

Lycée René Descartes

Projets SkyScan et C.O.M. 2009
RAPPORT FINAL
(élèves de 1^{ère} STL)

Opération "Un Ballon Pour l'Ecole"



Mai 2009

Table des matières

I.	Présentation du projet	4
1.	Introduction	4
2.	Classes et professeurs impliqués	4
3.	Effectifs et groupes de travail.....	5
4.	Contenus pédagogiques associés.....	6
5.	Partenariats et Financement	7
6.	Calendrier	8
II.	PHASE 1 : Définition des objectifs.....	8
1.	Enoncé du besoin	8
2.	Répartition des expériences.....	10
3.	Présentation de la structure de l'atmosphère.	11
III.	PHASES 2, 3 et 4 : Avant Projet, Projet et Réalisation	14
A.	Mesures de pression	14
1.	Mesure par capteur MS5201 (groupes 1CRgr1A et 1CRgr1C)	15
2.	Mesure par capteur Ceracore UCS2 (groupe 1CRgr2C).....	18
B.	Mesures de température	20
1.	Mesure par Pt100 (groupes 1CRgr1B et 1CRgr2B) ou Pt1000 (groupe 1OP gr1A).....	21
C.	Mesures d'humidité.....	23
D.	Mesures de vitesse ascensionnelle	27
E.	Mesures de luminosité.....	28
F.	Prises de vues photographiques (groupes 1OPgr1B et 1OP gr2B)	31
1.	Mesure de Nébulosité (groupes 1OPgr1B)	32
2.	Imagerie Infrarouge (groupes 1OPgr2B)	32
IV.	La préparation des nacelles	33
1.	Nacelle SkyScan (en cours de montage)	33
2.	Nacelle C.O.M. 2009 (en cours de montage).....	34
V.	Lâcher des ballons (Mercredi 29 Avril 2009).....	35
1.	Ballon SkyScan	35
2.	Ballon C.O.M. 2009	36
VI.	Exploitation des résultats	39
A.	Mesures de pression	39
1.	Mesure par capteur MS5201 (groupes 1CRgr1A et 1CRgr1C)	39
2.	Mesure par capteur Ceracore UCS2 (groupes 1CRgr2C)	40
B.	Mesures de températures	41
C.	Mesures d'humidité.....	43
D.	Mesure de vitesse ascensionnelle	44
E.	Mesure de luminosité par panneaux photovoltaïques	47
F.	Identification des nuages	47

G.	Décryptage de paysages et de zones urbaines	48
H.	Emagrammes	50
I.	Conclusion technique	51
VII.	Conclusion pédagogique	52
VIII.	Annexes	54
A.	Annexe 1 : Contrat d'objectif.....	54
B.	Annexe 2 : Répartition des élèves de premières par expérience et par ballon	55
	Ballon "SkyScan"	55
	Ballon "C.O.M. 2009"	56
C.	Annexe 3 : Article paru dans Le Progrès du 5 Mai 2009	57
D.	Annexe 4 : Courbes brutes issues de l'enregistrement par le logiciel Kicapt (données retransmises au sol par les émetteurs Kiwi)	58
	1. Ballon SkyScan	58
	2. Ballon C.O.M. 2009	59
E.	Annexe 5 : Sujet de TP de reconstruction d'un émagramme.....	60
F.	Annexe 6 : émagramme de Météo-France du 29 avril, 10h UTC (12h, heure locale). 62	

I. Présentation du projet

1. Introduction

Le lycée René Descartes a pour particularité de proposer à ses élèves une filière "Mesures Physiques" complète depuis la seconde jusqu'au BTS. Cette filière comporte :

- Une **seconde** à recrutement académique dont les options de détermination sont : **MPI** (Mesures Physiques et Informatique) + **PCL** (Physique Chimie de Laboratoire)
- Une **première** et une terminale Sciences et Techniques de Laboratoire mention "Physique de Laboratoire et Procédés Industriels". Cette section **STL** se décompose en 2 options :
 - Une **option "Mesures Physiques"** qui se caractérise par un enseignement supplémentaire en optique.
 - Une **option "Contrôle et Régulation"** qui se caractérise par un enseignement supplémentaire en régulation et instrumentation industrielles.
- Une section de **technicien supérieur CIRA** (Contrôle Industriel et Régulation Automatique). Les titulaires de ce BTS sont amenés à travailler dans le domaine de l'instrumentation, de la régulation et de l'automatisation des industries de procédés.

La mesure de grandeurs physiques constitue une part essentielle de l'enseignement de cette filière. La mesure de ces grandeurs implique un certain nombre de savoirs et de matières, comme l'instrumentation, la physique, l'électricité, l'optique... Un projet axé sur la mesure est donc tout indiqué pour permettre aux élèves de donner un sens concret aux connaissances vues en cours et de tisser des liens entre les connaissances abordées dans les différentes matières.

Les équipes pédagogiques impliquées dans ces trois classes ont été amenées à postuler pour participer à l'opération "Un Ballon Pour l'Ecole" afin d'atteindre les trois objectifs suivants :

- Offrir aux élèves l'occasion de mettre en pratique les protocoles de mesure de température, de pression, ... dans un contexte de projet, leur permettant de mieux **s'approprier ces connaissances**.
- Renforcer **communication et collaboration au sein de cette filière**, et permettre aux élèves (et aux professeurs !) de faire le lien entre ce qui est fait en classe de seconde et ce qui est fait en terminale en ce qui concerne les mesures physiques.
- **Communiquer à destination des autres sections du lycée** et même à destination de l'extérieur de l'établissement afin de faire connaître les disciplines scientifiques de ces sections. Les élèves ont du mal à se représenter ce que constituent en pratique les "Mesures Physiques". Ce projet est l'occasion d'illustrer clairement ce que ces mesures permettent de faire et comment elles y parviennent.

2. Classes et professeurs impliqués

Classes impliquées dans le projet :

- Une classe de seconde proposant les options MPI et PCL.
- Une classe de 1ère STL PLPI option mesures physiques.
- Une classe de 1ère STL PLPI option contrôle et régulation.

Professeurs impliqués dans le projet :

- Hélène DECHELETTE assurant les cours de l'option MPI.
- Sophie LATOUR assurant les cours de l'option PCL.
- Laurent ROY assurant les cours de mesures et automatismes en 1^{ère} STL.
- Yves CASALI assurant les cours de Contrôle et Régulation en 1^{ère} STL CR.
- Brigitte SABOURIN assurant les cours d'optique en 1^{ère} STL MP.
- Tristan RONDEPIERRE et Agnès BOURBON, assurant les cours de Physique en 1^{ère} STL.
- Benjamin FAMBON et Christian AMAT, professeurs de Physique Appliquée.

Deux enseignants, Mme DECHELETTE et Mr ROY, ont participé au stage de formation "RÉALISATION D'UN BALLON EXPÉRIMENTAL AVEC LES ÉLÈVES" proposé au Plan Académique de Formation 2008-2009.

3. Effectifs et groupes de travail

Les effectifs des classes impliquées dans le projet sont pour le moment donnés à titre indicatifs, car ils ne sont pas précisément connus à ce jour pour l'année scolaire prochaine. Un groupe de 4 à 5 élèves est associé à chaque expérience.

Seconde MPI/PCL : 31 élèves. 5 groupes de 5. 1 groupe de 6.

1^{ère} STL option Optique : 18 élèves. 3 groupes de 4. 2 gr de 3.

1^{ère} STL option Contrôle et Régulation : 26 élèves. 5 groupes de 4. 2 gr de 3.

Au sein de chaque groupe, chacun se voit attribuer une responsabilité particulière :

- **Le rédacteur** est chargé de la bonne tenue du carnet de bord. Le rédacteur note à la fin de chaque séance dans le carnet de bord les points qui ont été traités au cours de la séance et ce qui devront être traités lors de la séance suivante. Il a à charge de noter à la fin de chaque séance les demandes de matériel ou d'information qui permettront d'avancer lors de la séance suivante. Il a à charge de rédiger les bons de commande de matériel.
- **Le responsable conformité cahier des charges** : Cet élève est chargé de s'assurer que les expériences réalisées sont conformes au cahier des charges défini par planète sciences. Il est chargé d'établir une grille d'évaluation qui certifie que l'expérience réalisée est conforme à ce cahier des charges.
- **Le responsable métrologie** est chargé de s'assurer que chaque élément de la chaîne d'acquisition (électrique ou mécanique) permet de conserver la précision globale attendue. Il recherche de la documentation dans ce but et prépare des protocoles expérimentaux dans le but de caractériser les performances des capteurs.
- **Le coordonnateur** assure la communication entre les différents groupes de la classe, notamment en ce qui concerne le partage des ressources énergétiques et de l'espace disponible au sein de la nacelle. Il participe également à la communication entre classes dans le cadre de la rédaction de la synthèse. Dans les groupes de 3 élèves, la fonction de coordination est assurée par le responsable métrologie.

4. Contenus pédagogiques associés

L'approche des expériences menées est différente suivant la progression pédagogique de chaque matière impliquée dans le projet :

En STL option mesures physiques (Optique) :

Mesures et automatismes : Le cours de mesures est traité en premier lieu et occupe la première moitié de l'année, jusqu'en janvier. Les différentes pressions (relative, absolue ou différentielle) sont définies, puis les différents capteurs utilisés pour ces mesures sont découverts en TP. Sont ensuite expliquées les différentes échelles de température utilisées. Pt100 et thermocouple et leurs transmetteurs associés sont ensuite étudiés en TD et TP.

Optique : Le cours d'optique commence par une présentation générale du spectre solaire. En revanche, l'étude des capteurs permettant l'analyse spectrale ne se fait qu'en terminale.

Physique : Le cours de « mécanique, thermique et fluide » introduit la notion de force, et la relie à l'étude des mouvements dans le cadre des lois de Newton (1^{ère} et 2^{nde} loi), appliquées aux points matériels (l'étude des solides n'est abordée qu'en terminale). Les forces de pression, la loi fondamentale de l'hydrostatique, ainsi qu'une approche de l'état gazeux sont aussi abordées. La modélisation et l'étude de toutes les phases de l'ascension d'un ballon sonde constituent donc un investissement de l'ensemble de ce programme.

En STL option Contrôle et Régulation :

Contrôle et régulation : Le cours d'instrumentation occupe toute l'année. Il commence par l'étude des différents instruments utilisés dans l'industrie pour acquérir la pression, le débit et se poursuit par les mesures de température. Les élèves apprennent à choisir un capteur industriel en fonction du type de fluide à contrôler et de l'environnement dans lequel il est placé, à l'installer et à l'étalonner. L'intégration d'une chaîne d'acquisition dans un ballon-sonde permettra aux élèves de mieux s'approprier les méthodes de mesures vues en classe.

Physique : Le cours de Physique est identique à celui des STL mesures physiques.

En Seconde MPI/PCL.

Option Physique Chimie de Laboratoire : L'approche théorique de la notion de pression et de l'aspect microscopique des gaz sera réalisée en PCL. La structure de l'atmosphère sera aussi abordée. L'équation des gaz parfaits sera étudiée dans le cours de tronc commun de 2^{nde}.

Option Mesures Physique et Informatique : L'option MPI doit permettre une première approche de la mesure en physique. Le programme propose d'étudier par exemple, un capteur de température et de s'intéresser à ses conditions d'utilisation. Toutes les mesures ou dispositifs mis en œuvre doivent être en relation avec les autres disciplines enseignées (physique, chimie, science de la vie et de la Terre, technologie). La participation à un projet ballon-sonde devrait permettre donner du sens aux expériences de mesure ainsi traitées. Elle permettra également aux élèves de seconde de comparer leur travail avec celui des élèves de première et de leur permettre de faire un choix éclairé de poursuite d'études en section STL.

L'approche des expériences à embarquer diffère également suivant la progression propre à chaque niveau d'enseignement :

→ Les élèves de Seconde MPI effectuent des expériences en privilégiant l'utilisation de matériel courant de laboratoire (seringues, membranes déformables...) ou des capteurs délivrant une tension **directement compatible avec l'émetteur Kiwi embarqué** dans le ballon.

→ Les élèves de première STL utilisent en priorité des parties de capteurs industriels (éléments sensibles) afin d'effectuer les mesures. Ils **réalisent un transmetteur** (conditionnement et amplification du signal) permettant de délivrer un signal compatible avec l'émetteur Kiwi. Cette démarche doit leur permettre de retrouver en pratique des éléments du cours de mesure et de se familiariser avec ce type de matériel.

5. Partenariats et Financement

- **L'association Planète Science¹** est à l'origine de l'opération "Un ballon Pour l'école", qu'elle mène dans de nombreux établissements scolaires. Elle a assuré la mise en place et le suivi de l'intégralité de ce projet.



- Le **C.N.E.S.²** (Centre National d'Etudes Spatiales) est connu pour ses activités spatiales en matière de fusées (Ariane 5). Il encourage des projets à vocation aéronautique et scientifique. Le C.N.E.S. a fourni la chaîne de vol et l'émetteur KIWI nécessaires au projet. C'est donc lui qui a assumé la majeure partie de la charge financière de ce projet.



En plus du partenariat avec **Planète-Sciences** et le **CNES**, des partenaires industriels se sont associés au projet :

- **Météo-France³** nous a ouvert les portes d'un de ses centres, a collaboré à la définition des objectifs de ces ballons stratosphériques et nous a assisté dans l'interprétation des résultats obtenus lors des mesures.



- **Endress+Hauser⁴**, l'un des plus grands fournisseurs d'appareils de mesure et de solutions d'automatisation pour les process industriels, a fourni de cellules de mesures qui ont été intégrées dans les ballons.



- La société **Four Solaire Décoloppement⁵**, qui exploite le four solaire de Mont-Louis (66210) nous gracieusement fourni 2 panneaux solaires.

¹ <http://www.planete-sciences.org/espace/>

² <http://www.cnes-edu.fr/>

³ <http://comprendre.meteofrance.com/pedagogique/experts>

⁴ <http://www.fr.endress.com/>

⁵ <http://four-solaire.fr/>

6. Calendrier

Le calendrier suivant a été défini :

	Etape	Dates
2h	Présentation de la structure de l'atmosphère.	Mardi 2 Décembre
2h	Visite n°1 du suiveur.	Mardi 2 Décembre
2h	Phase 1 : définition des objectifs	Mardi 9 Décembre.
8h à 12h	Phase 2 : Avant projet	Mardi 16 Décembre / 21,22 et 27 Janvier.
4h	Visite n°2 du suiveur. Revue de définition.	Mardi 27 janvier
4h à 6h	Phase 3 : Conception	26 et 27 Février. / 3, 10, 19 et 20 Mars.
10h à 15h	Phase 4 : Réalisation	
2h	Visite n°3 du suiveur : Revue de qualification. 1 ^{ère} synthèse	Mardi 31 Mars
2h	Implantation du matériel dans la nacelle	Mardi 21 Avril
4h	Lâcher	Mercredi 29 Avril
4h à 6h	Phase 5 : Exploitation. 2 ^{ème} synthèse.	Mardi 5 Mai

Au total, 16 séances ont été consacrées au projet par les élèves de première STL, ce qui représente une cinquantaine d'heures prises sur les horaires de TP des différentes matières impliquées dans le projet (Régulation, Optique, MPI, PCL, Mesures et Automatismes, Physique et Physique Appliquée).

	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
A	Lundi 1	Jeudi 1	Dimanche 1	Dimanche 1	Mercredi 1	Vendredi 1
	Mardi 2 (V1)	Vendredi 2	Lundi 2	Lundi 2	Jeudi 2	Samedi 2
	Mercredi 3	Samedi 3	Mardi 3 (V2)	Mardi 3 (S8)	Vendredi 3	Dimanche 3
	Jeudi 4	Dimanche 4	Mercredi 4	Mercredi 4	Samedi 4	Lundi 4
	Vendredi 5	Lundi 5	Jeudi 5	Jeudi 5	Dimanche 5	Mardi 5 (S13)
	Samedi 6	Mardi 6	Vendredi 6	Vendredi 6	Lundi 6	Mercredi 6
	Dimanche 7	Mercredi 7	Samedi 7	Samedi 7	Mardi 7	Jeudi 7
B	Lundi 8	Jeudi 8	Dimanche 8	Dimanche 8	Mercredi 8	Vendredi 8
	Mardi 9 (S1)	Vendredi 9	Lundi 9	Lundi 9	Jeudi 9	Samedi 9
	Mercredi 10	Samedi 10	Mardi 10	Mardi 10 (S9)	Vendredi 10	Dimanche 10
	Jeudi 11	Dimanche 11	Mercredi 11	Mercredi 11	Samedi 11	Lundi 11
	Vendredi 12	Lundi 12	Jeudi 12	Jeudi 12	Dimanche 12	Mardi 12
	Samedi 13	Mardi 13	Vendredi 13	Vendredi 13	Lundi 13	Mercredi 13
	Dimanche 14	Mercredi 14	Samedi 14	Samedi 14	Mardi 14	Jeudi 14
A	Lundi 15	Jeudi 15	Dimanche 15	Dimanche 15	Mercredi 15	Vendredi 15
	Mardi 16 (S2)	Lundi 16	Lundi 16	Lundi 16	Jeudi 16	Samedi 16
	Mercredi 17	Samedi 17	Mardi 17	Mardi 17	Vendredi 17	Dimanche 17
	Jeudi 18	Dimanche 18	Mercredi 18	Mercredi 18	Samedi 18	Lundi 18
	Vendredi 19	Lundi 19	Jeudi 19	Jeudi 19 (S10)	Dimanche 19	Mardi 19
	Samedi 20	Mardi 20	Vendredi 20	Vendredi 20 (S11)	Lundi 20	Mercredi 20
	Dimanche 21	Mercredi 21 (S3)	Samedi 21	Samedi 21	Mardi 21 (S12)	Jeudi 21
A	Lundi 22	Jeudi 22 (S4)	Dimanche 22	Dimanche 22	Mercredi 22	Vendredi 22
	Mardi 23	Vendredi 23	Lundi 23	Lundi 23	Jeudi 23	Samedi 23
	Mercredi 24	Samedi 24	Mardi 24	Mardi 24	Vendredi 24	Dimanche 24
	Jeudi 25	Dimanche 25	Mercredi 25 (S6)	Mercredi 25	Samedi 25	Lundi 25
	Vendredi 26	Lundi 26	Jeudi 26 (S7)	Jeudi 26	Dimanche 26	Mardi 26
	Samedi 27	Mardi 27 (S5)	Vendredi 27	Vendredi 27	Lundi 27	Mercredi 27
	Dimanche 28	Mercredi 28	Samedi 28	Samedi 28	Mardi 28	Jeudi 28
A	Lundi 29	Jeudi 29		Dimanche 29	Mercredi 29 (29 lâcher)	Vendredi 29
	Mardi 30	Vendredi 30		Lundi 30	Jeudi 30	Samedi 30
	Mercredi 31	Samedi 31		Mardi 31 (V3)		Dimanche 31

II. PHASE 1 : Définition des objectifs

1. Enoncé du besoin

Cette phase de définition des objectifs a été réalisée en étroite collaboration avec Météo-France. Sachant que Météo-France effectue deux radiosondages par jour sur le site de l'aéroport de Lyon Saint Exupéry, les élèves et les professeurs ont entrepris de faire appel à l'expérience de cette entreprise :

- Un film sur le radiosondage⁶ a été réalisé par les élèves du lycée René Descartes lors de la visite du centre départemental aéronautique de Lyon Saint Exupéry le 21 octobre 2008. Ce film a ensuite été projeté aux 76 élèves qui participent au projet.
- M. Bruno Duchon-Doris, délégué départementale de Météo-France a effectué au lycée le 2 Décembre 2008 une conférence sur la "modélisation et la prévision météorologique". Cette conférence a permis de mettre en perspective l'exploitation qui pourrait être faite des résultats des mesures effectuées à bord des ballons sondes. Il est ressorti de cette conférence :
 - Qu'un nombre minimal d'expériences (température, pression, humidité) devait être embarquées à bord du ballon afin de permettre une exploitation météorologique des résultats.
 - Qu'en fonction de ces mesures, une image de l'état de l'atmosphère sur la trajectoire du ballon pouvait être déduite, notamment sous la forme d'un émagramme.
 - Qu'une prévision du temps ne pouvait être réalisée directement à partir de ces mesures, mais que les mesures réalisées pouvaient participer à cette prévision si elles étaient introduites dans la base de données qu'exploitent les supercalculateurs utilisés par Météo-France.

Suite à la visite de M. Gaudin, suiveur désigné par Planète Sciences pour suivre les projets ballons du Lycée René Descartes, les élèves ont constitué des groupes de projet. Fort des présentations qui leur avaient été faites, chaque groupe a eu à choisir l'expérience qu'il allait devoir mener. Ce choix s'est déroulé en 3 étapes :

- **Remue-ménages** : Etablissement d'une liste de 10 expériences susceptibles d'être embarquées dans un ballon. Dans cette phase on ne se fixe aucune contrainte (ni de faisabilité, ni de coût, d'éthique....)
- **Grille de sélection d'une expérience** : Attribution d'une note (de 1 à 4) en fonction de différents critères.

Critères	Attractivité/ Nouveauté 1 : peu attractif → 4 : attractif	Intérêt Pédago- gique 1 : faible → 4 : fort	Intérêt Météorolo-gique 1 : faible → 4 : fort	Faisabilité/ Difficulté 1 : très difficile → 4 : à priori facile	Coût Probable 1 : Cher → 4 : à priori peu cher	Note /20
Expérience n°1 :						
Expérience n°2 :						
Expérience n°3 :						
Expérience n°4 :						

⁶ Ce film peut être visionné sur le site du lycée à l'adresse : <http://www2.ac-lyon.fr/etab/lycees/lyc-69/descartes/spip.php?article49>

- **Choix final d'une expérience :** La note n'est qu'une aide à la décision, qui aide les élèves à faire un choix objectif. Si trop d'expériences similaires sont proposées, un vote entre les différents groupes voulant réaliser la même expérience peut être proposé. Le choix final a été finalisé au travers d'un contrat d'objectifs, dont un exemplaire vierge est donné en annexe 1. Ce document a été présenté pour signature et validation au suiveur par chaque groupe lors de la revue d'avant-projet.

2. Répartition des expériences

Les expériences suivantes ayant été choisies, il a fallu les répartir dans les 2 ballons prévus. Cette répartition ainsi que le choix d'un nom pour les 2 ballons, s'est faite lors d'une réunion de coordination. Cette réunion interclasses, regroupant 1 élève de chaque groupe, a permis d'aboutir à la répartition et aux noms de ballons suivants :

Nom du Ballon	Expériences
Skyscan	Mesure de température thermocouple (2 ^{nde} 1) Mesure d'Humidité (2 ^{nde} 1) Mesure de pression (2 ^{nde} 1) Mesure de température Pt100 (1CRgr2B) Mesure de pression Ceracore (1CRgr2C) Mesure de pression MS5201 (1CRgr1C) Vitesse ascensionnelle (1CRgr1D) Puissance lumineuse (1OPgr2C)
C.O.M. 2009 (pour Contrôle régulation, Optique et MPI 2009)	Mesure d'accélération (2 ^{nde} 1) Mesure de pression MPX5100 (2 ^{nde} 1) Mesure de température Pt100 (2 ^{nde} 1) Mesure d'humidité HCH-1000 (1OPgr2A) Mesure de température Pt100 (1CRgr1B) Mesure de température (1OPgr1A) Mesure de pression MS5201 (1CRgr1A) Mesure d'humidité HCH-1000 (1CRgr2A) Photographie infrarouge (1OPgr2B) Photographie et nébulosité (1OPgr2B)

Cette répartition a permis de répartir les expériences entre les 2 ballons de manière à :

- Utiliser complètement les 8 voies de mesures fournies par chaque Kiwi
- Disposer à minima dans chaque ballon d'une mesure de température, d'humidité et de pression de façon à pouvoir analyser la structure de l'atmosphère par le biais d'égrammes lors de la phase d'exploitation.

Prière de se reporter à l'annexe 2 pour disposer de la répartition précise des différents groupes dans les 2 ballons.

3. Présentation de la structure de l'atmosphère.

NB : Les paragraphes qui suivent sont une synthèse des travaux présentés par les élèves, les corrections où compléments effectués par les professeurs figurent en *italique*.

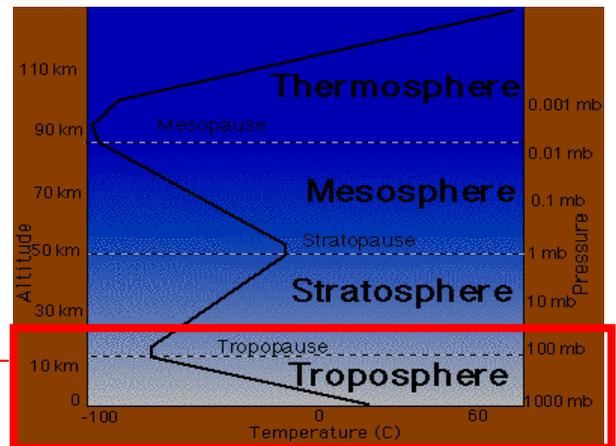
Afin de pouvoir définir précisément quelle mesure va être effectuée et dans quel contexte cette mesure va être faite, les élèves ont été amenés à étudier la structure de l'atmosphère. Ils ont été amenés à déduire de cette étude :

- *L'étendue de la mesure* correspondant à leur expérience,
- *Les plages de variations d'autres grandeurs physiques susceptibles d'avoir une influence sur le résultat de la mesure.*

Sachant que le ballon stratosphérique va évoluer entre 0 et 30 km, les grandeurs physiques vont varier de la façon suivante :

Mesure de température : La température est susceptible de varier entre **40°C et -60°C**. La mesure de température peut être influencée par la variation de la densité de l'air et le rayonnement solaire (Le thermomètre ne doit pas être exposé aux rayons du soleil).

Zone d'évolution du ballon stratosphérique

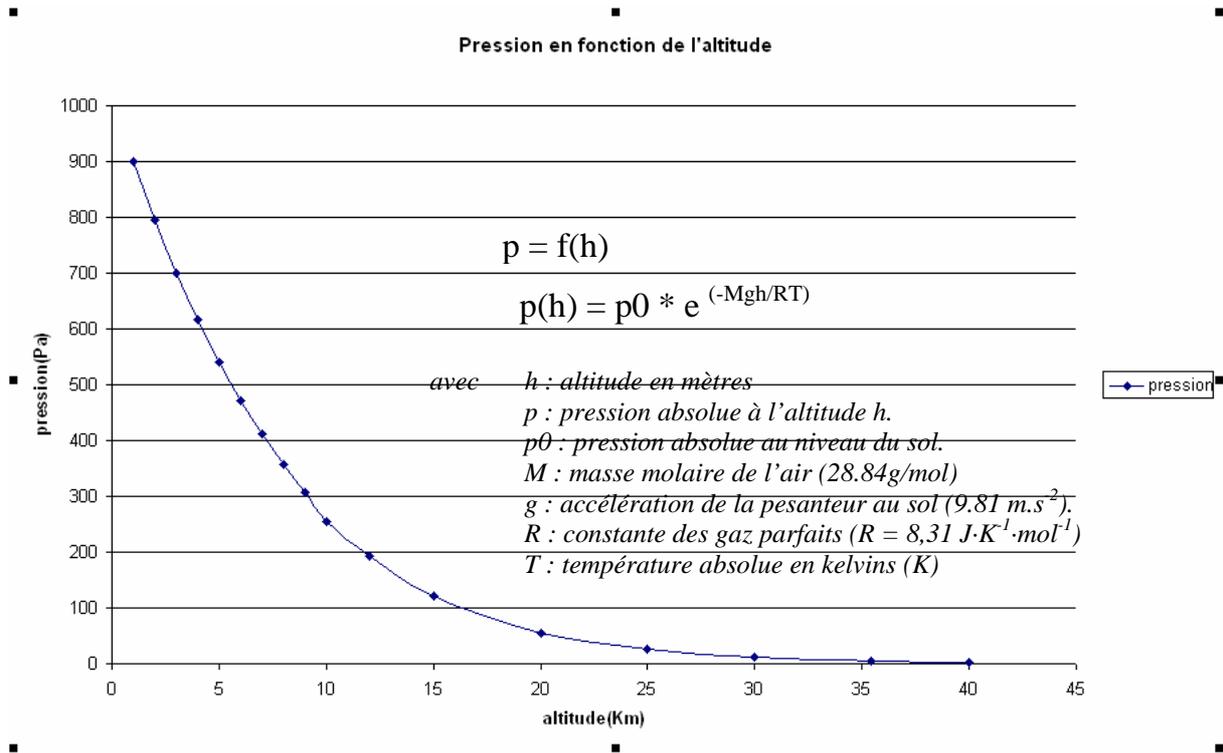


L 'atmosphère de la terre est composée de quatre « couches »:

- **la troposphère**, jusqu'à environ 17 km du sol, le ballon sera soumis une température de 15 à - 60 °C
- **La stratosphère**, entre 17 et 50 km du sol, le ballon sera soumis a une température proche de zéro °C.
- **La mésosphère**, entre 50km et 85 km de la terre.
- Pour finir on peut trouver **la thermosphère** a une altitude de 85km et plus.

Les deux dernières couches seront inaccessibles pour le ballon sonde. Donc l'étendue de mesure sera de -60 à 20°C.

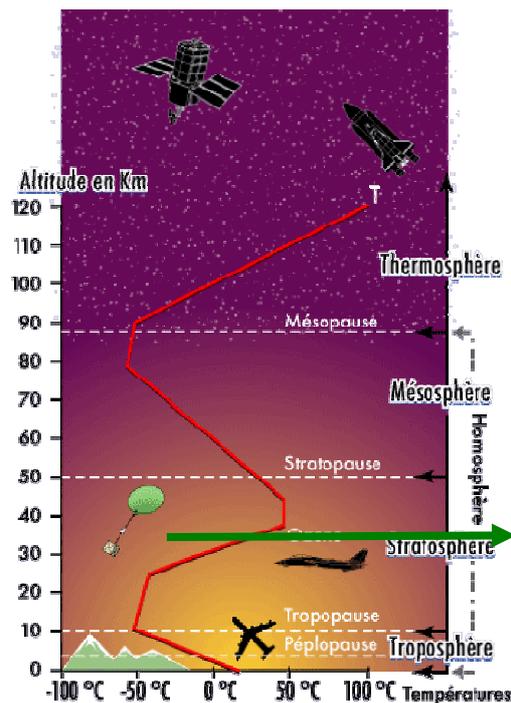
Mesure de pression : La pression absolue varie entre **1020hPa et 10hPa**. La courbe n'est pas linéaire et pour une altitude supérieure à 10km, la pression sera inférieure à 250hPa.



La mesure de pression est susceptible d'être influencée par les variations de température du capteur.

Mesure d'humidité : La variation d'humidité relative est susceptible de varier entre **0 et 100%**. Une variation de température peut avoir une influence sur la mesure.

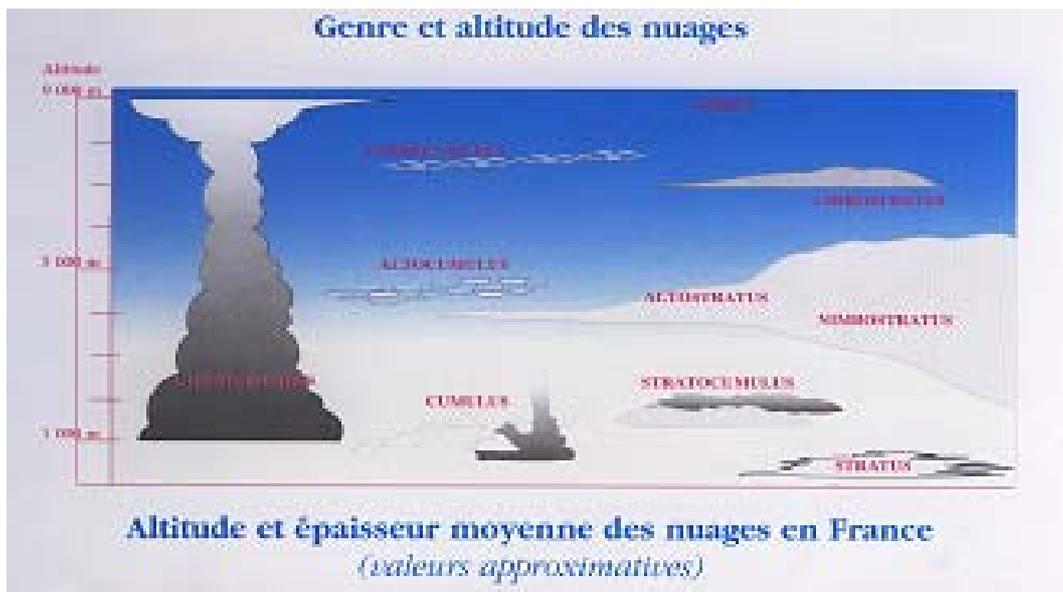
Mesure de luminosité : La mesure de luminosité ayant été réalisée à l'aide de panneaux solaires, le watt par mètre carré (W/m²) est l'unité de mesure de luminosité qui est apparue la plus pertinente.



Le ballon sonde ne devra pas dépasser la stratopause. Au niveau du sol, la puissance est d'environ 300W/m², et plus on monte dans l'atmosphère plus cette puissance augmente (car il y a moins de molécules pour gêner la propagation des rayons solaires). Lorsqu'on dépasse la couche d'ozone, elle n'agit plus en tant que filtre, et la puissance des rayons solaires est beaucoup plus importante. La puissance lumineuse atteint la valeur de 1370 W/m² à la limite supérieure de l'atmosphère

La mesure peut être perturbée par la rotation permanente de la nacelle sur elle-même et par la nébulosité (présence de nuage). La mesure dépend également de la température.

Mesure de nébulosité : La mesure de la nébulosité se fera par la prise de photo dans un champ de vision de 360° autour de la nacelle, elle s'exprime en huitième du champ de vision qui sont occupés par des nuages. Cette expérience doit également permettre d'identifier les différents nuages rencontrés suivant l'altitude.

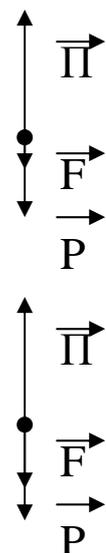


La mesure de la nébulosité ne peut qu'être difficilement perturbée. Mais il se peut qu'aucun nuage ne soit présent le jour du lâcher.

Mesure de la vitesse ascensionnelle du ballon : L'étendue est de 0 à 6m.s⁻¹ à la montée et 0 à 50 m.s⁻¹ à la descente. Cette mesure est principalement perturbée par la variation de densité de l'air en fonction de l'altitude. Elle est également perturbée par les intempéries et les mouvements du ballon.

La vitesse maximum dépend du poids de charge embarqué à bord de la nacelle.

- Phase MRA (Mouvement Rectiligne Accéléré) :
Le mouvement est accéléré car la poussée d'Archimède de l'air sur l'hélium est supérieur au poids du ballon ajouté aux forces de frottements : $\Pi > F + P$
- Phase MRU (Mouvement Rectiligne Uniforme) :
Le mouvement est uniforme car la poussée d'Archimède de l'air sur l'hélium est égale au poids du ballon ajouté aux forces de frottements : $\Pi = P + F$



Mesure du rayonnement infra rouge renvoyé par le sol : Cette mesure, réalisée par traitement photo, doit permettre de distinguer les variations du rayonnement infrarouge renvoyé par le sol en fonction de la nature du paysage survolé (lac, ville, forêt...) cette mesure est influencée par la nébulosité, par les mouvements de la nacelle qui risque de rendre les images floues.

III.PHASES 2, 3 et 4 : Avant Projet, Projet et Réalisation

Autant il apparaît logique de suivre la démarche préconisée par Planète Sciences qui différencie clairement les phases d'avant-projet, de projet et de réalisation, autant cette distinction rendrait pénible la lecture de ce rapport. La partie ci-dessous restitue donc le travail effectué par les élèves pour ces trois phases. Les parties en italique représente des ajouts ou des corrections réalisées par les professeurs

A. Caractéristiques du récepteur Kiwi

Nombre de voies : 8

Tension d'entrée minimale : 0V

Tension d'entrée maximale : 5V

Fréquence des mesures : 8 mesures quasi simultanées (8 voies) toutes les 2 secondes

Fréquence d'émission : 137,950 Mhz

Excursion de fréquence : +/- 5 kHz

Tension d'alimentation : 9 à 13 V

Puissance d'émission : 100 mW



B. Mesures de pression

Inventaires des solutions industrielles existantes

- Capteur : MS5201



Utilisé par exemple pour les ballons sondes

- Manomètre :



Utilisé par exemple pour contrôler le gonflage des pneus

- Altimètre :



Utilisé par exemple pour la marche en altitude

- Transmetteur de pression



Transmetteur *Sitrans*

Utilisé par exemple pour réguler le niveau des cuves.

C'est également l'interface entre l'ordinateur et la cuve.

Transmetteur *Rosemount* de pression de la série 1151



Démarche adoptée pour le choix d'une solution :

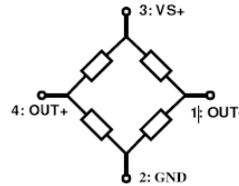
En TP nous étalonnons et étudions les transmetteurs de droite. *Pour le projet ballon sonde, on n'utilise pas le transmetteur PT1 car il ne supporte pas une pression de 12 bars, il est bien trop lourd pour le ballon sonde, il n'est pas directement compatible avec l'émetteur KIWI.*

1. Mesure par capteur MS5201 (groupes 1CRgr1A et 1CRgr1C)

On choisit le capteur ms5201 d'Intersema car il supporte des températures allant de -40°C à 125°C . En entrée il mesure une pression de 0 à 1 bar. En sortie il nous délivre une variation de tension de 190 mV à 290 mV. Nous choisissons ce capteur aussi par rapport à son poids.



Photo du capteur MS5201 d'Intersema



Structure interne du capteur MS5201 d'Intersema

Les principales caractéristiques de ce capteur sont :

- On peut l'étalonner manuellement par rapport à nos valeurs.
- La sensibilité est plus élevée que sur les autres manomètres.
- Ce manomètre supporte une pression jusqu'à 12 bars.
- La linéarité de cet appareil est de bonne qualité.

Schéma fonctionnel de la chaîne d'acquisition réalisée :

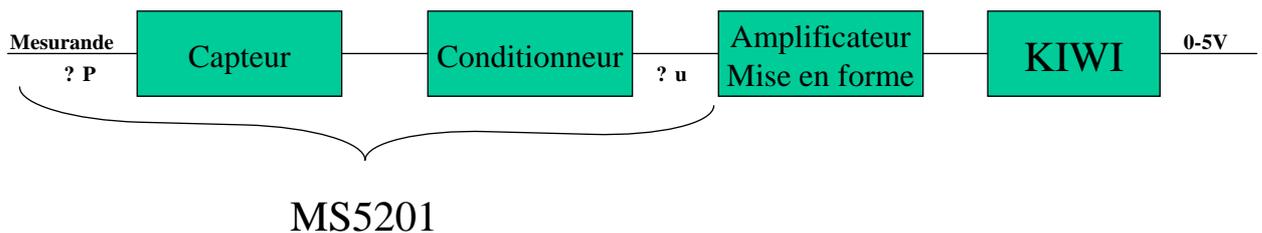
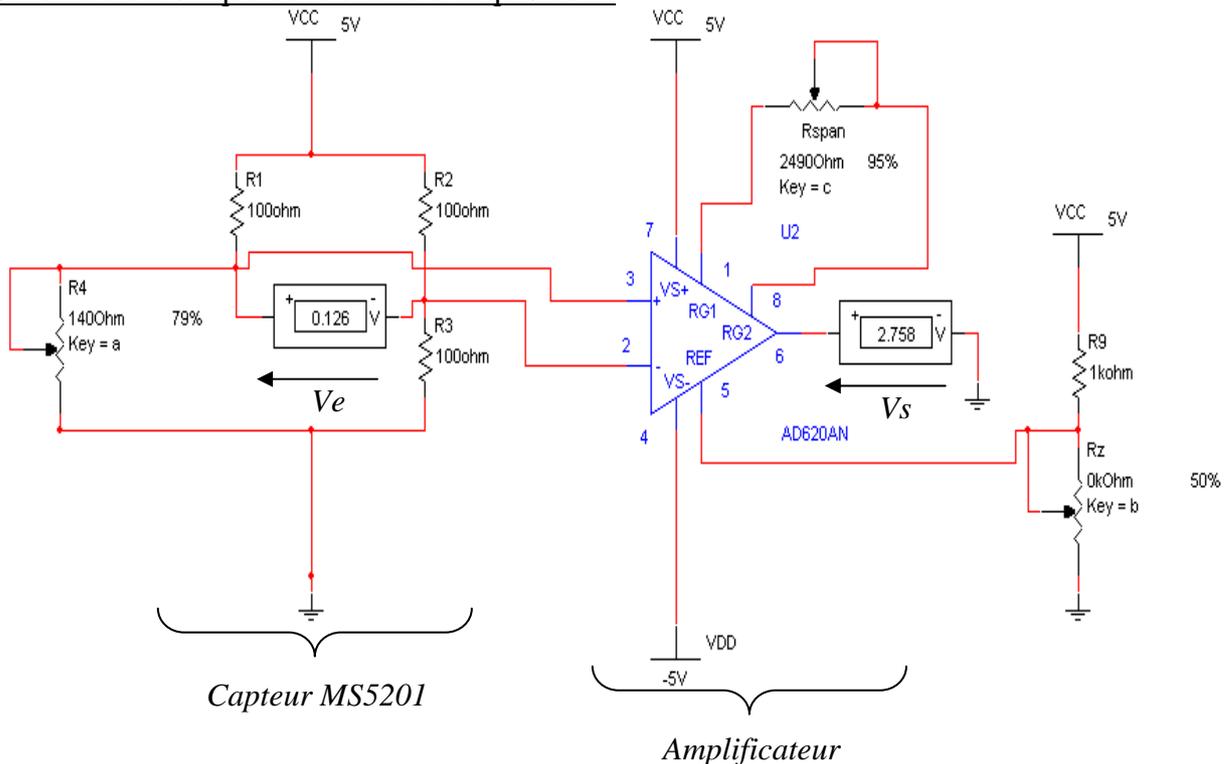


Schéma électronique de la chaîne d'acquisition :



Détermination des réglages :

$$\text{Gain} = G = \Delta V_s / \Delta V_e = 5 / 0.24$$

$$G = 1 + 49400 / R_g \quad \text{donc } R_g = 49400 / 19.8 = 2490 \text{ ohm}$$

Réalisation du circuit électronique :

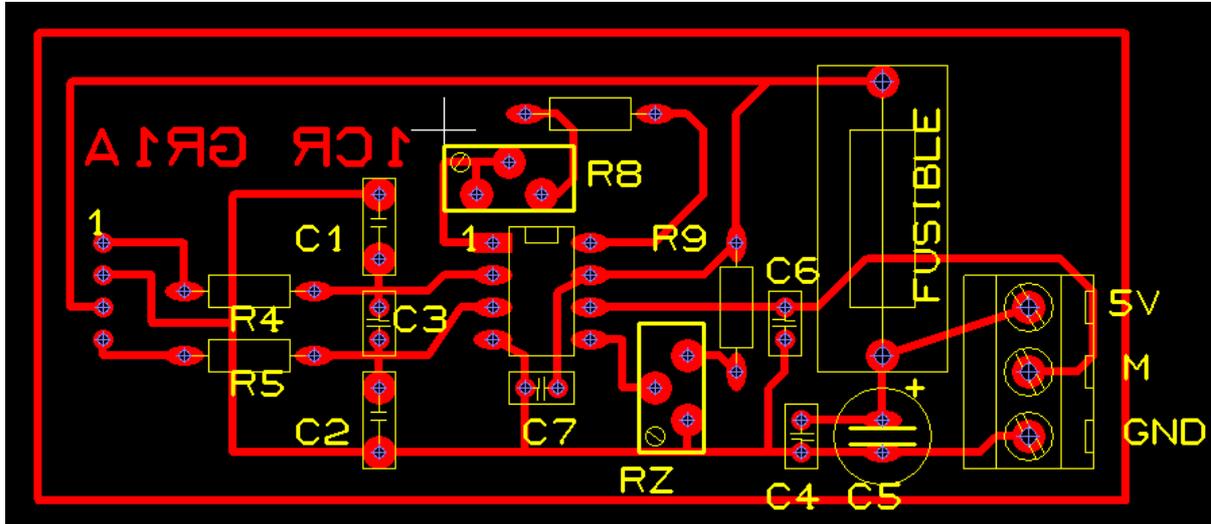


Photo du dispositif expérimental :

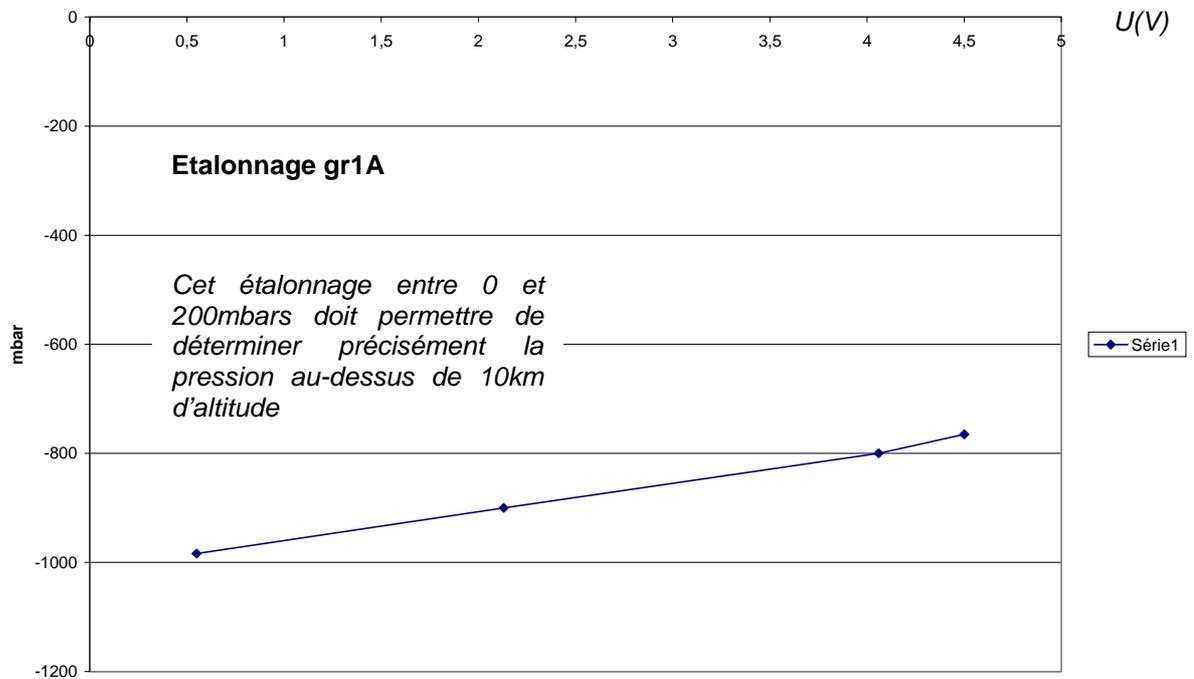
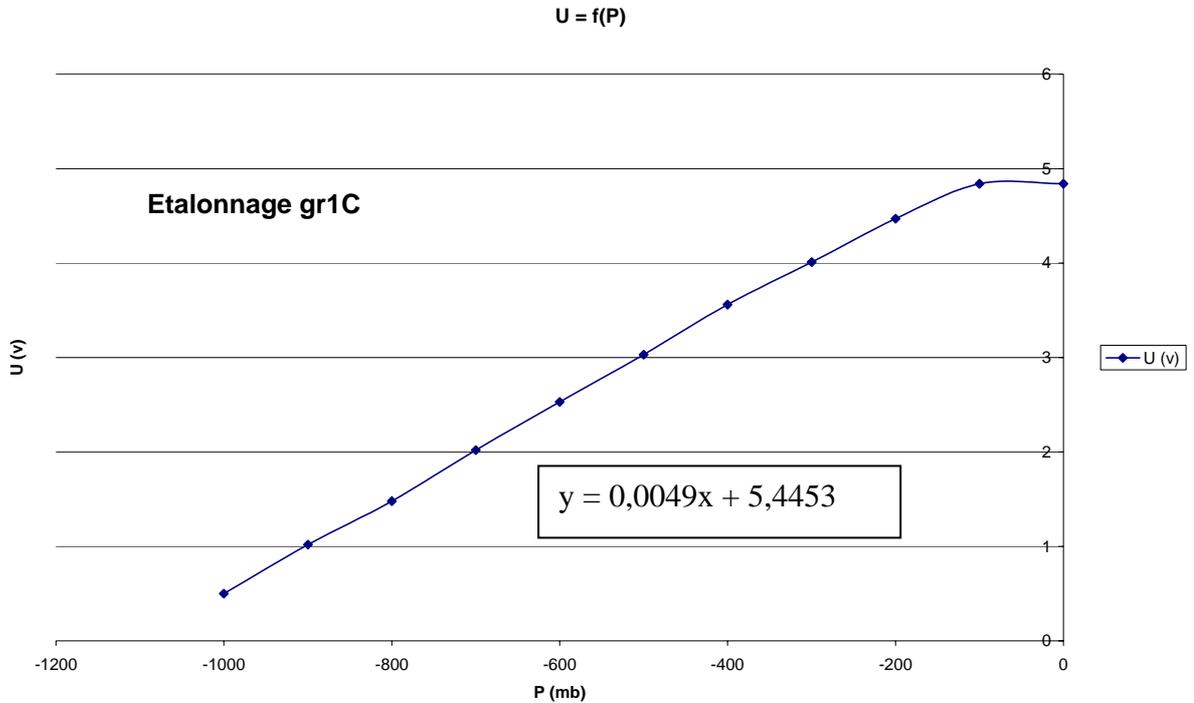


Étalonnage du transmetteur de pression :

Le transmetteur réalisé est étalonné avec une pompe à vide que l'on place sur le capteur afin de simuler la pression présente dans l'atmosphère. En même temps nous relevons grâce à un voltmètre numérique les valeurs données par le capteur.

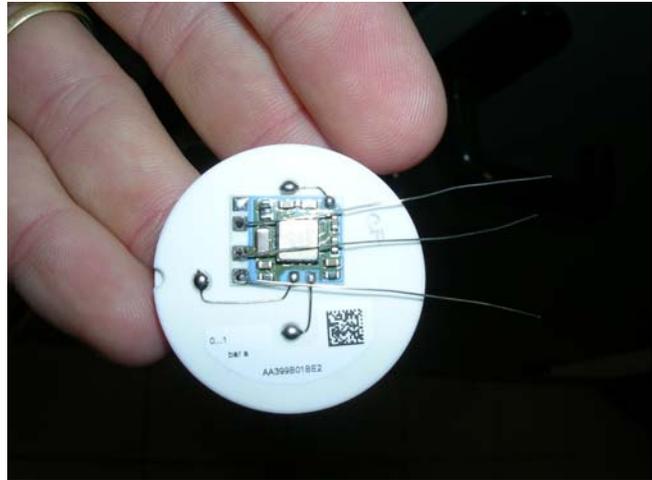
On règle le zéro et le Span avec les potentiomètres. Il faut tenir compte de la température, qui fait varier la tension de 2.9 pour 1000 /°C ce qui nous fait varier notre mesure de 0.2204V sur toute l'étendue de mesure.

Pour plus de précision, on a utilise une cloche a vide mais cela non plus n'était pas très pratique car on devait toujours sortir ce qui a dedans.

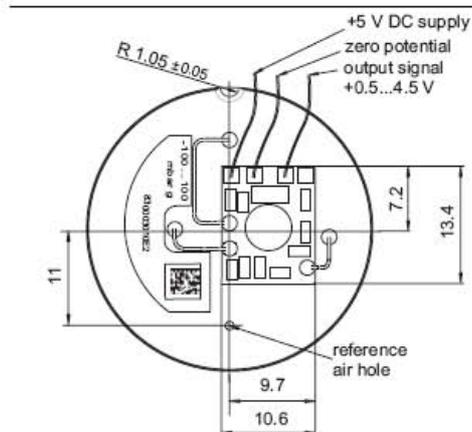
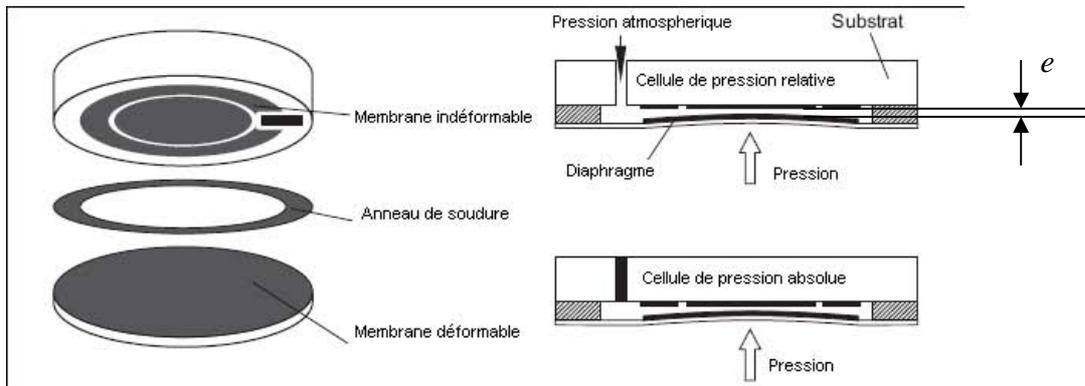


2. Mesure par capteur Ceracore UCS2 (groupe 1CRgr2C)

Pour notre étude nous utiliserons un capteur de pression Endress Hauser Ceracore UCS2. Ce capteur délivre un signal normalisé 0.5-4.5 V pour une étendue de mesure fixe de 0 à 1 bar. Le capteur est petit ce qui permet de respecter le cahier des charges.



Principe de fonctionnement de ce capteur :



Ce capteur est un **capteur capacitif** :

La formule donnant la capacité d'un condensateur plan est :

$$C = \varepsilon \cdot \frac{S}{e} \text{ où } C \text{ est la capacité en farads (F)}$$

du condensateur, S est la surface des électrodes en m^2 , ε est la permittivité en $F \cdot m^{-1}$ et e la distance (en m) séparant les 2 électrodes. Lorsque e diminue (ici sous l'effet de la pression), C augmente.

Caractéristiques du capteur :

- La matière première du capteur est Al_2O_3 , un matériel en céramique de haute résistance pour beaucoup de gaz et liquides agressifs.
- Ce capteur permet des mesures de pression liées au vide. Cette sonde mesure aussi la pression relative à la pression atmosphérique.
- Le capteur est une cellule de mesure sèche, c.-à-d. qu'il n'y a aucune séparation de diaphragme ou de fluide remplissant qui pourraient influencer la mesure.
- Après surcharge de pression, la membrane revient à la position initiale sans n'importe quels dommages ou hystérésis.

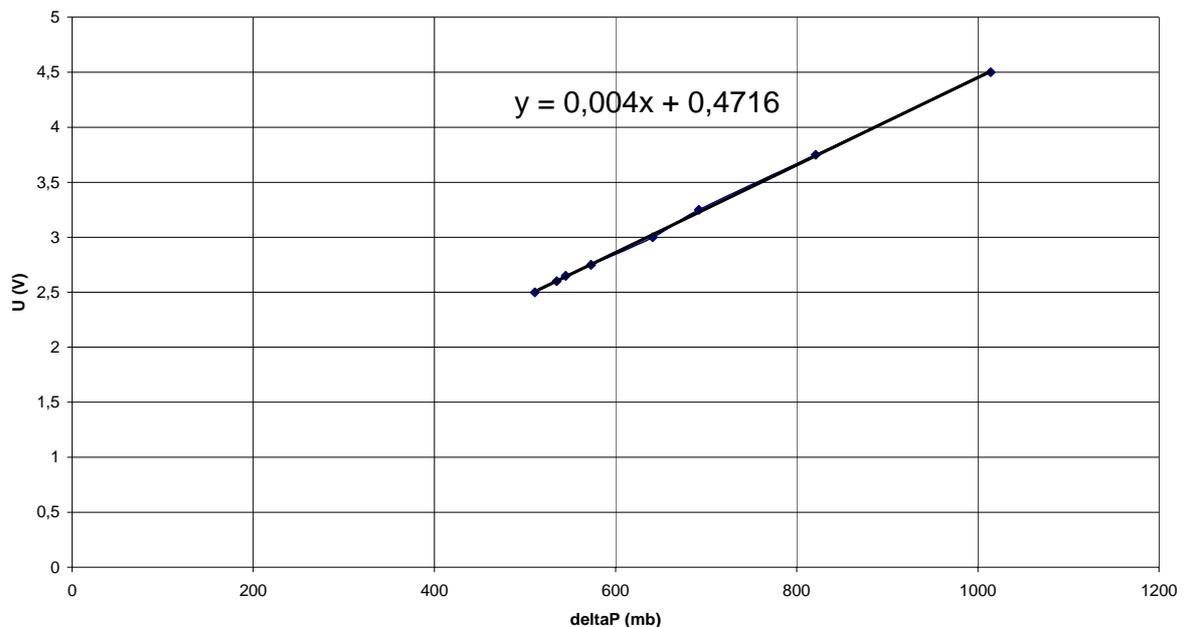
Caractéristique $U=f(p)$ du transmetteur de pression Ceracore UCS2:



Nous avons placé notre capteur sous une cloche à vide et grâce aux différences de pression avons pu faire une courbe d'étalonnage. Nous avons relevé le voltage grâce à un voltmètre et la pression grâce à un manomètre *numérique* digitron.

Cloche à vide

courbe d'étalonnage



C. Mesures de température

Inventaire des solutions existantes :

Les thermocouples permettent la mesure dans une grande gamme de températures. Leur principal défaut est leur précision : il est relativement difficile d'obtenir des mesures avec une erreur inférieure à 0,1-0,2 °C. La mesure de température par des thermocouples est basée sur l'effet Seebeck.

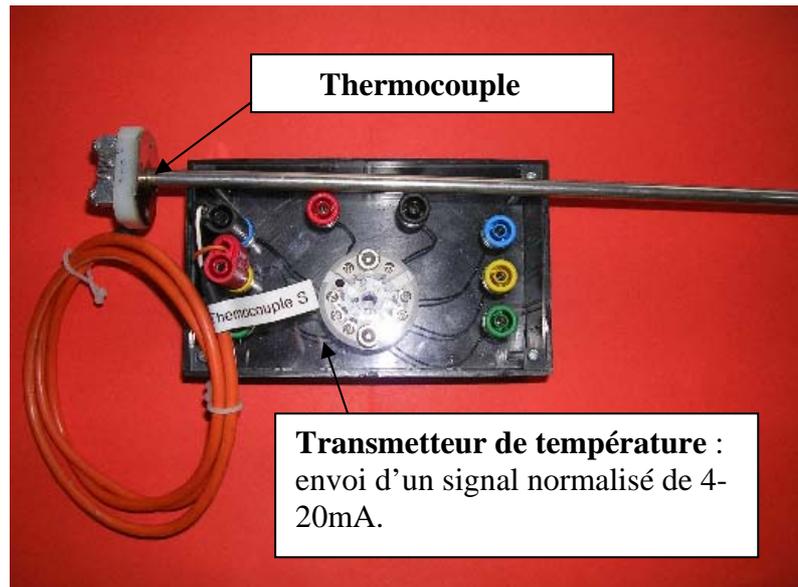
Le principe physique utilisé par un thermocouple est l'effet SEEBECK : il se manifeste par l'apparition d'une tension produite par la différence de température entre la soudure chaude et la soudure froide.

il existe les thermocouples. :

Type K Couple Nickel-Chrome/Alu) **Domaine** 0 à 1100°C

Type J Couple Fer./Cuivre-Nickel) **Domaine** 20 à 700°C

Type S Couple Platine-Rhodium/Platine) **Domaine** 0 à 1550°C



Le thermomètre à résistance de platine est un dispositif permettant de mesurer la température. Il est basé sur le fait que la résistance électrique du platine varie selon la température.

La PT 1000 est une sonde de température régulièrement utilisée dans l'industrie pour la mesure des températures. PT représente le mot Platine qui est le matériau principal de la sonde. 100 détermine la valeur ohmique de la sonde à zéro degré centigrade. La PT 1000 est donc une résistance qui vaut 1000 ohms à une température ambiante de zéro degré centigrade. La résistance de la sonde s'élève en fonction de l'augmentation de la température ambiante.



1. Mesure par Pt100 (groupes 1CRgr1B et 1CRgr2B) ou Pt1000 (groupe 1OP gr1A)

Nous avons choisi la PT 1000 pour le respect des consignes indiquées dans le cahier des charges (taille, poids, dégradable dans la nature). Et aussi pour ses caractéristiques, tels que la plage de température. *Plus exactement*, nous allons utiliser un capteur PT100 miniature:

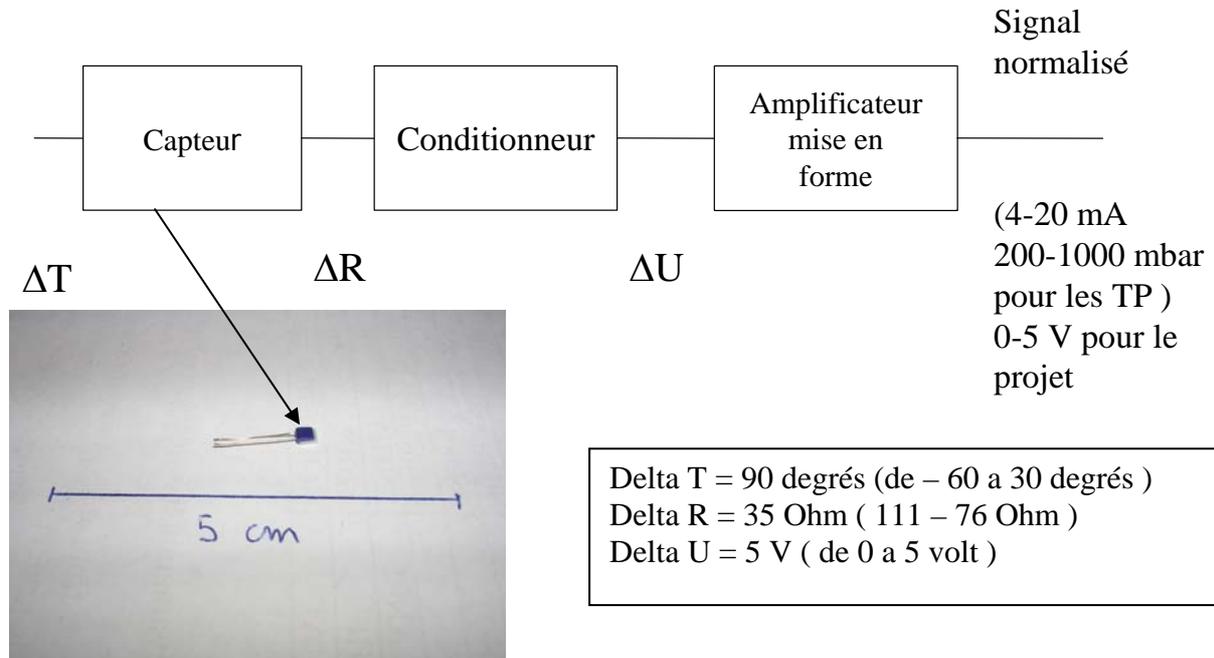
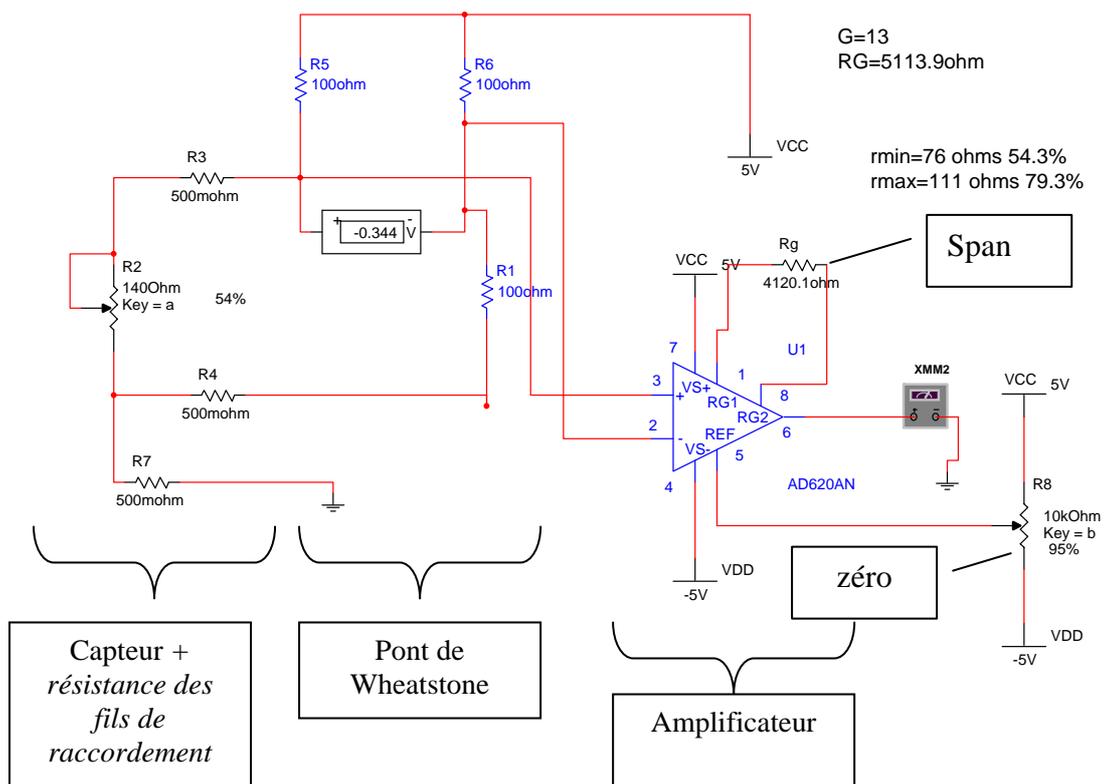


Schéma électronique de la chaîne d'acquisition :



Réalisation du circuit électronique :

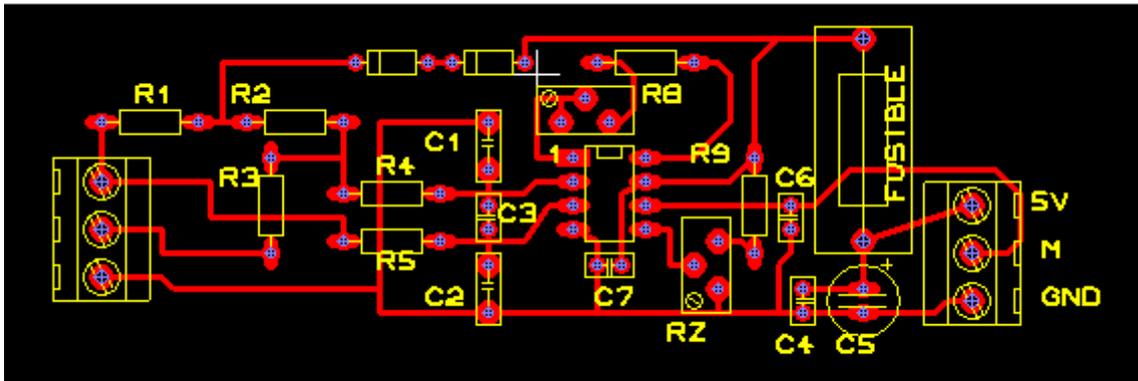
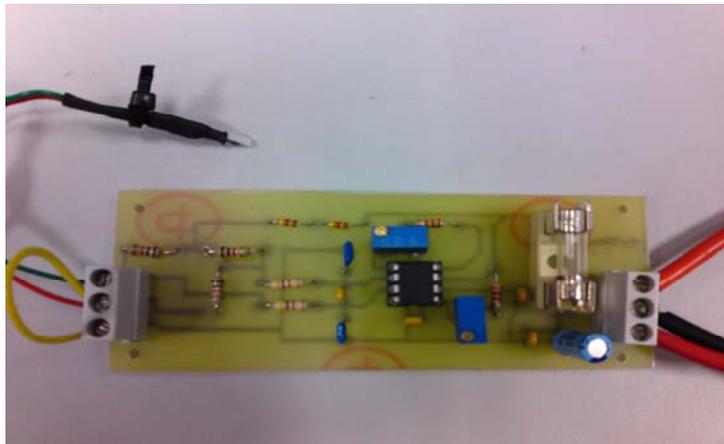


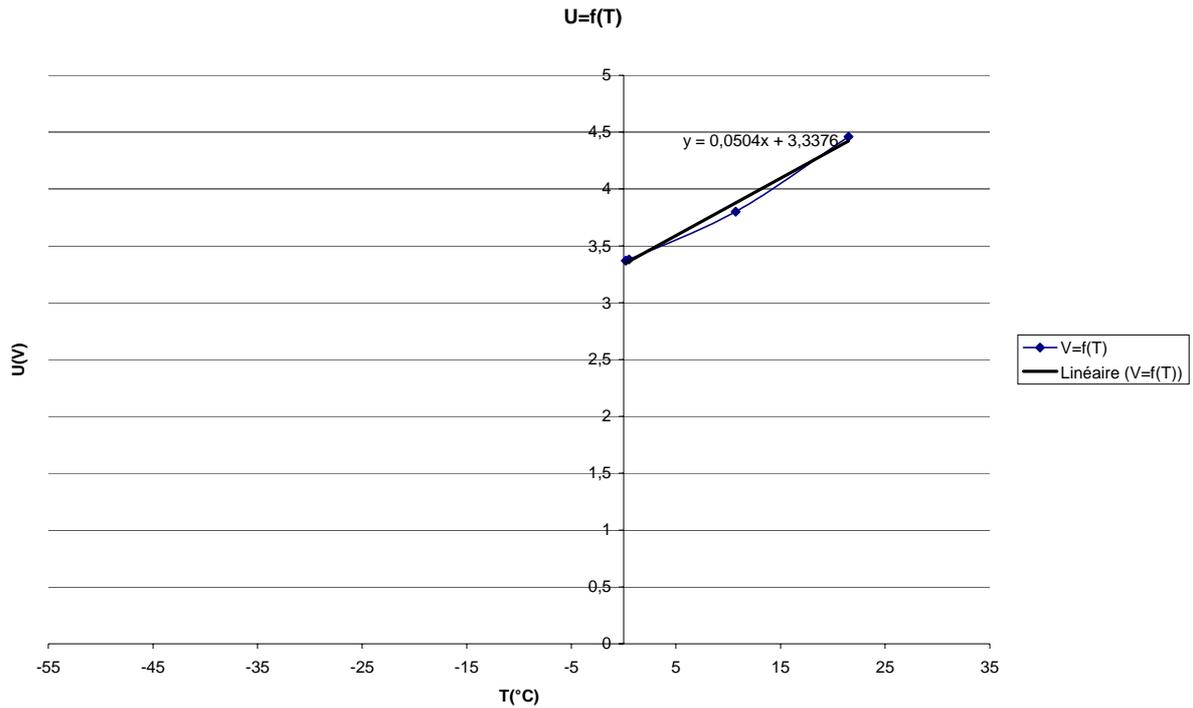
Photo du dispositif expérimental :



Étalonnage du transmetteur de température :

Pour réaliser l'étalonnage, on a utilisé un thermomètre numérique.

Nous avons choisi deux valeurs en degrés, 0°C et 25°C. Pour pouvoir étalonner la PT100 à zéro degrés on l'a introduit dans un glaçon, puis réglé la vis zéro se situant sur un potentiomètre. Pour pouvoir étalonner la PT100 on a fait varier la température de 5°C en 5°C. Pour dépasser la température ambiante qui était de 20°C on a utilisé un sèche-cheveux chauffant pour atteindre 25°C. Une fois la courbe tracée, on la linéarise puis on prolonge la droite pour avoir les valeurs de notre étendue de mesure qui était de -40 à +60°C.



D. Mesures d'humidité

Inventaire des solutions existantes :

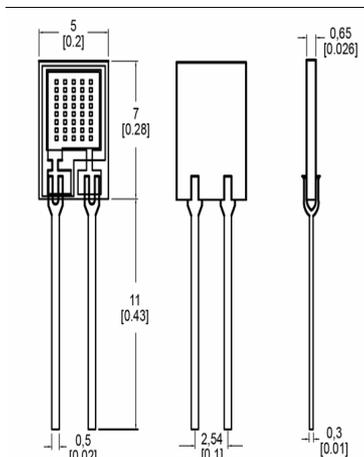
Les différents capteurs d'humidité existants sont :

- Le capteur HCH1000-EN
- Le capteur HIH-4000 (ci-contre)



Capteur choisi :

L'appareil possède une résistance à des températures suffisamment extrêmes pour pouvoir résister aux températures de l'atmosphère et nous donner des mesures fiables jusqu'à au moins 70 km d'altitude.



Alimentation : **T**ension fournit: 1Vrms
Fréquence = 20 KHz.

Temps de récupération des données : 15s.

Températures extrêmes : -40 , 120 °C .

Étalonnage : 0% ,100% .

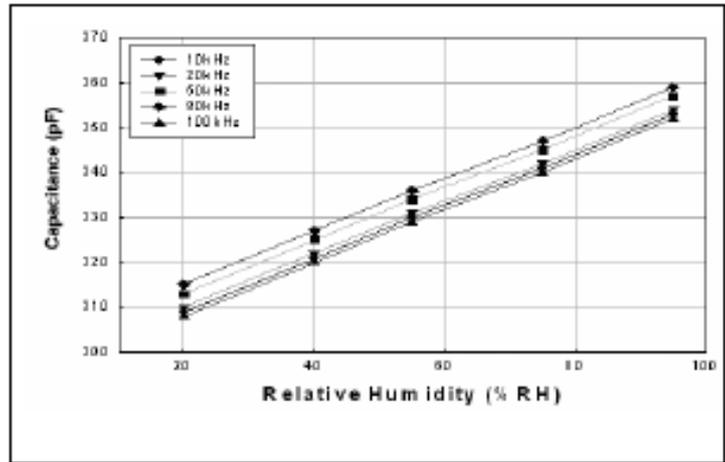


Schéma fonctionnel de la chaîne d'acquisition réalisée :

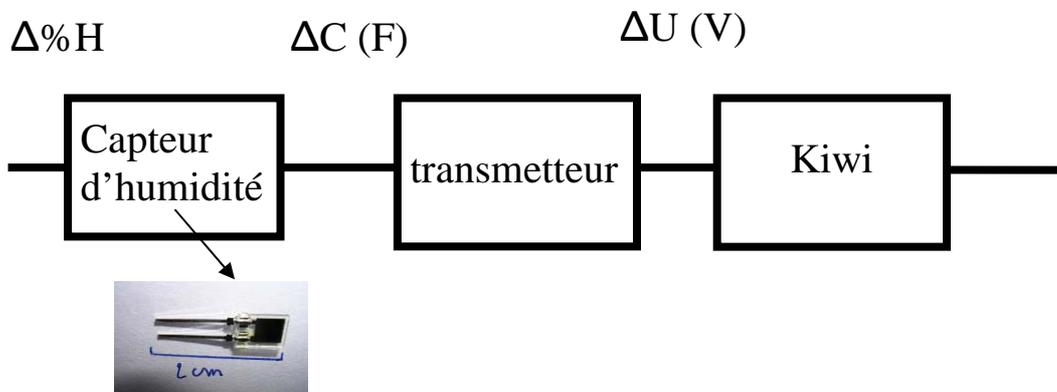
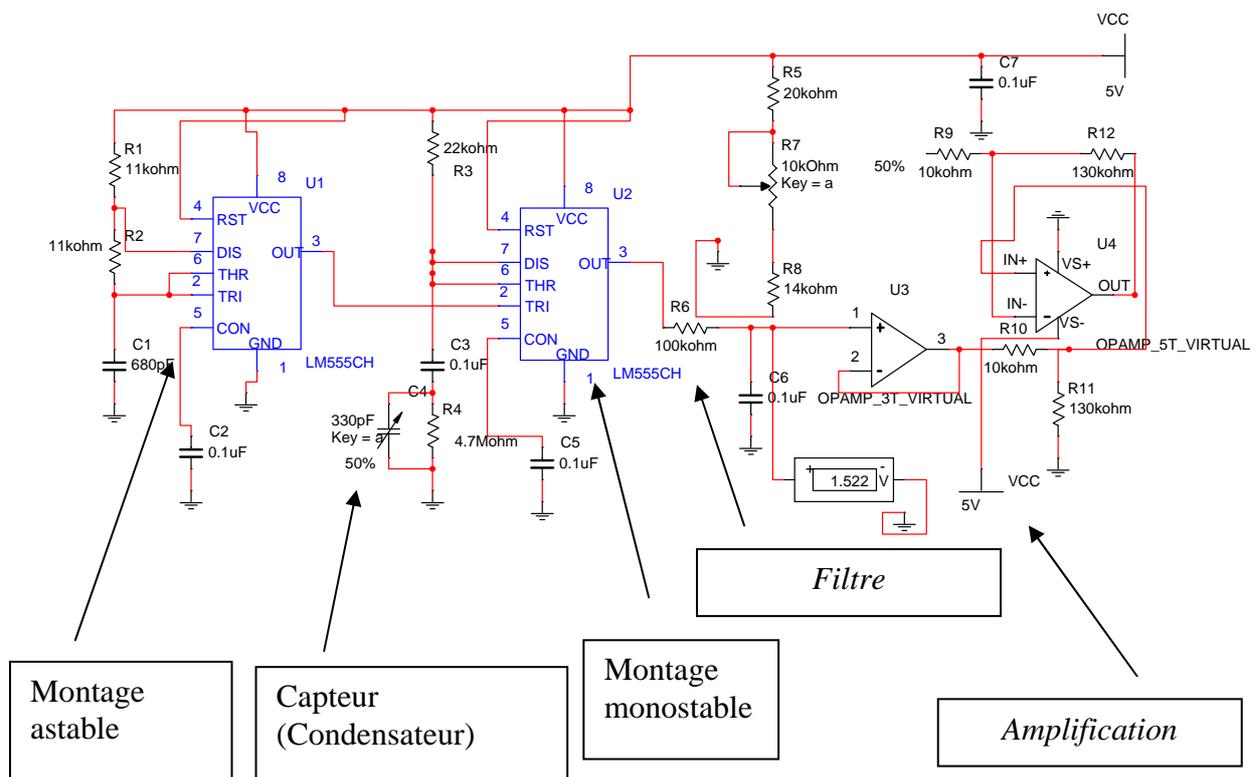
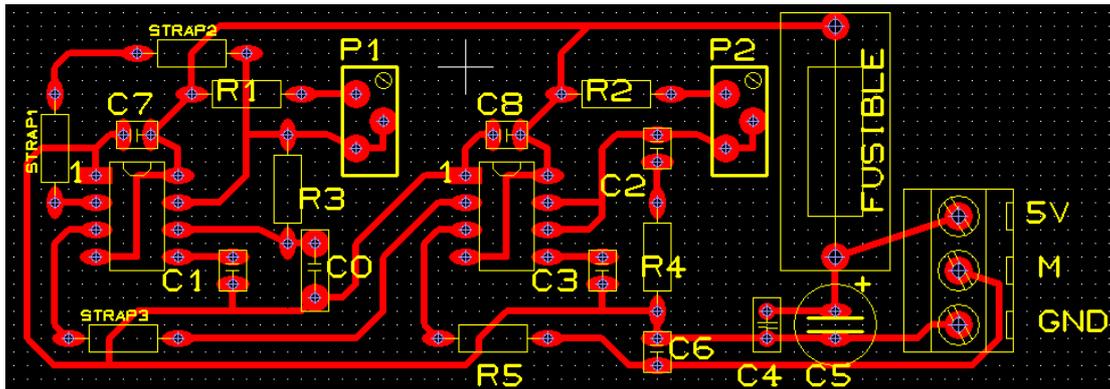


Schéma électronique de la chaîne d'acquisition :



Réalisation du circuit électronique :



Etalonnage du transmetteur d'humidité :

Pour étalonner notre capteur d'humidité il a fallu créer de l'air plus ou moins humide et pour ça nous avons utilisé la CTA (centrale de traitement de l'air). La centrale de traitement de l'air nous permet de nous mettre dans les conditions d'humidité pendant le vol. En effet, la centrale crée de l'humidité, qui sort du côté droit (voir photos). Elle dispose de deux thermomètres. Un mesurant l'air sec, et l'autre mesurant l'air humide. On place donc le capteur à la sortie de l'air humide, sur le côté droit, on le relie à un voltmètre, et avec ces grandeurs, nous pouvons trouver la tension aux bornes du capteur en fonction du pourcentage d'humidité, trouvé grâce à une table psychrométrique

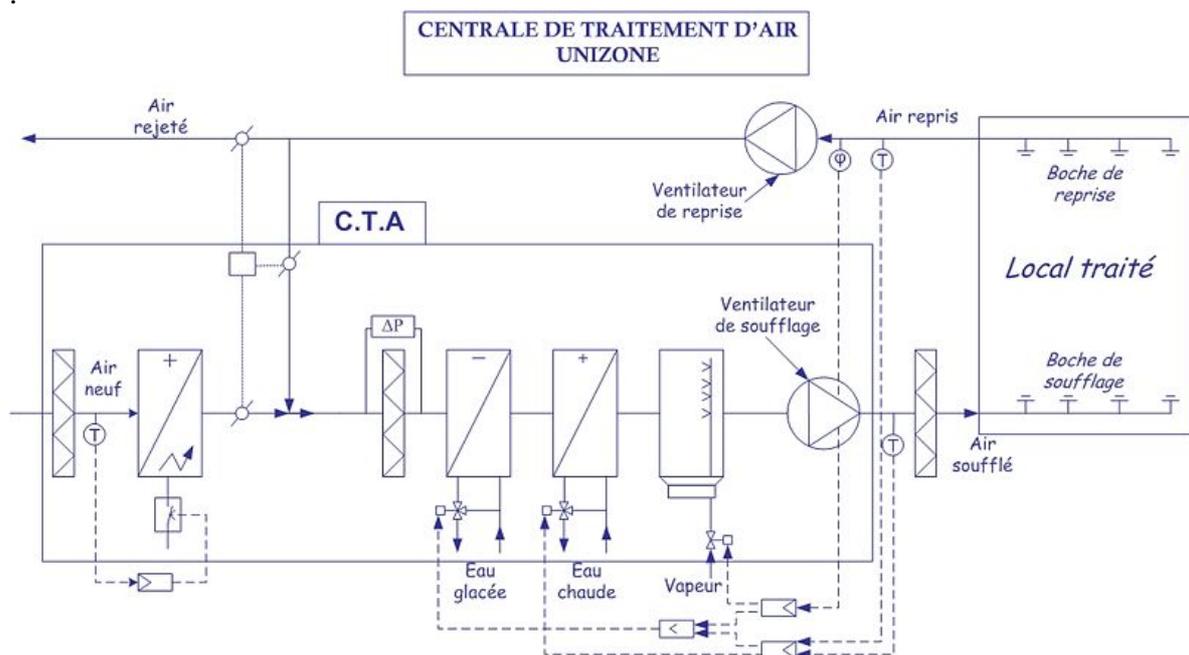


Table psychrométrique :

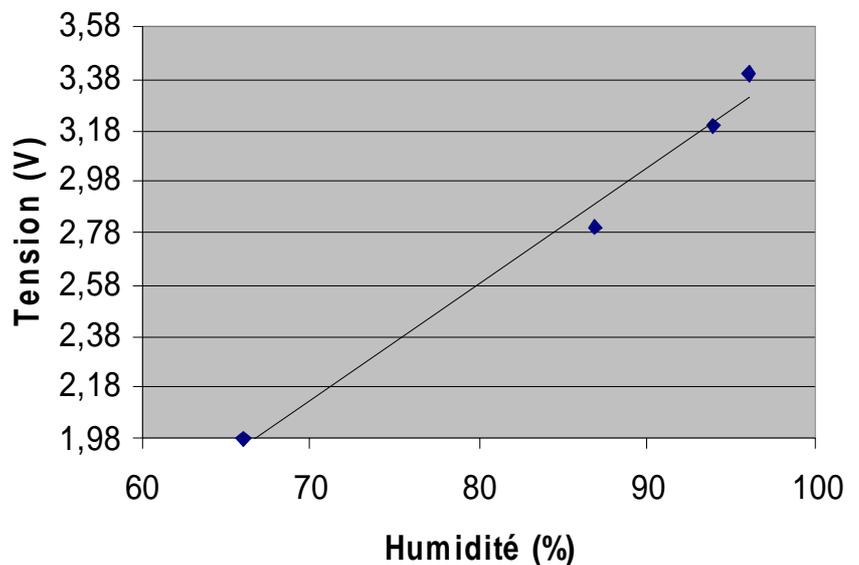
T_w (en °C)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
0	100	90	81	72	64	56	50	42	36	30	25	20	16
1	100	91	82	74	66	58	52	45	39	34	28	23	18
2	100	91	83	75	67	60	54	48	42	36	31	26	22
3	100	92	84	76	69	62	56	50	44	39	34	29	25
4	100	92	84	77	70	64	57	52	47	41	36	32	28
5	100	93	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30
6	100	93	85	79	72	66	61	55	50	45	41	36	33
7	100	93	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35
8	100	93	87	80	74	69	63	58	54	49	45	41	37
9	100	94	87	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	49	45	41
11	100	95	89	83	77	72	67	62	58	54	50	47	43
12	100	94	89	83	78	73	68	63	59	56	52	48	44
13	100	95	90	84	78	74	69	65	61	57	53	50	46
14	100	95	89	84	79	74	70	66	62	58	54	51	47
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49
16	100	95	90	85	80	76	72	68	64	60	57	54	50
17	100	95	90	85	81	77	72	69	65	62	58	55	52
18	100	95	90	86	81	77	74	70	66	63	59	56	53
19	100	95	91	86	82	78	74	70	66	63	60	57	54
20	100	96	91	87	82	78	74	71	67	64	61	58	55
21	100	96	91	87	83	79	75	72	68	65	62	59	56
22	100	95	91	87	83	80	76	72	69	66	63	60	57
23	100	96	91	87	84	80	76	73	69	67	63	61	58

La table psychrométrique se traduit par une relation entre la température a l'intérieur du vaporisateur et la différence entre cette température et celle d'une température humide (notée T_w).

Exemple : si la température du thermomètre 'humide' (T_w) vaut 16°C et celle du thermomètre 'sec' vaut 21°C , alors l'humidité relative vaut 57%. (cellule en vert dans le tableau)

Etalonnage du transmetteur d'humidité:

- 66% = 1,98 V
- 87% = 2,8V
- 94% = 3,2V
- 96% = 3,4V



E. Mesures de vitesse ascensionnelle

- Choix: Anémomètre à coupelle (dits Robinson)
- Avantages: Fabrication par les élèves avec du matériel de petite taille donc peu de poids et de coût réduit.
- Inconvénients: Certains matériaux peuvent être difficiles à trouver. Conception très difficile.

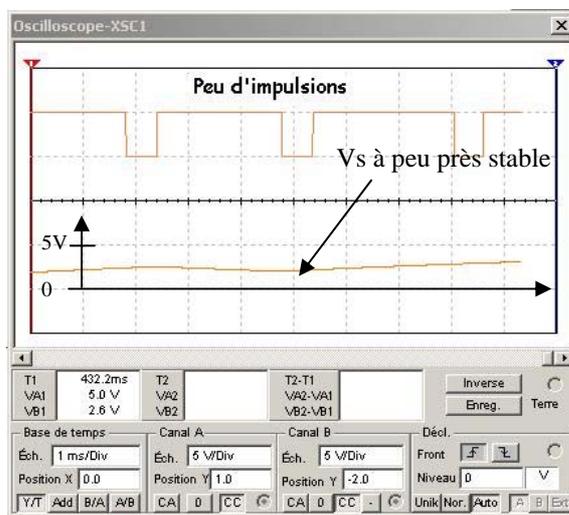
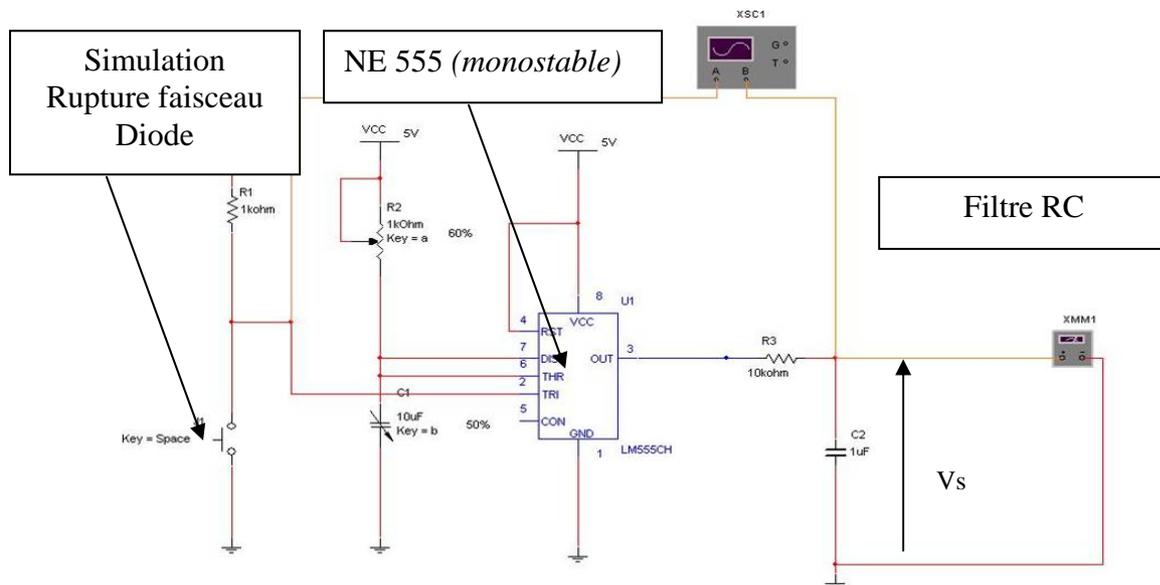


Principe de fonctionnement :

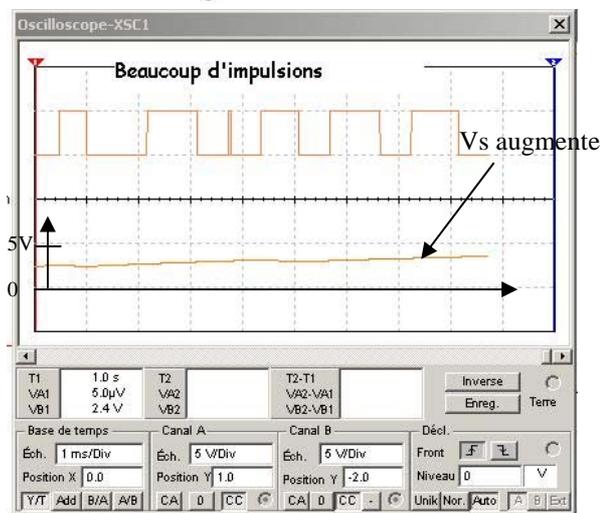
Nous pouvons voir ici notre anémomètre artisanal. En jaune sont les coupelles en balle de ping pong. Ces balles sont solidaires d'une tige sur laquelle est fixé un demi cercle qui, en coupant le faisceau de diode, crée une impulsion.

Nous avons réalisé un circuit intégrant un NE555 fonctionnant en monostable et d'un filtre Résistance Condensateur *pour obtenir une tension continue en sortie*. Le filtre est dimensionné en se basant sur la formule $(T=R*C)$. Les impulsions sont générées par un barrage photovoltaïque, l'information est transmise par variation de fréquences.

Schéma électronique de la chaîne d'acquisition :



Vitesse lente

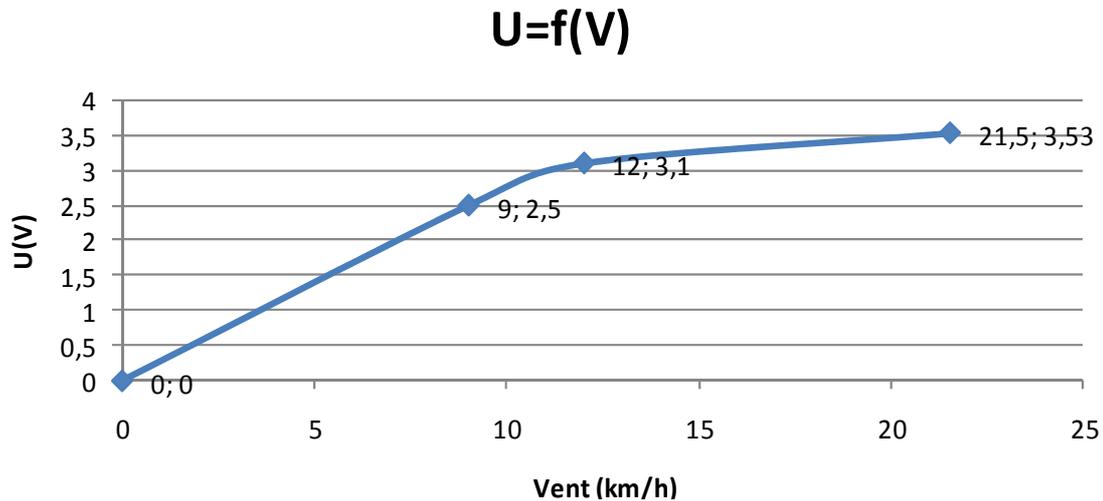


Vitesse élevé

Étalonnage du transmetteur de vitesse :

L'étalonnage a été effectué au moyen d'un ventilateur qui permettait de simuler une vitesse. La tension de sortie fut réglé par le changement d'un circuit Résistance Condensateur avec une constante de temps fixé à $\tau=R*C=10K\Omega*100\mu F=1s$. La vitesse du vent a été contrôlée à l'aide d'un anémomètre de poing.

La courbe d'étalonnage est critiquable car nous n'avons pas beaucoup de valeur d'étalonnage.



F. Mesures de luminosité

Inventaire des solutions industrielles existantes :

Industriellement les panneaux solaires sont utilisés dans la production d'électricité.

Un panneau photovoltaïque :

- Convertit directement le rayonnement solaire en énergie

Électrique.

- *Délivre* une énergie renouvelable d'avenir.
- Permet d'alimenter en électricité des sites isolés,

Ou

- Permet de revendre de l'électricité produite à EDF

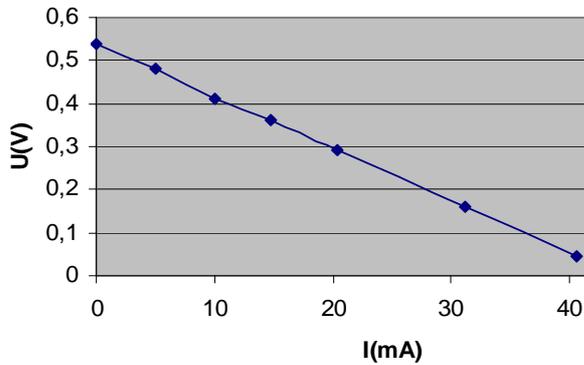


L'industrie photowatt est l'un des leaders dans la commercialisation de panneaux photovoltaïques

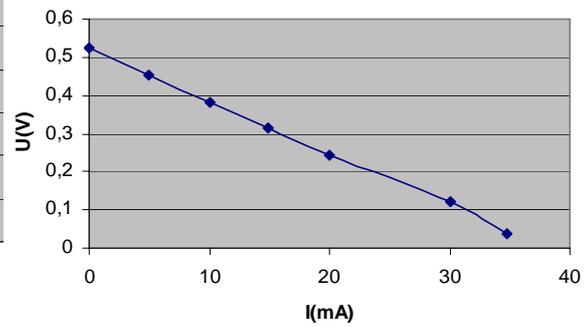
Caractéristique des panneaux utilisés :

Les panneaux solaires ayant été aimablement donnés par la société Four Solaire Développement, et les caractéristiques de ces panneaux étant difficiles à obtenir, il a fallu procéder à des essais pour caractériser ces panneaux

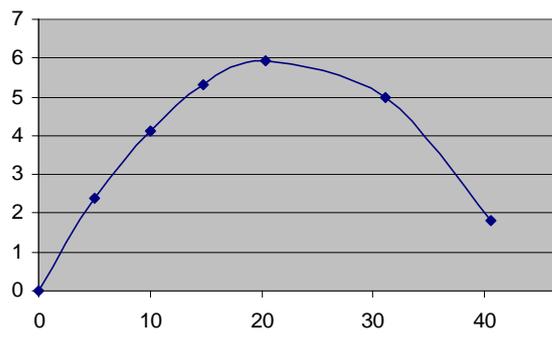
U(V) en fonction de I(mA) pour 760 lux



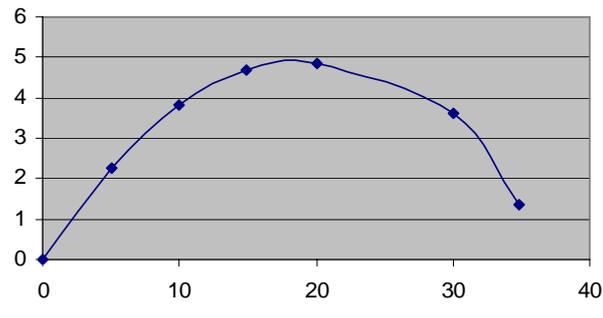
U(V) en fonction de I(mA) pour 370 lux



P(mW) en fonction de I(mA) pour 760 lux



P(mW) en fonction de I(mA) pour 370 lux



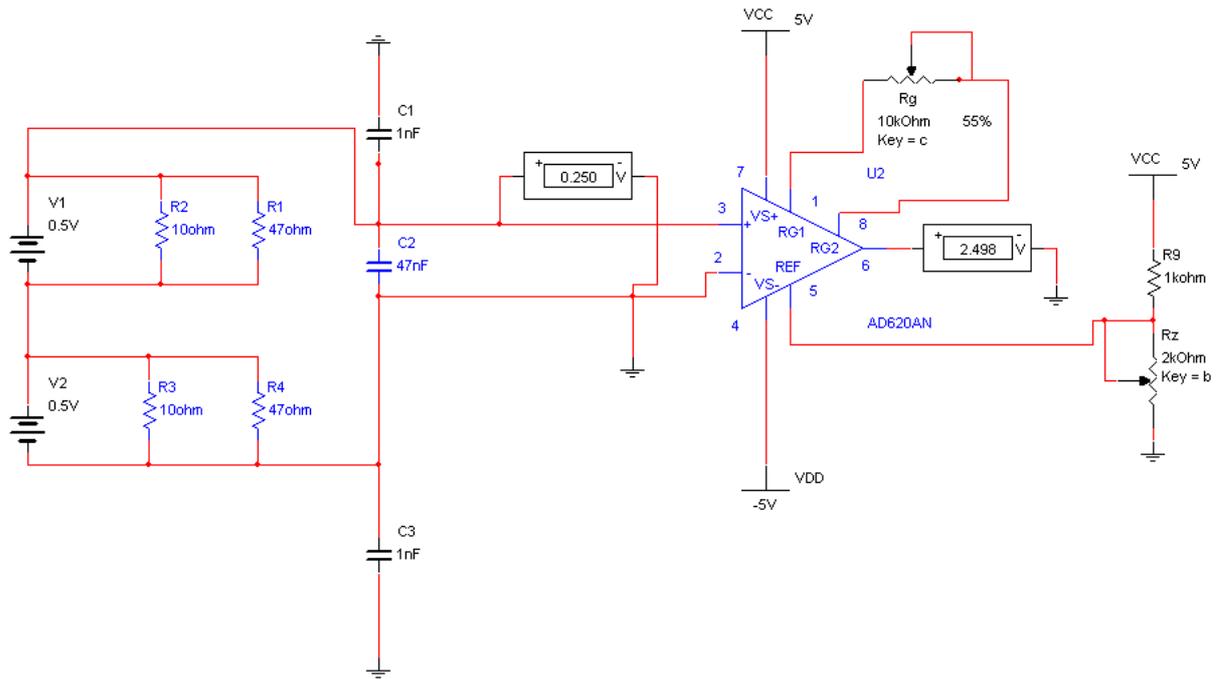
Principe de la mesure réalisée :

Nous allons faire un montage avec plusieurs petits capteurs photovoltaïques en les montant en série ou en parallèle avec un voltmètre et un ampèremètre ce qui nous permettra de calculer la puissance en watt d'après les formules suivantes :

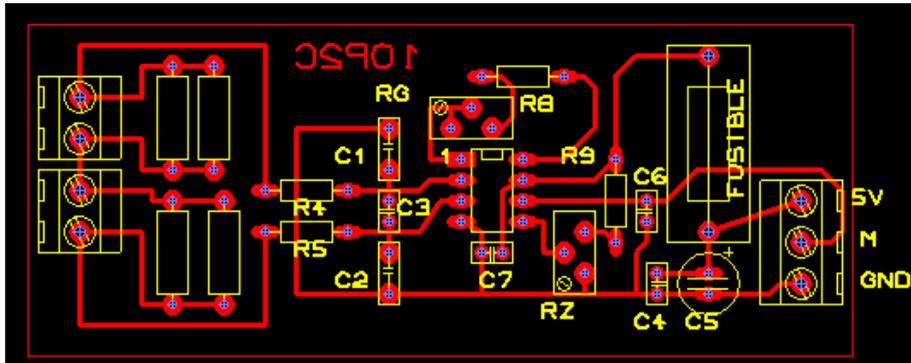
$$P = U \times I \quad \text{et} \quad P = \frac{U}{R^2}$$

Pour que les panneaux puissent travailler à leur puissance nominale, il faut les faire débiter dans une résistance de valeur $R = 0,3/20 \cdot 10^{-3} = 15\Omega$, on prendra pour ce faire 2 résistances de 10Ω en parallèle avec 2 résistances de 47Ω . Cette association donne une résistance équivalente de 16Ω .

Schéma électronique de la chaîne d'acquisition :

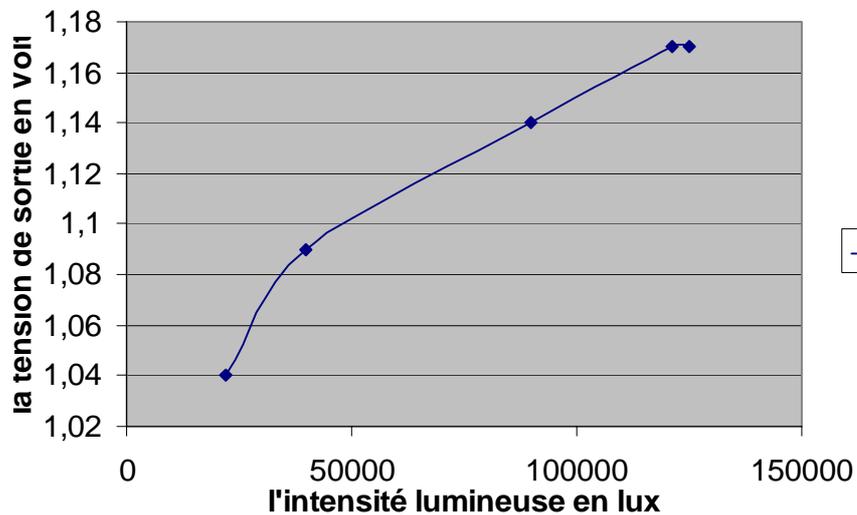


Réalisation du circuit électronique :



Etalonnage du transmetteur :

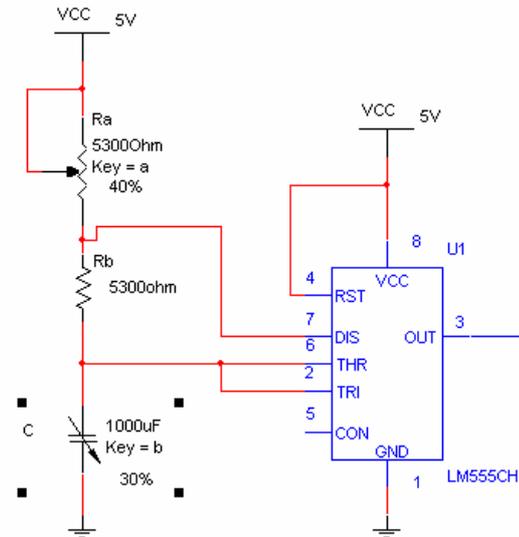
la tension de sortie en fonction des lux



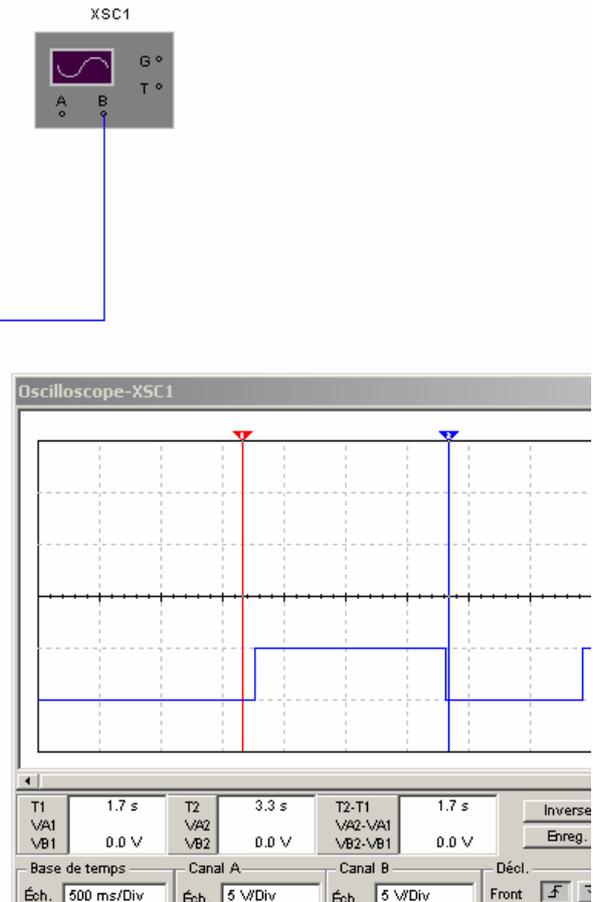
G. Prises de vues photographiques (groupes 10Pgr1B et 10Pgr2B)

Le ballon C.O.M. 2009 comportait deux appareils photos correspondant à deux expériences distinctes. Afin d'économiser le temps, le poids et le matériel, les deux appareils photos ont utilisé le même déclencheur.

Schéma électronique du déclencheur :



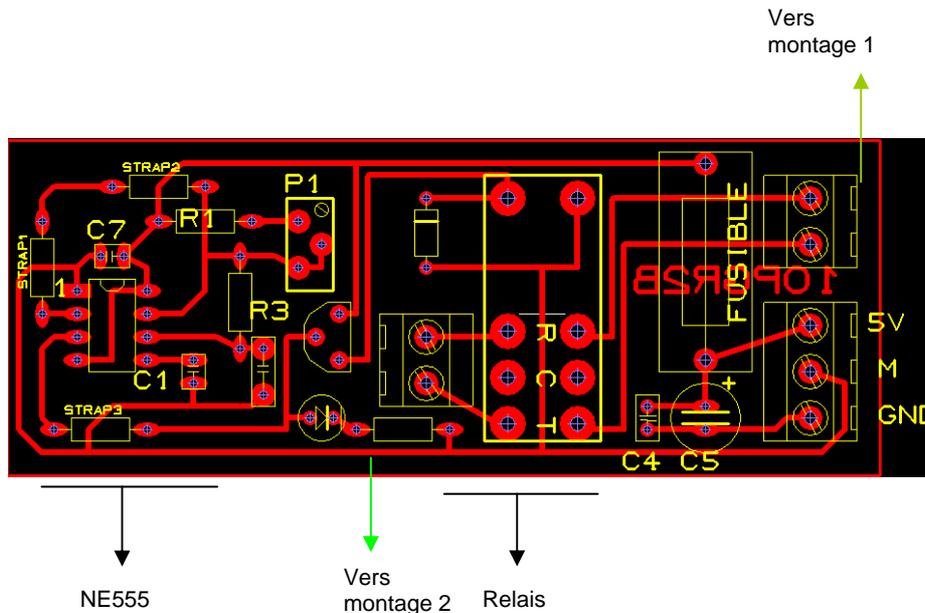
$$T = 11 \text{ s}$$
$$f = 0.91 \text{ Hz}$$
$$Ra + 2Rb = 1.44 / (f \cdot C) = 160\,000 \text{ Ohms}$$
$$Ra = Rb = 53\,000 \text{ Ohms}$$



Notre carte électronique a intégré une temporisation permettant de choisir la durée séparant 2 prises de vues consécutives. Le circuit utilisé est un timer de type **NE555** (*montage astable*). La variation de la résistance Ra modifie la fréquence.

Réalisation du circuit électronique :

Il s'agit (*page suivante*) du typon de notre montage. Cela sert comme aperçu avant la réalisation de notre circuit imprimé. Dans notre typon nous avons utilisé un relais pour pouvoir brancher les deux appareils photos sur le même circuit imprimé pour diminuer la place de nos deux expériences dans la nacelle du ballon sonde.



Caractéristique des appareils photo :

- Appareils Photo Numérique KODAK 3.2 MPIX
- Alimentation 2 piles de 1,5V.
- Une carte de 2Go dans chaque appareil

Paramétrage des 2 appareils photos :

1. Mesure de Nébulosité (groupes 10Pgr1B)

Nous avons placé un appareil photo numérique dans la nacelle du ballon, de façon à avoir une prise de vue horizontale.

2. Imagerie Infrarouge (groupes 10Pgr2B)

Nous pensions intégrer à l'intérieur de la nacelle un appareil photo numérique muni d'un filtre infrarouge, la prise de photo à bord d'un ballon n'ayant jamais été réalisée en infrarouge mais seulement en photo classique.

La première chose à faire pour voir si ce type de prise de vue est réalisable à l'aide des appareils achetés par le lycée consiste à photographier dans le noir la diode d'une télécommande. Si sur cette photo on voit une tache blanche, cela signifiera que l'appareil capte l'infrarouge.

Il nous faudra aussi construire un filtre infrarouge « maison », *les filtres infrarouges vendus dans le commerce dépassant le budget imparti.*

Après avoir réalisé notre test avec notre filtre infrarouge préalablement construit, nous remarquons que les photos sont de très mauvaise qualité. Notre filtre infrarouge n'ayant pas fonctionné *on va s'attacher à distinguer les différentes zones d'habitat de l'urbanisation lyonnaise sur la trajectoire du ballon.*

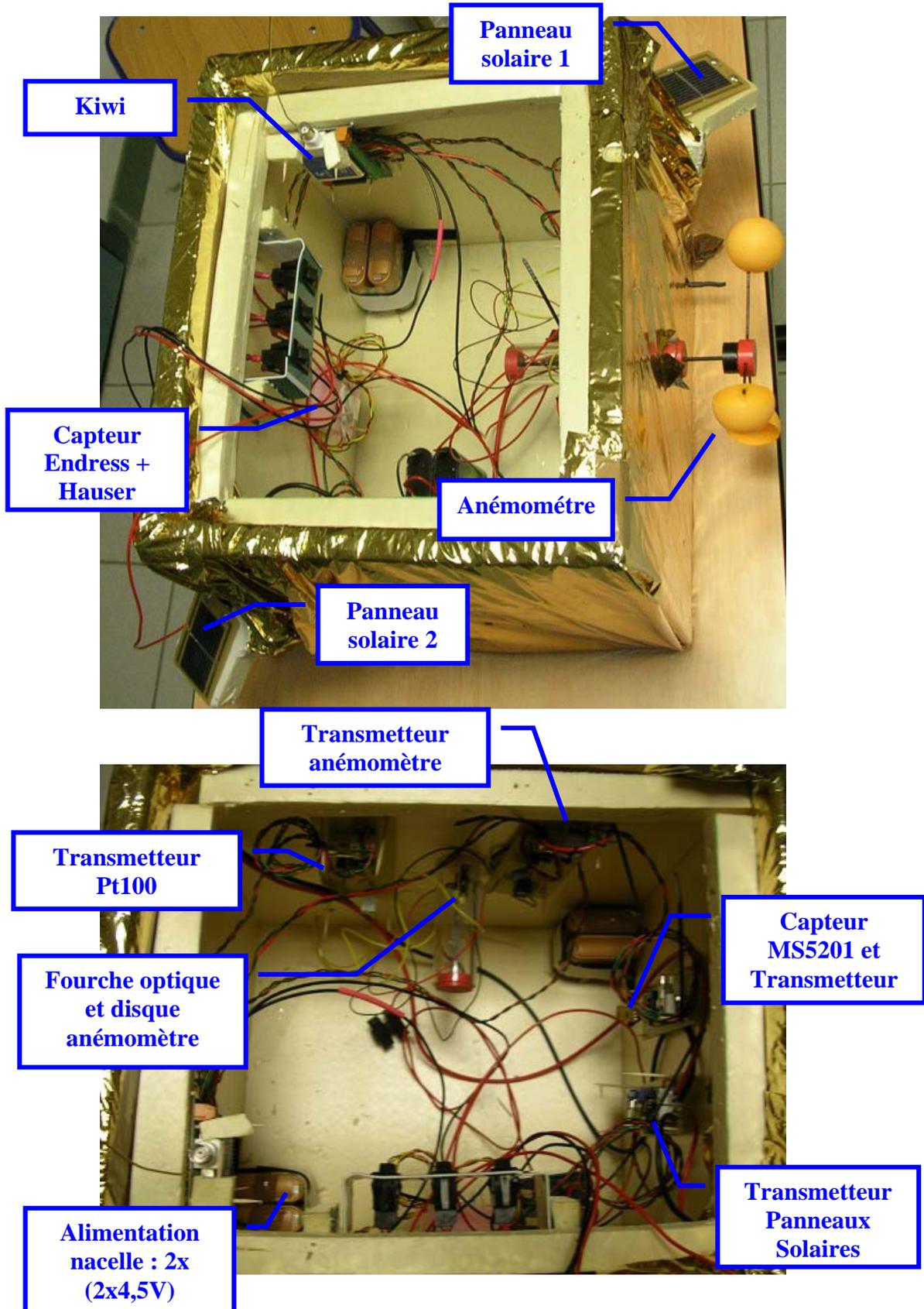
Paramétrage de l'appareil :

- mise en veille désactivée
- écran éteint
- piles de 1,5V à placer au dernier moment

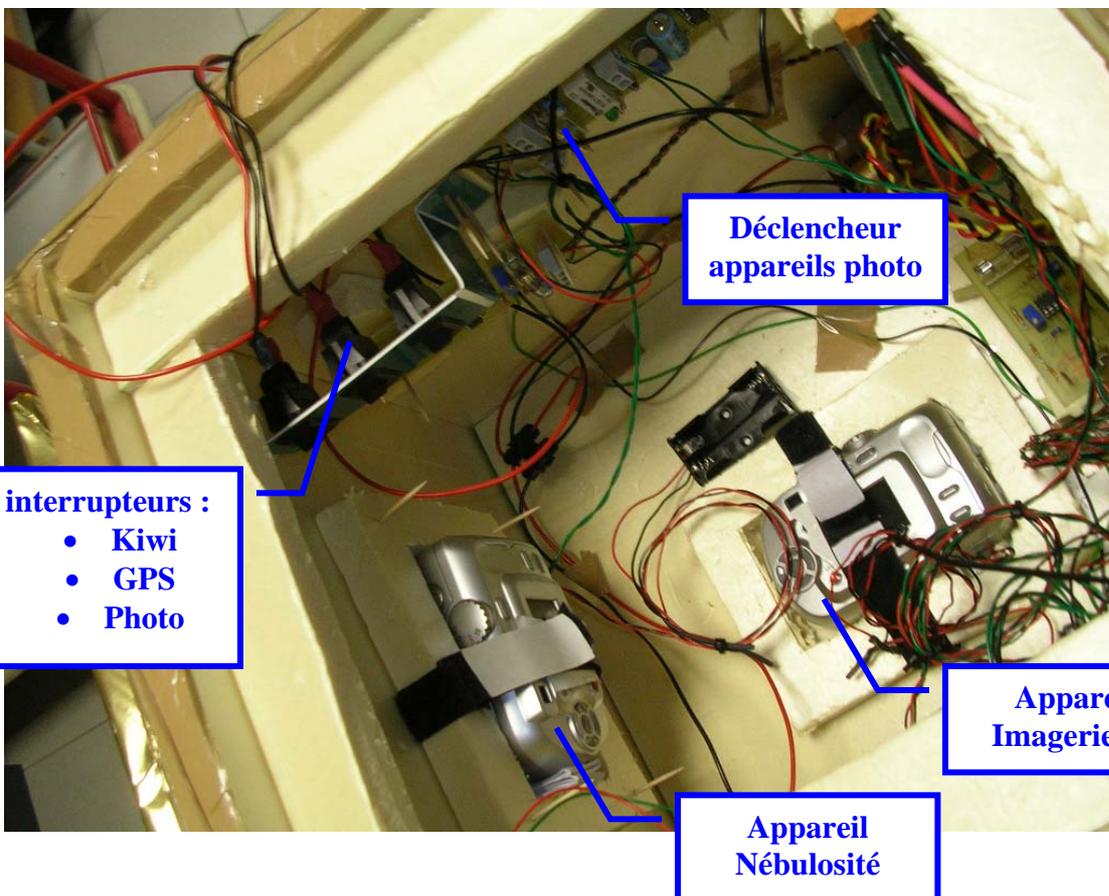
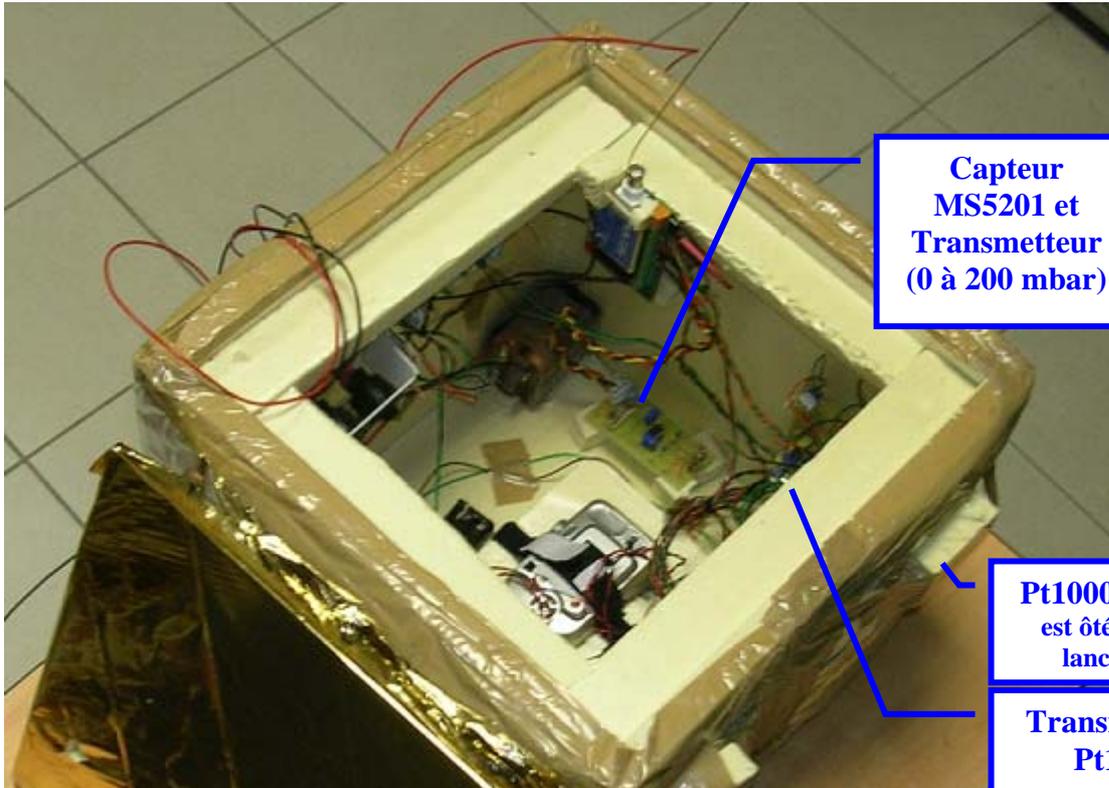
NB : Suite à une remarque du suiveur à propos d'un risque de consommation excessive le déclencheur est alimenté séparément à l'aide d'une pile LR9 de 9 volts et d'un régulateur 5V (un 7805).

IV. La préparation des nacelles

1. Nacelle SkyScan (en cours de montage)



2. Nacelle C.O.M. 2009 (en cours de montage)



V. Lâcher des ballons (Mercredi 29 Avril 2009).

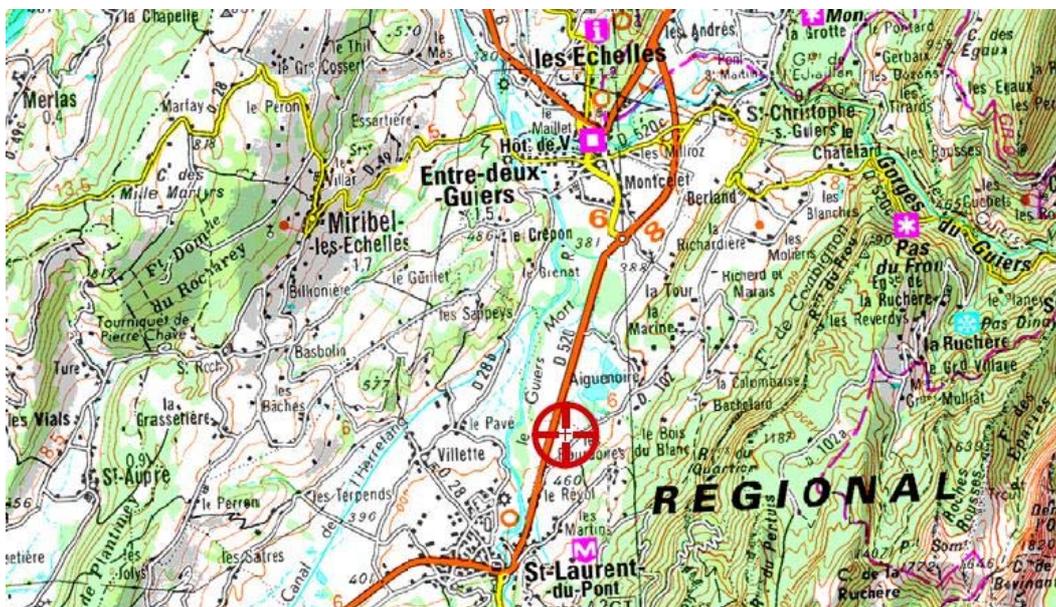
1. Ballon SkyScan



Le ballon SkyScan a été lâché en premier à 10h12. De nombreux élèves d'autres classes étaient venus assister au lancement qui s'est déroulé sur le terrain stabilisé situé entre l'internat et le restaurant scolaire.

Il est monté à 22,6km d'altitude, a parcouru environ 80km et s'est posé sur la commune de Saint-Laurent-du-Pont, juste avant d'arriver dans le massif de la Chartreuse. Il s'est posé à 12h16.

Il a été récupéré assez rapidement.



2. Ballon C.O.M. 2009

Le ballon C.O.M. 2009 a été lâché à 14h48. Il est monté à 25,2km d'altitude, a parcouru environ 135km et s'est posé à 12h16 dans le massif de l'Oisans, à 2400m d'altitude.



Les photos prises par ce ballon sont intéressantes. Si hélas aucune photo du lycée n'a pu être prise, on trouve de beaux clichés de l'agglomération lyonnaise :



Une vue de Brignais avec au fond, les monts du lyonnais.



Pierre Bénite

Le tracé du Rhône et du canal du Rhône en aval de la raffinerie de Feyzin.

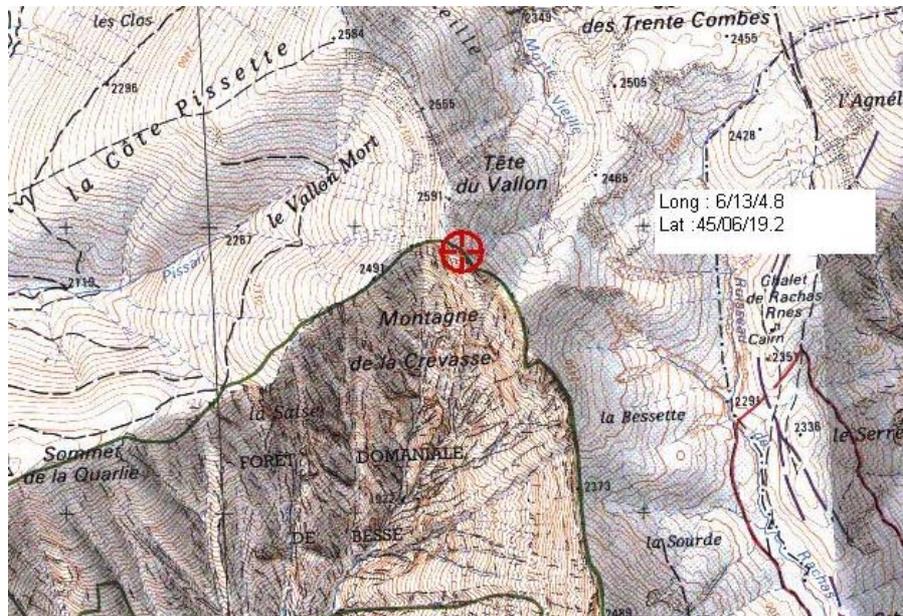


Superbe vue de l'agglomération lyonnaise⁷. Au premier plan le port Edouard Herriot. On aperçoit très bien le stade de Gerland, et les différents ponts enjambant le Rhône.



⁷ D'autres photos sont disponibles sur le site du lycée à l'adresse : http://www2.ac-lyon.fr/etab/lycees/lyc-69/descartes/spip.php?page=galerie&id_rubrique=2

Le vol du ballon s'est poursuivi correctement. D'après les données GPS, l'altitude maximale atteinte par le ballon a été de 24500 m et sa vitesse maximale de 210 km/h, ce qui laisse supposer la présence de vent fort en altitude.



Le ballon a parcouru 130 km au total en direction du sud-est, au-delà de Grenoble. Il a atterri aux environs des 2 Alpes, à 2500m d'altitude, dans la neige.



Malgré des conditions d'accès difficiles, la nacelle et tout l'appareillage ont pu être récupérés en bon état de fonctionnement, ce qui a permis par la suite l'exploitation des données recueillies. *On peut aussi conclure que la nacelle était de construction robuste, ce qui est tout de même étonnant quand on sait qu'elle n'est assemblée que par des cure-dents.*

VI. Exploitation des résultats

A. Mesures de pression

1. Mesure par capteur MS5201 (groupes 1CRgr1A et 1CRgr1C)

La mesure de pression du groupe 1CRgr1A (étalonnage entre 0 et 200mbar) est restée saturée à 4,67V toute la durée du vol. Les élèves ont formulé plusieurs hypothèses pour tenter d'expliquer cette anomalie :

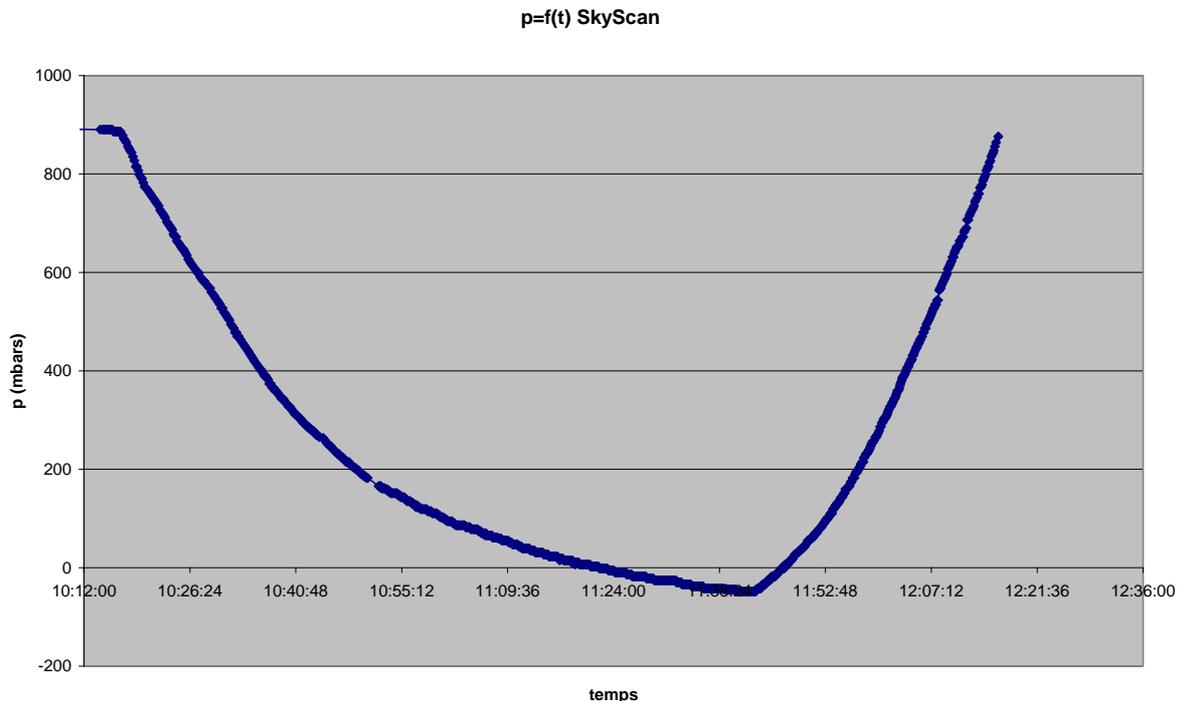
Les hypothèses du non fonctionnement de notre expérience :

- La voie du kiwi ne marchait pas
- Le fil était mal dénudé
- Un fil a pu se débrancher
- L'étendue de mesure aurait pu être trop grande

Pour nous les hypothèses les plus probables sont : la voie du kiwi ne marchait pas et le fils a pu se débrancher en plaçant les piles.

Même si notre expérience n'a pas marché nous devons obtenir pour 0.5V une pression de 0bar et pour 4.5V une pression de 200mbar, car de retour au sol, le montage fonctionnait de nouveau normalement en utilisant une pompe à vide.

Courbes obtenues :



$y = 0.0046x + 5.2527 \rightarrow$ Équation de la courbe d'étalonnage.

$x = (y - 5.2527) / 0.0046 \rightarrow$ Loi qui permet de passer des volts aux mbars

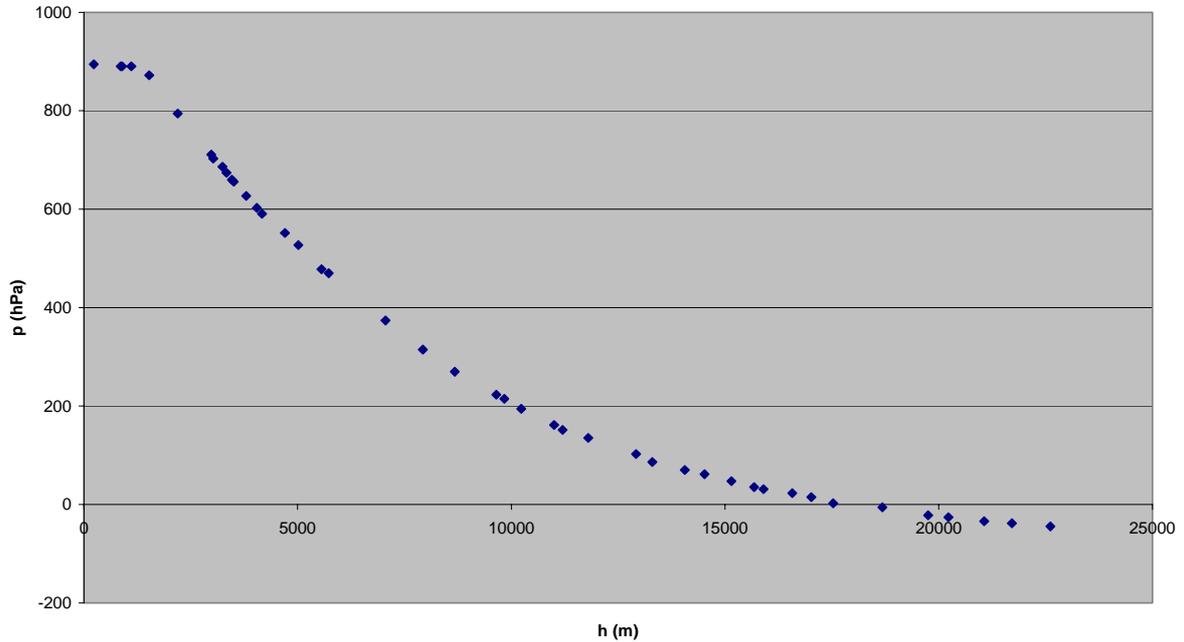
* Erreur d'étalonnage : -1000mb = 0.5V ; On ne peut pas avoir des pressions absolues négatives.

* Problème *probablement* dû à la température :

-500mb = 3.03V dans les conditions normales de températures et de pression.

-500mb = 2.86V dans les conditions de l'expérience (température augmentée)

$$p = f(h)$$



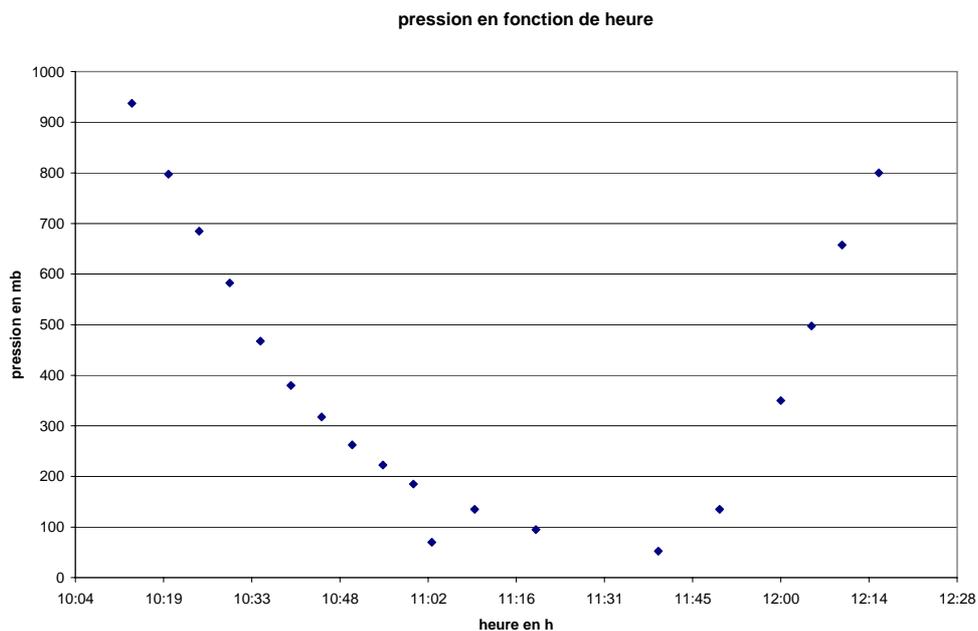
Commentaire : A 20 Km on devrait être entre 0 et 100mb.

Proposition d'amélioration :

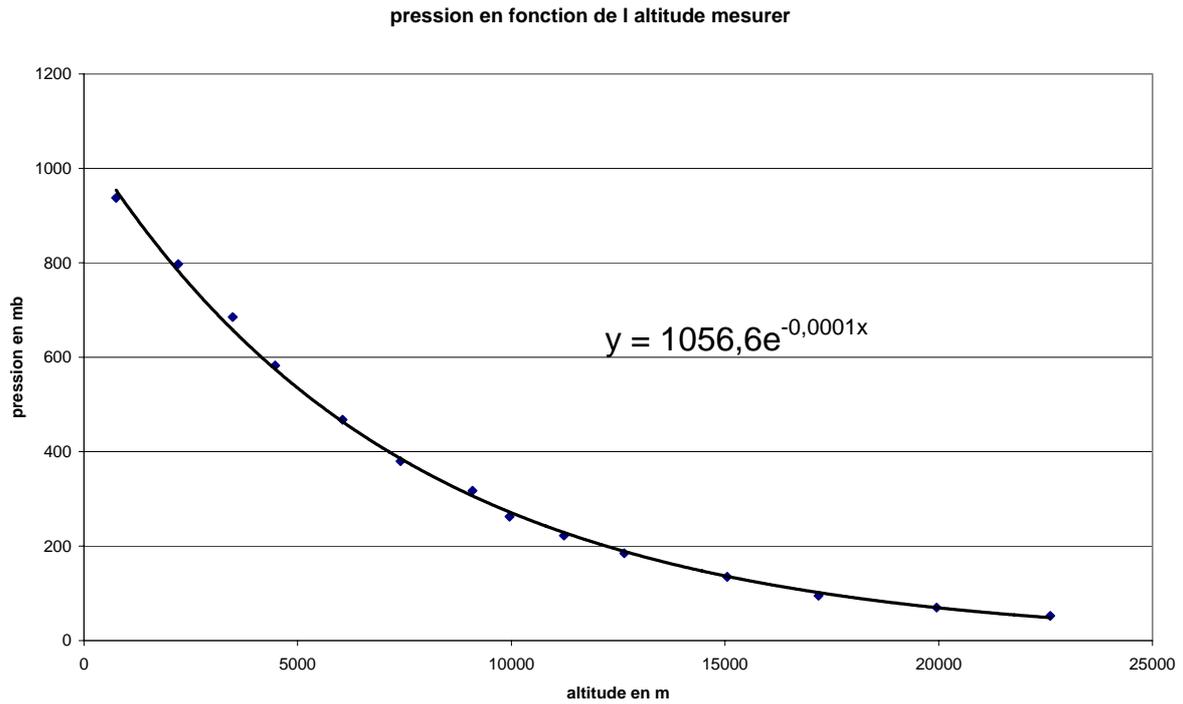
- On pourrait utiliser une meilleure isolation (mousse isolante de meilleure qualité, laine de verre, ...) afin de ne pas perturber notre mesure.

2. Mesure par capteur Ceracore UCS2 (groupes 1CRgr2C)

Courbes obtenues :



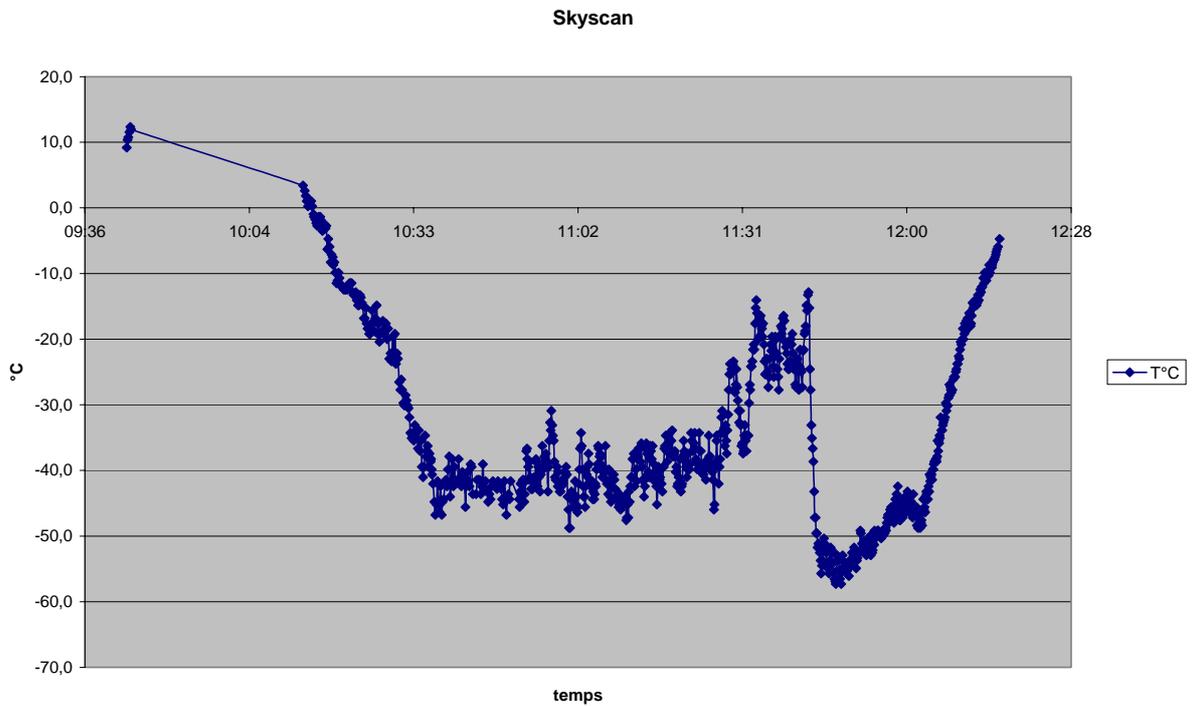
Calculs : $U=0.004*P+0.47$ (courbe d'étalonnage) ; donc $P=250*U-125$



On retrouve bien une forme exponentielle : $p(h) = p_0 * e^{(-Mgh/RT)}$
 ($Mg/RT = 0,000125$ pour une température de 273 K)

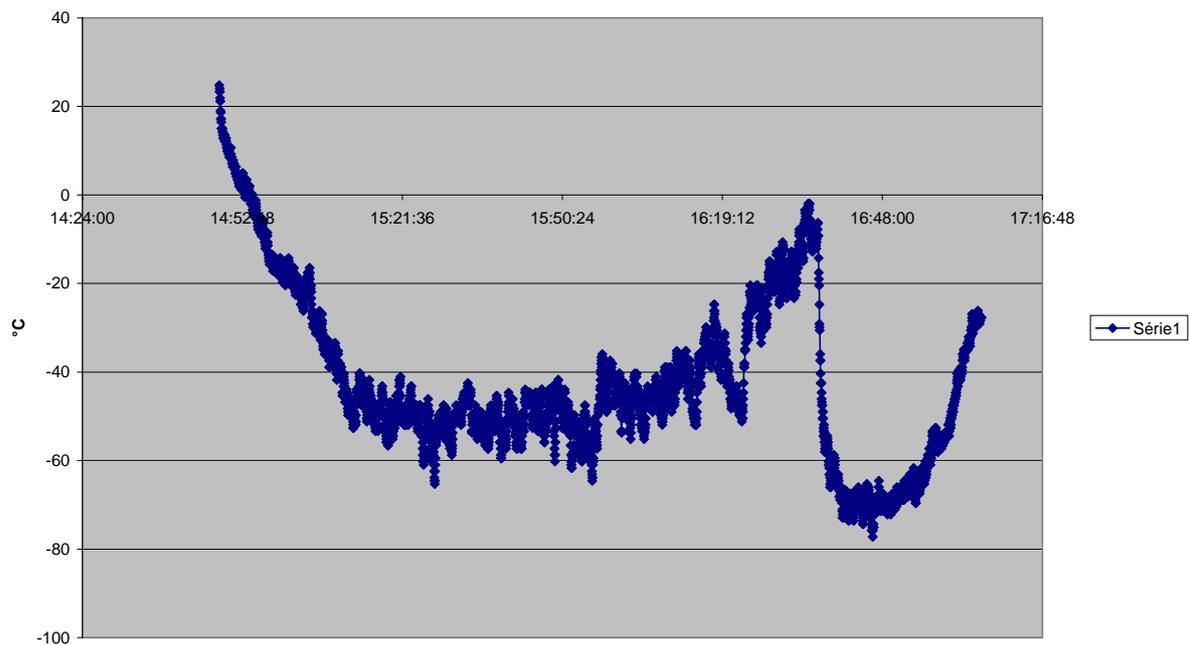
B. Mesures de températures

Courbes obtenues : combinaison des mesures des élèves des 1CRgr1B et 1OPgr1A

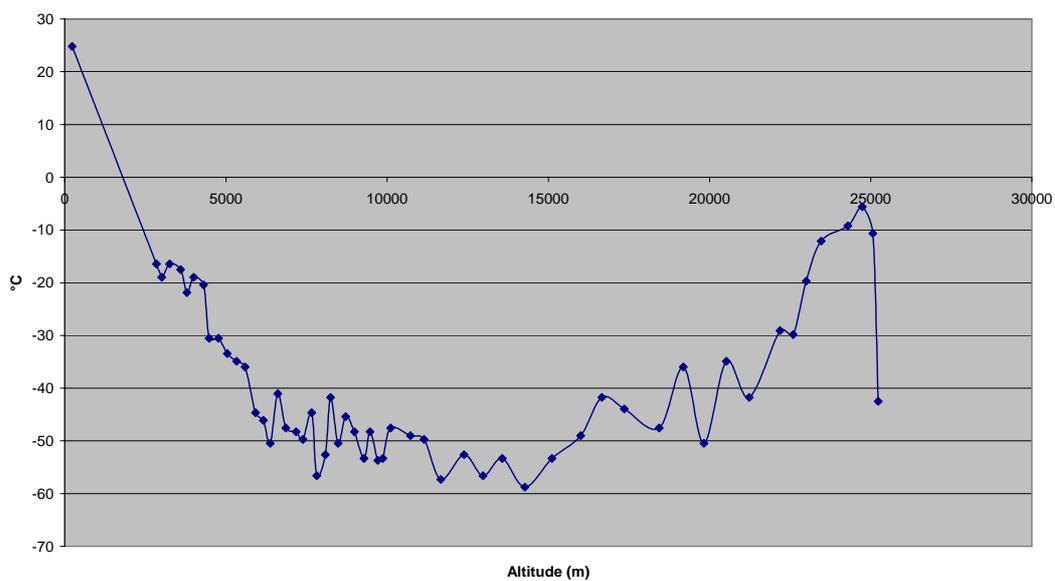


On observe que l'on arrive à la tropopause à partir de 10h30.

COM 2009



COM 2009



La tropopause semble se situer entre 12000 et 14000m

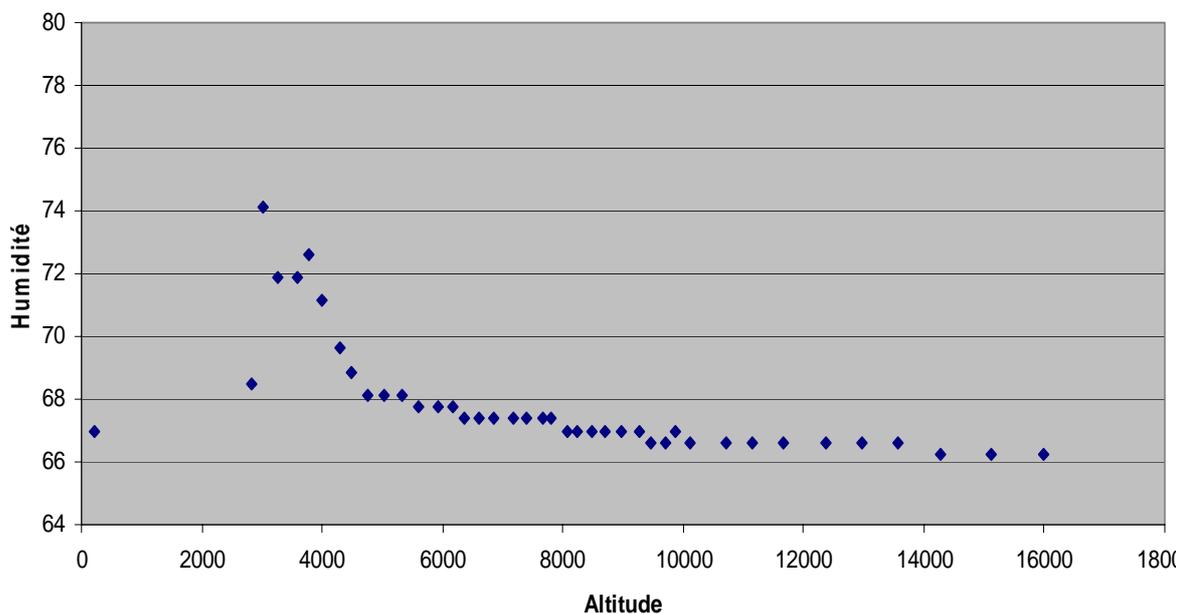
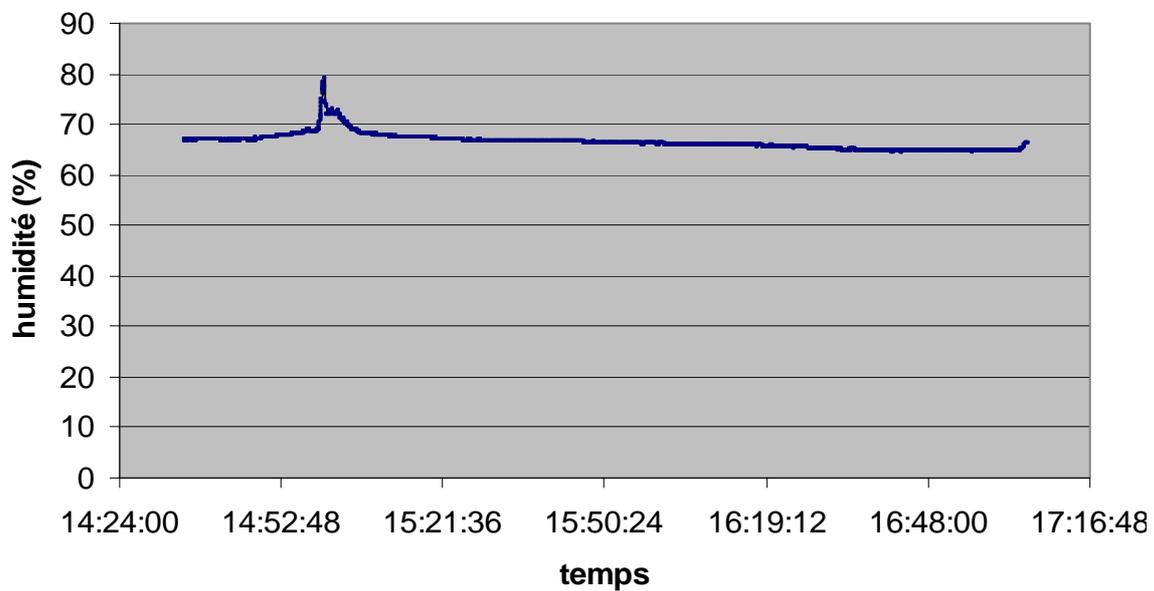
Propositions d'amélioration :

- Éviter les contacts avec les zones où les ondes parasites sont les plus fortes.
- Il faut que la température reste constante tout au long de l'expérience.

C. Mesures d'humidité

Un seul des 2 capteurs embarqués à bord du ballon C.O.M. 2009 a réellement pu faire une mesure d'humidité, le capteur du groupe 1CRgr2A ayant connu une défaillance que les élèves tentent d'expliquer de la façon suivante :

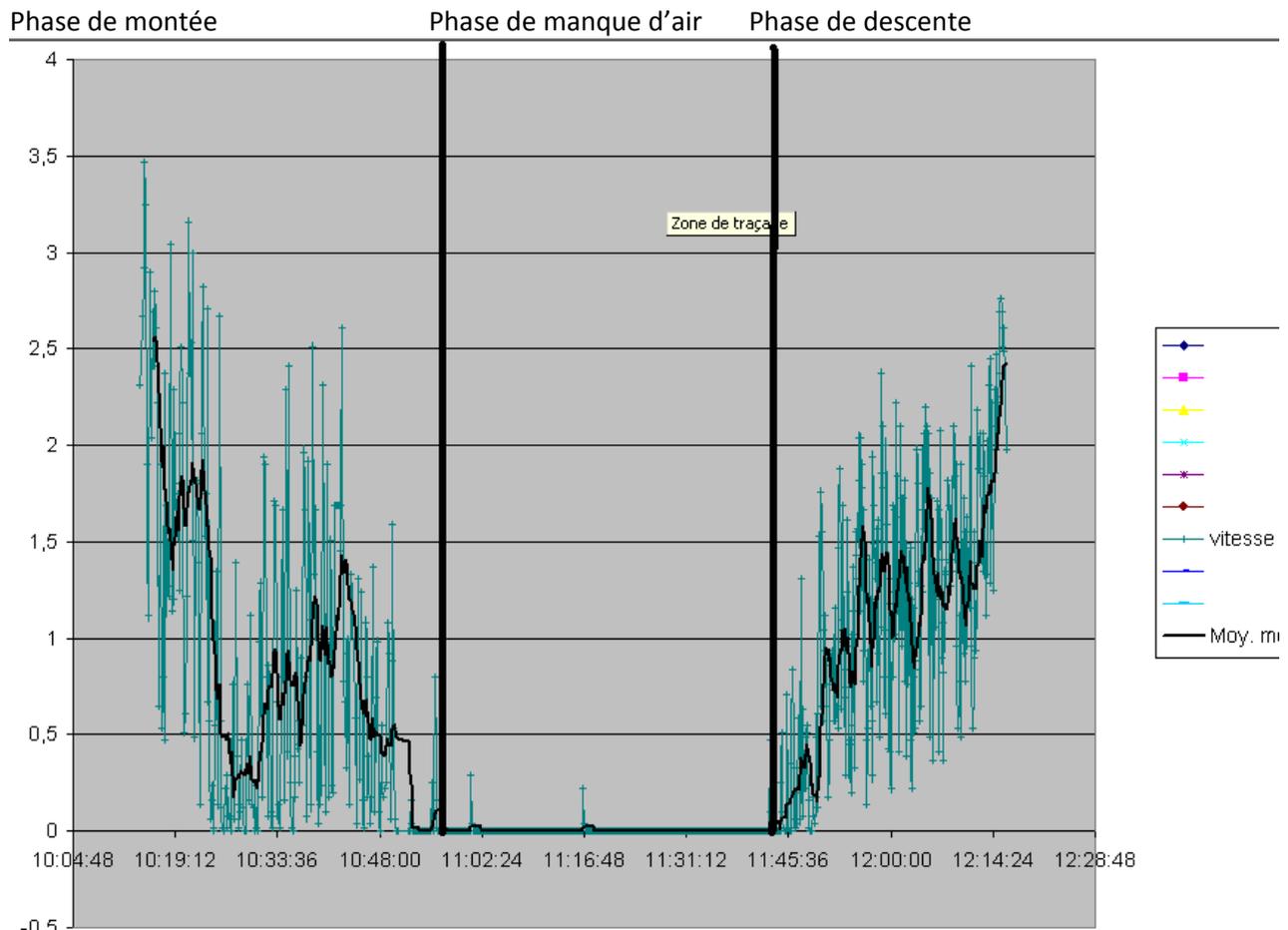
- Nous avons prévu d'utiliser un capteur d'humidité, mais au moment de lâcher le ballon notre capteur s'est très probablement cassé ce qui a faussé nos mesures et donc notre courbe du pourcentage de l'humidité dans l'air en fonction de l'altitude et du temps.
- Notre tension de sortie est resté bloquée à une valeur de 1,67V.
- Nous pensons que pendant que le capteur était en bon état il a pu commencer sa mesure et quand il a cassé il a continué à prendre la même mesure, et nous ne savons pas expliquer pourquoi, malgré son état, il a pu continuer à envoyer cette mesure au Kiwi.



L'exploitation des mesures du groupe IOPgr2A permet de localiser une masse nuageuse entre 2500 et 4500m : Grâce à l'appareil photo du groupe 2B qui prenait des photos du vol, nous avons pu confirmer nos mesures, en effet, on voit sur ces photos que la nacelle passe bien dans un nuage au moment où l'humidité augmente

D. Mesure de vitesse ascensionnelle

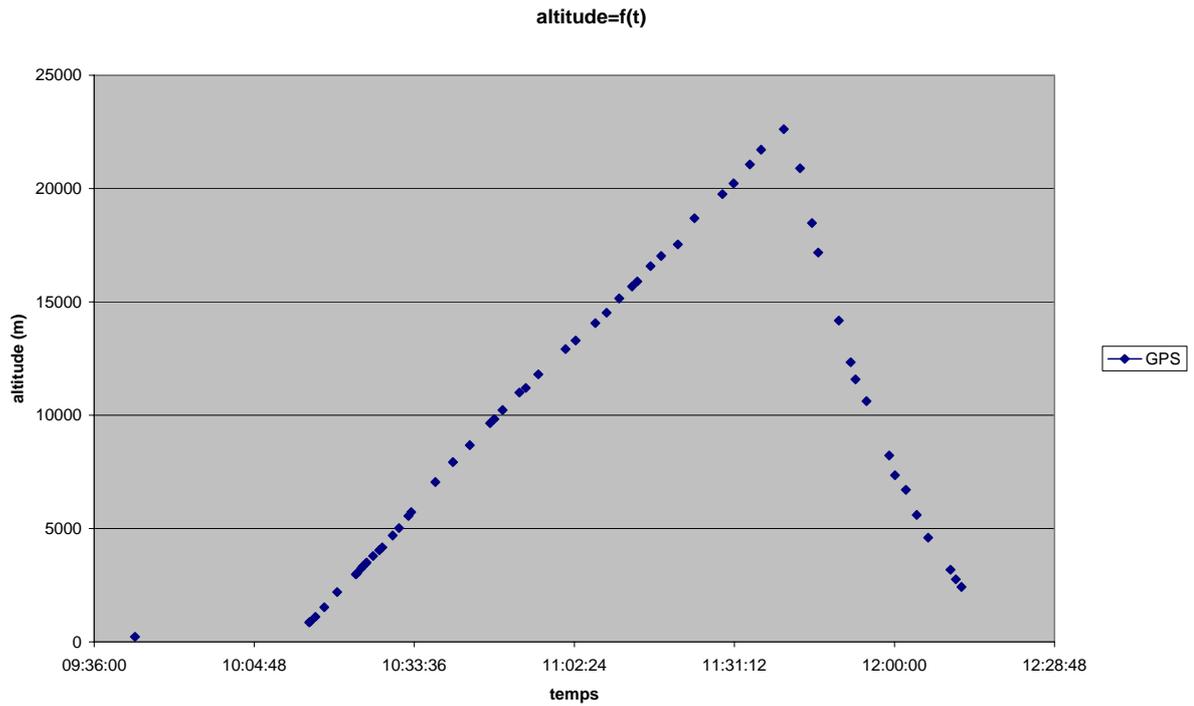
La courbe brute (en V) est donnée ci-dessous :



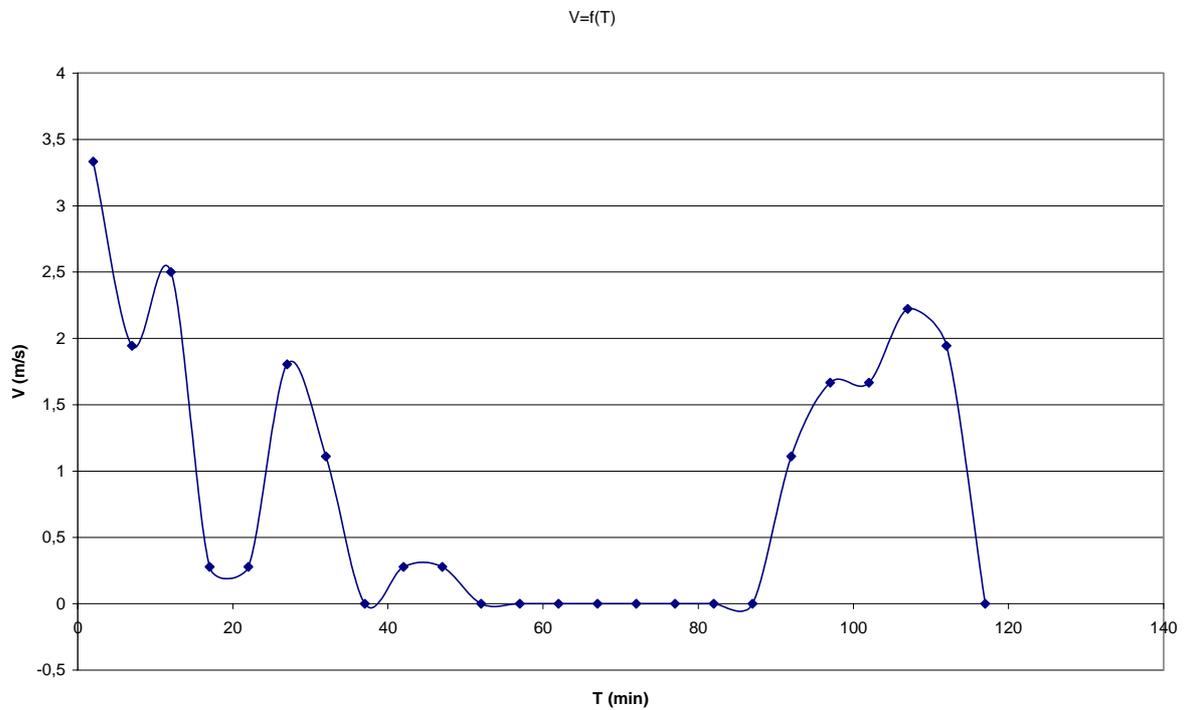
Nous pouvons constater qu'au fur et à mesure qu'augmente le temps la vitesse diminue. Au fur et à mesure qu'augmente l'altitude, la vitesse augmente puis diminue.

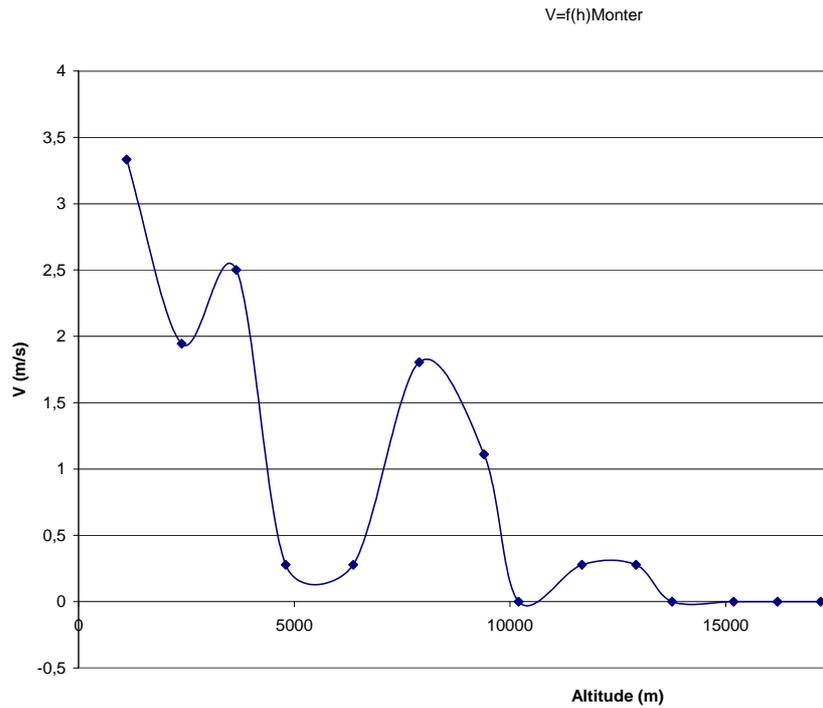
Or, nous disposons des données GPS embarqué à bord de SkyScan (voir page suivante) : Nous avons pu en déduire l'allure de l'altitude en fonction de temps (voir page suivante). On voit bien que la vitesse de montée est quasi constante ($4,26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Explication : Suite au manque d'air arrivé à une certaine altitude, nos coupelles n'étaient plus entraînées et ne permettant plus de produire d'impulsions.

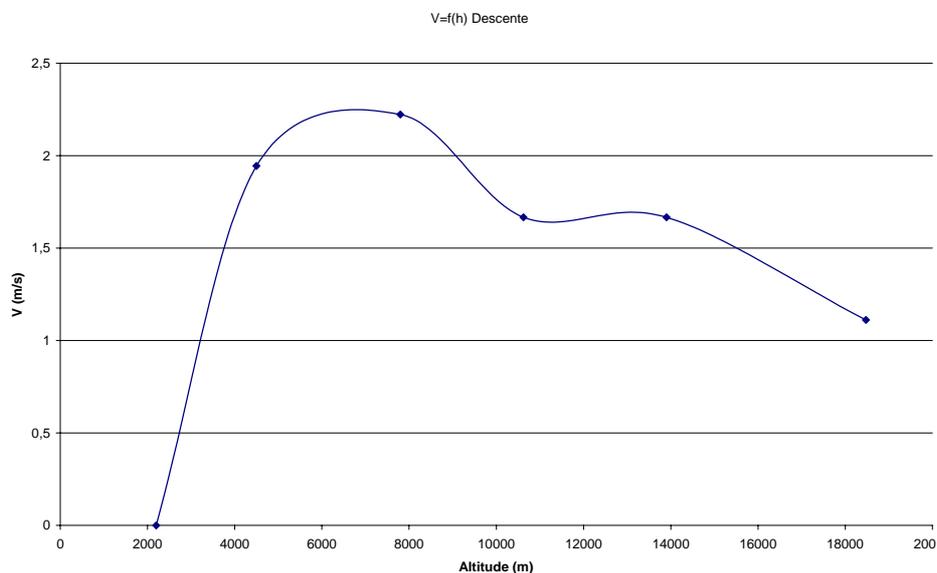


Etant donné que la courbe d'étalonnage n'est pas linéaire, il est difficile de produire un graphique mis à l'échelle en grandeurs physiques autrement qu'à la main. C'est ce qu'on fait les élèves pour arriver aux courbes suivantes :





Nous pouvons conclure, malgré des mesures de vitesse ascensionnelles imprécises sur l'utilité de l'anémomètre et ses limites. *Ces mesures* ont pu nous permettre de déterminer à quelle altitude le manque d'air est trop important *pour entraîner l'anémomètre*. C'est à dire pour une altitude de 8200 mètre, dans la troposphère.



Propositions d'amélioration : *Les phénomènes suivants sont susceptibles d'avoir perturbé notre mesure* :

- Oscillations du ballon
- Vent latéral
- Masse d'air chaud ou masse d'air froid traversée par le ballon.

E. Mesure de luminosité par panneaux photovoltaïques

Le montage prévu pour effectuer la mesure de luminosité n'a pas fonctionné. Les élèves suspectent un problème de connectique :

Nous n'avons pas de mesure car notre montage ne pas fonctionné correctement, à cause d'un fil oxydé. Lors des premiers tests le fil ne devait pas encore être oxydé (ou le serrage des borniers était suffisant pour que cette oxydation n'ait que peu d'influence sur la mesure), les résultats étaient convenables nous avons donc conclu que notre montage fonctionnait. Après remplacement de ce fil nous avons constaté que tout fonctionnait correctement, mais malheureusement ce fut après le lancement du ballon que nous avons remplacé ce fil.

F. Identification des nuages

A l'aide des photos prises par l'appareil réalisant des prises de vues latéralement à bord du ballon C.O.M. 2009, les élèves se sont essayés à identifier certains des nuages rencontrés.

- Nous pouvons observer, sur la photo, deux sortes de nuages :
- -en haut, on observe un cumulonimbus.
- -en bas, on observe un cumulus humilis. Ce genre de nuages correspond à températures fraîches et c'est des nuages annonciateurs de orages.



Ici nous pouvons observer un cumulus humilis qui est chargé de gouttelettes d'eau sans précipitation. Ces nuages se situent en basse altitude avec une température fraîche

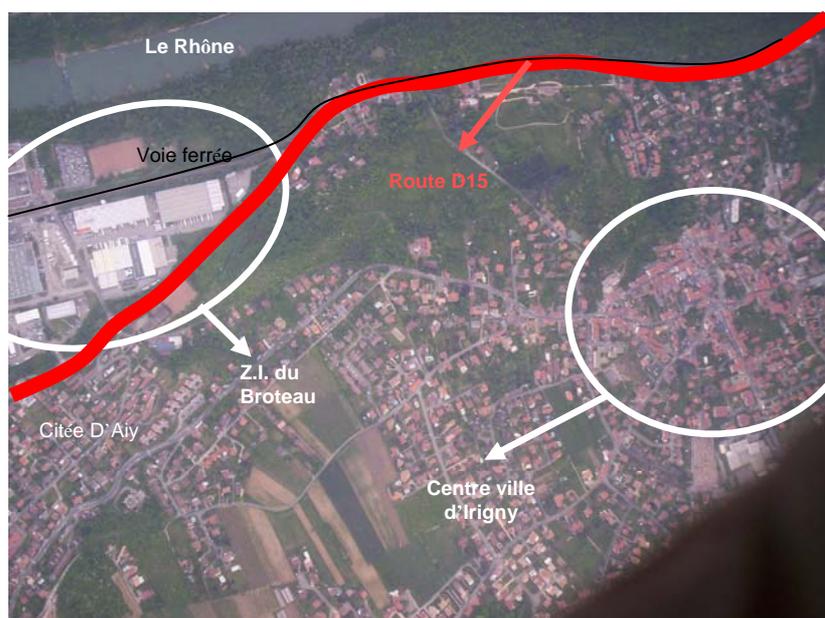
On peut également observer sur cette photo un nimbostratus qui correspond à une couche nuageuse grise et sombre. Cette couche nuageuse nous voile le soleil. Cette couche nuageuse est située à 5 000 mètres avec de basses températures.

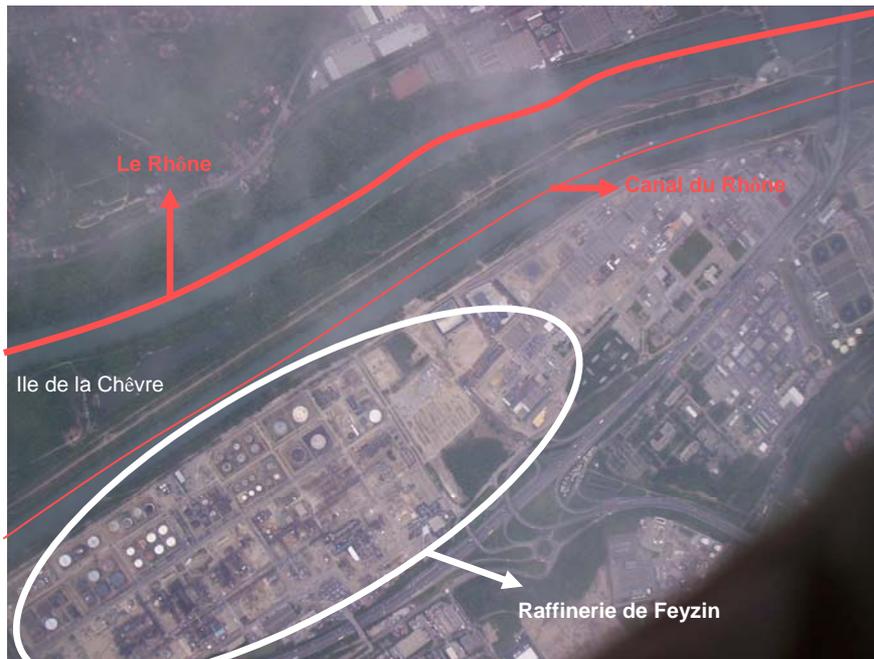
G. Décryptage de paysages et de zones urbaines

L'envol du ballon a été la première réussite du projet, et le temps était propice au bon fonctionnement des expériences : pas de pluie, peu de vent, et des nuages qui étaient utiles pour d'autres essais.

Notre appareil photos, qui était dirigé vers le sol, a bien fonctionné pendant le début de l'ascension, mais un problème qui s'est déclenché peu après n'a pas permis de poursuivre l'expérience sur la totalité du vol.

Les photos obtenues étaient très réussies et de bonne qualité (netteté, bonne luminosité ...). On peut noter cependant un mauvais cadrage sur toutes les photos. Celui-ci est probablement dû au mauvais positionnement de l'appareil sur l'orifice prévu à cet effet au fond de la nacelle. Il est également possible que celui-ci ait été mal dimensionné.





Sur les dernières photos prises, la visibilité était très réduite du fait de la présence de nombreux nuages (ci-dessus la dernière photo permettant une visibilité correcte du sol). A l'aide du minutage programmé au niveau du déclencheur et du nombre de photos prises depuis le décollage, on peut estimer l'altitude de début et de fin de la couche nuageuse :

- Début à **2 500m**
- fin à **4 200m**

Problème posé par la faible autonomie des appareils photo :

Le principal problème rencontré a été l'arrêt soudain de la prise de photos pendant l'ascension du ballon.

Sachant que le déclencheur provoque la prise de photos toutes les 8 secondes, et que 173 photos ont été réalisées, cet arrêt est survenu après 23 minutes de vol.

De plus, d'après les données issues du traçage GPS et suite à la consultation de Google Earth®, nous pouvons en déduire que le ballon se situait aux environs de Chaponnay au moment de la panne.

Au moment de la panne le ballon allait à 85 km/h et se situait à 6000 m d'altitude

Effectivement, sur les dernières photos prises avant de pénétrer dans les nuages, nous pouvions voir des vues du port Edouard Herriot, le long du Rhône.

Hypothèses sur l'origine du problème

Cet arrêt de prise de photos a pu avoir plusieurs origines :

- la panne pouvait être provoquée par un dysfonctionnement de l'appareil. Mais à son retour, nous avons constaté qu'il était en parfait état de marche.

- nous avons alors pensé que l'arrêt avait été causé par une éventuelle panne du déclencheur automatique.

Cette hypothèse a été rejetée car le déclencheur était commun aux deux appareils photos présents sur la nacelle, et ceux-ci ne se sont pas arrêtés en même temps.

- nous avons aussi pensé que les piles s'étaient vidées prématurément mais après les avoir testées, nous avons constaté qu'elles étaient encore pleines.

- enfin nous avons supposé que la tension des piles variait avec la température et celle-ci diminue significativement avec l'altitude. Mais cette hypothèse, la plus plausible est

difficilement vérifiable. C'est néanmoins celle que nous avons retenue et sur laquelle nous avons émis des pistes d'amélioration ultérieure.

Résolutions possibles

Selon l'hypothèse retenue, « variation de la tension des piles en fonction de la température », les piles ont cessé de fonctionner à partir du moment où, du fait de l'altitude atteinte, la température n'était plus suffisante.

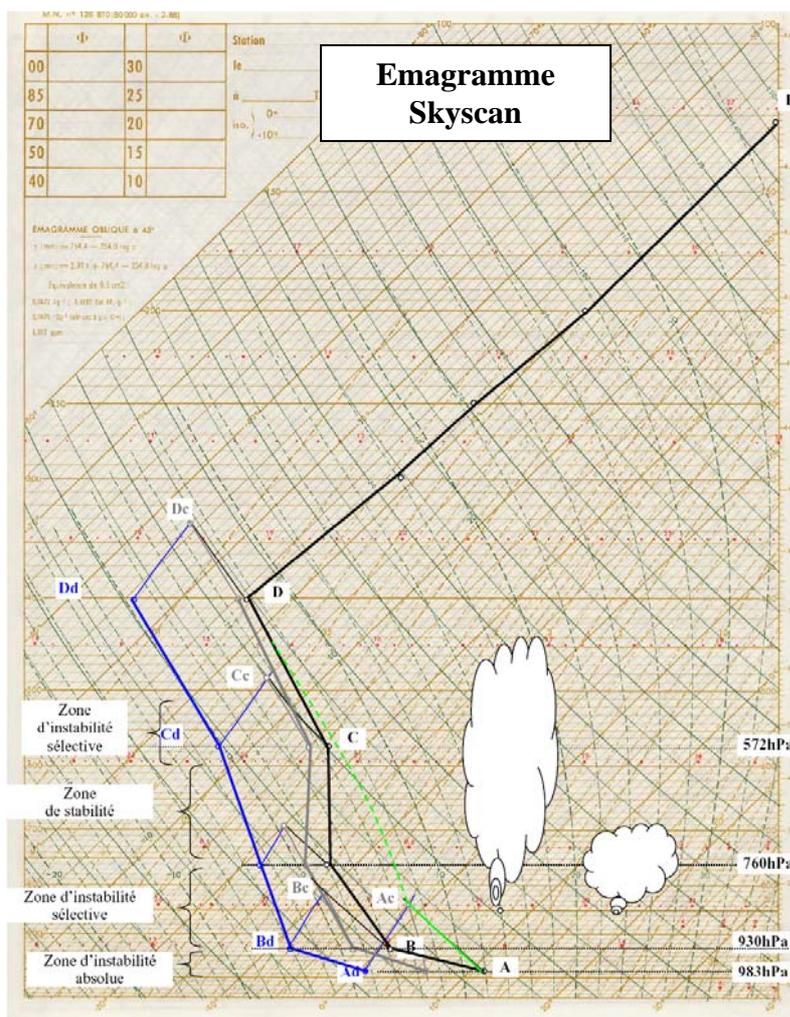
Nous l'avons constaté par le fait que le kiwi nous envoyait sa tension d'alimentation et nous avons remarqué qu'elle baissait sensiblement (de 9V à 7 ou 8V).

Nous savions que cet appareil était équipé d'un régulateur de tension qui lui a permis de recevoir une tension constante (de 5V) malgré les variations de température, et ainsi de ne pas tomber en panne en cours de vol.

Si un autre ballon est lancé dans les années futures, pour vérifier l'hypothèse exposée, nous conseillons d'équiper d'un régulateur les appareils photos ou éléments ayant besoin d'une tension fixe et stable.

H. Emagrammes

Au cours d'une séance de TD de physique (voir énoncé en [annexe 5](#)), les élèves ont été amenés à construire un émagramme leur permettant d'analyser la structure de l'atmosphère sur la base des données de température, de pression et d'humidité enregistrées durant le vol.



De l'émagramme du ballon Skyscan donné ci-contre, on peut déduire :

- La base des nuages 850hPa (10 :19 :42) soit environ 900 m d'après les données GPS.
- Sommet des nuages 450 hPa soit (10 :30) soit 6000 m environ d'après le GPS.

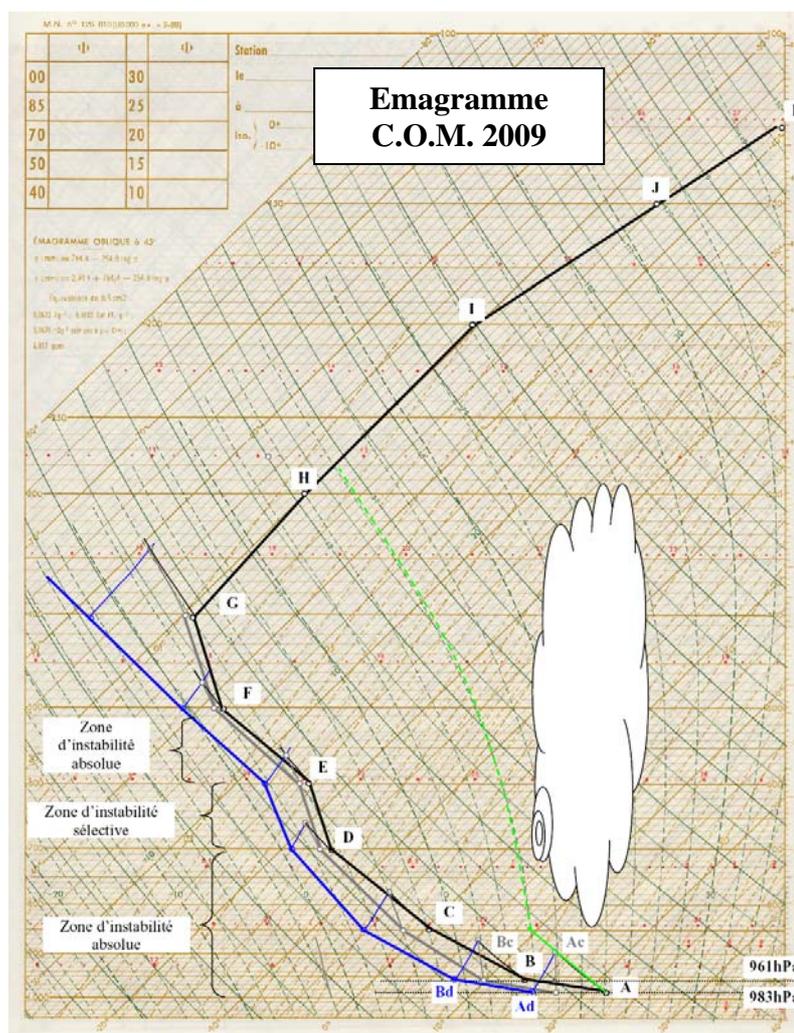
La présence d'une zone de stabilité entre 760 et 572 hPa, explique sans doute que les nuages ne grimpent pas jusqu'à 7000m, mais s'arrêtent vers 700 hPa (2500m).

De l'émagramme du ballon Skyscan donné ci-contre, on peut déduire :

- Base des nuages :
850hPa : 14h53 : Soit aux alentours de 1500m d'après les données GPS.
- Zone d'instabilité sélective entre 700 et 600hPa.
- Sommet des nuages :
300hPa : environ 10 000m, soit la limite de la tropopause.

En tout état de cause, ce type de temps devrait donner naissance à de gros cumulonimbus, ce qui n'est pas le cas d'après les photos prises par la nacelle.

L'humidité mesurée par le ballon (67% au sol) est sans doute excessive.



Ces résultats peuvent être comparés avec l'émagramme réalisé par MétéoFrance (Radiosondage du 29 avril à 10h UTC). Voir l'annexe 6 pour cet émagramme.

I. Conclusion technique

Avec seulement 3 montages sur 12 qui n'ont pas du tout fonctionné le jour du lancer, ce projet peut être qualifié de satisfaisant du point de vue technique. L'objectif principal, qui consistait à construire un émagramme pour les 2 ballons, et donc imposait de disposer de mesures de température, de pression et d'humidité valides dans chaque ballon a été atteint. La mesure la plus difficile à obtenir est sans conteste la mesure d'humidité. Les valeurs obtenues sont d'ailleurs critiquables, puisque très différentes d'un ballon à l'autre.

Sur plusieurs courbes, l'étalonnage laisse à désirer, et la grandeur réelle a dû être reconstituée soit en refaisant l'étalonnage a posteriori, soit en comparant les mesures obtenues avec celles obtenues par un autre groupe effectuant la même mesure dans le même ballon lorsque cela était possible. Si ce projet devait être renouvelé, une mesure de tous les paramètres de pression, de température et d'humidité au sol au moment du lâcher paraîtrait indispensable afin de pouvoir éventuellement détecter et corriger correctement des erreurs d'étalonnage. L'utilisation d'une station météorologique autonome précise, pour les phases d'étalonnage et pour le lâcher, améliorerait la précision des résultats obtenus.

Une des grandes inconnues de ce projet concernait l'utilisation d'amplificateurs d'instrumentation dans un environnement très perturbé. Les amplificateurs d'instrumentation utilisés sont adaptés à l'utilisation en ballon sonde, et ne souffrent en rien de la présence du Kiwi. Ce qui pose très clairement un problème en terme de perturbations, c'est lorsque le capteur (de température par exemple) ne peut être implanté à proximité immédiate de l'amplificateur. C'est ce qui explique que les mesures de pression soient exemptes de perturbations alors que les mesures de températures sont très perturbées, bien qu'elles utilisaient dans ce projet la même structure en pont et les mêmes amplificateurs.

VII. Conclusion pédagogique

Le parti pris de ce projet était, tout du moins en ce qui concerne les élèves de 1ère STL, de faire réaliser aux élèves l'intégralité d'une chaîne de mesure, de l'élément sensible du capteur jusqu'à l'exploitation des données du vol sur tableur informatique. Seul le transport de l'information numérique du Kiwi au sol n'a été abordé que très succinctement et uniquement de manière théorique, du fait de la présence d'une modulation, mécanisme trop complexe pour être abordé en première. Cette contrainte s'est traduite par un travail accru, pour les élèves et pour les professeurs. Elle a également eu un impact sur la gestion des programmes scolaires puisque la cinquantaine d'heures nécessaire à l'élaboration du projet a dû être prise sur les cours et les TP. S'il y avait quelque chose à alléger dans ce projet, ce serait indéniablement la réalisation des circuits imprimés, qui est dévoreuse de temps et qui monopolise beaucoup d'énergie.

Pourtant, c'est dans cette partie que les élèves se sont le plus investis, et le plus naturellement. Le fait que le montage qu'ils avaient réalisé à partir de composants simples puisse produire un signal de mesure leur a, semble-t-il, procuré une grande satisfaction. La déception manifestée par les groupes dont les expériences ont mal fonctionné en vol indique aussi clairement qu'ils s'étaient investis dans cette phase de réalisation.

Au contraire, la phase d'exploitation des résultats et toutes les phases rédactionnelles en général sont faites à contre-cœur par les élèves de STL. Les élèves rechignent à aller comprendre si leur courbe de mesure présente des erreurs et pourquoi. Cette démarche est pour eux inhabituelle, car hormis les quelques TPs de métrologie qu'ils effectuent en Contrôle et Régulation, les élèves ont tendance à croire que les TPs doivent permettre de retrouver LA courbe issue de la formule du cours. Peut être aurait-on pu effectuer la phase d'exploitation "à chaud", et bloquer une journée complète pour effectuer le traitement des données dès le retour des nacelles. Pour cette année, 2 heures avaient été prévues pour l'exploitation des données, la rédaction du rapport devant se faire à la maison. Ce temps est certainement trop court, et peu d'élèves avaient eu réellement la possibilité de traiter les données de l'expérience, et de disposer de leur courbe en unité physique en fonction du temps ou de l'altitude. La réalisation de ces courbes à la maison posait problème, soit parce qu'ils n'avaient pas à disposition leur courbe d'étalonnage ou leurs mesures, soit parce qu'ils n'avaient pas l'habitude de traiter une telle quantité de données sous un tableur informatique.

La plupart des élèves de STL ne deviendront probablement pas des scientifiques au sens où on l'entend habituellement, et pourtant la science occupera une partie importante de leur vie professionnelle s'ils continuent dans cette filière. Ce type de projet permet aux élèves d'aborder des problèmes scientifiques sans le "cocon" qui peut masquer des difficultés concrètes dans les activités scolaires classiques. En TP, la plupart des dispositifs expérimentaux sont conçus pour que les élèves ne voient pas ces difficultés, afin qu'ils puissent se concentrer sur les contenus théoriques qui sont à démontrer ou à vérifier au cours de la séance. Durant cette phase de projet, nous avons pu constater toutes les difficultés que les élèves avaient à se libérer de ces facilités et ces réflexes acquis lors des séances de travaux pratiques, où 95 fois sur 100 une courbe doit être approximée comme une droite et où les erreurs seront forcément négligées pour retrouver la loi à redémontrer. Le choix du lieu d'implantation d'un capteur, son type de protection ou d'enveloppe, la justesse des appareils pris comme référence, les dérives en température... sont des phénomènes auxquels les élèves ne sont que rarement confrontés mais qui sont inévitables lorsque l'on désire mener des projets de mesure comme celui que nous avons entrepris. Cela oblige les élèves à être plus attentifs à des sources de perturbations inconnues, à trouver des moyens d'évaluer leur impact sur les mesures et finalement sollicite chez eux un certain sens de l'observation. C'est ce type de confrontation à la réalité qui, nous en sommes convaincus, rend nécessaire l'intégration de tels projets dans le cursus d'élèves de STL.

VIII. Remerciements

L'ensemble des professeurs impliqués dans ce projet et tous les élèves de première STL tiennent à remercier M. Bruno Gaudin, qui a assuré pour l'association Planète Sciences le suivi de ce projet et nous a prodigué de précieux conseils tout au long de son élaboration. Merci également aux autres personnes de son club radioamateur pour le suivi GPS du ballon qu'ils ont assuré bénévolement le jour du lancer.

Merci à Sébastien Chlasta, aérotechnicien et (ex)directeur de Planète Sciences Rhône Alpes qui nous a formé aux rudiments de ce type de projet et a dirigé les opérations de lancer du ballon.

Un grand merci à Bruno Duchon-Doris, délégué départemental de Météo-France, qui a su nous faire partager la passion qu'il a de son métier et a pris de son temps et de son énergie pour nous expliquer les bases de sa science. C'est lui qui a permis de définir la finalité de ce projet. Merci aussi à Catherine Chancel, chef du centre météorologique aéronautique de Lyon Saint Exupéry, qui nous avait si bien accueilli lors de la visite de son centre en octobre dernier.

Merci à Alain Jeanneau, du CCSTI du Rhône, qui nous a aidé à monter ce projet.

Merci aussi à Robert Prost, directeur de l'agence Endress+Hauser de Bron, et à Denis Eudeline, directeur de Four Solaire Développement, pour nous avoir fait confiance dans cette entreprise.

Merci enfin à Cédric Belmont, du lycée René Descartes, sans qui aucun projet ne serait possible, et à l'équipe de direction du lycée qui nous a soutenue dans cette entreprise.

IX. Annexes

A. Annexe 1 : Contrat d'objectif

Contrat d'objectif type rempli par chaque groupe de première STL

Opération Un Ballon Pour l'Ecole

saison 2008/2009

Contrat D'objectifs

Entre :

Le Centre National d'Etudes Spatiales,
Représenté par l'association Planète Sciences

et

Les membres participants de la classe de :

Du lycée :

Adresse :

Nous désirons bénéficier des conseils ainsi que de l'appui technique et financier de Planète Sciences et du CNES afin de réaliser à bord d'un ballon stratosphérique l'expérience suivante :

.....
.....
.....

Cette expérience est nécessaire pour les raisons suivantes :

.....
.....
.....

Les résultats attendus de l'expérience sont les suivants :

.....
.....
.....

Chaque membre participant s'engage en retour à s'investir lors des séances de projet à la conception et à la réalisation de cette expérience, et à fournir les documents écrits qui valident l'accomplissement de chacune des phases du projet.

Chaque membre participant s'engage à vérifier la conformité de l'expérience menée avec le "cahier des charges v8.1" fourni par Planète Sciences.

Pour Planète Sciences et le CNES

Pour le lycée :

Le Directeur de Planète Sciences Rhône Alpes

Les membres participants (Nom, prénom et signature) :

Le coordonnateur de l'expérience :

.....

Le responsable métrologie :

.....

Le responsable conformité au cahier des charges :

.....

Le rédacteur :

.....

Cachet et signature

, le

, le

B. Annexe 2 : Répartition des élèves de premières par expérience et par ballon

La réunion de coordination du mardi 3 mars entre les différents coordonnateurs de projets a permis de définir la répartition suivante des expériences.

Ballon "SkyScan"

Groupes	Expérience / Membres du groupe	N° voie Kiwi
2 ^{nde} 1 groupe 1B	Mesure de Température (thermocouple)	1
2 ^{nde} 1 groupe 2D	Mesure d'Humidité	2
2 ^{nde} 1 groupe 1A	Mesure de pression	3
1CR groupe 2B Salle C408	Mesure de température ARACIL Guillaume ARFAOUI Rami BUFFENOIR Valentin CASSAGNAU Sylvain	4
1CR groupe 2C Salle C408	Mesure de pression ADJILI Fayçal LADREYT Florian VALVERDE Nicolas VANHAUWE Baptiste	5
1CR groupe 1C Salle C408	Mesure de pression MOUTON Florian PEDRENO Julien PEYRARD Quentin	6
1CR groupe 1D Salle C408	Vitesse ascensionnelle FAURE Augustin PICHON Rémi RIBOULLARD Albin	7
1OP groupe 2C Salle C408	Puissance lumineuse BROSSARD Julie EUDELIN Louis PORZIO Loic YIP Valerie	8
2 ^{nde} 1 groupe 1C	Photographie	
2 ^{nde} 1 groupe 1D	Energie	

Ballon "C.O.M. 2009"

Groupes	Expérience / Membres du groupe	N° voie Kiwi
2 ^{nde} 1 groupe 2A	Mesure d'accélération Laura	1
2 ^{nde} 1 groupe 2C	Mesure de pression Romain	2
2 ^{nde} 1 groupe 2B	Mesure de température (PT100) Kévin	3
1OP groupe 2A	Mesure d'humidité PHAM Adrien SADOUDI Diana TRANCHAND Perrine	4
1CR groupe 1B	Mesure de température BERUZON Maxence BONNIER Antoine CHABROUD Yohan COUTEAUX Benoit	5
1OP groupe 1A	Mesure de température DEL MONACO Cyril DRIOLI Florian FIGUET Anthony PERROUX Stephen	6
1CR groupe 1A	Mesure de pression BADARD Charlène BOYADJIAN Lucas CHARRAT Pierre DUBIEN Loïc	7
1CR groupe 2A	Mesure d'humidité DURAND Cyril GARRAUD Kévin REBAUD David RODIER Evan	8
1OP groupe 2B	Photographie infrarouge DUPRE LA TOUR Emilie LAURENT Nicolas MILLIAT Elodie	
1OP groupe 1B	Photographie et nébulosité AZOULAY Nathanaël DE LAISSARDIERE Hadrien JACQUOT Jennifer LIGNIER Ariane	

C. Annexe 3 : Article paru dans Le Progrès du 5 Mai 2009

Expérience réussie pour les météorologistes du lycée Descartes

Deux classes de la filière « mesures physiques » du lycée **René Descartes** sont passées de la théorie à la pratique en lâchant deux ballons sondes stratosphériques.

Soixante-seize élèves de seconde et première **STL** (Sciences et techniques de laboratoire) options « mesures physiques » et « contrôle et régulation », viennent de réaliser une expérience peu banale sous le contrôle de **Sylvain Lichtenberger**, chef de travaux au lycée **René Descartes**, et de leurs professeurs, en lâchant deux ballons sondes stratosphériques, dont chaque nacelle était équipée de divers instruments de mesure : pression, température, taux d'humidité, appareil photo à déclencheur automatique, GPS...

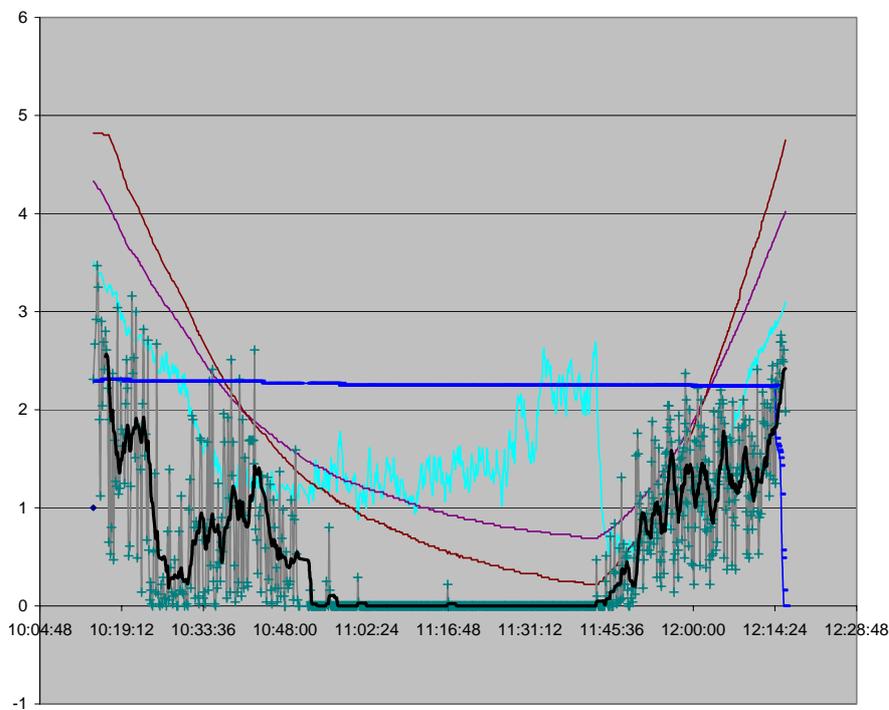
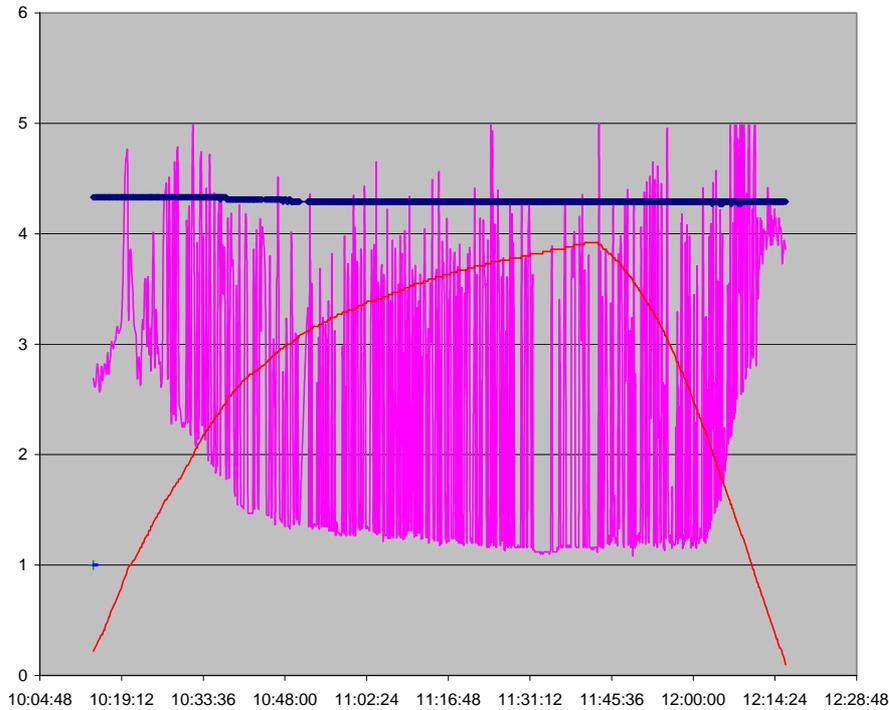


Autant dire que le jour J, il régnait une certaine effervescence et la tension était à son comble tant au PC que sur l'aire d'envol. Mais tout s'est parfaitement bien passé et les deux ballons ont été rapidement repérés. Le premier, **SkyScan**, a parcouru 80 km en ligne droite pour une altitude de 20,4 km et a été récupéré à proximité de **Saint-Laurent-du-Pont** (Isère). La récupération du second, **COM-2009**, a été plus problématique puisqu'il a été localisé à 2 500 m d'altitude, au sommet de la Tête Vallon, au-dessus de Besse et à proximité des **Deux-Alpes**, dans l'Oisans, soit un parcours de 135 km pour une altitude de 24 km.

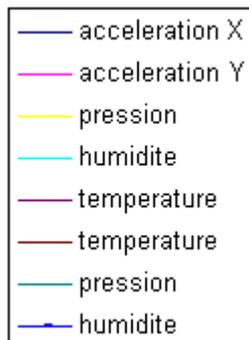
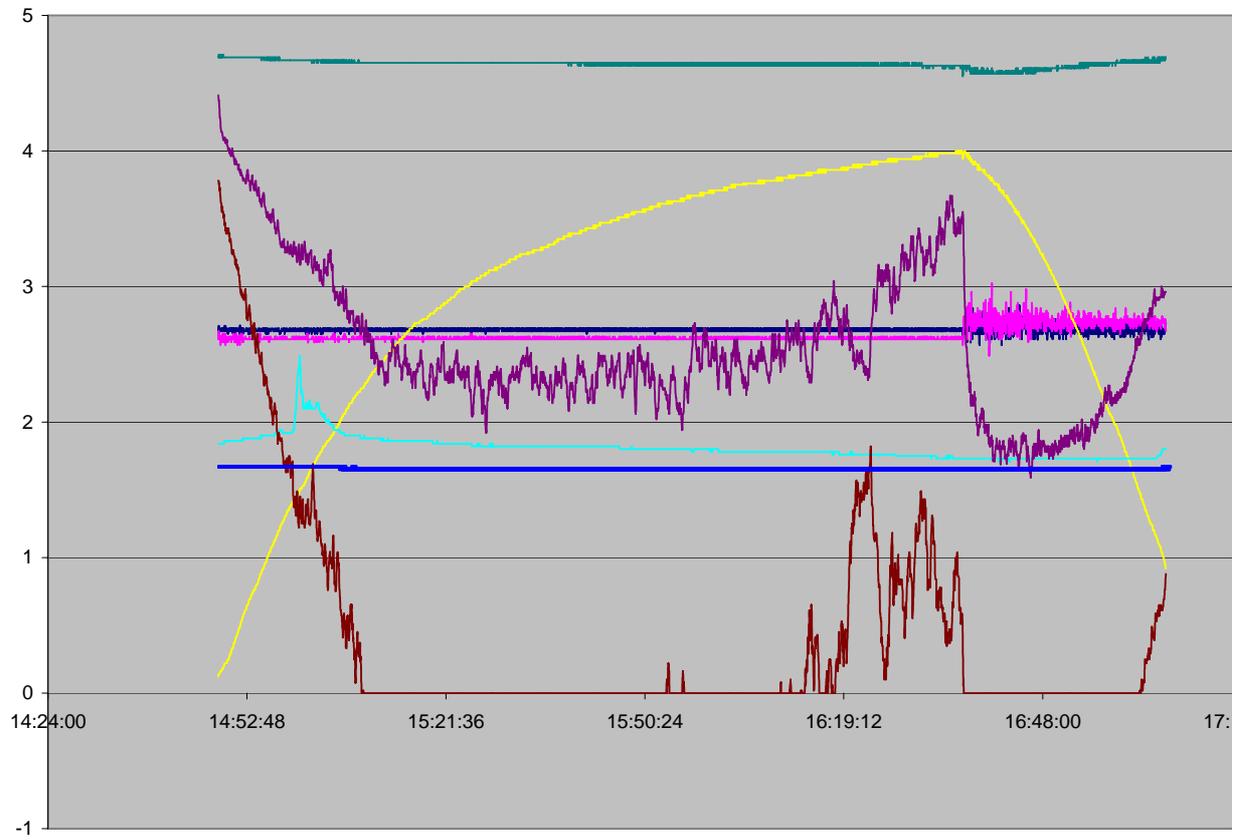
« A partir des données enregistrées, les élèves vont pouvoir se livrer à des analyses et étudier la stabilité de l'atmosphère et les comparer à celles de Météo-France. D'ailleurs, nous avons bénéficié de la collaboration de **Bruno Duchon-Doris**, délégué départemental de **Météo France**, et les élèves avaient été préalablement sensibilisés aux mécanismes de prévisions météorologiques et à la mise en réseau des données nécessaires à cette prévision », explique **Laurent Roy**, professeur d'automatismes. En effet, la mesure de grandeurs physiques constitue une part importante de l'enseignement de cette filière. Et afin de permettre aux élèves de restituer leurs connaissances dans des matières comme l'instrumentation, la physique et l'électricité, l'équipe pédagogique a choisi de participer pour cette année scolaire au projet « Un ballon pour l'école », organisé par le **CNES** (Centre national d'études spatiales) et l'association Planète sciences. « Il faut également dire que les dispositifs de mesure ont été réalisés par les élèves, soit en effectuant eux-mêmes des montages électroniques, soit en intégrant des capteurs fournis par des industriels comme Endress+Hauser ou Four Solair Développement », souligne **Sylvain Lichtenberger**. Enfin, rappelons que le lycée **René-Descartes**, dirigé par **Jean-Paul Beau**, comptait en 2008 parmi les meilleurs taux de réussite au bac avec un pourcentage de réussite de 92,46 %. Quant à sa filière **STL**, encore méconnue mais débouchant sur des emplois immédiats, elle fait l'objet d'un recrutement académique.

D. Annexe 4 : Courbes brutes issues de l'enregistrement par le logiciel Kicapt (données retransmises au sol par les émetteurs Kiwi)

1. Ballon SkyScan



2. Ballon C.O.M. 2009



E. Annexe 5 : Sujet de TP de reconstruction d'un émagramme

Niv : 1 ^{ère} STL	Projet Ballon Sonde	TD n°12
§Projet	Construction d'un émagramme	Page 1 sur 2

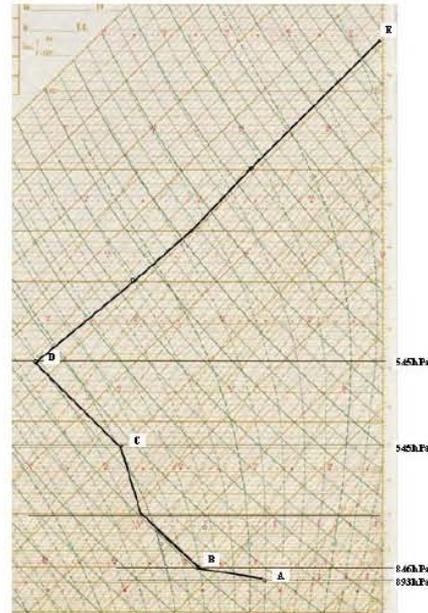
Un émagramme doit vous permettre d'étudier la structure de l'atmosphère au jour et à l'heure du lâcher à partir des données de température, de pression et d'humidité du ballon où vous avez effectué votre expérience. C'est un outil fréquemment utilisé par météoFrance pour exploiter ses radiosondages. Cet exercice n'a qu'une valeur d'initiation et doit permettre d'entrevoir l'utilisation qui peut être faite d'un tel outil.

1 Détermination de la présence de zones d'instabilité :

1.1 Tracer de l'émagramme droit

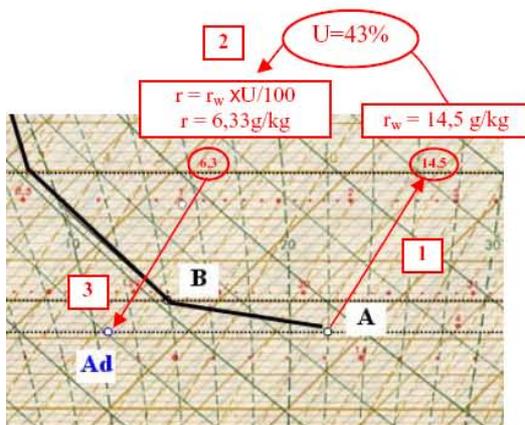
Ouvrir le fichier *nom_de_votre_ballon_émagramme.xls* qui doit se trouver dans le dossier R:/Documents de Ballon/Docs Exploitation.

- Récupérer les courbes pression $p = f(t)$; température $T = f(t)$; humidité $U\% = f(t)$; correspondant à votre ballon.
- Tracer la courbe $p = f(T)$ sur une nouvelle feuille excel. Sur cette courbe, repérer les points caractéristiques : ces points caractéristiques sont :
 - Les points de pressions conventionnelles : ces pressions apparaissent en gras sur l'émagramme ($p = 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100$)
 - Les points marquant de $p = f(T)$: points où l'évolution de la température en fonction de la pression change.



- A l'aide de ces points caractéristiques, tracer $p = f(T)$ sur l'émagramme (papier distribué en début de séance) sous forme d'une série de segments de droite. La courbe ainsi tracée s'appelle "**courbe d'état**" de l'atmosphère.

1.2 Tracer du point de condensation



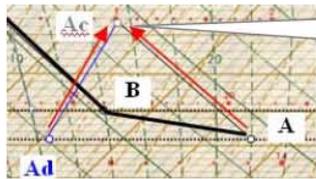
- On appellera **A** le point qui est à la base de la courbe d'état (point de mesure au sol). En **A**, lire la valeur du "rapport de mélange saturant" r_w . Il faut pour cela suivre les lignes en traits pointillés inclinés à 55° (courbes "iso-r")
- Calculer le "rapport de mélange" r de la masse d'air au sol, on sait que l'humidité relative se déduit de la formule :

$$U\% = 100 \cdot \frac{r}{r_w}$$

- Sur la même surface isobare, pointer **Ad** au croisement de la courbe iso-r correspondant à r . Ce point est appelé "point de rosée".

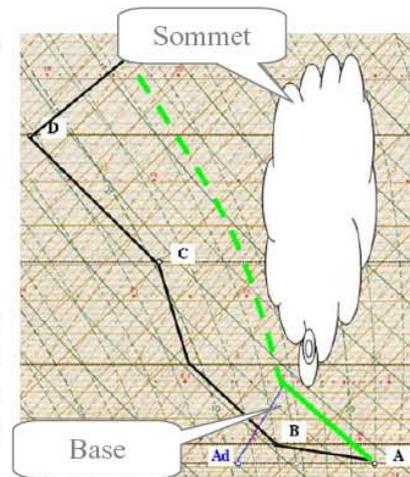
Niv : 1 ^{ère} STL	Projet Ballon Sonde	TD n°12
§Projet	Construction d'un émagramme	Page 2 sur 2

- Le "point de condensation" A_c est à l'intersection de l'iso-r issue de A_d et de l'adiabatique sèche issue de A .



Point de condensation

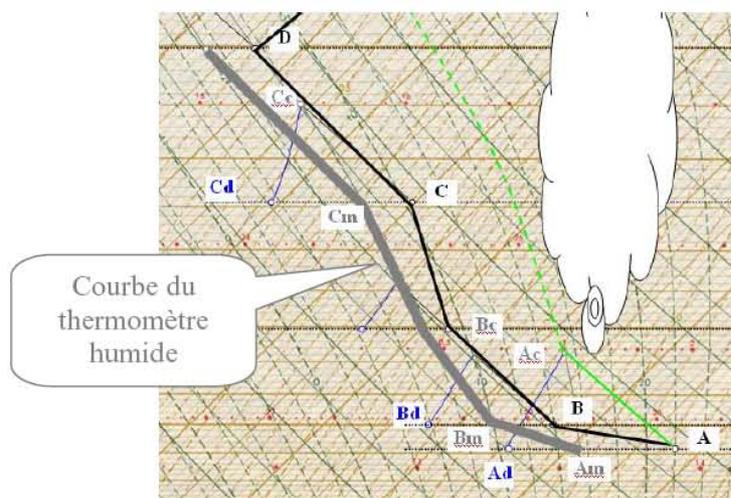
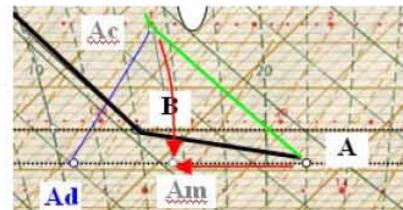
Comparer la position du point de condensation par rapport à la courbe d'état. Si le point de condensation est plus chaud : nuage certain dont la base est le point de condensation A_c et le sommet et donné par l'intersection de l'adiabatique saturée partant de A_c avec la courbe d'état.



2 Détermination de la présence de zones humides :

On peut affiner la construction de l'émagramme, en traçant une deuxième courbe à partir des points de condensation déterminés à différentes pressions.

- Déterminer le point de "température du thermomètre mouillé" A_m , se trouvant à l'intersection de la courbe isobare et l'adiabatique saturée passant par A_c .
- Calculer les points de condensations $B_c, C_c, D_c...$ pour les différentes pressions caractéristiques.
- Déterminer graphiquement les points de température du thermomètre mouillé $B_m, C_m, D_m...$. Ces points forment la "courbe du thermomètre humide". Plus cette courbe est proche de la courbe d'état, plus l'air est humide, si les deux courbes se touchent, il y a saturation de l'air à cet endroit et donc présence de gouttelettes sous forme liquide dans l'atmosphère.



Courbe du thermomètre humide

F. Annexe 6 : émagramme de Météo-France du 29 avril, 10h UTC (12h, heure locale)

