



Projet tuteuré 1<sup>ère</sup> Année GEII 2004-2005

# *Ballon Sonde Météorologique*

**UBPE - UFAE**  
*Activités espace à l'école*



Anil Ramji  
Victor Leclerc  
Benoît Marcelin  
Jérôme Da Costa  
Guillaume Drohé  
Mehdi Khouchoua  
Mustapha Izaanane

Dans le cadre de l'activité Un Ballon Pour l'Ecole (UBPE)  
en partenariat avec Planète Science et le CNES

## Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement les personnes qui nous ont aidés à mener à bien notre projet :

- M. William KUTYLA qui a permis de faire ce projet.
- M. Dominique ROLLET pour sa disponibilité, sa patience et son aide précieuse.
- M. Patrice MITTEAUX pour sa disponibilité et sa patience pour répondre à nos diverses questions.
- M. Alexandre REMY pour avoir mis à notre disposition les moyens nécessaires, à notre étude.
- Mme Eliane GAUTHIER pour son assistance précieuse.

Le CNES et Planète Sciences, pour nous avoir fourni la documentation nécessaire, ainsi que l'émetteur radio KIWI Millénum.

Ainsi que tous les étudiants qui nous ont assistés.

---

# Sommaire

Présentation du projet.....	1
Transmission Radio .....	4
Mesure de la pression atmosphérique.....	5
Régulation des tensions d'alimentation .....	6
Enregistrement des mesures & Mesure des températures interne et externe .....	8
Détecteur de turbulences.....	10
Système de largage de la chaîne secondaire .....	11
Mesures du taux Infrarouges/UV/Lumière visible .....	12
Remarques.....	13

## Présentation du projet

Durant l'année 2004 - 2005, nous avons formé dans le cadre de notre formation en Génie Electrique et Informatique Industrielle (GEII) de l'IUT de Troyes, un groupe de projet.

Nous nous sommes attachés à la réalisation d'une nacelle pour un ballon sonde météorologique. Cette opération a été menée en partenariat avec Planète Sciences et le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES). Ce projet consiste en la réalisation totale d'une nacelle effectuant différentes mesures météorologiques (température, pression...) en atmosphère.

Les différentes parties de la nacelle ont été réalisées par des étudiants de 1<sup>ère</sup> année, accompagnés par des professeurs et des techniciens du département GEII.

Le groupe d'étudiants de GEII ayant participé à ce projet est composé de :

- Jérôme DA COSTA (transmissions vidéos et transmissions radios)
- Guillaume DROHE (capteur de turbulences et alimentation)
- Mustapha IZAANANE (transmission vidéos et transmissions radios)
- Mehdi KHOUCHOUA (capteur de pression et rapport UV/Infrarouges)
- Victor LECLERC (enregistrements et capteur température interne/externe)
- Benoît MARCELIN (capteur de pression et rapport UV/Infrarouges)
- Anil RAMJI (enregistrements et capteur température interne/externe)

L'équipe d'enseignants et de techniciens du département GEII nous ayant aidé :

- M. William KUTYLA, Chef du département et professeur d'automatisme
- M. Dominique ROLLET, Professeur de compatibilité électromagnétique (CEM)
- M. Fabrice MITTEAUX, Technicien
- M. Alexandre REMY, Magasinier

Les différentes parties de la nacelle ainsi réalisée sont :

- Un étage d'enregistrement numérique permettant l'enregistrement de certaines mesures effectuées dans la nacelle et permettant la mesure de la température à l'intérieur de la nacelle
- Un étage avec capteur de température permettant la mesure de la température externe
- Un étage avec capteur de pression permettant la mesure de la pression atmosphérique
- Un étage avec capteur de turbulences permettant d'observer les mouvements de la nacelle durant son voyage
- Un étage de mesure du rapport rayons «UV/Infrarouges »
- Un étage de transmissions radios
- Un étage d'alimentation pour l'ensemble de la nacelle
- Une sous-nacelle de transmission vidéo « sous-nacelle/sol »

Dans le cadre de notre projet « ballon sonde météorologique », le CNES et Planète Sciences nous ont invité à nous poser des questions sur les mesures à effectuer pendant le vol de notre nacelle. Avant donc de réaliser ladite nacelle, nous avons réfléchi aux mesures que cette dernière allait effectuer. Etant donné que l'émetteur fourni par planète science comporte 8 voies, il nous a fallu choisir. Les mesures ayant été retenues sont :

- Evolution de la température atmosphérique avec l'altitude (1 voie)
- Evolution de la température interne à la nacelle durant son voyage (1 voie)
- Evolution de la pression atmosphérique avec l'altitude (1 voie)
- Mouvements de la nacelle durant son ascension et sa descente (1 voies)
- Mesures du taux de rayons infrarouges et UltraVioletes par rapport au spectre visible de la lumière en fonction de l'altitude (3 voies)

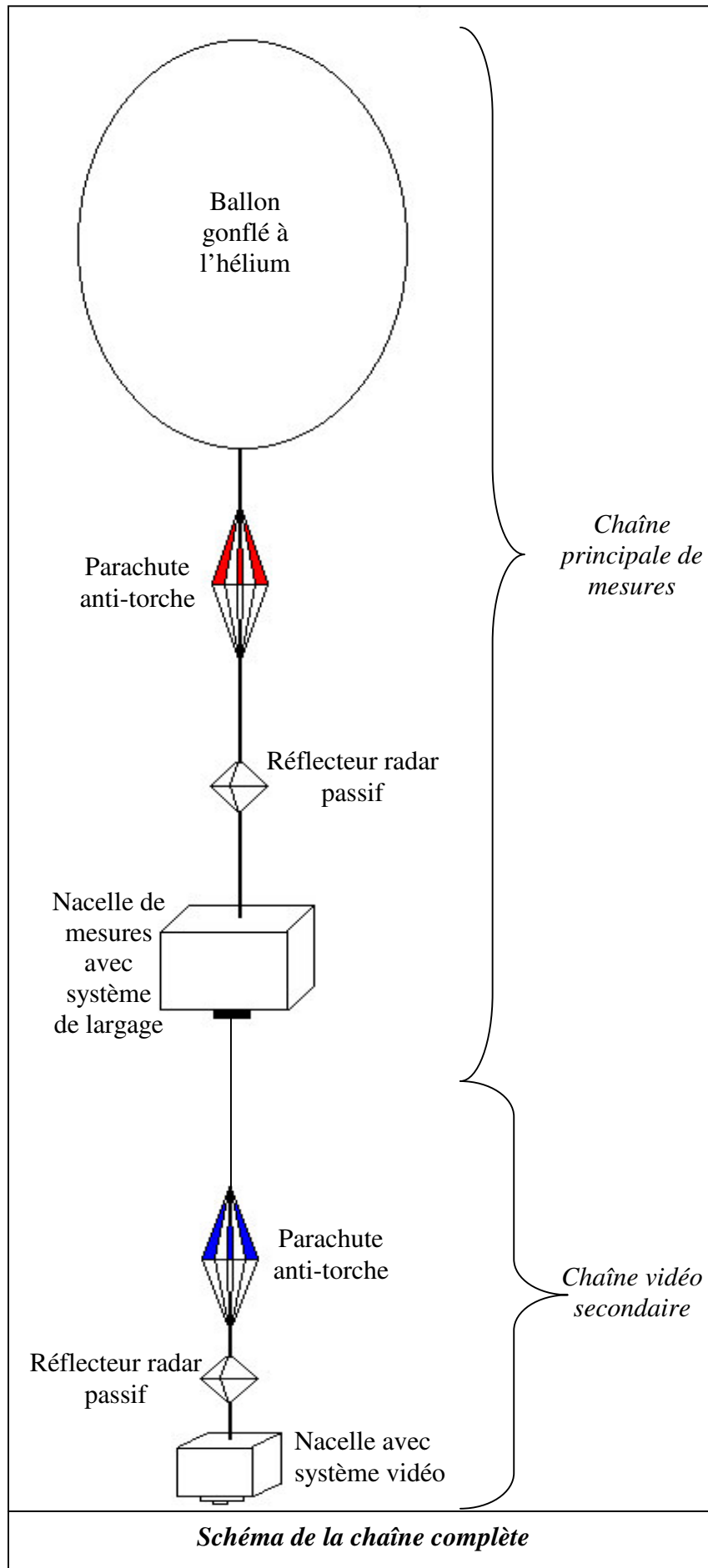
L'émetteur KIWI Millenium, fourni par Planète Sciences, retransmettra donc les valeurs des tensions représentant ces données. Ces données seront analysées après le vol de la nacelle pour en tirer des conclusions.

Avant de présenter les différentes parties effectuant ces mesures, nous allons d'abord expliquer comment s'effectue le vol de la nacelle. Voici comment est composée la chaîne d'envol (Cf. schéma page suivante):

La chaîne principale comporte la nacelle de mesure, raccordée à un réflecteur-radar passif (pour être détectée par les systèmes de surveillance aériens, avions et autres véhicules volants), ce dernier étant relié à un parachute anti-torche. A cette chaîne principale de mesure vient se greffer la chaîne secondaire de transmission vidéo, raccordé au système de largage situé sur la nacelle de mesure. Cette chaîne secondaire est aussi équipée d'un réflecteur radar passif et d'un parachute anti-torche.

L'ensemble des deux chaînes est tracté par un ballon en latex, gonflé à l'hélium. Le volume de ce ballon occupe la place du même volume d'air. Par conséquent il est soumis à une force dirigé vers le haut égale au poids du volume d'air qu'il occupe : c'est la poussé d'Archimède. A partir d'un certain volume d'hélium, cette force devient supérieure au poids du ballon, qui s'élève. Avec un volume d'hélium suffisant, il peut tracter une charge utile. Dans notre cas cette charge est là chaîne d'envol.

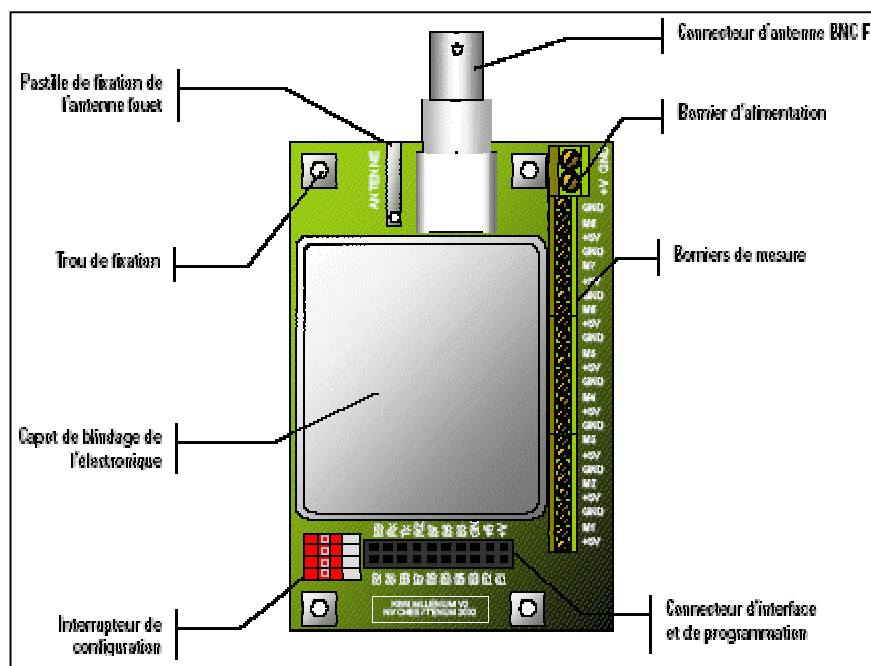
Au moment du décollage de la chaîne d'envol, une temporisation est lancée au niveau du système de largage. La chaîne d'envol commence donc son ascension, filmée par la nacelle de transmission vidéo. Au bout de la durée de temporisation fixée, la chaîne secondaire est larguée, redescendant lentement grâce au parachute. Pendant ce temps la chaîne principale continue sont ascension. Durant toute cette ascension, la pression atmosphérique diminue et donc la densité de l'air ambiant aussi, entraînant une expansion de l'hélium contenu dans le ballon et une dilatation de ce dernier. Arrivé à une certaine altitude, la force exercée par l'expansion de l'hélium devient supérieure à la pression atmosphérique, l'enveloppe du ballon atteint son point de rupture : le ballon explose. La nacelle de mesure effectue donc une chute, étant ralentie progressivement par le parachute qui se gonfle, la densité de l'air s'engouffrant dans ce dernier augmentant de plus en plus.



## Transmission Radio

Dans le but d'exploiter en temps réel les données non-stockées de la nacelle de mesure, nous avons monté un étage de transmission radio. La transmission radio entre la nacelle de mesure et l'équipement de réception radio situé au sol est assuré par un émetteur de type KIWI Millenium, fournit par xxx. Cet émetteur est alimenté indépendamment du reste de la nacelle entre 10 et 15 Volts par trois piles séries type LR6. Le KIWI Millenium peut transmettre jusqu'à 8 données simultanément sur 8 voies, en effectuant une mesure sur chacune des voies toutes les 2 secondes.

Voici comment se présente l'émetteur KIWI Millenium :



L'émetteur KIWI Millenium transmettra les données relevées par les différents capteurs de la nacelle. Ces données seront la température externe de la nacelle, la pression, les valeurs des tensions des photodiodes et les fluctuations de tension venant du détecteur de turbulences. Les données envoyées par le KIWI seront récupérées au sol par un dispositif de réception radio et stockées informatiquement dans un tableau. Les données ainsi récupérées pourront donc ensuite être étudiées pour fournir des conclusions aux questions posées dans le cahier des charges.

# Mesure de la pression atmosphérique

Le montage permettant la mesure de la pression atmosphérique est réalisé à l'aide d'un capteur de pression Motorola MPX4115AP. Ce dernier est alimenté en 0-5 Volts à l'aide de la tension régulée par le module de régulation 0-5Volts du module TRACO.

La relation reliant la pression atmosphérique à partir de la tension délivrée par le capteur est la suivante :

$$V_{out} = 5,1 * (0,009 * P - 0,095)$$

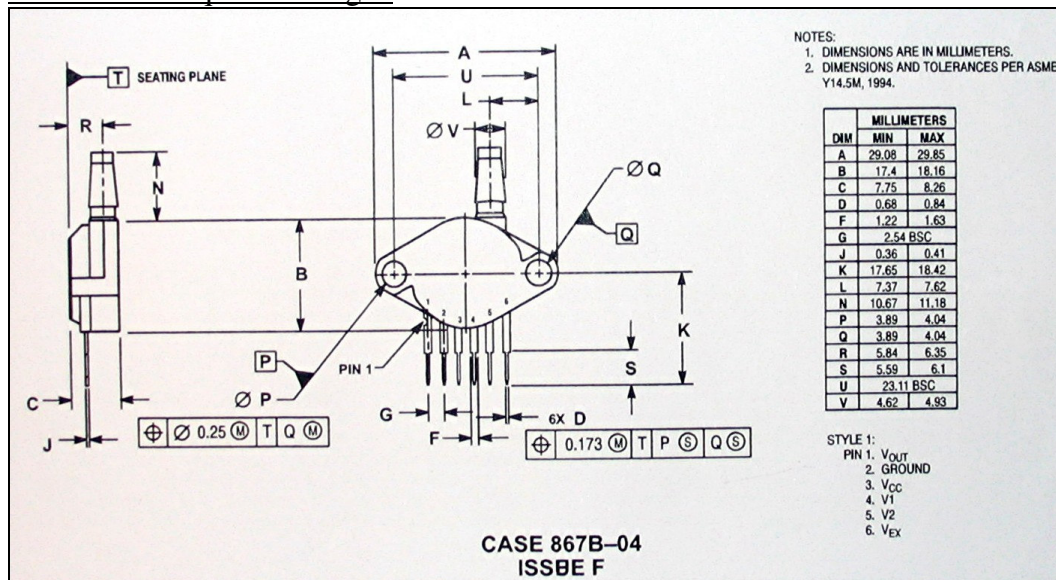
Où  $V_{out}$  la tension délivrée par le capteur et P la pression atmosphérique en kilo Pascal kPa

D'où l'on tire P :

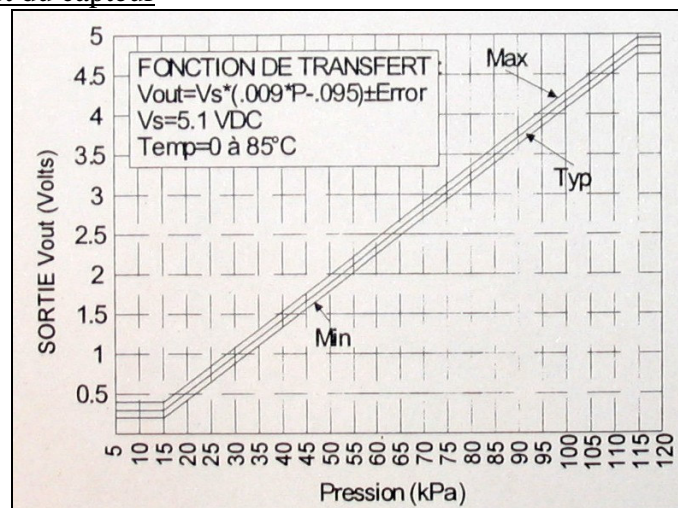
$$P = 0,095/0,009 + V_{OUT}/(5,1*0,009)$$

$$P = 10,56 + V_{out}/(0,0459)$$

## Schéma électrique de l'étage :



## Fonction de transfert du capteur





## Régulation des tensions d'alimentation

La régulation des tensions d'alimentation fournies par les piles plates 0/9 Volts est effectuée à l'aide de deux modules de régulation préconçus de chez TRACO. Un module 5V/400mA est utilisé pour les alimentations des étages en 0/5 Volts et un module -12V/+12V/83mA pour ceux alimenté en -12V 0V +12V. Afin de s'assurer que les régulateurs fournissent un courant suffisant pour la totalité des étages, nous avons d'abord mesurer les courants consommés par chacun des étages de la nacelle de mesure. Voici les résultats :

- Capteur de température interne et externe LM35 alimentés en 0/5V :  $6,2\text{mA} * 2 = 12,4\text{mA}$
- Enregistreur Dallas DS1616 alimenté en 0/5V : 10mA
- Capteur de pression Motorola MPX4115AP alimenté en 0/5V : 77mA
- Consommation des AOP des montages alimentés en -12V/+12V : 8mA (+15V) & 7,7mA (-15V)

La consommation totale des montages atteint environ 100mA.

Voici les essais des modules de régulation :

### 1) Module TRACO 5V/400mA

#### Essai sans charge sur la sortie en 5V :

Courant primaire  $I = 0,00\text{mA}$

#### Essais sur charges $10\Omega + 2\Omega$ :

Tension d'alimentation en entrée du module en V	Courant fourni en mA	Tension de sortie en V
8	340	5,001
9	290	5,001
10	250	5,000
11	220	5,000
12	200	5,000
13	180	5,001
13,5	180	5,001

2)Module -12V/+12V/83mA

Essai sans charge de sortie en +12V/-12V

Courant primaire :  $I = 0,01A$

Essais avec charge de  $150\Omega$  (tolérance de 5%)

Tension d'alimentation en entrée du module en V	Courant fourni en mA	Tension de sortie en V
8	310	+12,05 -12,01
9	270	+12,05 -12,02
10	230	+12,05 -12,02
11	210	+12,05 -12,05
12	190	+12,05 -12,02
13	180	+12,05 -12,02
13,5	170	+12,05 -12,02

Essais en charge déséquilibrée :

-Charge sur +12V uniquement

Tension d'alimentation en entrée du module (en V)	Courant fourni ( en mA)	Tension de sortie (en V)
+12	90	+11,56 -12,56

-Charge -12V uniquement

Tension d'alimentation en entrée du module (en V)	Courant fourni ( en mA)	Tension de sortie (en V)
-12	90	+12,71 -12,37

3)Conclusion :

On remarque que les tensions en sortie sont très correctes sur les deux modules quelque soit la situation ainsi que les courants fournis, qui sont bien suffisants pour la consommation des étages de la nacelle de mesure.

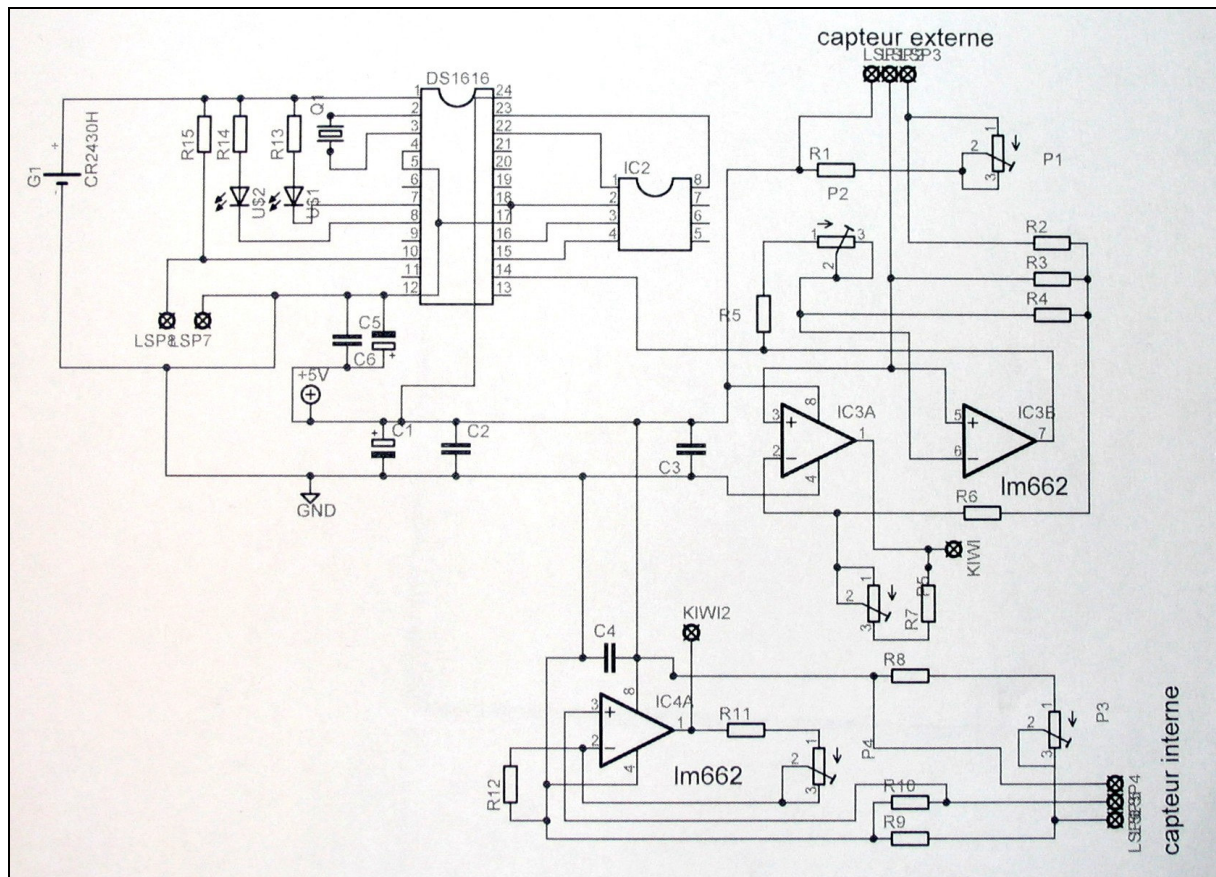
## Enregistrement des mesures & Mesure des températures interne et externe

L'enregistrement des mesures venant des différents étages de la nacelle se fait sur un circuit intégré DS1616 de marque Dallas. Nous utilisons ce circuit dans le but d'enregistrer quelques données qui pourront être récupérées lors de la récupération de la nacelle (si récupération il y'a). Ceci nous fournit aussi une sécurité : au cas où nous perdrons la transmission radio, nous pourrions peut-être récupérer des informations. Le Dallas DS1616 comporte un capteur de température interne pouvant effectuer des mesures allant de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $+80^{\circ}\text{C}$  par incréments de  $0,5^{\circ}\text{C}$  et une précision de  $2^{\circ}\text{C}$ . En plus de ce capteur interne de température, plutôt fiable, le DS1616 possède 3 voies d'entrée de type analogique fonctionnant en  $0/2\text{V}$ . Le DS1616 contient un Convertisseur Analogique / Numérique (Analog-to-Digital Converter, ADC), permettant de stocker des données dans sa mémoire de 2048 octets. Dans notre cas nous pourrions donc stocker 512 échantillons par voie, ce qui devrait suffire pour nos mesures, ou en tout cas nous donner un bon aperçu de leur évolution.

Le Dallas DS1616 recevra donc comme mesures la température interne (par le DS1616) de la nacelle, la température externe à la nacelle (par un LM35CZ) et la pression atmosphérique. Toutes ces mesures font le fruit d'une adaptation  $0/2\text{V}$  pour être en harmonie avec les entrées du circuit.

La mesure de la température externe et interne se fait aussi au moyen de capteurs de température de type LM35 de marque National Semiconductor Corporation. Ces capteurs délivrent une tension calibrée de  $400\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  avec une précision de  $0,5^{\circ}\text{C}$  sur la valeur lue à  $25^{\circ}\text{C}$  et une gamme de température mesurée de  $-55^{\circ}\text{C}$  à  $+150^{\circ}\text{C}$ . Ces capteurs délivrent chacun une tension entre 0 et 5 Volts. Ces deux capteurs, en plus d'entrer sur le Dallas DS1616 (pour la mesure externe en tout cas), vont vers l'émetteur radio KIWI Millennium.

Le schéma électrique de l'étage permettant l'enregistrement des données et les mesures de températures interne et externe se présente comme ceci (Cf. page suivante).



Nomenclature des composants utilisés:

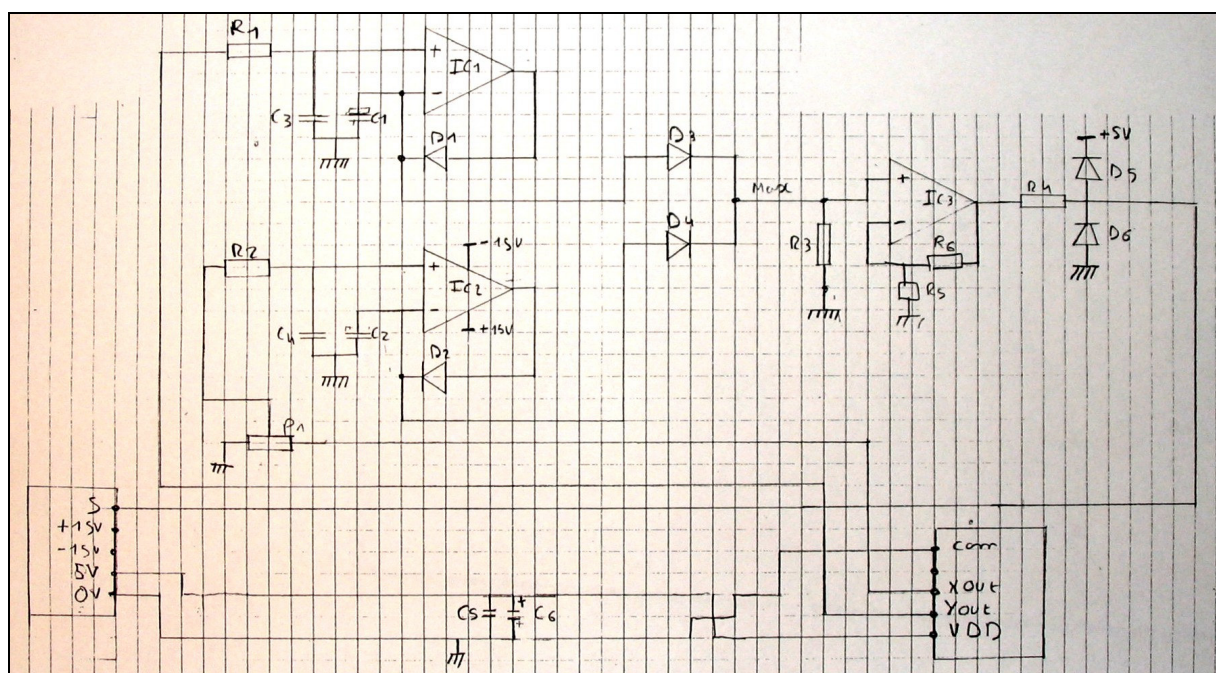
Résistances	Valeurs	Condensateurs	Valeurs	Ajustables	Valeurs
R1	4,7k	C1	10uF	P1	1k
R2	390	C2	10nF	P2	2,2k
R3	18k	C3	10nF	P3	1k
R4	15k	C4	10nF	P4	2,2k
R5	8,2k	C5	10nF	P5	2,2k
R6	4,7k	C6	1uF		
R7	10k				
R8	4,7k				
R9	390				
R10	18k				
R11	10k				
R12	4,7k				
R13	10k				
R14	10k				
R15	100k				
Circuits Intégrés	Type	Capteurs	Type	Autres	Valeurs
IC1	LMC 662	Temp. Externe	LM35CZ	Quartz	KDS 3k
IC2	LMC 662	Temp. Interne	LM35CZ	Interrupteur	
				LED Rouge	
				LED Jaune	

# Détecteur de turbulences

Afin de pouvoir observer les mouvements effectués par la nacelle durant son voyage et ainsi voir les dépressions éventuellement traversées, nous avons décidé de placer un détecteur de turbulence à l'intérieure de celle-ci. Ce détecteur de turbulence est réalisé à l'aide d'un accéléromètre ADXL202EB de chez Analog Devices. C'est un circuit imprimé permettant de détecter des accélérations sur deux axes pour des accélérations allant de +2g à -2g. Nous l'utiliserons pour mesurer nos mouvements dans le plan horizontal (en X et en Y). Nous réinjectons les sortis de l'accéléromètre en X et en Y (respectivement  $X_{out}$  et  $Y_{out}$ ) sur un montage à AOP afin de n'obtenir qu'une seule voie allant vers l'émetteur KIWI Millenium. Ce schéma est présenté page suivante.

## Nomenclature des composants utilisés :

Résistances	Valeurs	Condensateurs	Valeurs	Diodes	Modèle
R1	1M	C1	10nF	D1	1N4148
R2	1M	C2	10nF	D2	1N4148
R3	4,7k	C3	0,1nF	D3	1N4148
R4	4,7k	C4	0,1nF	D4	1N4148
		C5	10nF	D5	1N4148
		C6	47nF	D6	1N4148
Circuits Intégrés	Types				
IC1	TL084				
IC2	TL084				
IC3	TL084				
IC4	TL084				

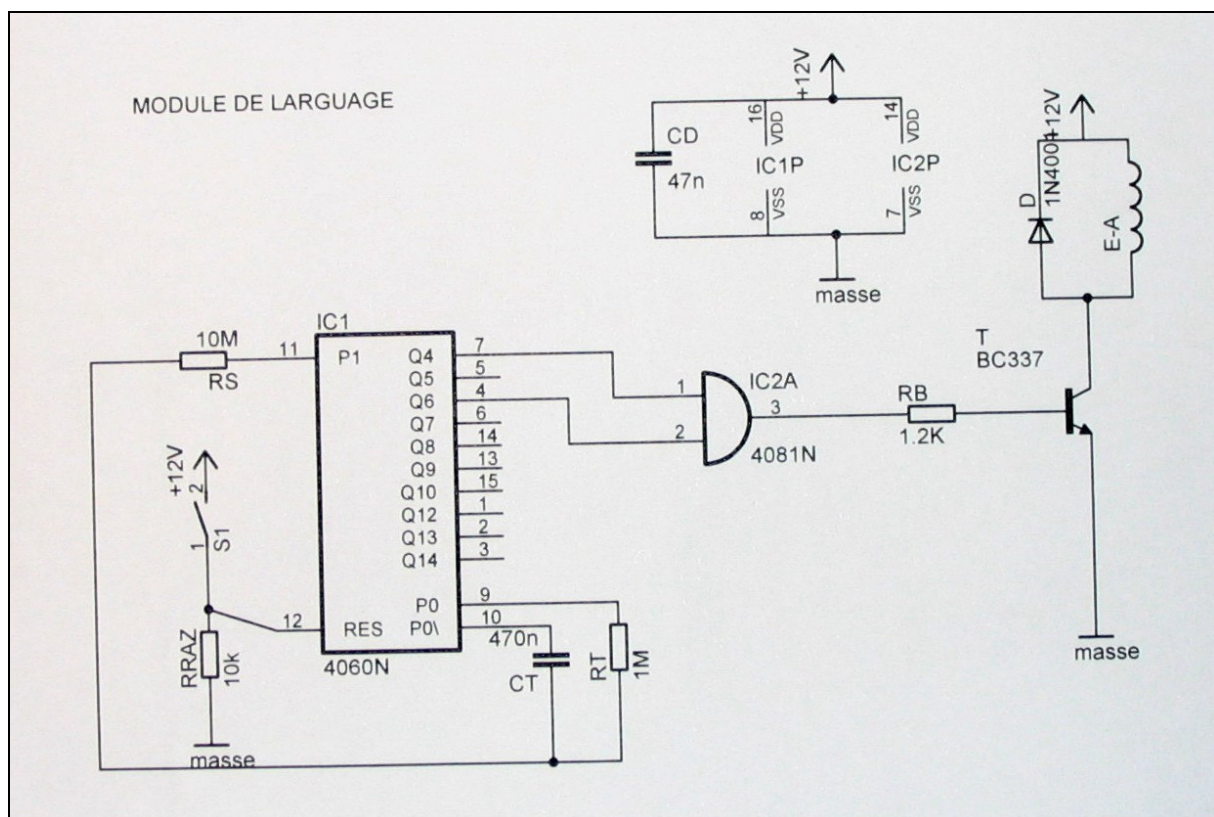




## Système de largage de la chaîne secondaire

Dans le but de filmer le départ de la chaîne de vol, nous avons décidé de monter un système de transmission vidéo situé dans une sous nacelle. L'ascension de la chaîne secondaire comportant cette sous nacelle étant impossible, il nous faut créer un système de largage permettant de larguer cette dernière. Nous avons conçu pour cette occasion un système de fixation à électroaimant. Une impulsion brève venant d'un circuit logique permet l'ouverture de cet électroaimant, libérant ainsi l'étreinte retenant la chaîne secondaire.

Voici le schéma électrique de ce montage :



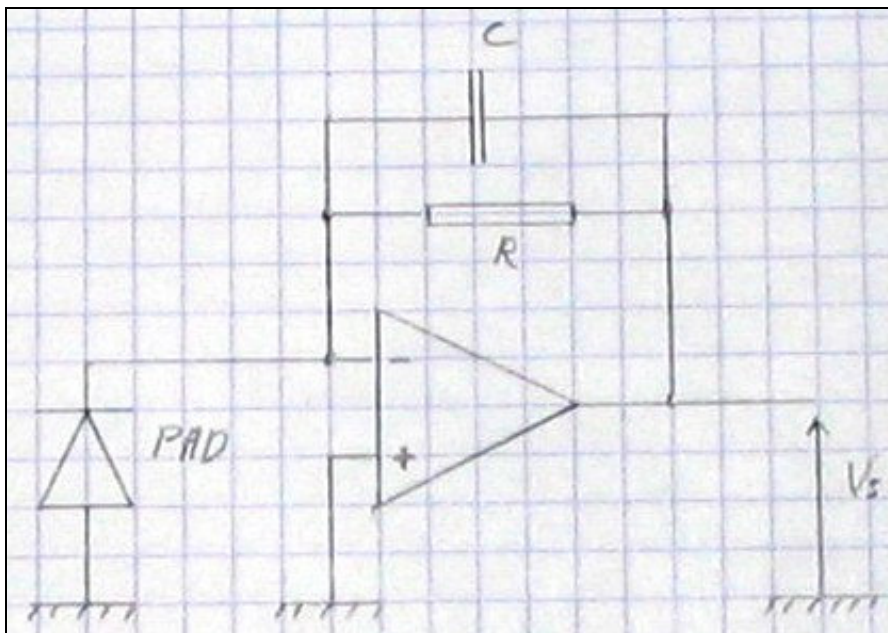
Nomenclature des composants utilisés :

Résistances	Valeurs	Condensateurs	Valeurs	Diodes	Modèle
RS	10M	CT	470nF	D	1N4001
RT	1M				
RB	1,2k				
RRAZ	10k				
Circuits Intégrés	Type	Transistor	Modèle		
IC1	4060	T	BC337		
IC2	4081				

## Mesures du taux Infrarouges/UV/Lumière visible

Nous avons pensé à installer un montage électrique permettant de mesurer le taux de rayon Infrarouge par rapport au rayon ultraviolet et de le comparer au spectre de la lumière visible par l'œil humain. Ce montage est simple, composé d'AOP et de photodiode de type BPW34 de Siemens. La tension aux bornes d'une photodiode est fonction de la luminosité à laquelle cette dernière est exposée. Il suffit donc, pour qu'une photodiode ne capte que les rayons infrarouges ou ultraviolet, d'appliquer sur sa surface un filtre ne laissant passer que les longueurs d'onde voulues.

Voici le schéma électrique de cet étage (le schéma est identique pour les trois parties, seuls les filtres ajoutés sur les photodiodes sont différents) :



## Remarques

N'ayant pas pu réunir tous les documents à temps, le présent dossier n'est qu'une ébauche du dossier définitif, qui sera transmis dès que possible. Néanmoins, il contient les éléments essentiels à la présentation de notre projet, même si tous les étages électriques ne sont pas présentés en détails, ainsi que les plans d'implémentation des nacelles. Veuillez nous en excuser.