant la pression P en fonction de l'altitude z :

$$P(z) = P_0 * \exp(- M g z / R T) \quad \text{avec } M = 29 \text{ g. mol}^{-1}$$

masse molaire moyenne de l'air
et $g = 9.81 \text{ m. s}^{-2}$

En prenant $T = 293 \text{ K}$ (20°C),
on obtient $P_1 = P(z_1=30 \text{ km}) = 31 \text{ mbar}$ environ.

Avec $P_0 = 1013 \text{ mbar}$ et $V_1 = 20 \text{ mL}$, on en déduit :

$$V_0 = 31 * 20 / 1013 = \underline{0.6 \text{ mL}}$$

Remarque : Les frottements n'ont pas été pris en compte lors de ce calcul.

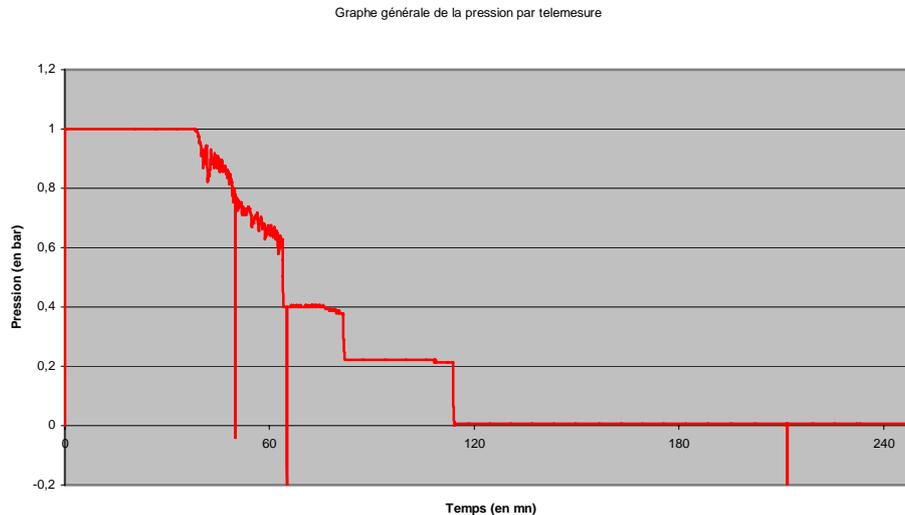
Or, ils ne sont pas vraiment négligeables ! C'est pour cette raison que l'on a décidé de prendre $V_0 = 2 \text{ à } 3 \text{ mL}$ environ pour des raisons de commodité...

6- Etalonnage du capteur

L'étalonnage de la seringue est réalisé au moyen d'une pompe à vide. Nous avons utilisé celle du laboratoire de thermique de l'ENSAM. La pompe à vide permet d'abaisser la pression jusqu'à 400 hPa environ. Nous y avons placé un voltmètre relié directement au potentiomètre. La tension ainsi obtenue est proportionnelle au déplacement du curseur du potentiomètre, et donc au déplacement du piston, soit encore au volume d'air contenu dans la seringue, c'est à dire la pression. A partir des mesures effectuées, on établit des courbes d'étalonnage par ordinateur, permettant finalement de connaître directement la pression à partir de la tension.

7- Exploitation de la télémétrie

La télémétrie nous donne le graphe ci-dessous :



Plusieurs extrapolations sont possibles :

- ➔ Les télémétries ont été coupées avant la fin de l'ascension, ce qui paraît peu probable.
- ➔ Le ballon a bien éclaté mais le piston de la seringue ne s'est pas déplacé. En effet, il est arrivé lors des étalonnages que le piston ne se remboîtait que lorsque qu'on était proche de la pression atmosphérique. Et comme la télémétrie a été coupée avant la fin du vol, ceci explique sans doute que la pression n'est jamais redescendue.

Il est donc évident que seule la mesure de pression lors de l'ascension est exploitable.

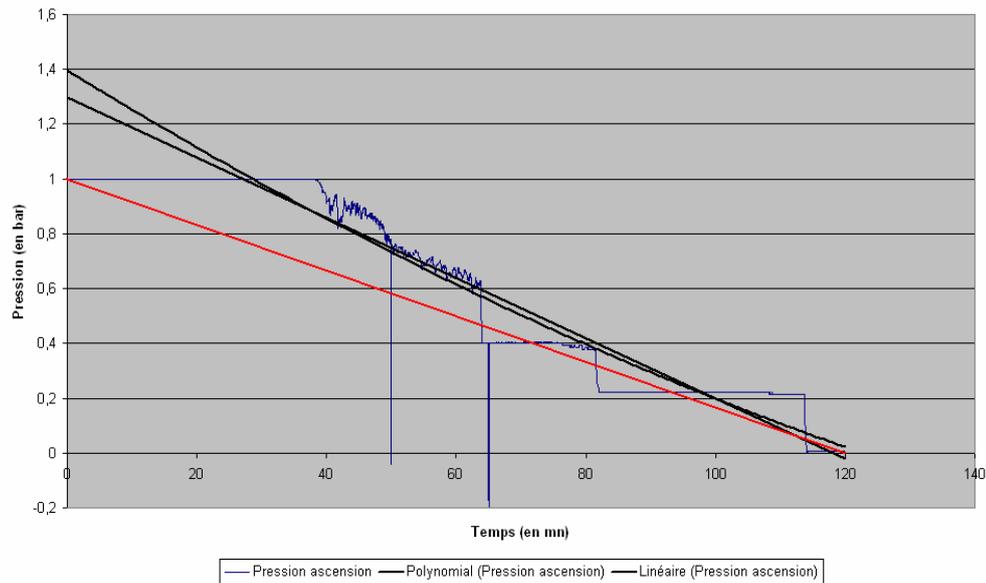
Le piston attend 38 mn avant de se déplacer. Ensuite il descend brusquement de 0,1 bar (il compense son immobilité), puis décroît linéairement. Après 1h de vol, le déplacement du piston de la seringue ne se fera que par paliers, comme il avait été prévu lors de l'étalonnage. Il est très dur d'obtenir un mouvement du piston linéaire. En effet, il y a trop de frottements. Mettre de la matière grasse rajoute encore plus de frottements.

Pour ajouter une courbe de tendance, il est important de savoir lorsque le ballon a réellement atteint l'altitude où la pression est quasiment nulle. Vu la quantité de gaz introduite (moins que la normale), la vitesse ascensionnelle a été plus faible, ce qui explique le choix de prendre

$t = 120\text{mn}$ pour l'abscisse où $P = 0$.

On se limite donc simplement à cette étude et on obtient le graphe suivant :

Variation de pression lors de l'ascension



On obtient deux courbes de tendance, l'une polynomiale, l'autre linéaire. Ni l'une ni l'autre ne sont représentatives de la variation de pression étant donné que leur point de départ est supérieur à 1 bar.

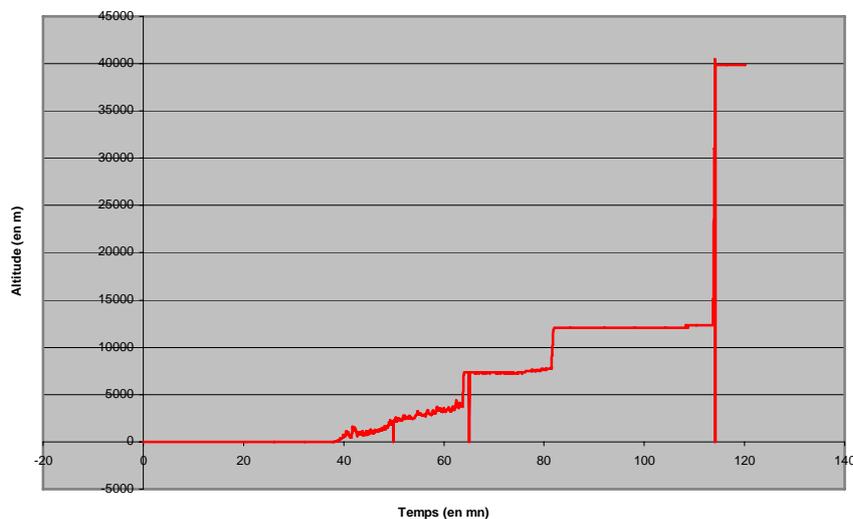
On trace alors la droite rouge qui correspond le mieux à l'évolution de la pression lors de l'ascension du ballon.

De cette mesure de pression, on peut en déduire l'altitude, en servant de la formule théorique :

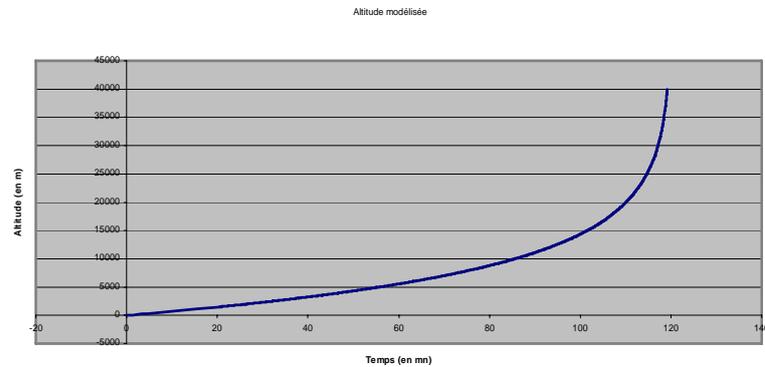
$$P \text{ (Hpa)} = P_0 * \exp(-h/H) \quad \text{avec } H = 8005 \text{ et } P_0 = 1013 \text{ Hpa.}$$

$$\text{d'où :} \quad h \text{ (m)} = - H * \ln (P/P_0).$$

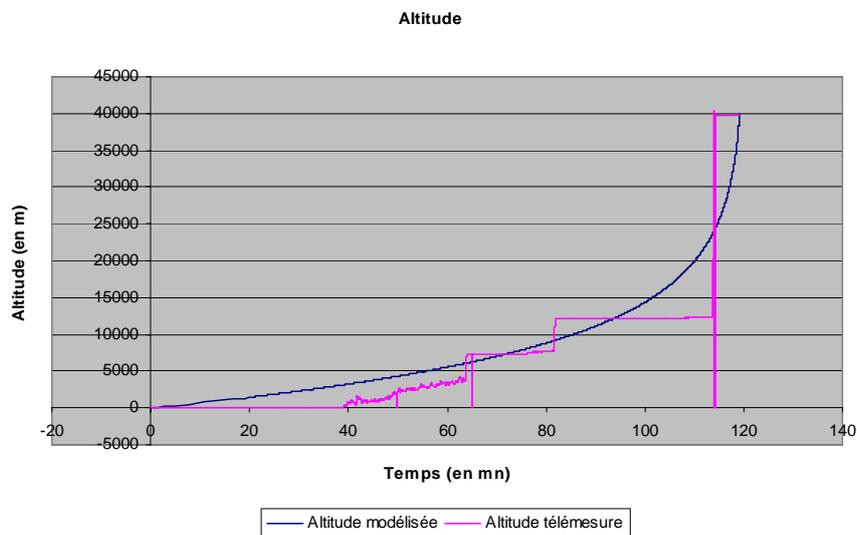
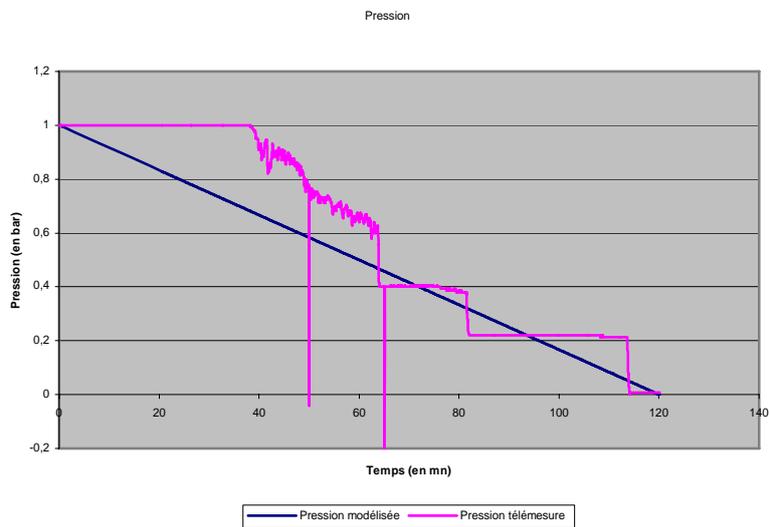
Altitude



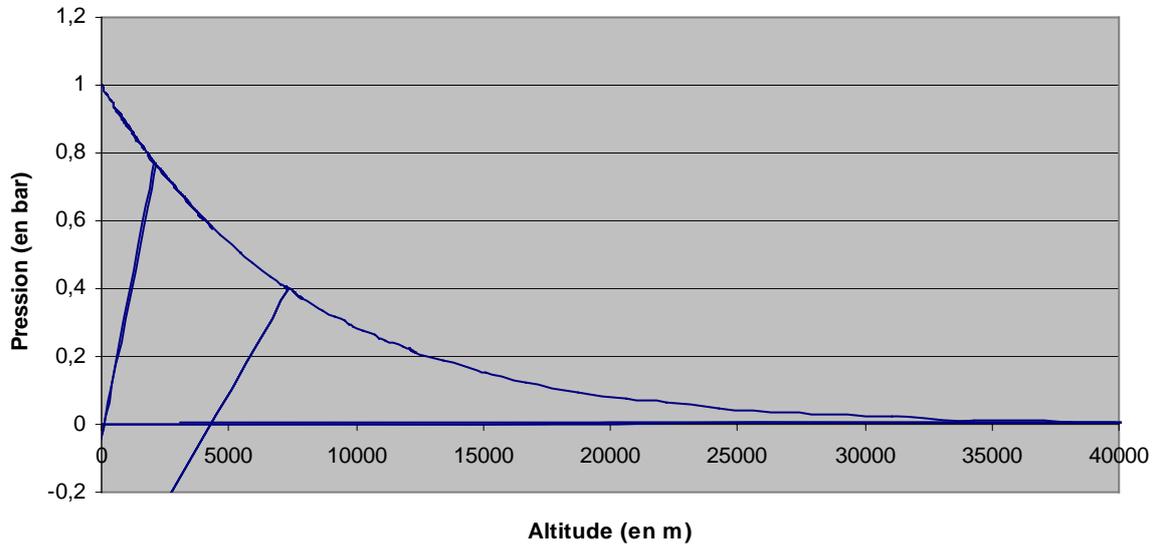
Si on se sert de la modélisation rouge du graphe de pression, on obtient la courbe suivante :



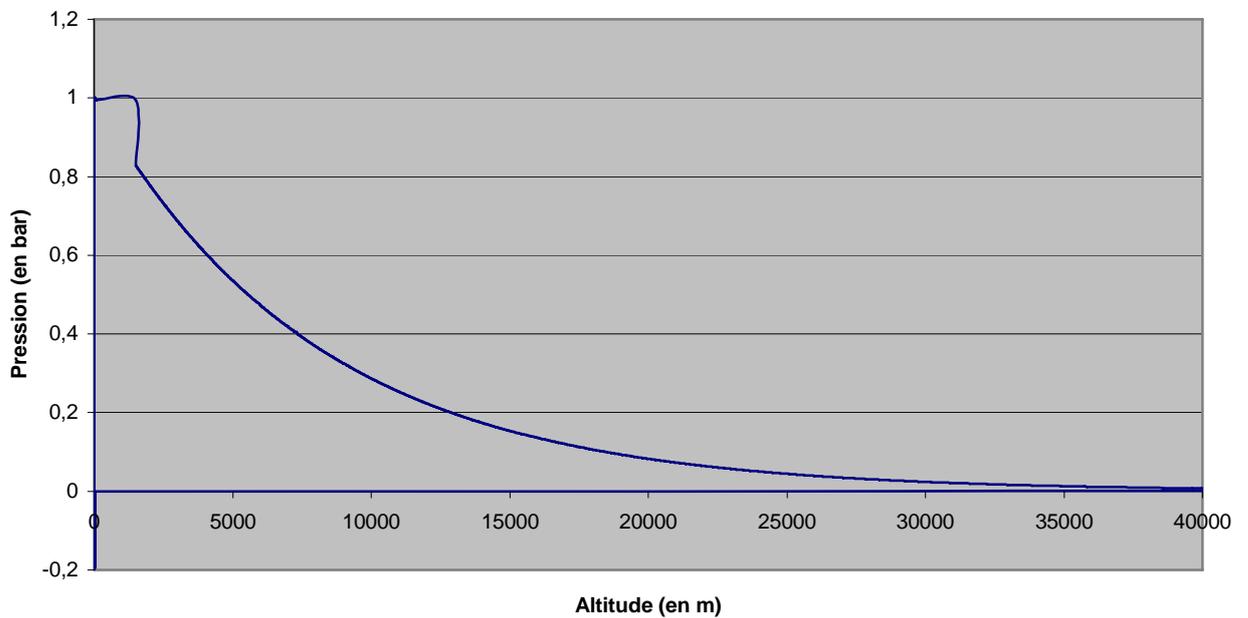
8- Graphes finaux pour l'ascension



Pression fonction de l'altitude Expérimental



Pression fonction de l'altitude Modélisé



IV- Eclaircement

1- Objectif

Observer la variation d'intensité dans le bleu et le rouge en fonction de l'altitude dans le but de vérifier la diffusion de Rayleigh.

2- Principe physique

A la surface de la terre on reçoit une partie de lumière importante due à la diffusion Rayleigh qui favorise les faibles longueurs d'onde donc le bleu. On espère observer à la surface une proportion plus importante de bleu par rapport au rouge puis constater une diminution de cette proportion en montant dans l'atmosphère. En effet la diffusion Rayleigh est alors plus faible.

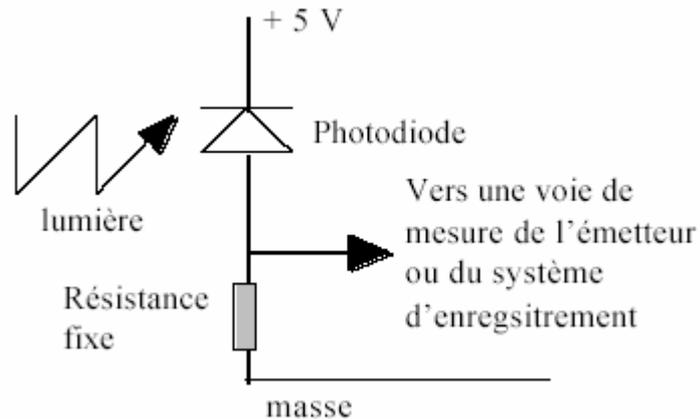
La puissance rayonnée est proportionnelle à λ^{-4} ; c'est cela qui explique la couleur bleue du ciel: le ciel paraît bleu car les poussières solides (aérosols), les électrons des atomes et molécules de l'atmosphère diffusent la lumière incidente du soleil. La diffusion du rayonnement lumineux par une particule atmosphérique est analogue au rayonnement d'un dipôle oscillant excité par l'onde lumineuse incidente. On parle de diffusion Rayleigh. La lumière diffusée par une particule est émise dans des directions différentes de la direction incidente.

3- Solution retenue

On peut tenter de la mettre en évidence en équipant deux photodiodes sensibles à la lumière du jour, l'une d'un filtre rouge, l'autre d'un filtre bleu, et tracer le rapport courant de la photodiode rouge/courant de la photodiode bleu en fonction de l'altitude.

On choisit d'utiliser des photodiodes car celles-ci produisent un courant proportionnel à l'éclairement et indépendamment de la température. La propriété de proportionnalité facilite l'étalonnage.

Schéma de base

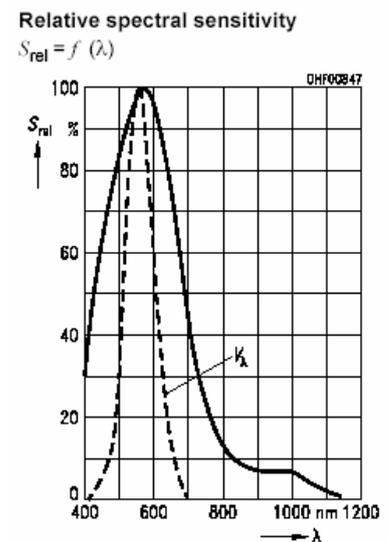
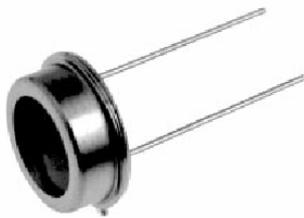


4- Réalisation du système

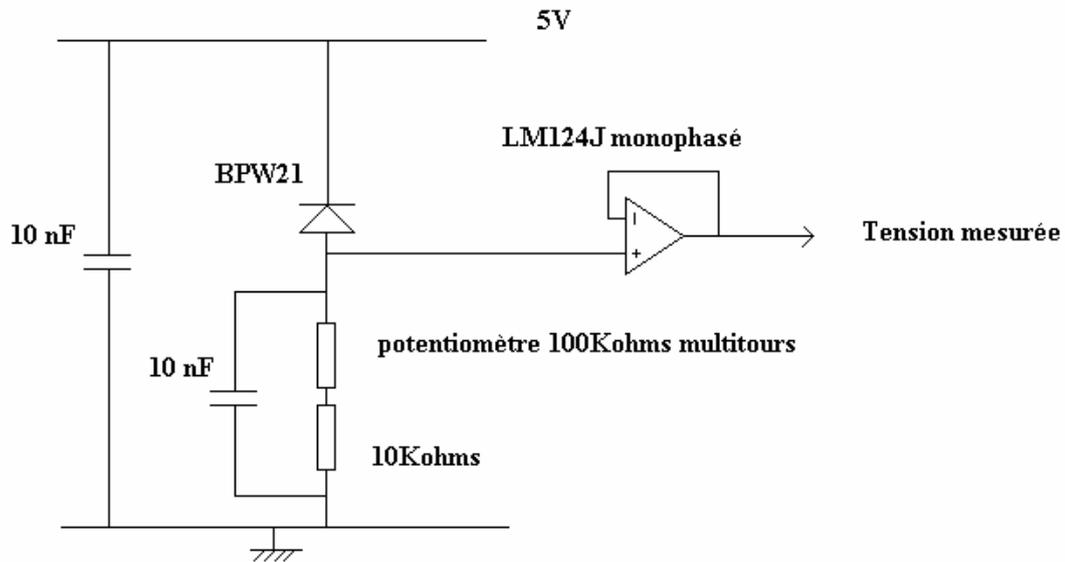
a) Choix du capteur

Les critères essentiels de choix sont :

- Sensibilité importante dans le visible
- Bande passante restreinte aux longueurs d'ondes du visible
- Résistance aux basses températures
- Temps de réponse assez rapide
- Au Final on choisit une photodiode BPW21



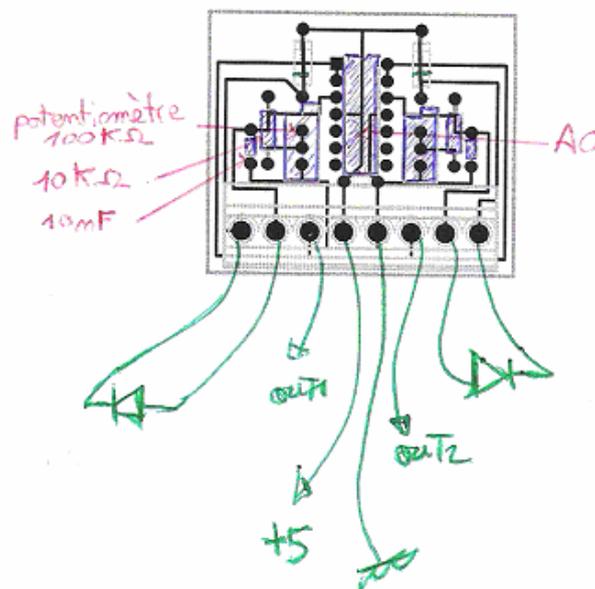
b) Schéma électrique du dispositif



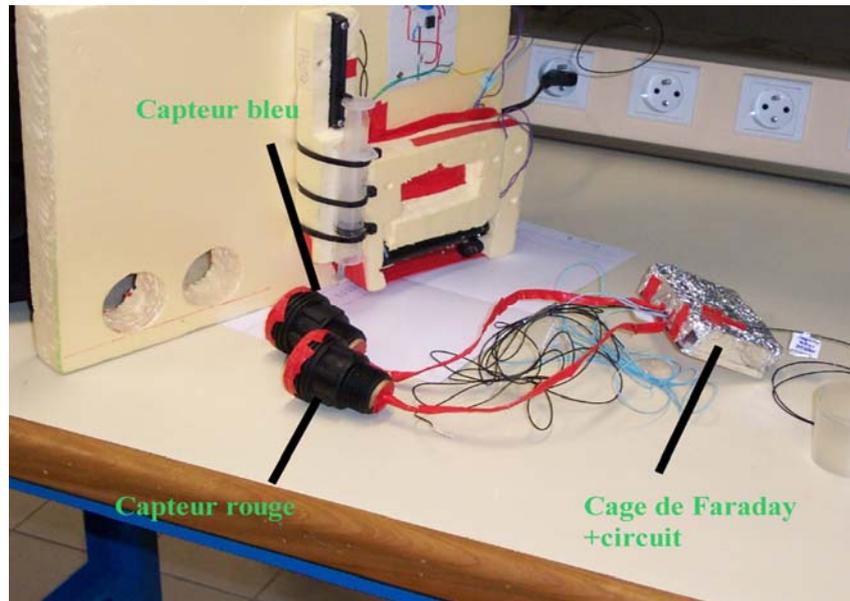
On place des condensateurs de couplage afin de limiter les parasites électromagnétiques émis par le KIWI. Le potentiomètre permet de réaliser l'étalonnage final.

On réalise deux fois ce montage : un avec le filtre bleu l'autre avec le filtre rouge. Le circuit est réalisé sur plaque imprimée. Celui-ci est placé dans une cage de faraday qui sert à isoler des perturbations électroniques.

c) Circuit imprimé



d) Implantation dans la nacelle



Deux trous sont percés sur un côté de la nacelle dans laquelle on place les deux photodiodes ainsi que les filtres. Une plaque de verre synthétique sert à isoler la nacelle au niveau des trous tout en laissant passer la lumière. Le circuit est placé à côté dans la cage de Faraday.

5- Etalonnage

La courbe d'étalonnage est donnée par le constructeur. Il aurait été judicieux de réaliser un nouvel étalonnage avec un luxmètre. Mais cela n'a pas été possible par manque de matériel. L'étalonnage consiste à choisir la valeur de la résistance pour le convertisseur courant tension.

Courbe de référence du BPW21 :

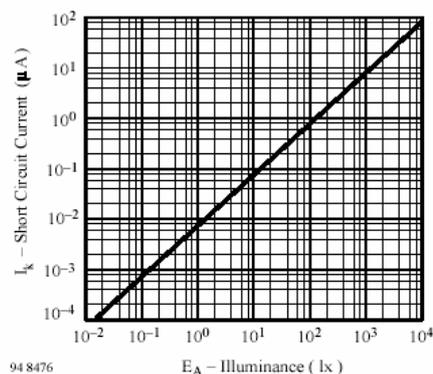


Figure 3. Short Circuit Current vs. Illuminance

La photodiode crée une intensité i proportionnelle au flux lumineux reçu.

Ensuite à l'aide du convertisseur courant tension on obtient un tension proportionnelle aux flux de lumière.

$$I = \alpha\phi \quad \text{puis} \quad V = \alpha\phi R$$

La relation courant intensité lumineuse est fournie par l'abaque ci-dessus.

De plus la résolution de Kiwi est de 250 échelons de 20 mV répartie entre 0 et 5V

L'éclairement au sol est de l'ordre de 1000Lux pour aller jusqu'à 1Mlux à 30 Km d'altitude.

Au final on choisi une résistance de 20 Kohms

Ainsi 20mv correspond à 100Lux.

Remarque : les deux capteurs sont étalonnés de la même façon.

6- Problèmes rencontrés

Un problème majeur a été le choix du convertisseur courant tension. En effet la plage de variation de la luminosité est importante : facteur 1000 possible entre le sol et à 30 Km d'altitude. Un choix intéressant était de prendre un convertisseur logarithmique réalisé avec une diode afin d'éviter la saturation du capteur. Le problème est que la sensibilité est également réduite et la comparaison entre les deux capteurs devient difficile. Une résistance bien choisie est donc plus propice.

Un second problème est apparu lorsque l'émetteur Kiwi fonctionne. Les rayons électromagnétiques émis par ce dernier provoquent des fluctuations au niveau de l'acquisition des mesures. Les AO sont particulièrement sensibles à cela. Les solutions envisagées sont la cage de Faraday et les condensateurs de couplage. Au final on constate que le KIWI apporte un bruit constant de 20mv en moyenne. Il faudra donc en tenir compte dans l'exploitation des résultats.

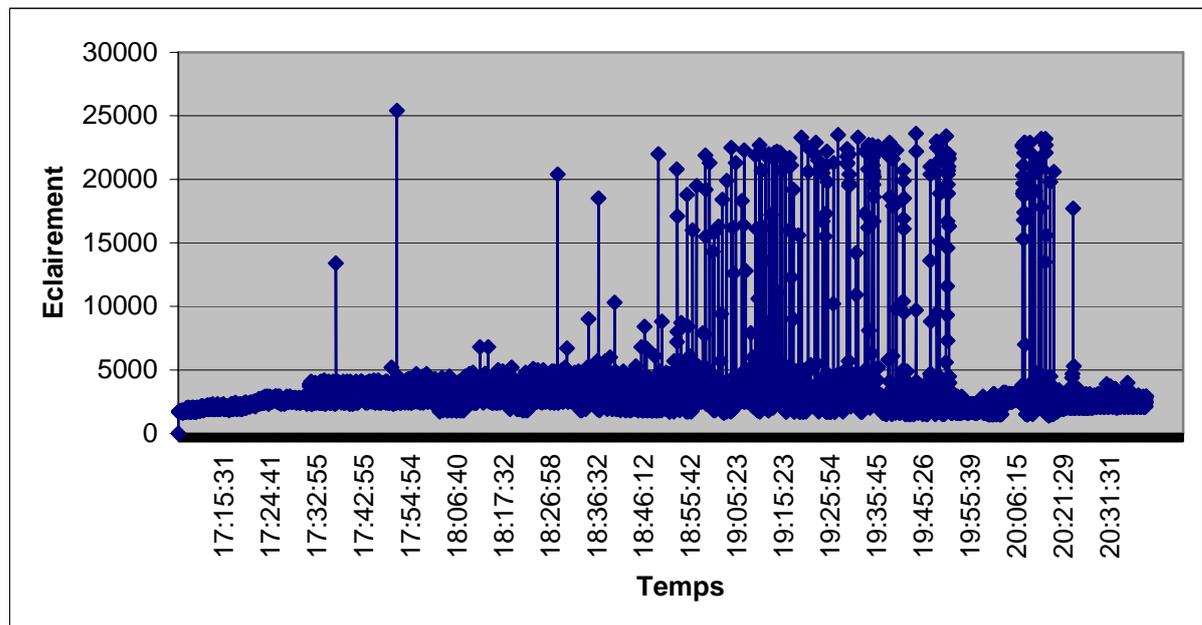
Au moment du lancé un incident est survenu. Le signal du capteur bleu a saturé. Ceci est d'autant plus étonnant que ce capteur fonctionnait auparavant et surtout que l'autre capteur (le rouge) ne sature pas alors que les circuits sont absolument identiques. Bref il

s'avère que l'isolation enverre les émissions électromagnétiques du KIWI n'est pas suffisante.

7- Résultats

Au final on obtient des résultats seulement pour le capteur rouge. On va donc travailler seulement sur l'évolution de l'éclairement pendant les phases de vol.

Courbe globale



L'étalonnage a révélé qu'il existait un facteur situé 10 approximativement entre l'éclairement avec et sans filtre.

On constate plusieurs phases :

Au début l'éclairement reste faible au alentour de 5000 lux. Le ciel au moment du lâché était couvert. Cette valeur est donc logique.

Augmentation notable avec oscillations régulière à partir de 17h30.

Puis à partir de 19h l'éclairement augmente brusquement par a coup régulier.

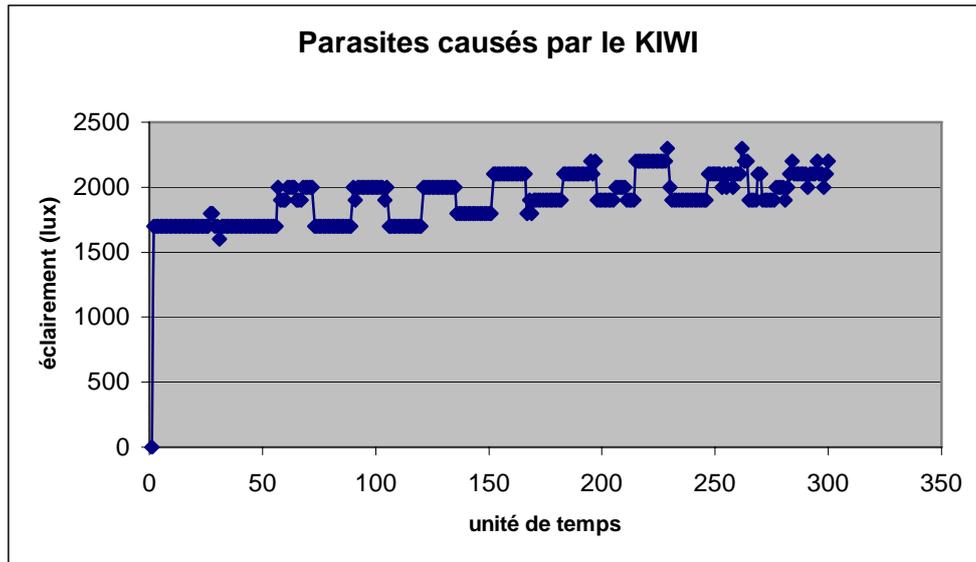
Entre 19h50 et 20h07 le capteur ne fonctionne pas (signal obtenue en étalonnage dans le noir).

Retour à des oscillations importantes puis enfin on a nouveau une zone où le signal est quasi nulle

8- Interprétations

Effets des parasites

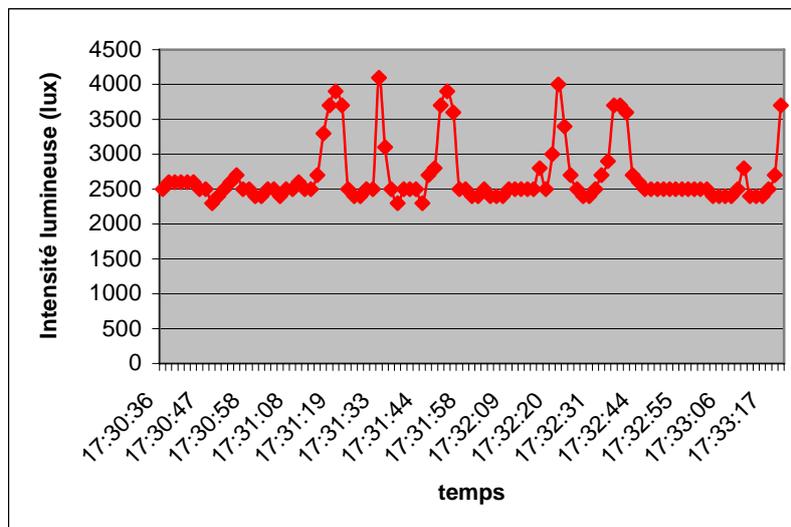
Au final il s'avère que le capteur a fonctionné mais il a également été parasité par le KIWI les oscillations permanentes initiales le prouvent.



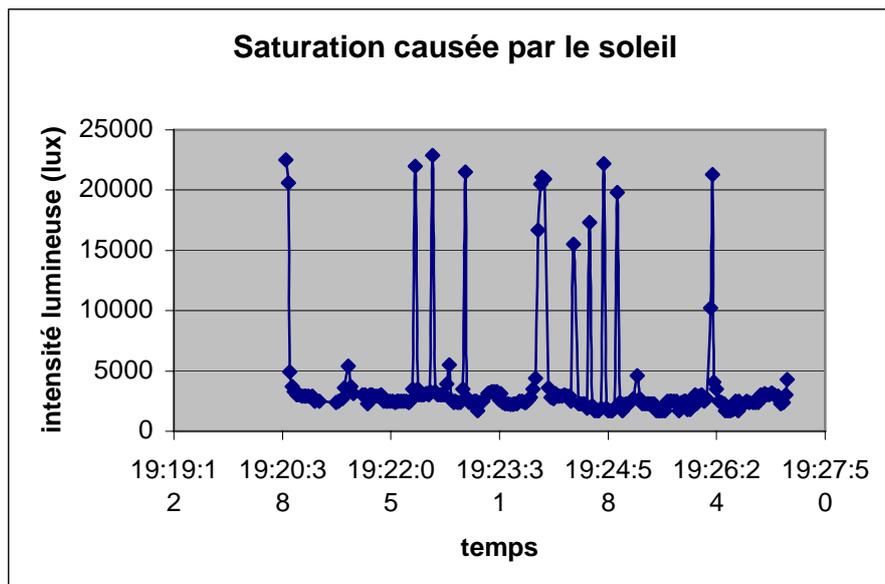
Interprétations

Dès le lancement (17h) on constate une augmentation de la valeur moyenne avec l'altitude.

A partir d'une certaine altitude il apparaît un nouveau type d'oscillation :



Celle-ci étant données leurs formes irrégulières correspondent bien à des variations de luminosité. En effet à chaque fois que le capteur se trouve en face du soleil il se crée une variation soudaine de la luminosité. Cela correspond au moment où la nacelle a franchi les nuages soit à 10 Km d'altitude. Toutefois il est étonnant que l'éclairement soit si faible. Le soleil devant normalement saturer le capteur. On constate par la suite que c'est le cas.



Un autre point surprenant est l'amplitude des oscillations. L'éclairement redescend très bas même à une altitude élevée. La raison est peut être la position de la nacelle pendant le vol mais cette hypothèse est invérifiable.

Les points de saturation permettent de déterminer la période des oscillations de la nacelle. Deux types d'oscillations sont envisageables :

- rotation
- balancement latéral

A priori elle varie de 120 à 20 sec.

Ensuite apparaît une nouvelle phase où le capteur ne fonctionne pas, la raison est inconnue (peut être mauvaise position du capteur). Puis on a retour au fonctionnement normal.

Ensuite il y a disparition des oscillations vers 20H15. Ce point marque apparemment l'éclatement du ballon (concordance avec les autres capteurs). La vitesse de chute est importante : le capteur ne fonctionne pas ou alors il est endommagé.

Il aurait été intéressant de voir la suite de l'évolution en fin de chaîne de vol, ce qui n'était pas possible pour les raisons évoquées précédemment.

V- Photographie

1- Objectifs

- Prises de vue de la Terre
Intérêts :
 - suivi du parcours du ballon (pour les 1eres minutes)
 - Observation de la rotondité de la Terre
- Régler la cadence de prise de vue en fonction décroissante de l'altitude.

2- Identification des problèmes éventuels

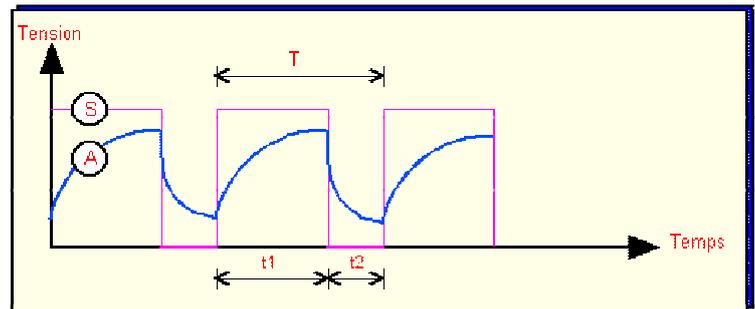
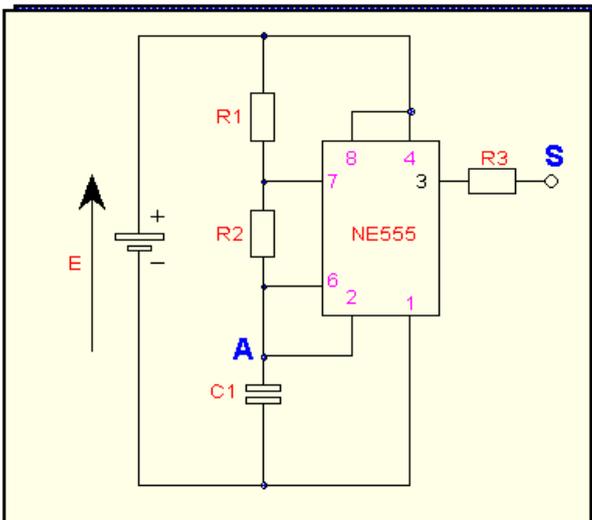
- Température très faible
- Condensation sur l'objectif
- Mouvement de la nacelle durant l'essai
- Alimentation du procédé utilisé
- Coût

3- Recherches de solutions technologiques

- 2 systèmes séparés (avec 2 appareils et système de commande indépendants)
- 1 seul appareil avec système de commande réglable :
 - solution entièrement mécanique avec système de commande motorisé
 - Commande électronique avec utilisation de 2 temporisateurs et d'un système de basculement
 - Commande électronique utilisant un temporisateur avec une résistance réglable guidée par une seringue donnant la pression (la pression dépendant directement de l'altitude).

Cette dernière solution a été retenue.

Ebauche du circuit choisi pour le temporisateur (R2 représente la résistance réglable)



$$t1 = 0.7 \cdot (R1 + R2) \cdot C$$

$$t2 = 0.7 \cdot R2 \cdot C$$

Dans notre cas on prend :

$$R1 = 1 \text{ K}\Omega$$

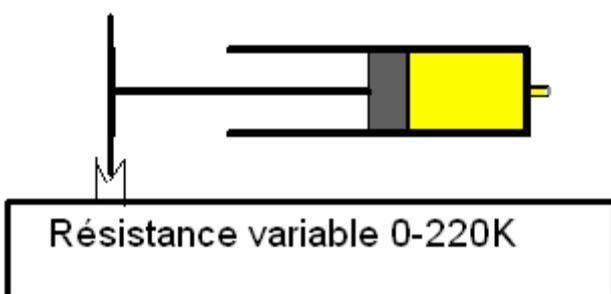
R2 variable de 12 à 220 K Ω

$$C = 1 \text{ mF}$$

La cadence obtenue par le temporisateur est : 25 s au décollage

5 min à 30000 m

Pour faire varier la cadence des photos en fonction de l'altitude, la résistance réglable a été guidée grâce à une seringue qui relevait la pression selon le schéma suivant :

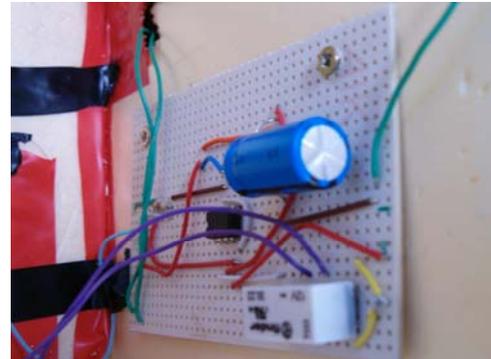


Suivant la pression dans la nacelle, la cadence des photos est variable. De plus comme la pression varie beaucoup à de faibles altitudes et est stable à des altitudes importantes, les prises sont fréquentes à de faibles altitudes et longues en hautes altitudes.

De plus des essais en cloche sous vide ont été effectués pour étalonner les mesures.

4- Vérification de la validité du dispositif par rapport au cahier des charges

- Coût : environ 40 euros
- Température : Utilisation d'un temporisateur spécifique (SA 555) + protection avec couverture de survie
- Condensation : Traitement anti-buée d'origine
- Alimentation du procédé : utilisation d'une batterie standard 12 V, un interrupteur a été ajouté au circuit pour éviter au photos d'être prises avant le départ.
- Pour des raisons de sécurité une diode de protection a été ajoutée au circuit.



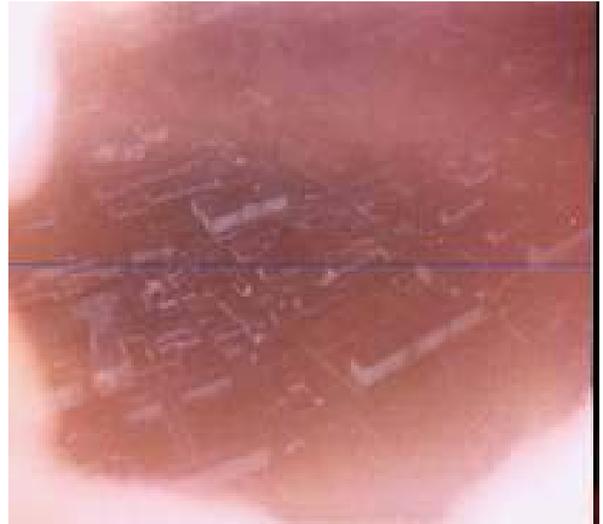
5- Résultats obtenus

Avec l'arrivée de la nacelle, deux mois plus tard nous avons pu vérifier si notre expérience était viable.

Nous avons récupéré la pellicule en bon état; cependant les résultats, après développement des photos, sont mitigés.

En effet, seules les premières photos sont exploitables : on peut y voir la ville d'Angers, et approximer la direction suivie par le ballon durant le début de l'ascension. Les photos suivantes n'ont pas donné de résultat probant. Ceci peut s'expliquer par la présence de nuages à faible altitude lors du lâcher. De plus, nous avons sous-estimé les mouvements de la nacelle (amplifiés par des vents tourbillonnants), qui ont été responsables d'un léger décalage de l'appareil photo dans la nacelle. Ce déplacement, bien que léger, a été suffisant pour que l'objectif de l'appareil ne soit plus en face de l'orifice que nous avons réalisé.

Malgré cet incident, nous pouvons conclure que notre système de commande électronique a correctement fonctionné.



Photos prises au décollage de la nacelle.

VI- Vitesse ascensionnelle

Objectifs :

- mesurer la vitesse d'ascension du ballon
- évaluer l'altitude du ballon et confronter cette donnée avec la mesure de la pression
- déterminer le point d'éclatement du ballon

Cahier des charges :

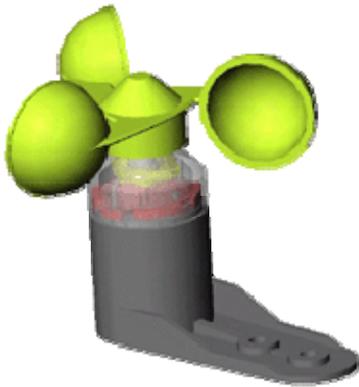
- respecter les normes de sécurité
- budget de 20€

1- Notre démarche

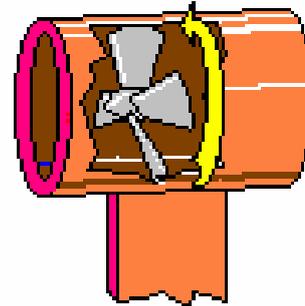
Nous avons décidé de mesurer la vitesse ascensionnelle par un anémomètre. En effet, la vitesse du vent vertical sera négligeable par rapport à la vitesse du ballon sonde (environ 5m/s selon la documentation).

Il existe deux systèmes distincts pour mesurer la vitesse du vent :

- l'anémomètre cinématique est constitué d'organes mobiles poussés à la vitesse du vent. Il indique cette vitesse de façon exacte. L'anémomètre à coupoles et l'anémomètre à hélices sont les deux sortes d'anémomètres cinématiques



Anémomètre à coupoles



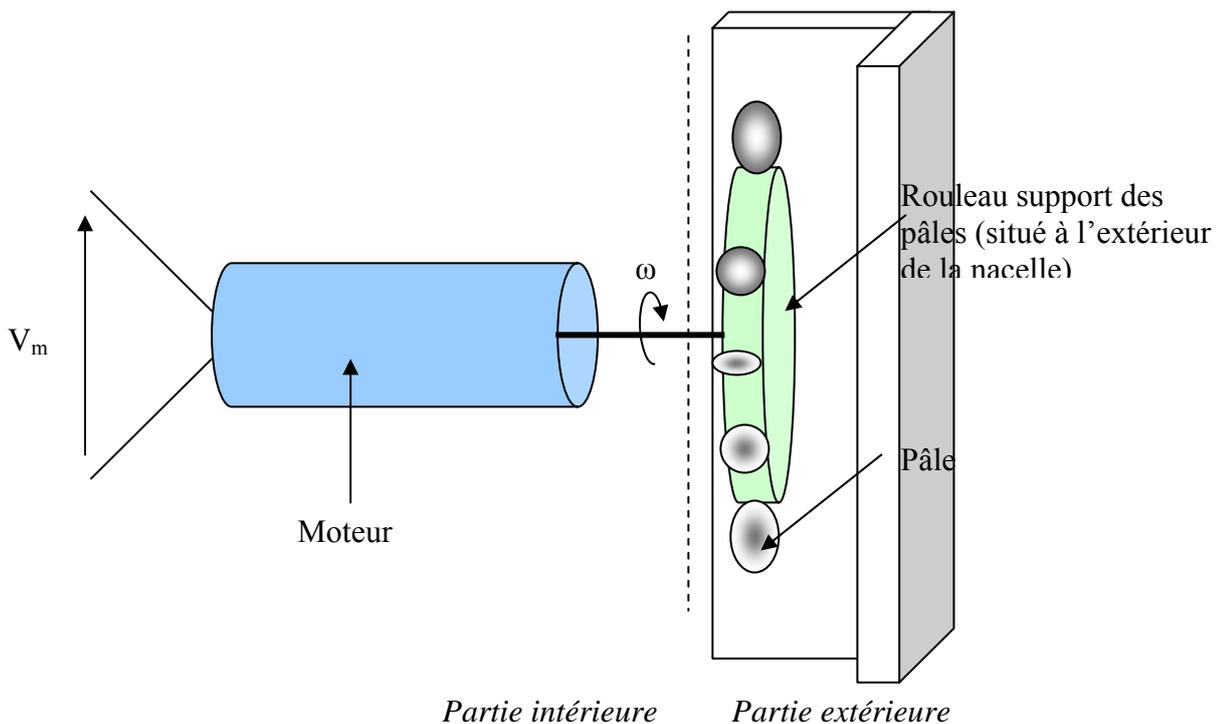
Anémomètre à hélices

- l'anémomètre dynamique (tube de Pitot) mesure, lui, la vitesse du vent de manière indirecte puisqu'il est constitué d'un capteur de pression qui va détecter le surcroît de pression dynamique par rapport à la pression statique de l'air ambiant. La véracité de sa mesure dépendra donc de la correspondance de la masse volumique de l'air traversé avec la valeur choisie pour l'étalonnage. Il ne donnera des valeurs vraies que s'il y a correspondance de celles-ci, donc à une valeur de pression atmosphérique bien déterminée. Pour toutes les autres valeurs, la mesure sera faussée.

Nous avons donc optés pour un anémomètre cinématique.

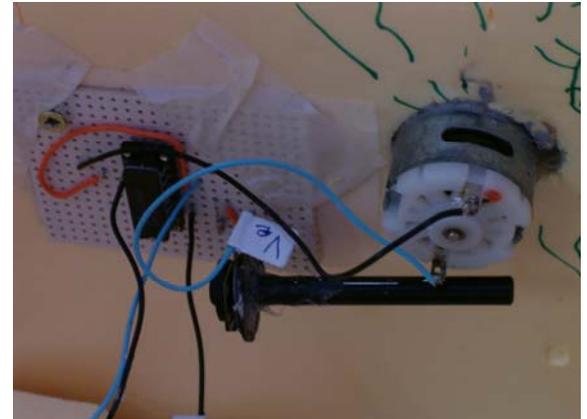
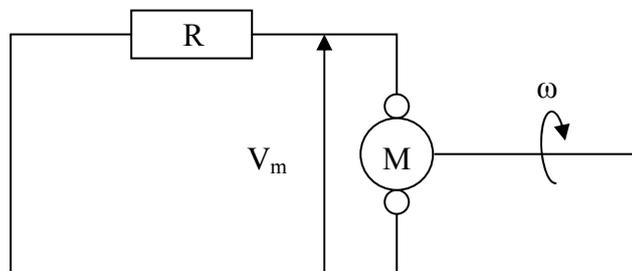
2- Le capteur

On utilise un moteur réversible utilisé en génératrice tachymètre.



On a $V_m = K \cdot \omega$

Circuit électrique équivalent :



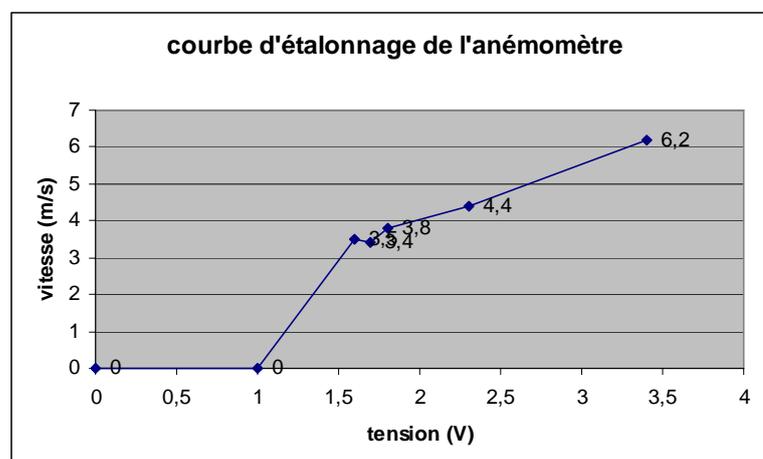
Composants nécessaires :

- résistance
- moteur à courant continu ~ 3-5V : 2€90
- les pâles (des cuillères en plastiques)
- support : un tube en plastique
- fils de connexions et une plaque pour le support du circuit

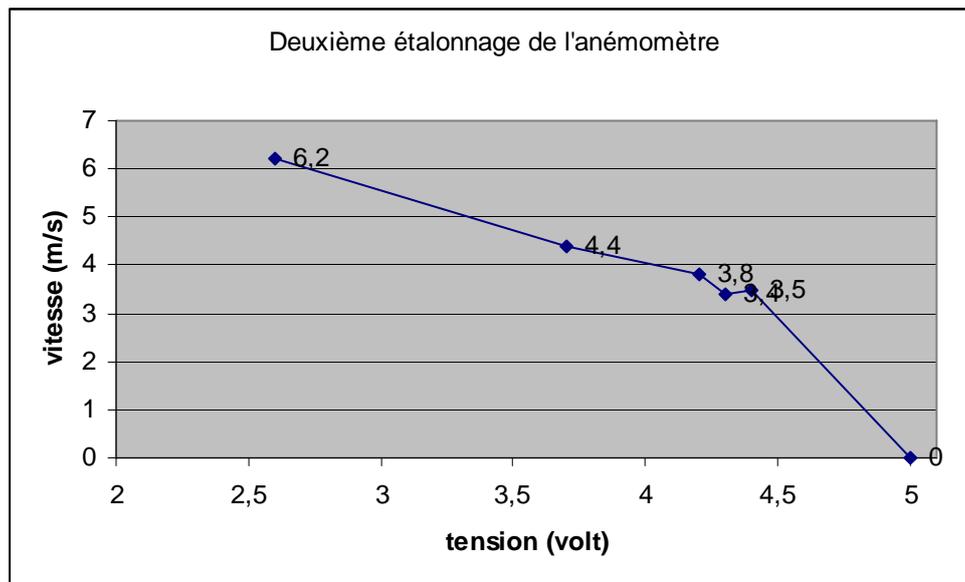
L'arbre du moteur a été rallongé par un axe monté en force sur celui-ci pour permettre le montage de la roue.

3- Etalonnage

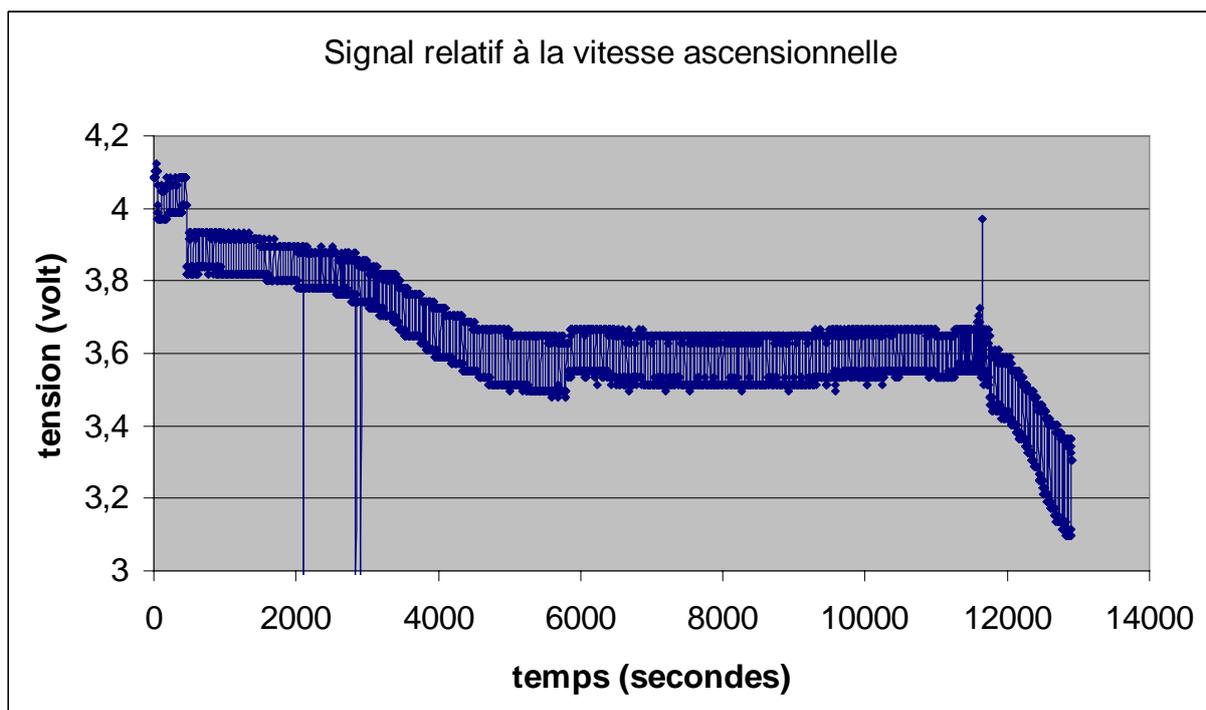
L'étalonnage a été réalisé dans le laboratoire de mécanique des fluides grâce à un pistolet branché à la pression et un anémomètre. Nous avons augmenté la tension générée par le moteur pour que celle-ci atteigne 5 volts à 8m/s grâce à un montage inverseur. Pour que l'amplificateur ne soit pas gêné par le signal émis par l'émetteur Kiwi, nous avons construit une cage de Faraday reliée à la masse pour notre circuit électrique.



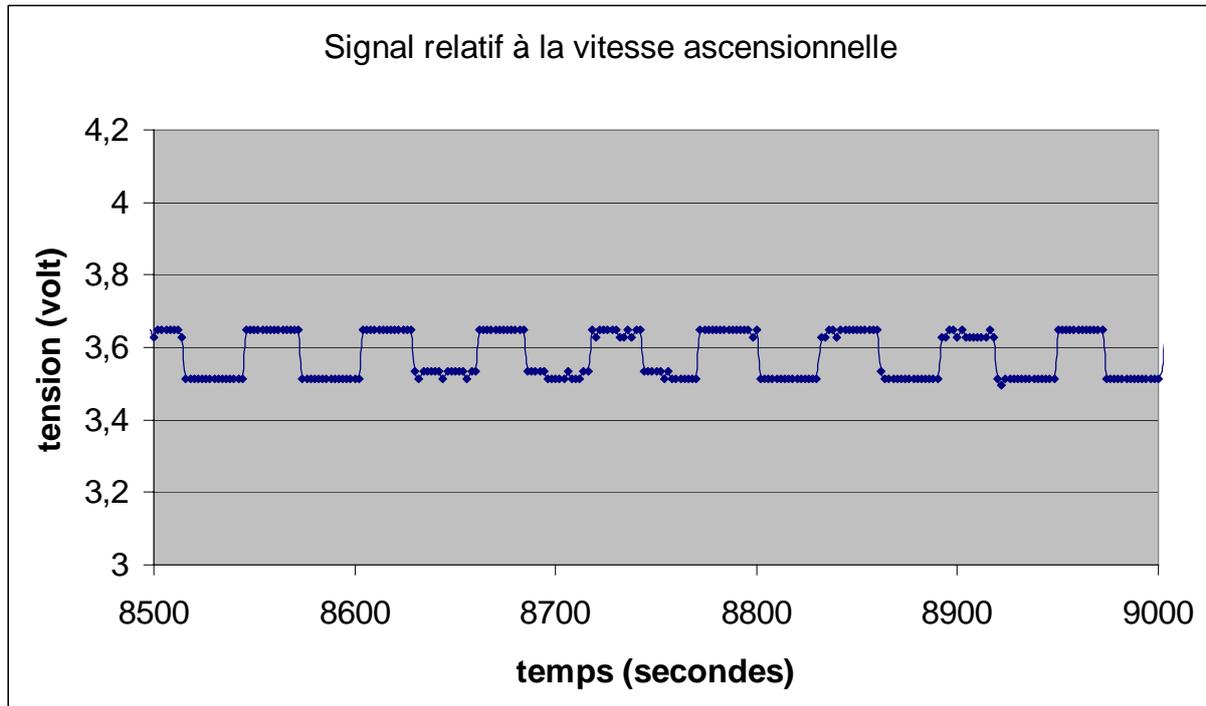
Lors des essais avec l'émetteur Kiwi en fonctionnement, nous nous sommes aperçus que l'émetteur avait encore un impact sur notre circuit : le signal de sortie était de 5 volts (l'amplificateur opérationnel saturait). Nous avons donc inversé les bornes de branchements pour que le signal diminue lorsque la vitesse augmente.



4- Les résultats et leur analyse



En zoomant sur la courbe on remarque un signal créneau, il est dû à l'émetteur Kiwi.



On remarque l'accélération du ballon entre 0 et 6000 secondes, sa vitesse passant de 4m/s à 5m/s. Puis stagnation de sa vitesse à 5 m/s. L'éclatement à lieu 10150 secondes après le lâché (augmentation de la vitesse du ballon qui passe à 5.5 m/s).

On peut nuancer les résultats vis-à-vis de la vitesse indiquée, mais en revanche, le moment où éclate le ballon, concorde avec les résultats des autres capteurs, notamment la lumière.

Le fait que la vitesse paraisse aussi stable est sans doute dû à l'inertie de la roue assez importante pour ne pas tenir compte des petites variations de vitesse.

VII- Température

1- Objectifs

Réalisation d'un système de mesure de température léger, autonome en énergie et permettant une acquisition des résultats à différents instants.

Mesure de la température à l'intérieur et à l'extérieur de la nacelle.

2- Contraintes

- Domaine de température de 20°C à -55°C
- Poids réduit (poids total de la nacelle 2.5kg maxi)
- Encombrement limité par la taille de la nacelle et le volume occupé par les autres systèmes de mesure.
- Variation de la température continue, et rapidement ($\Delta T=70^\circ$ en 2h)
- Pas de pollution
- Pas de largage d'objet
- Mesure de température effectuée à l'extérieur de la nacelle
- Prix de l'ensemble faible (≤ 80 E)
- Obtenir une tension de sortie comprise entre 0 et 5V (pour l'émetteur KIWI)

3- Différentes solutions proposées

- Un thermomètre à mercure
- Dilatation d'un matériau (métallique, fluide...)
- Mesure par capteur électronique

Sélection des solutions les plus adaptées (critères de faisabilité, budget, contraintes...)

- La solution du thermomètre à mercure ne satisfait pas car :
 - l'inertie du relevé est trop importante
 - le relevé à distance des valeurs est difficile à mettre en œuvre
- Dilatation d'un matériau :
 - l'inertie du relevé est trop importante
- le système risque d'être de par son principe de fonctionnement lourd et encombrant.
- Mesure par capteur électronique
Cette solution nous semble bien adaptée car :
 - il y a la présence d'une énergie électrique dans la nacelle pour alimenter l'émetteur
 - le domaine de température mesuré est dans le domaine des capteurs courants
 - le poids et l'encombrement du système et du capteur sont réduits

- le capteur peut être éloigné du circuit électronique, ce qui laisse son emplacement libre sur la nacelle

Le choix des capteurs pouvant nous informer sur la température du milieu ambiant est large et varié. Les critères qui ont guidé nos choix ont été les suivants :

- Tension d'alimentation faible
- Consommation d'énergie faible
- Poids et encombrement du capteur limité
- Possibilité d'éloigner le capteur du circuit électronique
- Facilité de mise en œuvre
- Capable de mesurer dans le domaine de température
- Faible coût des capteurs

Un grand nombre de capteurs sont susceptibles de répondre à notre besoin, mais seuls 2 capteurs ont répondu parfaitement à nos critères :

- Capteur LM335
- Capteur CTN

Nous sommes parti au départ sur la mise en place du capteur LM, cependant ayant assez vite rencontré des difficultés au niveau du montage, et estimant qu'un montage complexe réduisait nos chances d'avoir de bons résultats, nous avons opté définitivement pour deux capteurs CTN.

4- Mise en place des capteurs

a) Les thermistances CTN

Les thermistances à coefficient de température négatif sont des résistances électriques dont la valeur augmente lorsque la température du milieu dans lequel elles se trouvent diminue.

Les valeurs données par le fabricant sont mesurées à la température de 25°C. Ces thermistances ne sont pas sensibles à la pression.

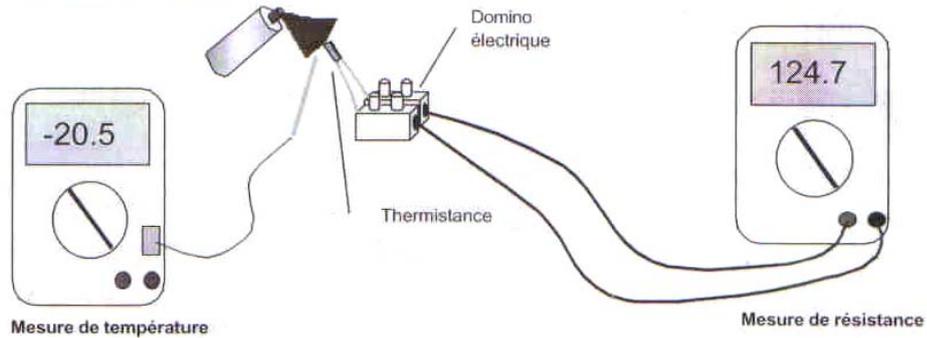


b) Caractéristiques de la thermistance : méthode expérimentale

L'opération consiste à réaliser plusieurs mesures de la résistance de la thermistance à différentes températures. On utilise un multimètre/thermomètre et on le place près du capteur.

Nos résultats sont reportés dans le point 4.5 de ce chapitre.

Relation Température / Résistance



c) Caractéristiques de la thermistances : méthode théorique

Les CTN sont caractérisées par deux grandeurs : R_0 , résistance de la CTN à 25°C et β (K)

La relation résistance/température s'exprime par :

$$R = R_0 \cdot e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \quad (1)$$

R_0 est la résistance de la CTN à $T_0 = 298$ K
 R est la résistance de la CTN à la température T

Attention, les températures ne sont pas en degrés Celsius (°C) mais en Kelvin (K). 0°C = 273 K

Ces coefficients sont donnés par le constructeur ($R_0=10$ K et $\beta=3380$ par exemple) mais peuvent être déterminés expérimentalement avec deux points de mesure.

Température (°C)	Résistance (Kw)
24	9,8
2	26

Tableau 1

R_1
 R_2

Avec ces informations nous allons calculer β et R_0

En transposant l'équation (1), nous avons :

$$\beta = \frac{T_1 \times T_2}{T_2 - T_1} \ln \left(\frac{R_1}{R_2} \right) \quad (2)$$

Le β se détermine directement avec deux points de mesure de résistance aux températures T_1 et T_2 .

$$R_0 = \frac{R_1}{e^{\beta \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right)}} \quad (3)$$

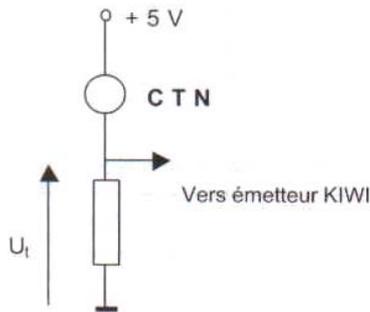
La résistance R_0 se détermine avec un point de mesure (R_1, T_1) et T_0 (25°C ou 298 K).

d) Le conditionneur de la mesure de la température

Le conditionneur est un dispositif électronique qui permet de transformer une information issue d'un capteur en un signal électrique dont l'utilisateur (vous) définit précisément les caractéristiques (plage de variation, valeur min et max, fréquence, etc.).

En général, on cherche à conditionner les capteurs en tension. Pour l'utilisation du système KIWI, le conditionneur doit fournir une tension située entre 0V et 5V.

Le conditionneur d'une CTN peut-être une simple résistance.



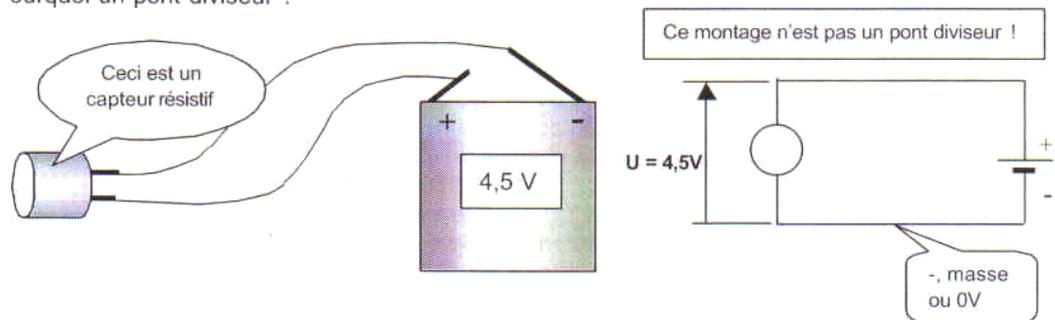
On détermine alors la gamme de fonctionnement du capteur en évaluant les températures attendues (min et max). Pour une excursion d'altitude de 30 km, la plage de mesure doit s'étendre entre -60°C et $+30^{\circ}\text{C}$.

La tension mesurée aux bornes de la résistance fixe varie en fonction de la température. Ce montage donne une tension qui diminue lorsque la température diminue. Voir page suivante le point sur le pont diviseur de tension.

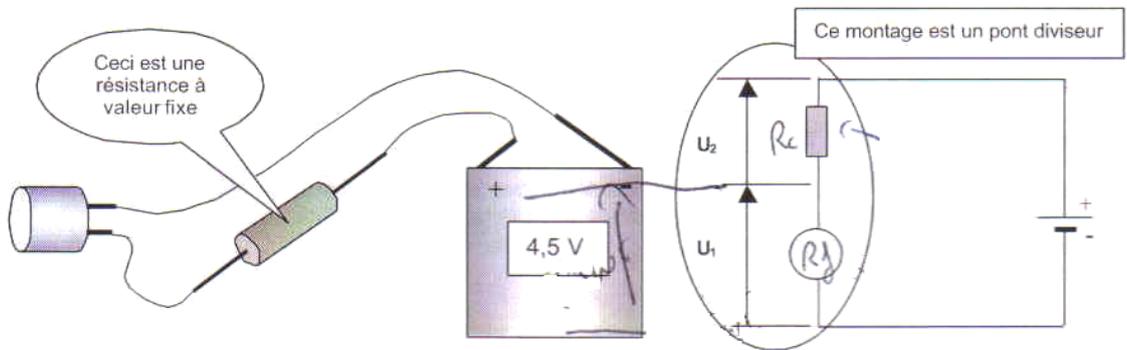
e) Pourquoi un pont diviseur ?

Le pont diviseur : un conditionneur de capteur

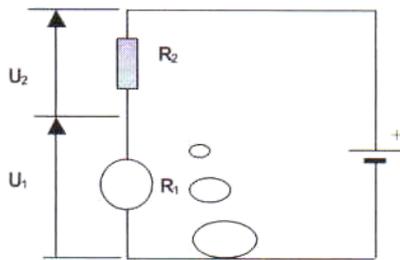
Pourquoi un pont diviseur ?



La tension aux bornes du capteur est de $U = 4,5\text{V}$. Des variations physiques sur ce capteur ne changent pas la tension aux bornes de celui-ci.



La tension aux bornes du capteur est maintenant U_1 . On remarque que $U_1 + U_2 = U$ (4,5V). Des variations physiques sur ce capteur changent la tension aux bornes de celui-ci : U_1 varie. Dans notre cas, nous allons envoyer grâce à la télémessure cette valeur U_1 . Il faut donc trouver une relation qui lie la variation du paramètre physique que l'on souhaite mesurer et cette tension U_1 .



Le capteur résistif, par définition, voit sa résistance changer en fonction des variations du paramètre physique. (La chaleur fait varier la résistance d'une thermistance). On va donc chercher à définir U_1 en fonction de cette résistance R_1 . La loi d'Ohm : $U = R \times i$ permet ce calcul.

$$U_1 = R_1 \times i \quad (1)$$

$$U_2 = R_2 \times i \quad (2)$$

$$U = U_1 + U_2 \quad (3)$$

R_2 et U sont connus.

$$(1) \text{ et } (2) \Rightarrow U_2 + U_1 = (R_1 + R_2) \times i \Rightarrow i = U / (R_2 + R_1)$$

$$(1) \Rightarrow U_1 = U \times R_1 / (R_2 + R_1)$$

Nous avons donc une tension U_1 dont les variations vont dépendre directement de R_1 .

Quand R_1 et R_2 sont égales, la tension U est divisée par 2 :
 $U_1 = U_2 = U/2$.

Une fois la tension obtenue et envoyée par le système KIWI, il faut retrouver la température. Nous allons donc établir la relation Tension / Température à l'aide de la formule du pont diviseur :

$$U_T = U \frac{R_{\text{fixe}}}{R_{\text{fixe}} + R_0 \cdot e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}}$$

f) Résultat de l'étalonnage

On sait que :

$$R = R_0 \exp\left(\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right)$$

Il nous faut déterminer R_0 et B , on suppose que $R_0 = 10 \text{ Kohms}$ en se fiant aux données constructeurs.

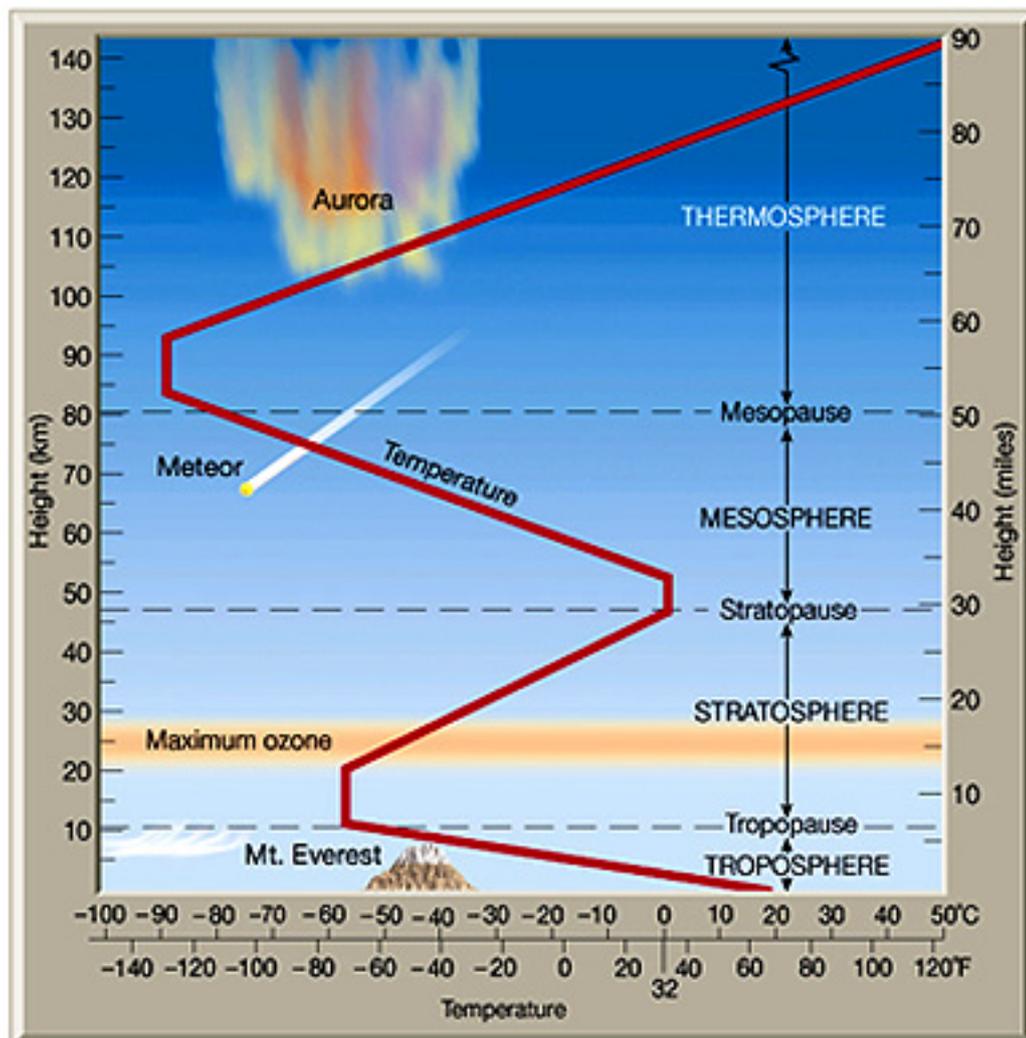
Pour le B , on effectue les mesures suivantes, que l'on compare à $R_{\text{théorique}}$ en faisant varier B , ensuite on ajoute les différences relatives pour un B donné et on choisit B tel que cette somme soit minimale.

5- Exploitation des résultats

On reçoit les mesures sur ordinateur comme le montre l'image ci jointe.



Les résultats attendus sont les suivants :

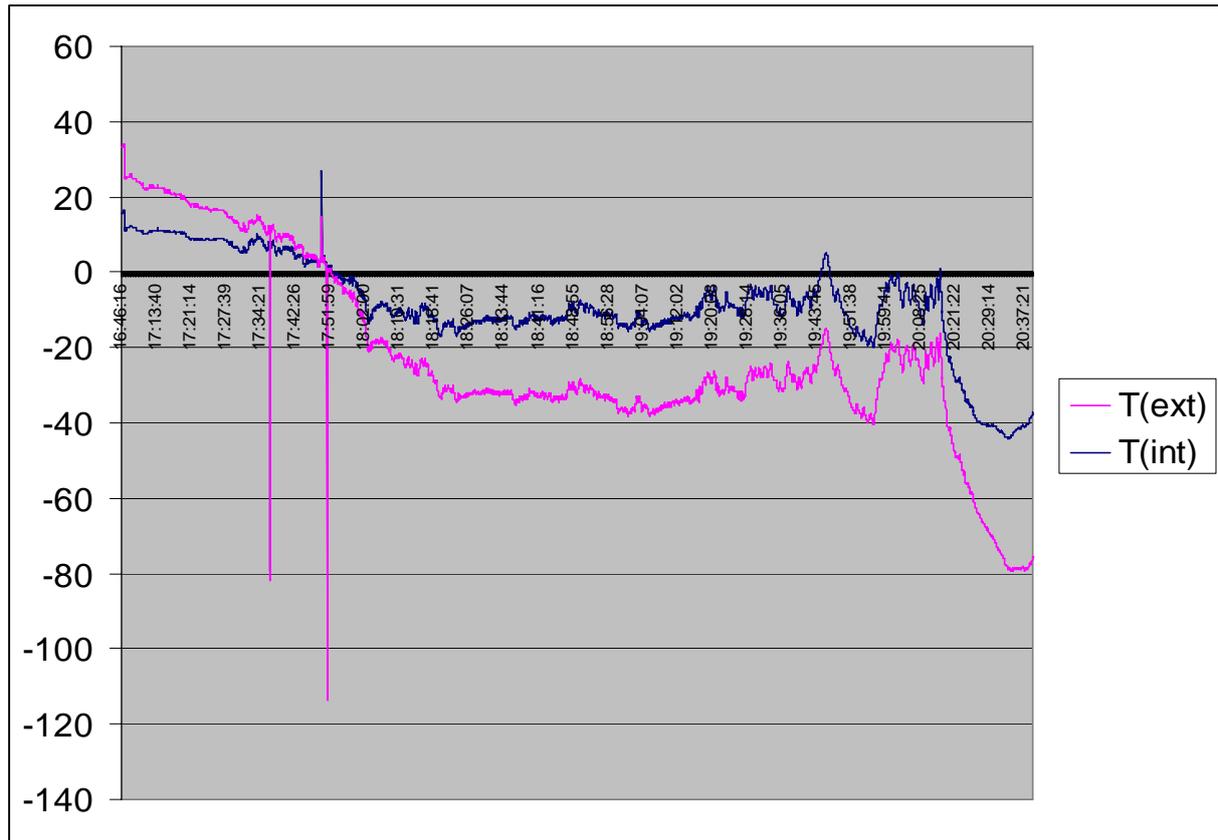


Bien sûr le ballon ne va pas à plus de 35 km.

Nos résultats : (voir ci-dessous)

L'allure de la courbe correspond à celle attendue, il est intéressant de noter la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, il faut dire que la nacelle était (partiellement) isolée.

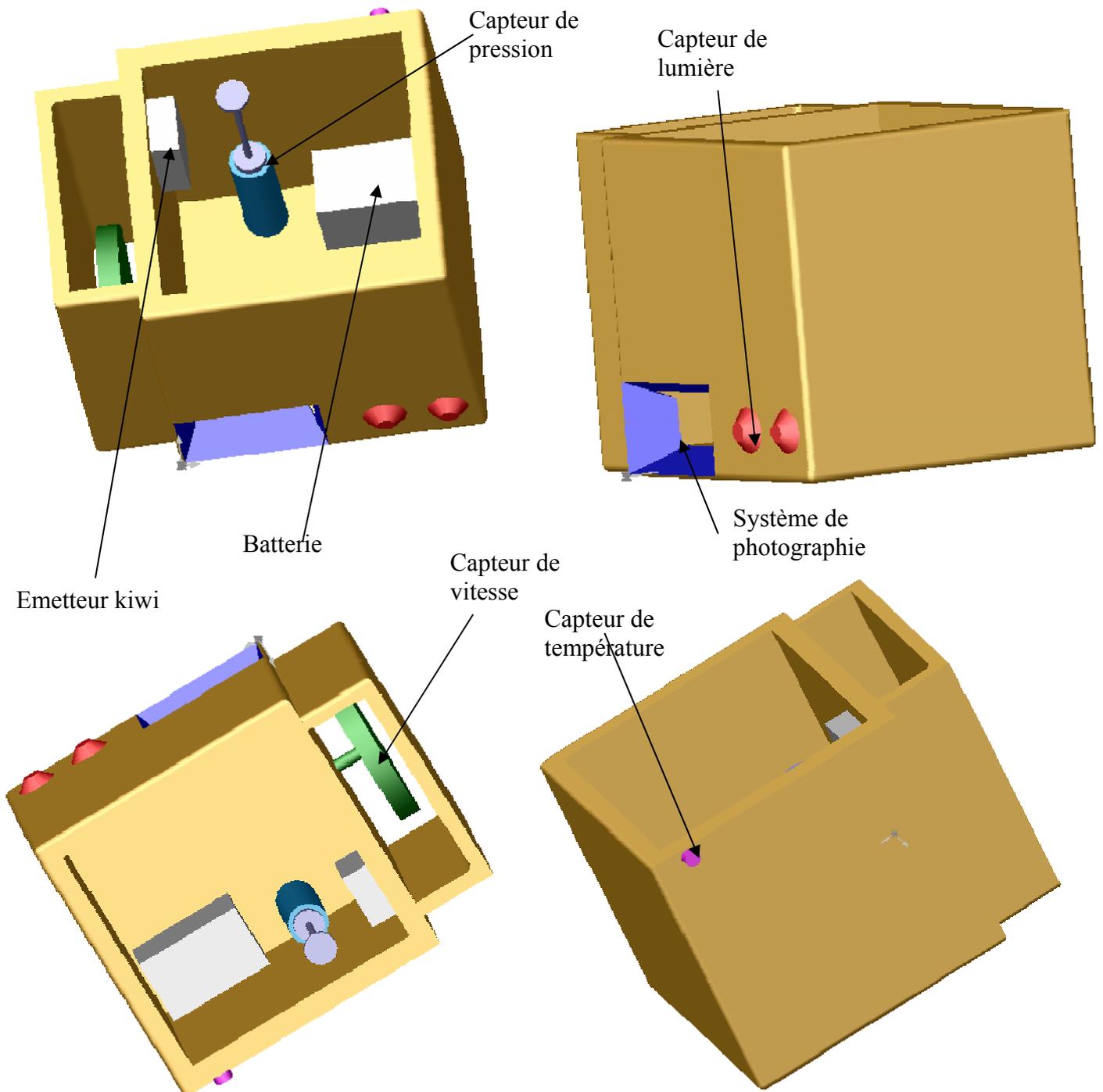
A la fin des mesures on observe des anomalies les sondes se sont peut être cassées ou le ballon a subi le choc de l'atterrissage.



VIII- La nacelle

Pour la réalisation de la nacelle, nous avons tenu compte des impératifs de chacun, notamment pour l'emplacement de chaque capteur, mais aussi pour l'emplacement du kiwi ou encore celui de la batterie.

1- Plan de la nacelle



On a réalisé le schéma de la nacelle sous solid-works avant sa conception afin de donner un bon aperçu.

2- Réalisation

La nacelle est réalisée à l'aide de plaques de Polystyrène extrudé, cela permet d'isoler la nacelle et de conserver une température assez élevée lors de l'ascension du ballon. En effet un des problèmes majeur rencontré par tous les groupes était que l'électronique descendait difficilement en dessous de 0°C. Par ailleurs, on a recouvert la nacelle d'une couverture de survie afin de conserver la chaleur à l'intérieure et de la rendre plus visible pour la retrouver.

Par ailleurs nous avons été confronté à un problème de poids, puisque le jour du lancé nous dépassions la masse autorisée de 51g, malgré les bilans de masse réguliers. On a pu ajuster ce poids grâce en partie au polystyrène que nous avons raboté.

En ce qui concerne l'alimentation des différents capteurs, nous avons utilisé trois piles de 4.5V et deux régulateurs : 5V et 10V

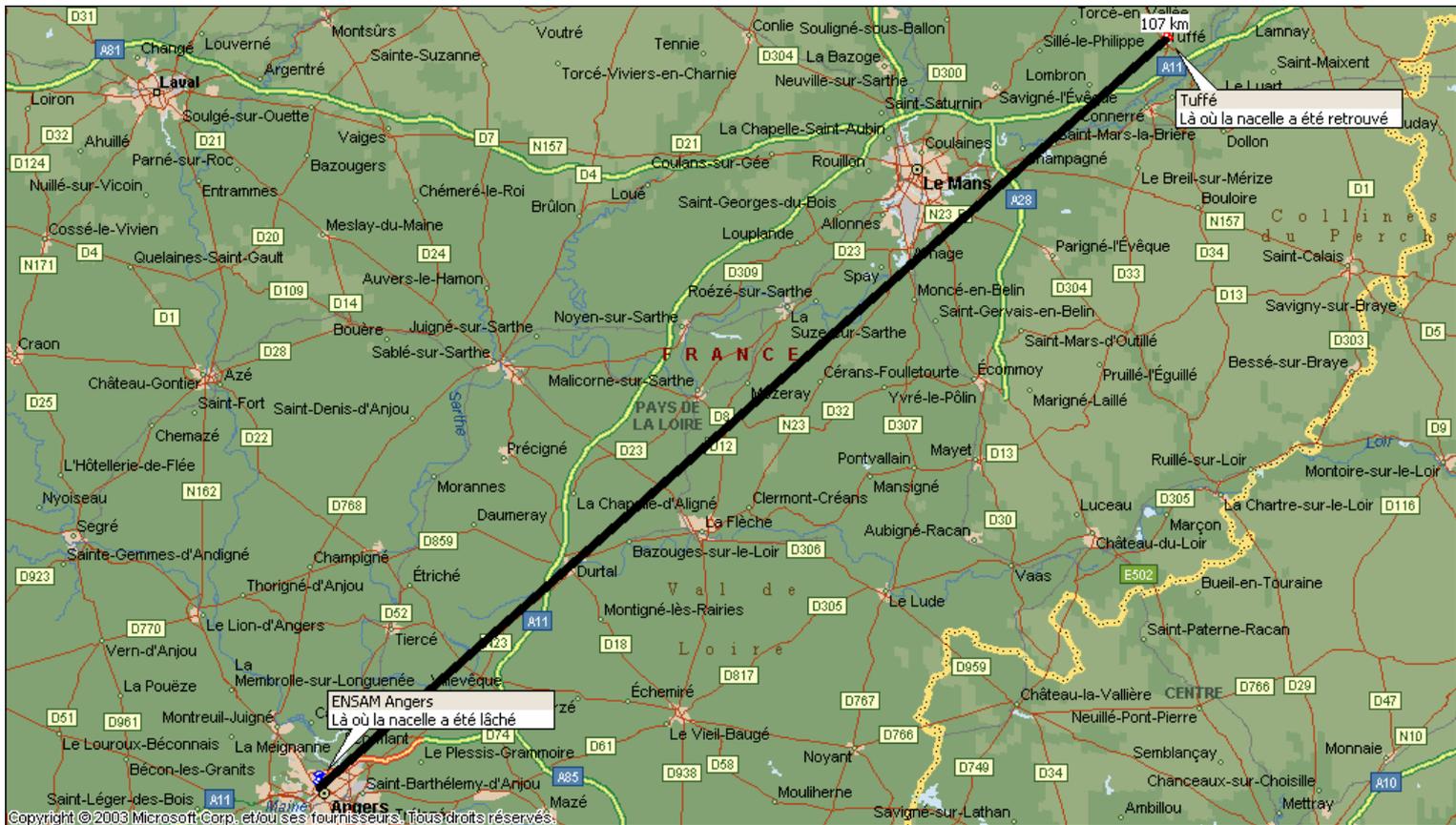
On a branché le Kiwi directement sur l'alimentation des piles : 13.5V.

Le principal problème rencontré, par une majorité de capteur est la présence d'AO. En effet, lorsque l'émetteur était en fonctionnement, celui-ci perturbait tous les circuits avec AO (présence de deux oscillateurs). Il a donc été nécessaire d'isoler le Kiwi par une cage de Faraday.



3- Réception

Trajectoire de la nacelle : celle-ci est partie d'Angers le 31 mars à 17h et à été retrouvé dans la Sarthe dans la commune de Tuffé, par M. Ligot qui nous l'a gracieusement renvoyée. Elle a ainsi parcourue une distance de 104km.



IX- Conclusion

Le PIT nous a apporté beaucoup d'un point de vue organisation, conception et recherche de solutions technologiques. En effet la réalisation de la nacelle nécessite une organisation et un travail de recherche.

Pour la pression, l'expérience s'est bien déroulée, mais uniquement sur l'ascension. Nous avons les résultats espérés. Le mouvement de la seringue par à-coups était prévisible (comme à l'étalonnage). Rien ne peut y remédier. Il aurait cependant été intéressant d'avoir un deuxième capteur, électronique cette fois, ce qui nous aurait permis de mieux comparer les résultats obtenus.

En ce qui concerne la luminosité, bien que l'expérience prévue n'ait pas fonctionné (comparaison entre éclairage dans le bleu et le rouge), le capteur rouge a pu donner des informations intéressantes :

- *évolutions de l'éclairage
- *hauteur des nuages
- *rotation de la nacelle sur elle-même
- *moment de l'éclatement du ballon

Au final on retiendra que l'expérience aurait mieux fonctionné sans l'utilisation d'AO source de parasite évidente avec les émissions du KIWI.

En ce qui concerne la température, nous avons obtenu des résultats intéressants sans doute grâce à l'absence d'AO dans les circuits de chacun des deux capteurs.

Ce projet nous a également permis d'être confronté à l'organisation d'un travail d'équipe. Chaque membre doit réaliser sa part du travail et la mise en commun donne le résultat final. Cela implique donc rigueur et méthode car la réussite du projet final est conditionnée par le sérieux avec lequel chacun réalise sa partie du projet. Nous avons ainsi noté l'intérêt que l'un d'entre nous soit responsable de la mise en commun des travaux de chacun en veillant notamment au respect des échéances que nous nous étions fixées pour les rendre. Cela a donc mis en évidence l'importance d'un coordinateur au sein d'une équipe, mais également l'intérêt des réunions intermédiaires pour noter l'état d'avancement des travaux et exprimer les difficultés rencontrées par les uns et les autres pour maintenir une cohérence au projet final.

Par ailleurs, comme dans tous les projets, nous avons rencontré des problèmes de dernière minute. Il faut alors prendre des décisions rapidement mais toujours de façon raisonnées. Il s'agit de situations auxquelles le PIT nous a permis d'être confronté.

En ce qui concerne les résultats, nous pouvons exprimer une déception même si certains d'entre eux sont plutôt concluants. Néanmoins, l'échec partiel de certains résultats, nous a conduit à faire une analyse des raisons de ces échecs, et ainsi nous avons pu émettre un certain nombre d'hypothèses comme le manque de moyens technologiques (procédés de fabrication...) et financiers. Mais cette analyse nous a aussi permis de prendre conscience de l'influence que pouvaient avoir des éléments extérieurs.

GBAGUIDI Jean-Charles
GUYADER Gurvan
HAMDI Salih

HERTZ Alexis
HERVE DU PENHOAT Jean
LE ROUX Geoffroy

LENOIR Lionel
MAURY Tony
Coordinateur : M. de BREZA

Bibliographie

- Rapports des précédents lancés de ballons
- Site du CNES (centre national d'études spatiales)
- CD ressources de Planète Science
- Documentation constructeur et revendeur (Atlantique Composants)
- Encyclopédia Universalis
- Encyclopédie Microsoft Encarta.
- Microsoft Autoroute express

PIT : Ballon expérimental



Conception de la nacelle
Choix et réalisation des
expériences



Choix des expériences

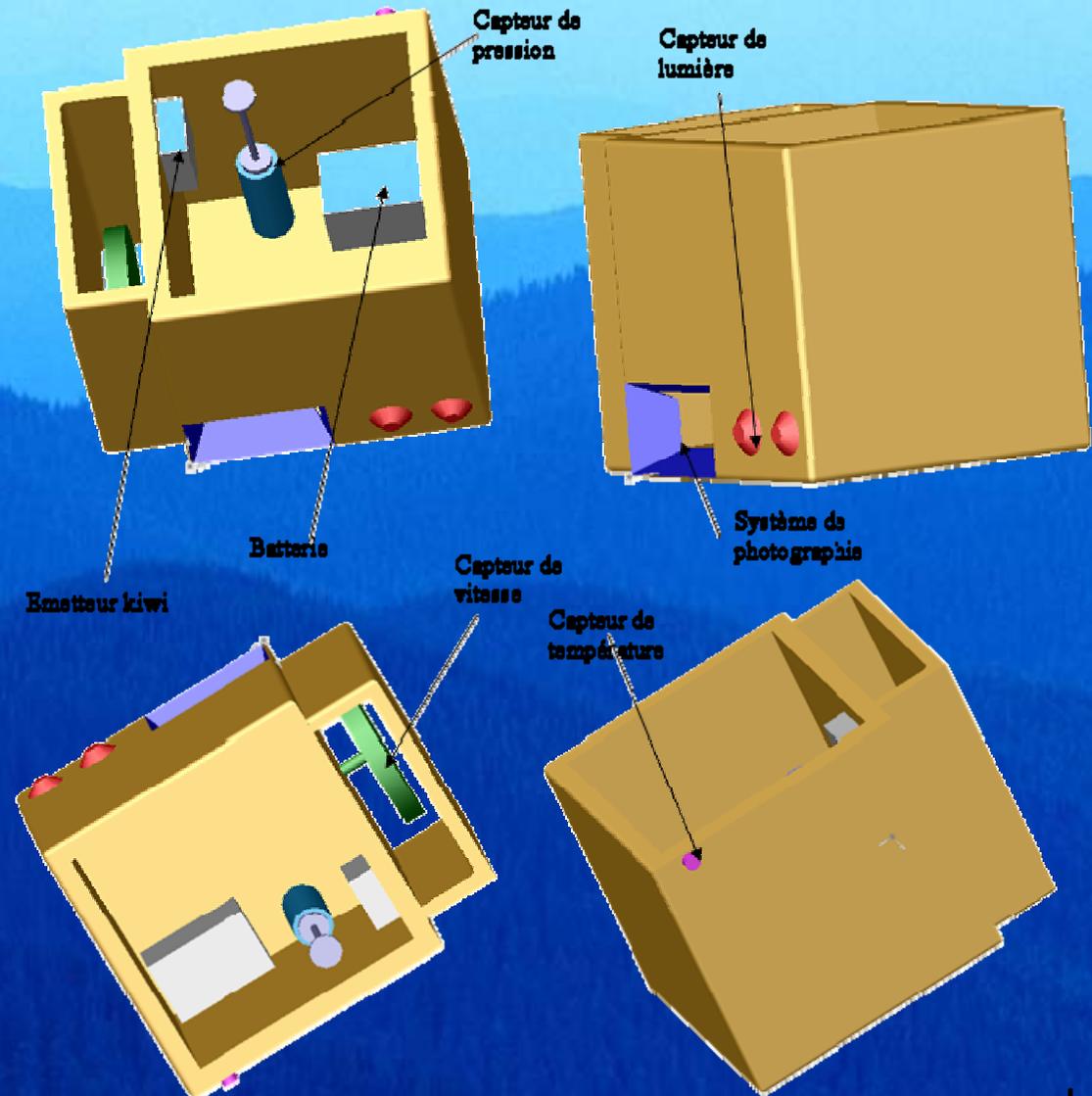
- Pression (Alexis & Lionel)
- Vitesse ascensionnelle (Salih & Tony)
- Photographie (Jean-Charles & Jean)
- Température (Geoffroy)
- Mesure du rayonnement (Gurvan)

Réalisation de la nacelle



Aspect général

- Matériau : polystyrène
- Alimentation : piles alcalines
- Masse 2.5 kg
- Réseau : 5V – 10V
- Couverture de survie : température
- Transmission des données : émetteur Kiwi
- Cage de Faraday
- Électronique

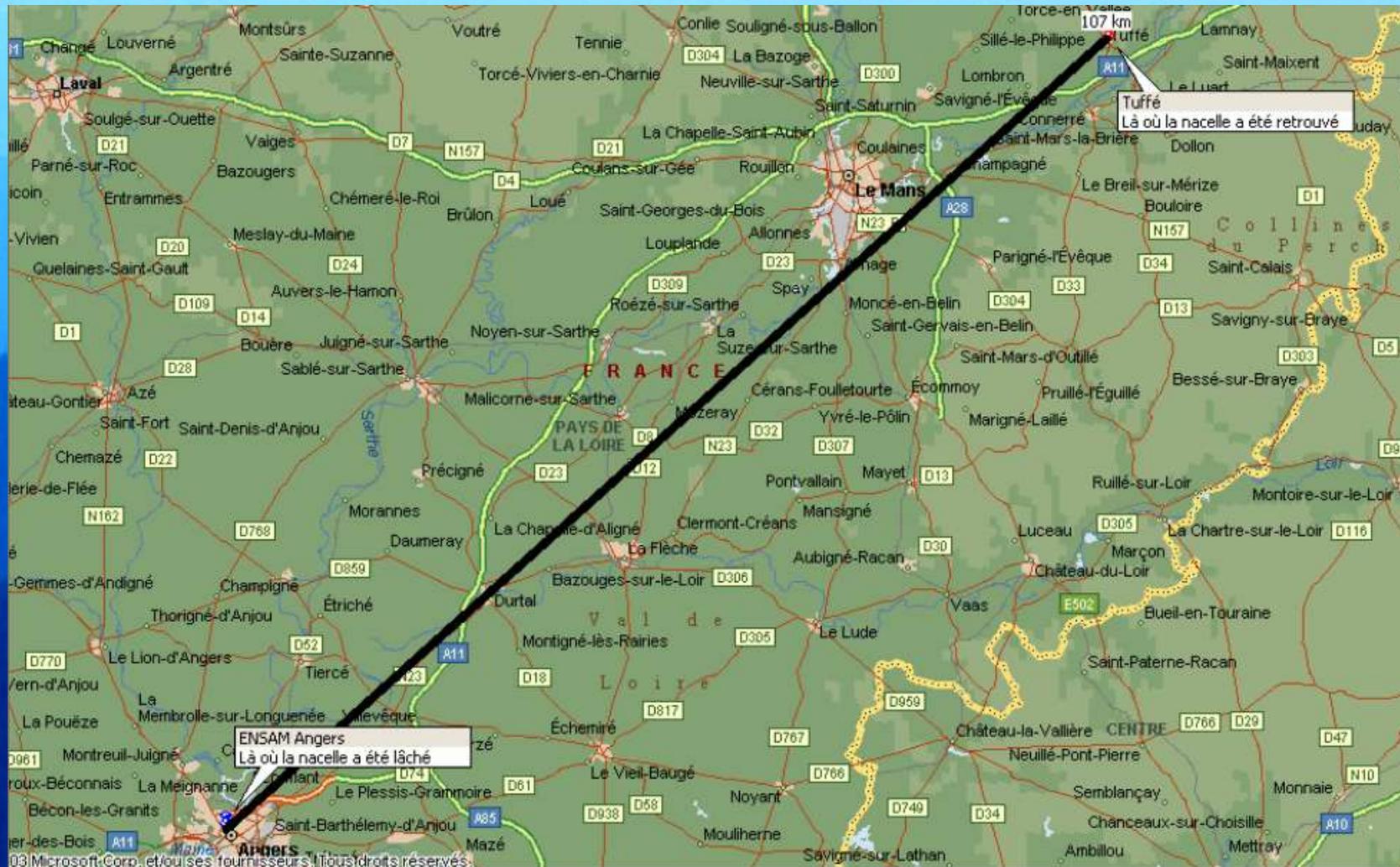


Lancé du ballon

- 31 mars 2004 : 17 heures
- Réception jusqu'à 20h30 environ
- Temps nuageux



Trajectoire



Expérience appareil photo

Présentation de l'expérience

1. Objectifs

- Prises de vue de la Terre
 - suivi du parcours du ballon (pour les 1eres minutes)
 - Observation de la rotondité de la Terre
- Régler la cadence de prise de vue en fonction décroissante de l'altitude.

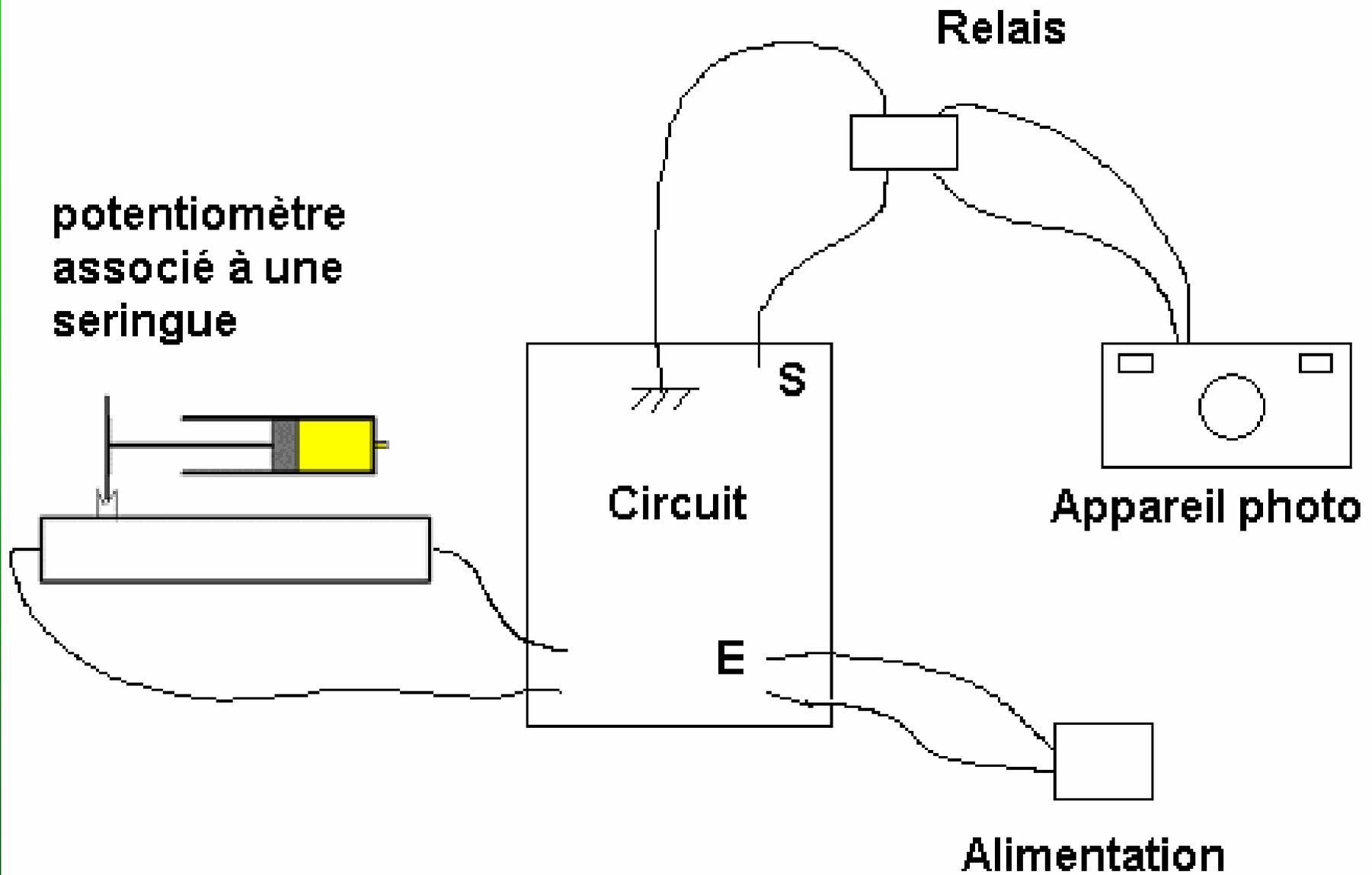
2. Identification des problèmes potentiels

- Température très faible
- Condensation sur l'objectif
- Mouvement de la nacelle durant l'essai
- Alimentation du procédé utilisé
- Coût
- Intensité lumineuse importante

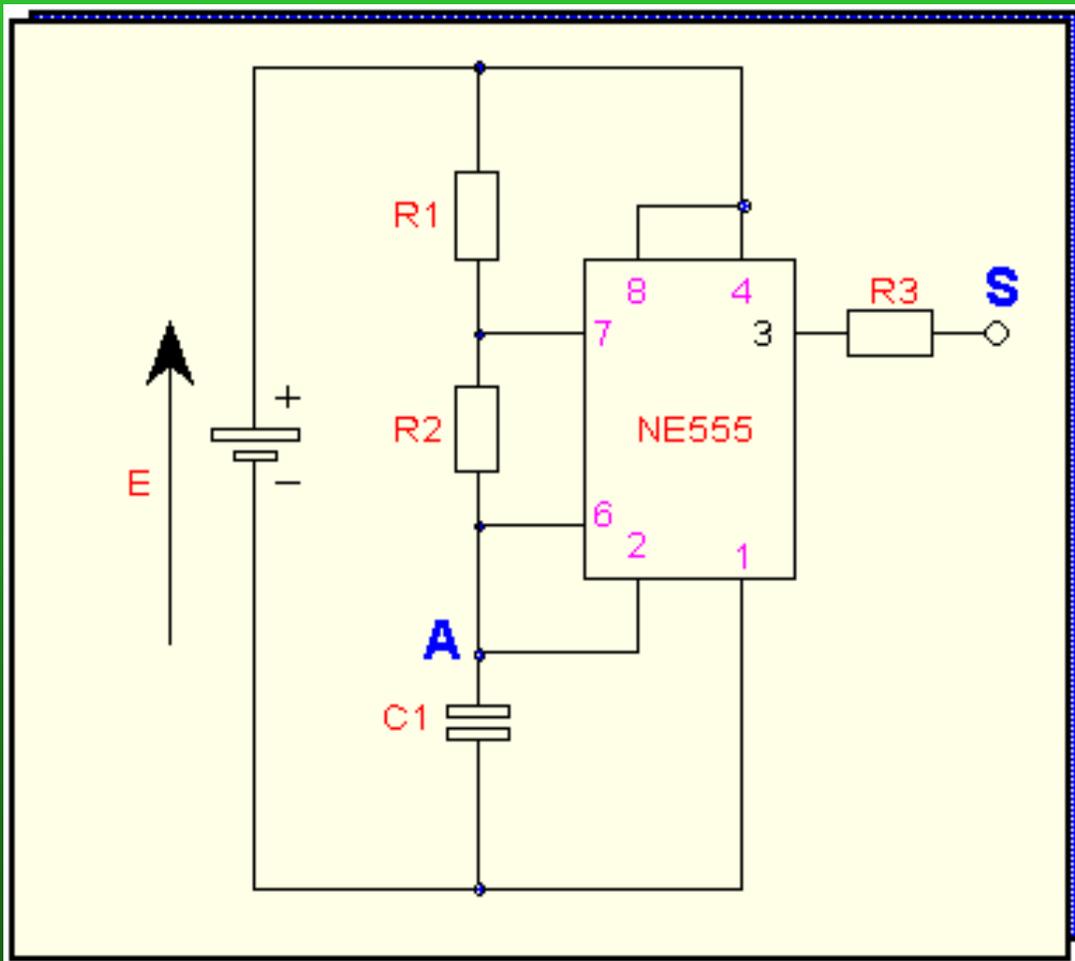
3. Solution retenue

Commande électronique utilisant un temporisateur avec une résistance réglable associée à un capteur de pression.

potentiomètre
associé à une
seringue



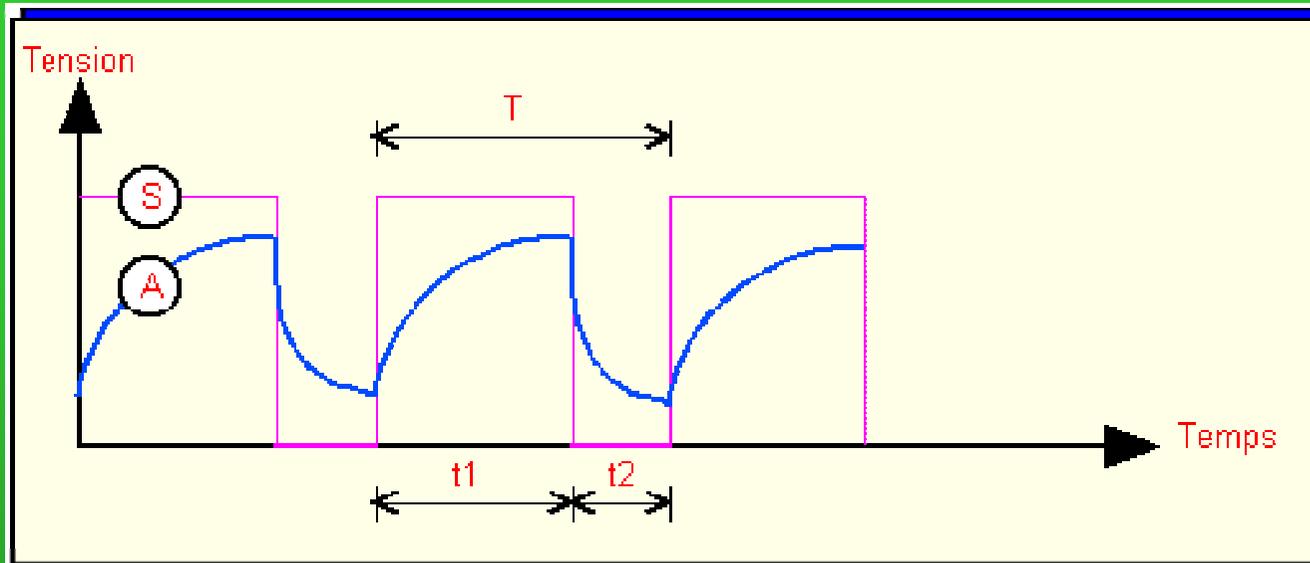
Ebauche du circuit choisi



Le circuit de base de temps est le SA555

R2 est la résistance variable associée au capteur de pression

On connectera à la sortie un relais faisant office de bouton poussoir sur l'appareil



$$t1 = 0.7 \cdot (R1 + R2) \cdot C$$

$$t2 = 0.7 \cdot R2 \cdot C$$

Dans notre cas on prend :

$R1 = 1 \text{ K}\Omega$

$R2$ variable de 0 à 220 $\text{K}\Omega$

$C = 1 \text{ mF}$

Cadence : 25 s au décollage
 5 min à 30000 m

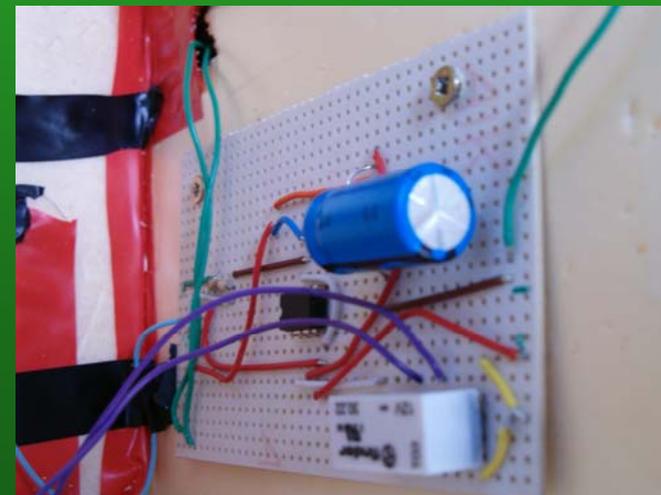
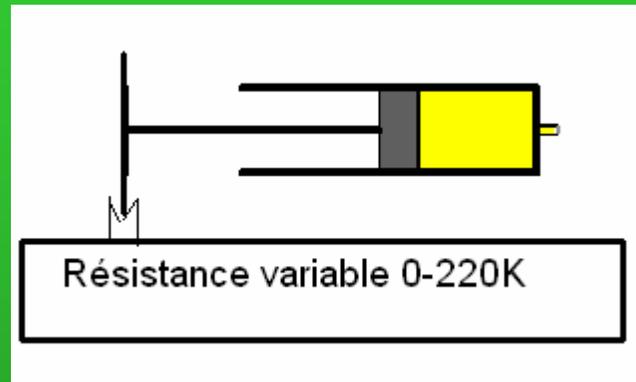


Schéma du dispositif faisant varier R2



L'air contenu dans la seringue se dilate avec l'altitude. L'augmentation de pression qui en résulte provoque un déplacement du piston entraînant le curseur du potentiomètre.



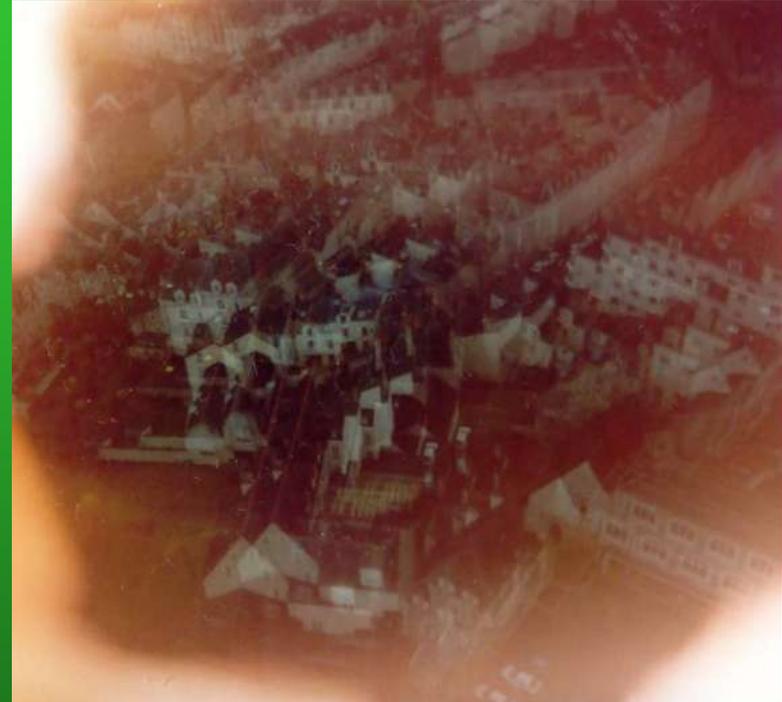
Implantation de la seringue dans la nacelle

Résultats obtenus

Bon fonctionnement du système de commande

Mais résultats mitigés :

- ✦ Mauvaise estimation des mouvements de la nacelle amplifiés par des vents tourbillonnants entraînant un décentrage de l'objectif
- ✦ Les photos obtenues ne sont pas de très bonne qualité.





Décomposition spectrale de la lumière

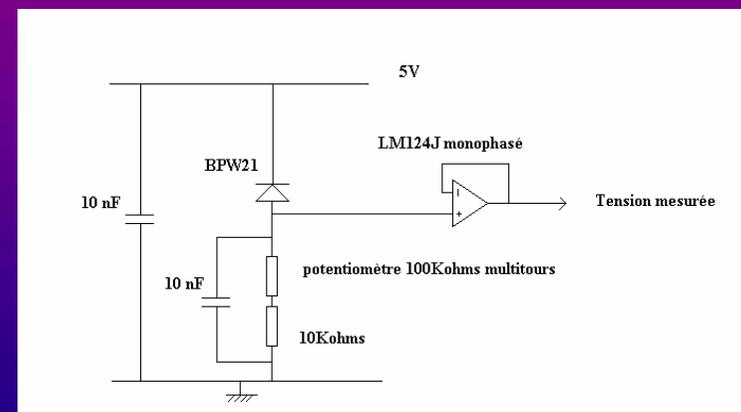
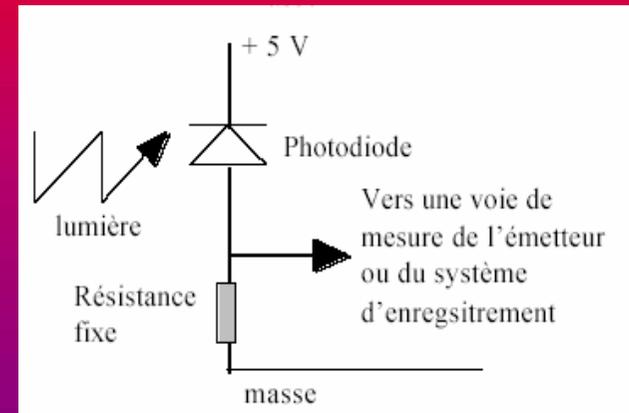
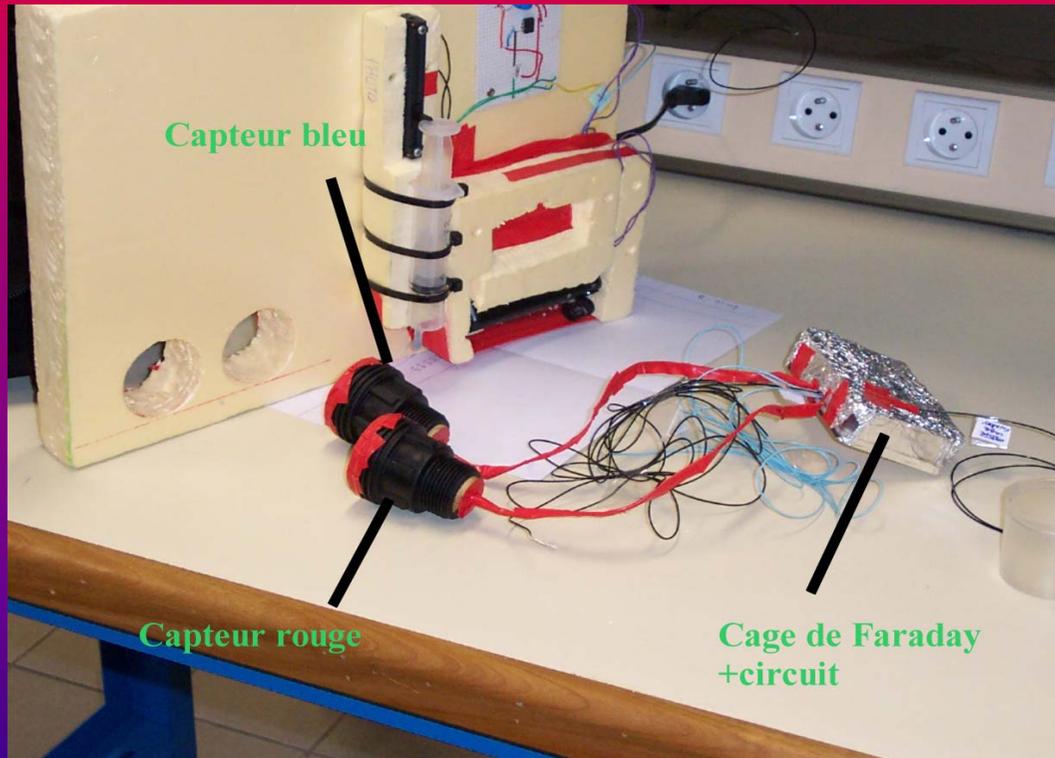
Objectif

Observer la variation d'intensité dans le bleu et le rouge en fonction de l'altitude dans le but de vérifier la diffusion de Rayleigh.

Principe Physique

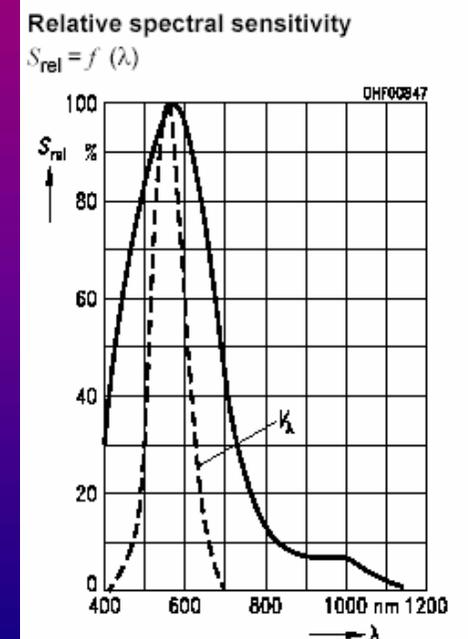
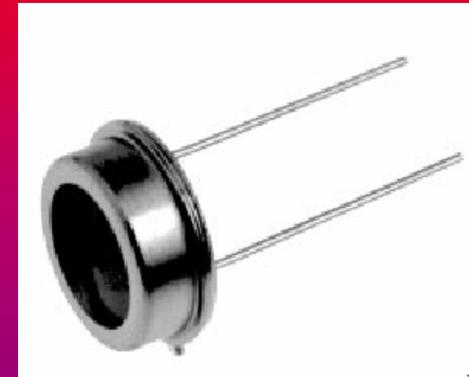
A la surface de la terre on reçoit une partie de lumière importante due à la diffusion Rayleigh qui favorise les faibles longueurs d'onde (donc le bleu). On espère observer à la surface une proportion plus importante de bleu par rapport au rouge puis constater une diminution de cette proportion en montant dans l'atmosphère

Schéma du dispositif



Choix du Capteur

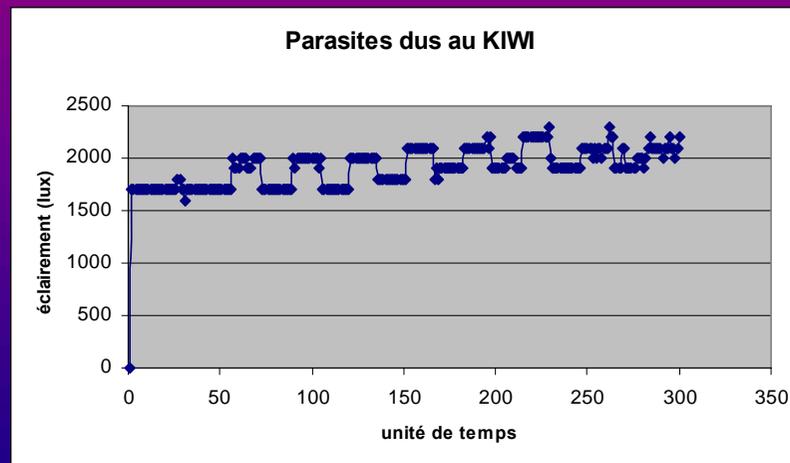
- Les critères essentiels de choix sont :
- Sensibilité importante
- Bande passante restreinte aux longueurs d'ondes du visible
- Résistance aux basses températures
- Temps de réponse assez rapide
- Au Final on choisit une photodiode BPW21



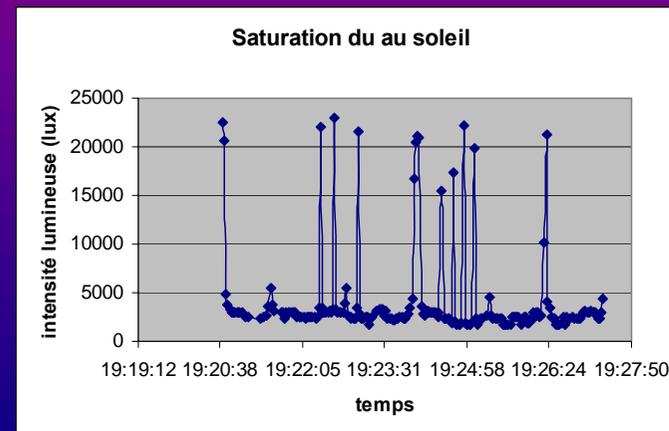
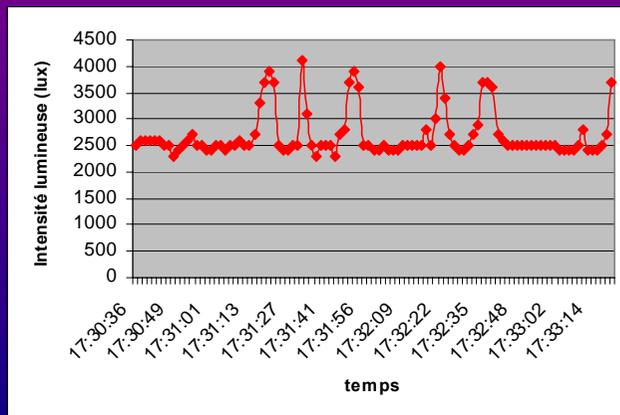
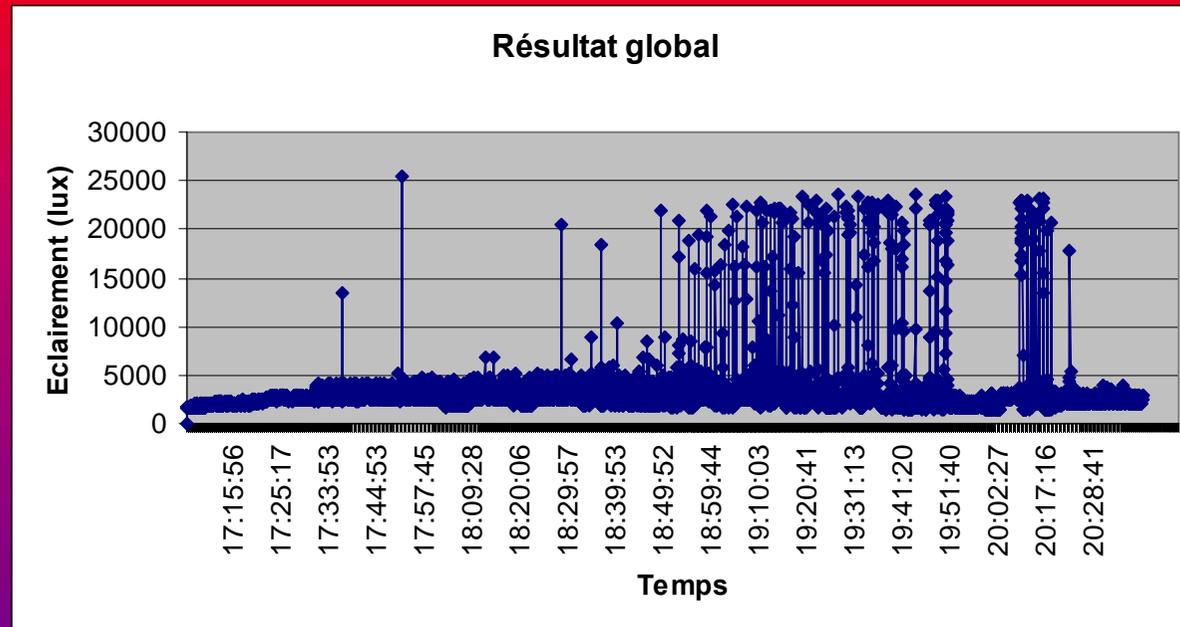
Problèmes rencontrés

- Choix du convertisseur courant-tension (car plages de variations de l'éclairement importantes)
- **Solution** : cibler la plage de mesure et prendre un convertisseur linéaire.

- Parasites provoqués par l'émetteur KIWI Millenium
- **Solution** : cage de Faraday et capacité de couplage
- **Insuffisant** : capteur bleu en saturation pendant l'ensemble du vol



Résultats



En résumé

- Bien que l'expérience prévue n'ait pas fonctionné (comparaison entre éclairement dans le bleu et le rouge), le capteur rouge a pu donner des informations intéressantes :
 - évolutions de l'éclairement
 - hauteur des nuages
 - rotation de la nacelle sur elle-même
 - moment de l'éclatement du ballon

Mesure de la vitesse ascensionnelle

Objectifs

- ◆ Mesurer la vitesse d'ascension du ballon
- ◆ Evaluer l'altitude du ballon et confronter cette donnée avec la mesure de la pression
- ◆ Déterminer le point d'éclatement du ballon

Démarche

- ◆ Mesurer la vitesse ascensionnelle par un anémomètre (hyp: $V_{\text{absolue du vent}} \ll V_{\text{ballon}}$ #5m/s)
- ◆ Principe: utiliser un moteur en génératrice tachymètre

Le capteur

Schéma du dispositif

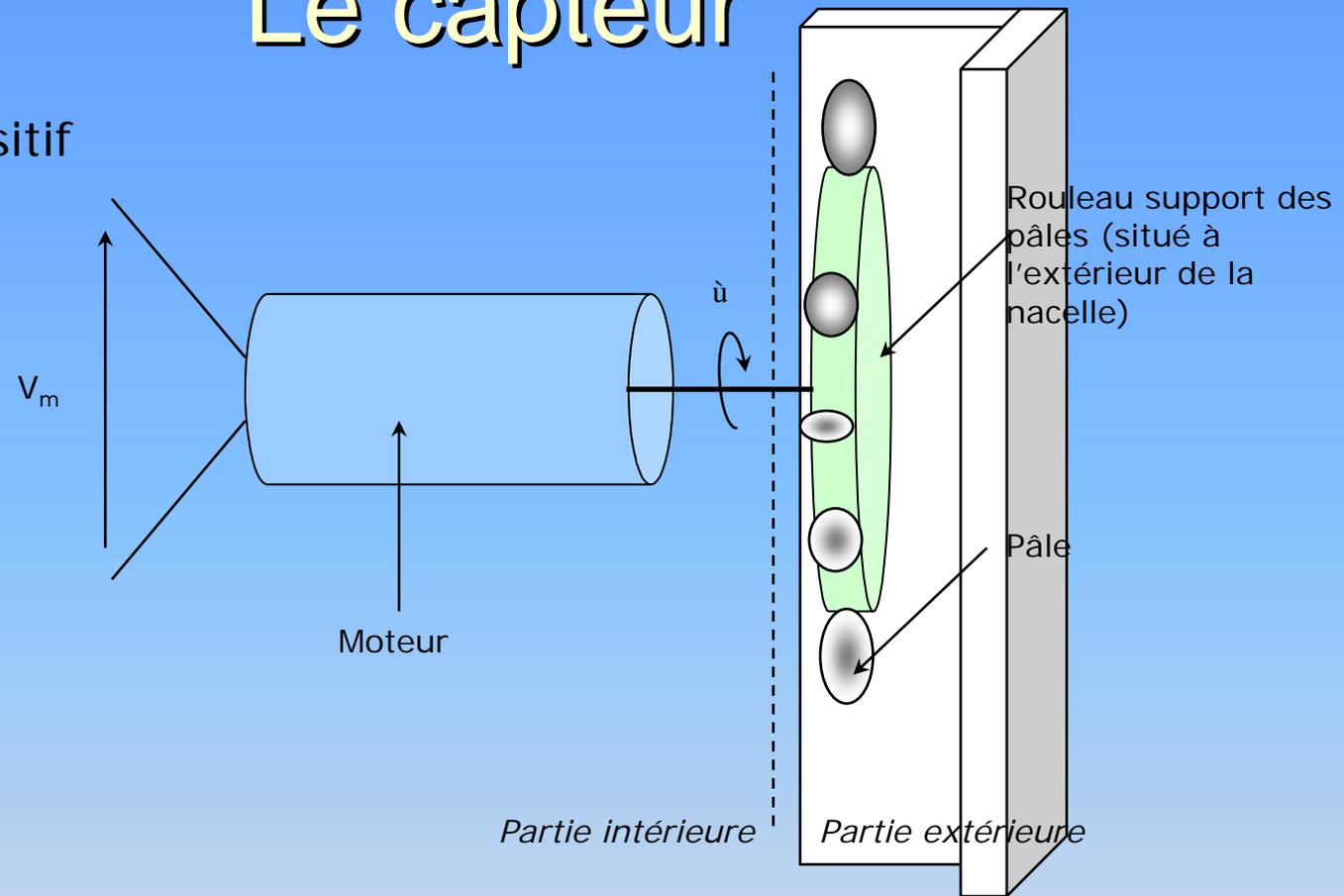
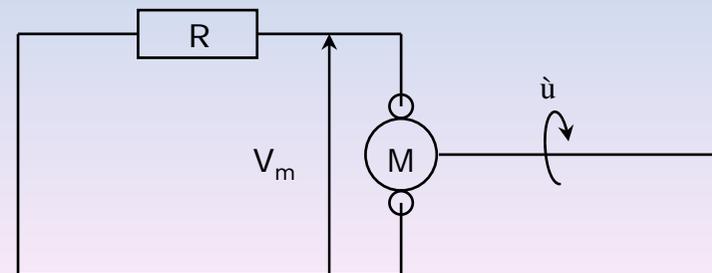


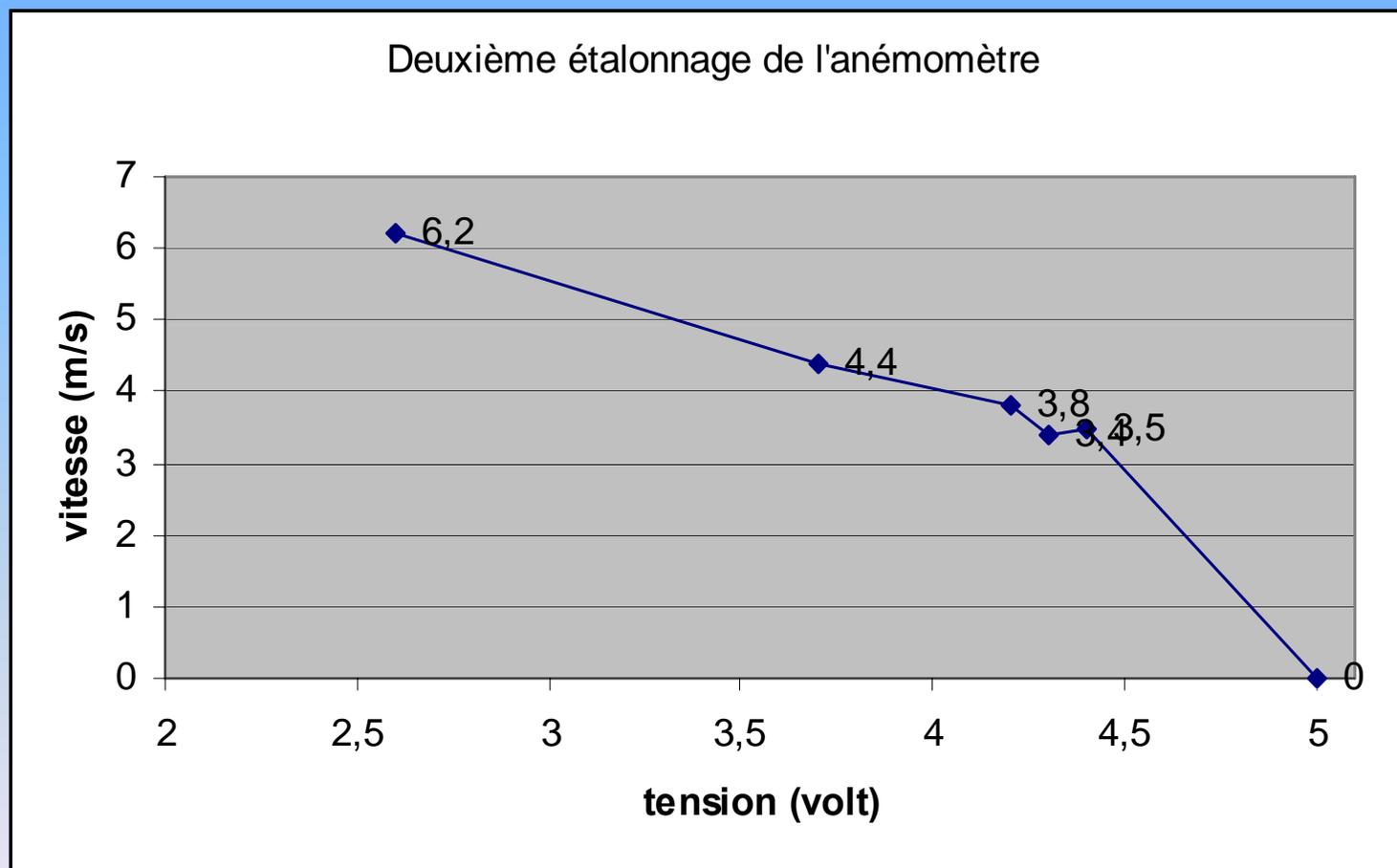
Schéma électrique équivalent



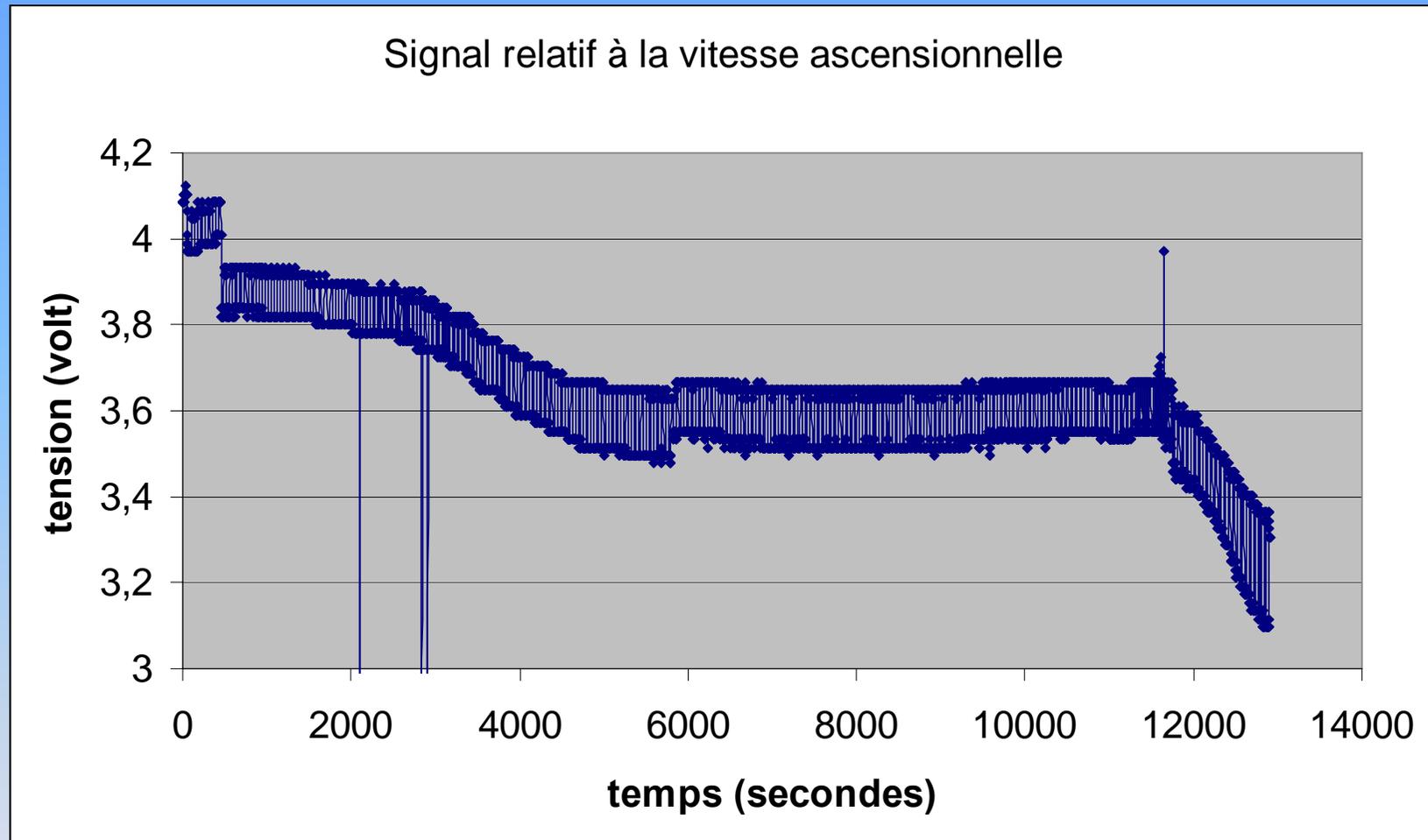
Etalonnage

- ◆ Construction d'une cage de Faraday nous permettant de nous affranchir des perturbations générées par le Kiwi
- ◆ Etalonnage en laboratoire grâce à un pistolet branché à la pression et à un anémomètre
- ◆ Essais peu concluants: saturation ($V_s=5v$)
- ◆ Modification du montage: inversion des bornes
- ◆ Etalonnage

Courbe d'étalonnage



Résultat



On remarque une accélération du ballon entre 100 et 6000 secondes puis une stagnation de sa vitesse à 5 m/s. L'éclatement a lieu 10150 secondes après le lâché (accélération).

CAPTEUR DE PRESSION

Mesure Mécanique

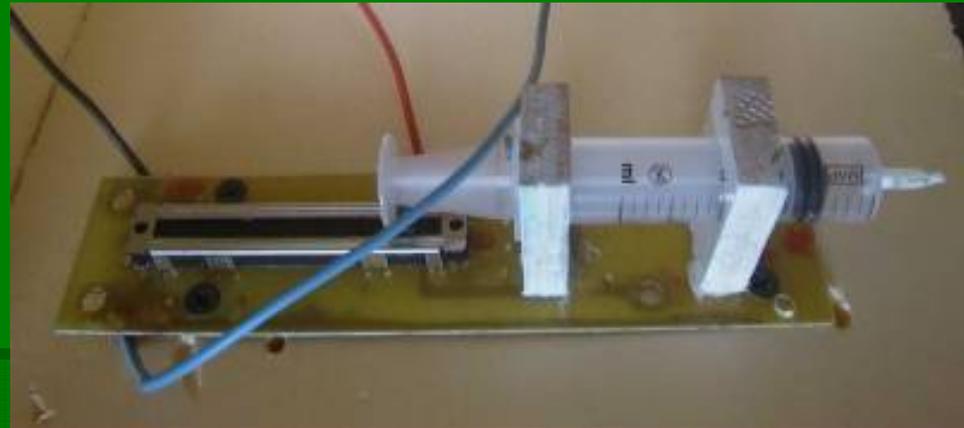
OBJECTIFS

- Mesurer la pression lors de l'ascension
- Déterminer l'altitude lors de l'ascension à partir de la mesure de pression
- Réaliser un graphique montrant l'évolution de la pression en fonction de l'altitude.

CONTRAINTES

- Mesurer des pressions faibles
- Pas trop lourd, pas trop volumineux
- Le plus précis possible
- Pouvoir obtenir une tension à mettre en relation avec la pression
- Montage simple

Le capteur



Principe

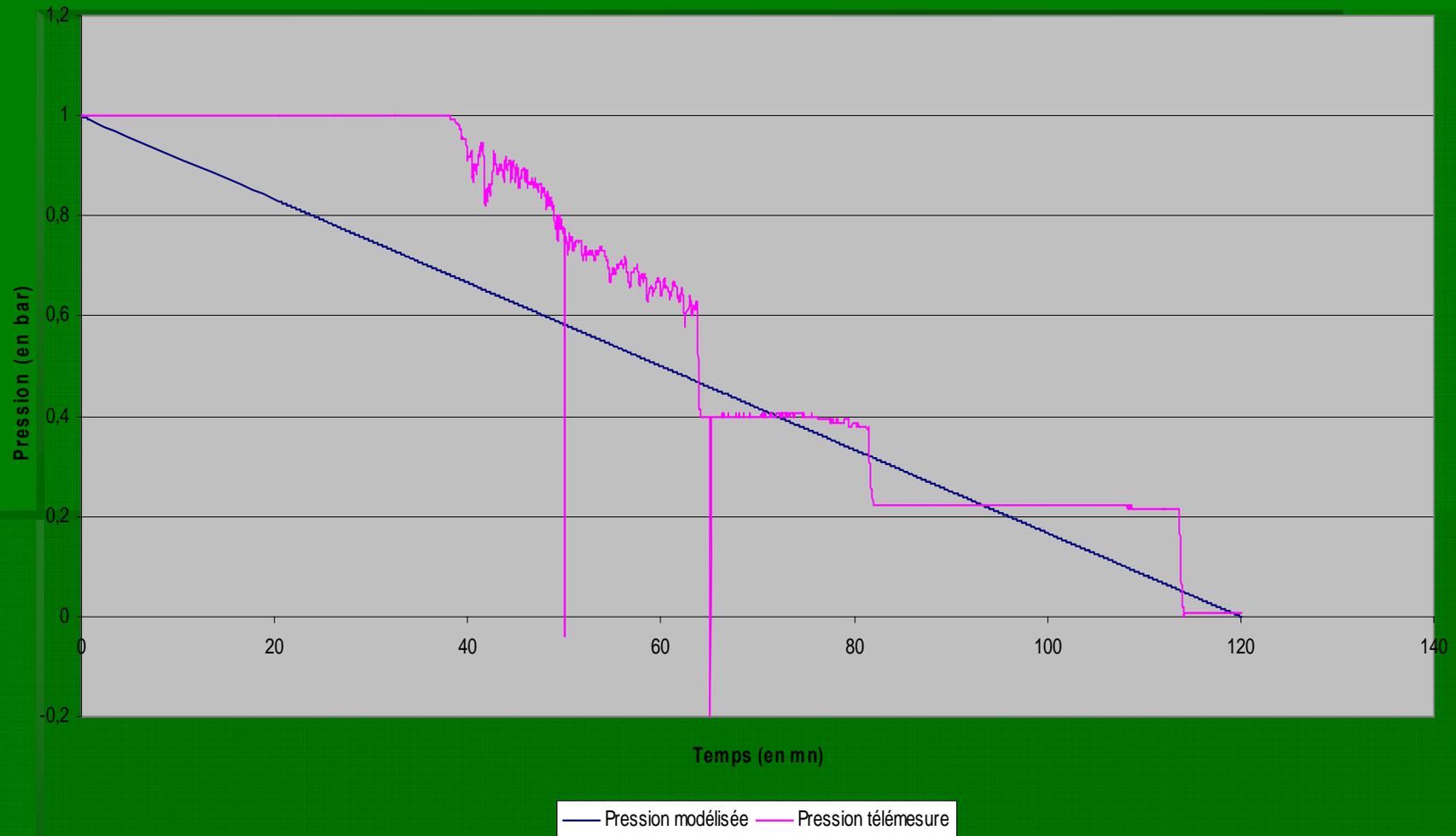
- Diminution de pression atmosphérique au fur et à mesure que le ballon monte en altitude
- Dilatation de l'air contenu dans la seringue
- Seringue reliée à la tige du potentiomètre
- Mesure de la tension aux bornes du potentiomètre
- Transformation des variations de pression en variations de tension

Difficultés rencontrées

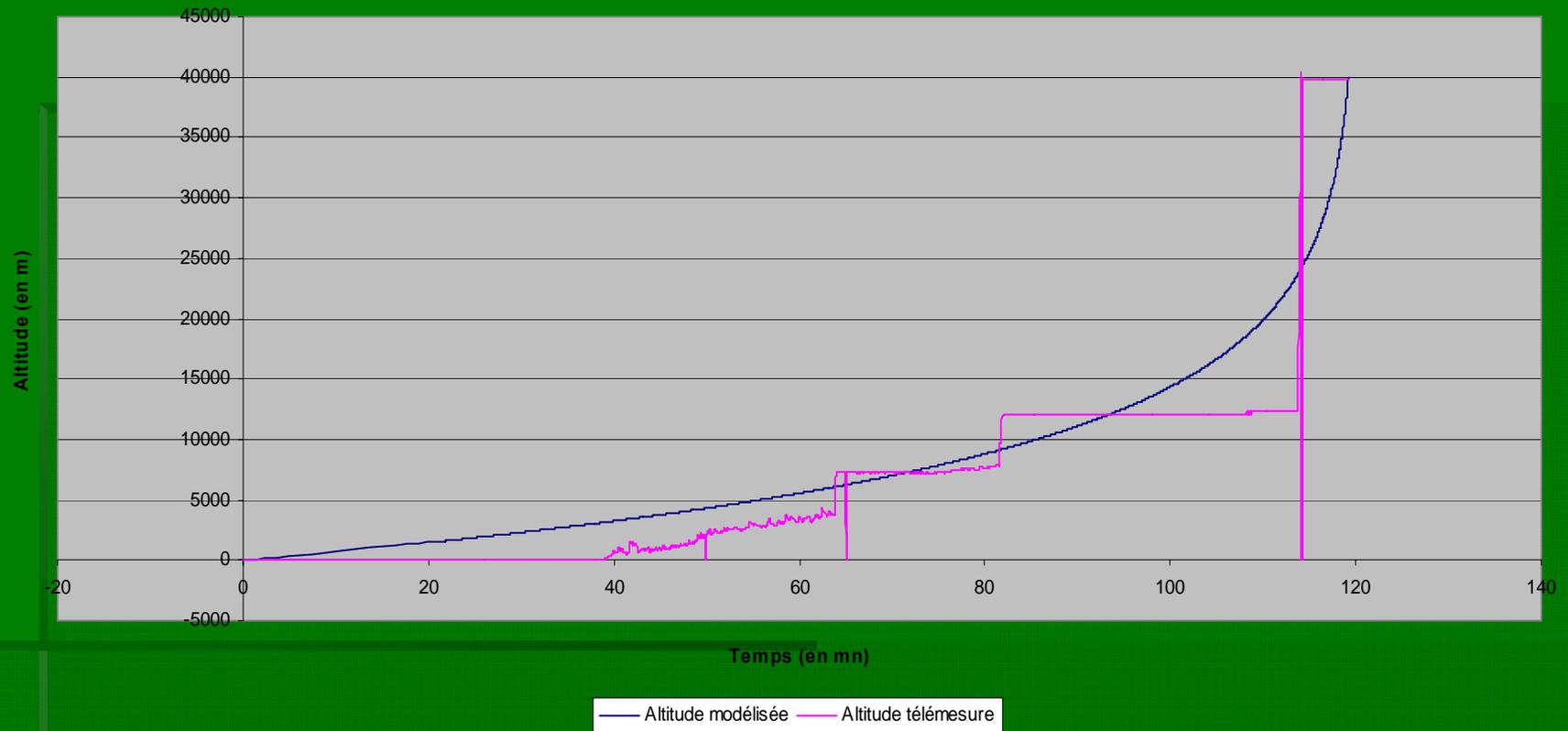
- Etalonnage de la seringue dans la cloche à vide
- Coulissage de la seringue sans trop d'à-coups
- Coulissage du potentiomètre sans trop d'à-coups

Résultats obtenus

PRESSION



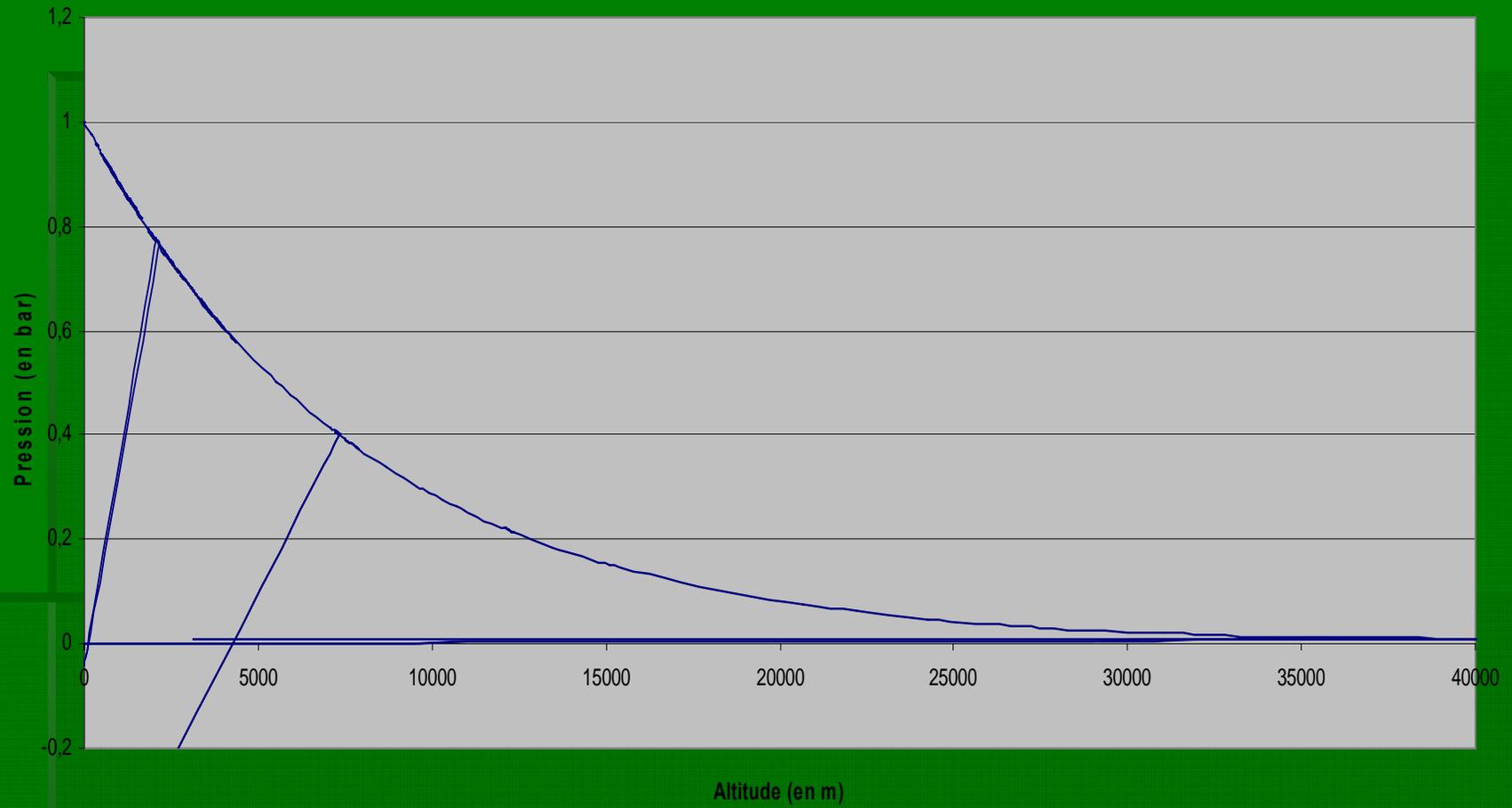
ALTITUDE



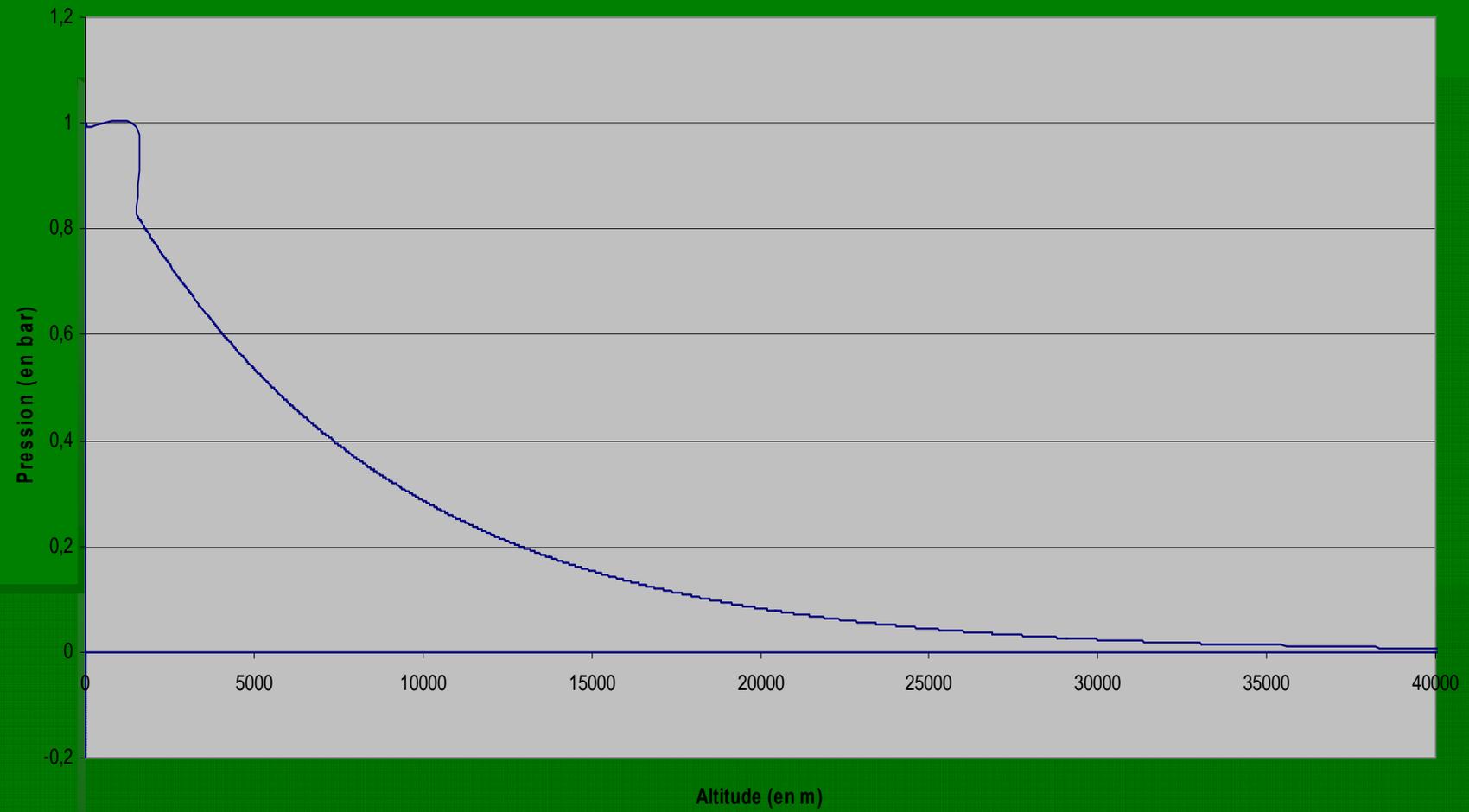
$$P = P_0 e^{-\frac{h}{H}}$$

Sous l'hypothèse de la température constante et du gaz parfait, avec $P_0=1013$ Hpa et $H=8005$ m

Pression fonction de l'altitude Expérimental



Pression fonction de l'altitude Modélisé



A photograph of a dense forest of evergreen trees, likely spruce or fir, heavily laden with snow. The trees are packed closely together, creating a textured, white and light blue scene. The lighting is soft, suggesting an overcast day. The overall color palette is dominated by whites and light blues, with some darker blue tones in the shadows of the trees.

La Mesure de la Température

Une démarche rigoureuse

La mesure de la température est une expérience qui s'est imposé rapidement à nos yeux. A priori, nous pensons pouvoir utiliser un phénomène physique simple fonction de la température pour la mesurer.

Démarche:

Mise en place du cahier des charges

Choix du Capteur

Réalisation du montage

Interprétation des résultats (après lancé)

Le Cahier des charges

Mesurer la température de -55°C à 20°C .

Résister à l'humidité.

Etalonnage facile.

Constante de temps raisonnable.

Précision des mesures satisfaisante.

Prix d'achat correct.

On a décidé de mesurer l'évolution de la température à l'extérieure de la nacelle et si possible à l'intérieur.

Notre choix qui répond aux critères de sélection:

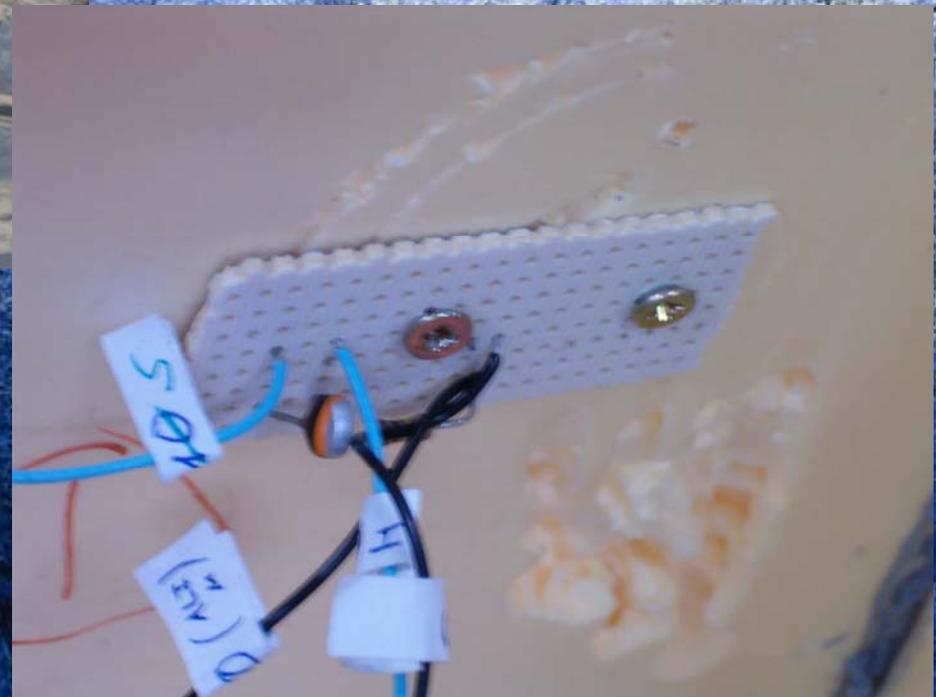
Nous avons essayé de mettre en place des capteurs LM135 mais au vu des difficultés rencontrées nous avons décidé de choisir des résistances qui varie selon la température: les CTN

Disposition sur la nacelle



On dispose un capteur a l'extérieur

Et un autre à l'intérieur



Etalonnage du capteur

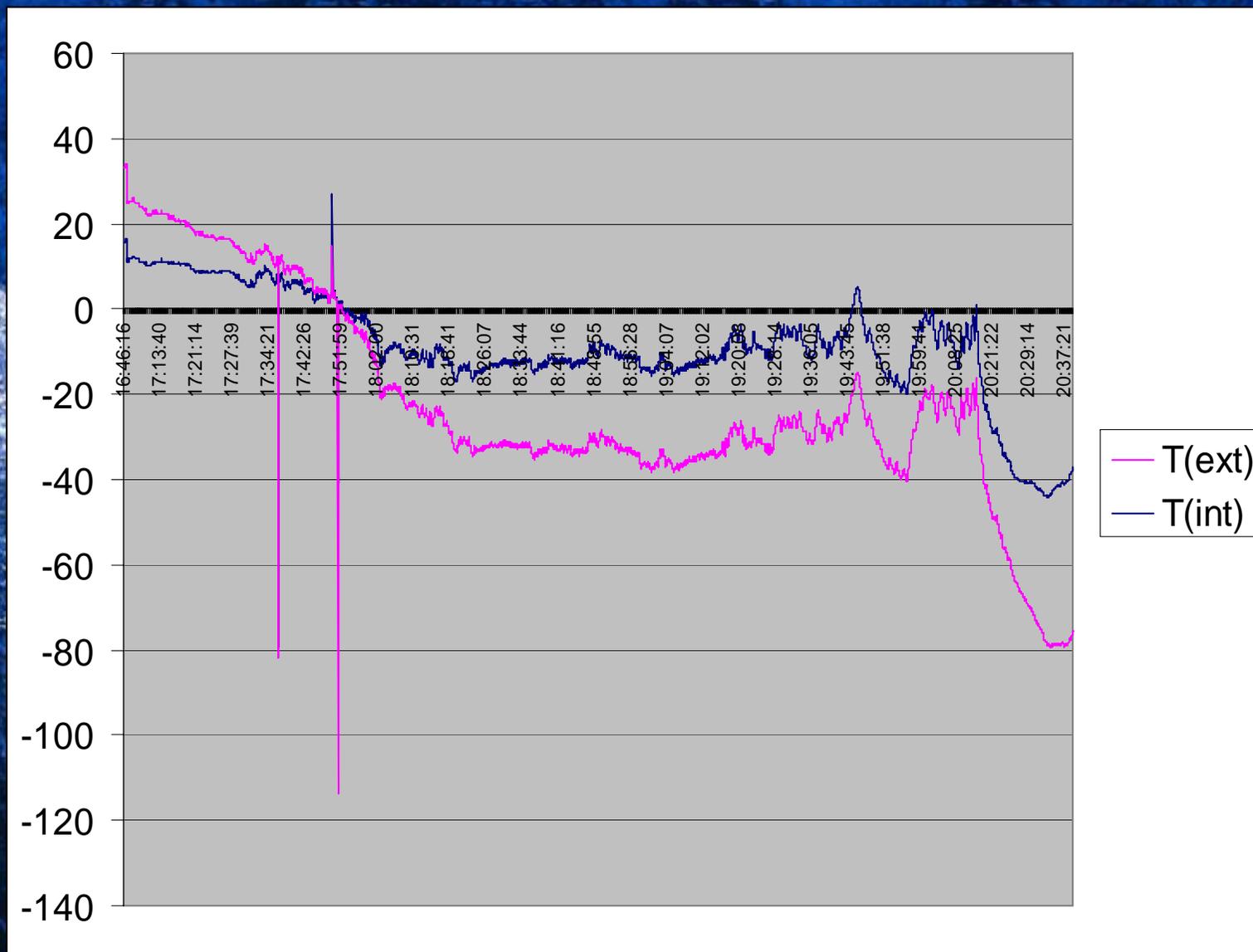
On sait que :

$$R = R_0 \exp(B (1/T - 1/T_0))$$

Il nous faut déterminer R_0 et B , on suppose que $R_0=10\text{Kohms}$ en se fiant aux données constructeurs.

Pour B on effectue une série de mesure, on trouve $B=3963 \text{ K}$

Courbes obtenues



Analyse et conclusion

- L'allure de la courbe correspond à celle attendues, il est intéressant de noter la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, il faut dire que la nacelle était (partiellement) isolé.
- A la fin des mesures on observe des anomalies les sondes se sont peut être cassé ou le ballon a subi le choc de l'atterrissage.

Conclusion

- ◆ Initiative personnelle
- ◆ Démarche scientifique
- ◆ Résultats mitigés
- ◆ Manque de moyen
- ◆ Bilan globalement positif