

Projet Prad'Atlas

Bonet Guillaume
Cartade Lucas
Ciampossin Thomas
Respaut Julien
Lycée Charles Renouvier, Prades

Table des matières

Le projet

1) Présentation	du
projet.....	XX
2) Le projet.....	XX

Travaux en amont

1) La nacelle.....	XX
2) L'alimentation.....	XX
3) La communication KIKIWI.....	XX
4) Capteur	de
pression.....	XX
5) Capteurs de température.....	XX
6) Capteur UV.....	XX
7) Système Arduino.....	XX
8) Prévision et suivi de trajectoire.....	XX
9) Caméra et images.....	XX

Jour J

1) Décollage.....	XX
2) Atterrissage.....	XX

Traitement des données

1) Chaîne	
d'énergie.....	XX
2) Données transmises par télémesure.....	XX
3) Données	du
capteur	de
pression.....	XX
4) Données des capteurs de température.....	XX
5) Données du capteur UV.....	XX

Conclusion.....	XX
-----------------	----

Présentation du projet

1) Un projet de Terminale

Nous sommes quatre élèves de Terminales (Bonet Guillaume, Cartade Lucas, Ciampossin Thomas et Respaut Julien) à participer à ce projet de Sciences de l'Ingénieur et nous avons décidé de nous orienter sur un projet scientifique tourné vers l'espace et la météorologie.

Quel est ce projet ?

Il s'agit d'envoyer dans la stratosphère un ballon gonflé à l'hélium emportant avec lui une nacelle équipée de capteurs. L'objectif est d'étudier notre atmosphère jusqu'à des altitudes de l'ordre de 30000 m.

Comment allons-nous faire ?

Il faut s'interroger sur les moyens de mesurer les paramètres qui nous intéressent. Nous allons choisir des capteurs, les mettre en œuvre et les étalonner. Il faudra aussi réaliser la nacelle qui contiendra tout notre équipement et assurer une bonne isolation thermique pour que tout fonctionne. Il faut penser aussi à l'alimentation électrique. Nous pourrions installer une caméra pour rapporter des images de là-haut. Et il faudra étudier le vol du ballon, faire des prévisions de trajectoire en fonction de la météo, des vents en altitude. Et il faut pouvoir communiquer avec la nacelle, au moins pour pouvoir la retrouver après son vol...

Comment serons-nous aidés ?

Notre projet s'inscrit dans une opération menée par l'association « Planète Sciences » (voir plus bas). Le ballon et l'hélium seront fournis par le CNES, ainsi que le parachute, l'émetteur radio Kikiwi et le matériel de réception.

Pourquoi ce projet ? Pour qui ?

Il s'agit d'un projet scientifique et technique qui s'inscrit bien dans la démarche des Sciences de l'Ingénieur. Il en a les caractéristiques : une démarche en 3 étapes, **conception à partir d'un cahier des charges, simulation et expérimentation**. Dans l'esprit des projets de terminales, nous allons d'abord devoir nous documenter sur le sujet, de manière générale puis en affinant la **recherche** sur la partie d'étude qui nous concerne. De cette approche théorique nous allons passer à la pratique. Il faut **concevoir, fabriquer et mettre au point** tous les éléments constitutifs du projet : nacelle, alimentation, capteurs... Tout ce travail devra se faire **en équipes, dans un esprit collaboratif, avec une coordination des équipes**.

Un tel projet permet de **réinvestir et renforcer des savoirs acquis et en développe de nouveaux**. Tout en abordant l'étude de l'atmosphère, ce projet s'inscrit dans une démarche rigoureuse et minutieuse typique du **domaine spatial**. Nous sommes à la **croisée des différentes disciplines scientifiques** : sciences de l'ingénieur, sciences physiques, sciences de la vie et de la Terre, mathématiques.

Il met en avant l'**autonomie** et l'esprit d'**initiative**.

Il nous prépare aux **méthodes de travail et d'organisation** que nous allons rencontrer dans l'enseignement supérieur et plus tard dans le milieu industriel ou la recherche.

2) Partenariat avec Planète Sciences et le CNES

a) Planète Sciences

Sur son site, Planète Sciences définit ainsi ses missions :

Planète Sciences est une association sans but lucratif, créée en 1962. Organisée en réseau comportant 11 délégations régionales, elle s'appuie sur 1 000 bénévoles et 80 permanents.

Planète Sciences a pour objectifs de favoriser, auprès des jeunes de 8 à 25 ans, l'intérêt, la découverte, la pratique des sciences et des techniques et d'aider les enseignants, les animateurs, les éducateurs, les chercheurs et les parents dans leurs activités vers les jeunes. Chaque année, environ 100 000 jeunes participent à nos activités.

*Planète Sciences propose aux jeunes de participer à un projet éducatif global, avec une approche ludique, favorisant la pratique expérimentale des sciences et des techniques. Au-delà d'une découverte et d'une meilleure compréhension des sciences et techniques, notre démarche leur permet, par une participation active, de **passer de la théorie à la pratique**, de l'idée projetée à sa concrétisation, à l'expérimentation. Le pari est, qu'autour d'un projet mené en équipe, ils le réalisent de bout en bout. **Ces étapes s'inspirent des pratiques utilisées dans les laboratoires de recherche et l'industrie.***

Un ballon pour l'école [Du cycle III au lycée] :

Menée avec le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) depuis 1992, l'opération met à la disposition des établissements scolaires, des ballons et des moyens de lâcher associés. Ils permettent l'embarquement d'expériences scientifiques (mesures de température, de pression, d'hygrométrie, appareil photo) à bord d'une nacelle qui peut atteindre jusqu'à 30 km d'altitude durant 2 à 3 heures. Certaines nacelles embarquent un émetteur qui transmet les mesures effectuées pendant toute la durée du vol.

Pour plus d'informations : <http://planete-sciences.org/espace/spip.php?rubrique11>

70 établissements du premier et second degré sont concernés. Un bénévole (traditionnellement surnommé "suiveur") sera désigné pour chaque classe retenue et intervient au moins trois fois dans l'année.

Le suivi des projets et le matériel de lâcher (chaîne de vol et hélium) sont dans la plupart des cas financés par le CNES. Les établissements scolaires n'ont donc à leur charge que la construction de la nacelle expérimentale et une participation réduite.

L'opération UBPE (Un Ballon Pour l'Ecole) en quelques chiffres :

- **1,6 kg** maximum pour la nacelle expérimentale
- 60 ballons décollent chaque année de
- 70 départements français
- **2500** jeunes participent à l'activité chaque année
- **30 000 m**, c'est l'altitude jusqu'à laquelle peut aller le ballon stratosphérique !

L'opération favorise la réalisation de projets à caractère scientifique et technique et offre aux enseignants un support d'apprentissage de savoirs et de méthodes qui s'intègrent dans les programmes scolaires :

Quelles expériences pour quel niveau scolaire ?

La nacelle expérimentale peut être réalisée par des jeunes de l'école primaire jusqu'au lycée ! Le choix des expériences et l'initiative des élèves dépendront de leur niveau. Les expériences peuvent être simples (ex : thermomètre minima/maxima, baromètre à mémoire...) ou complexes (ex : mesure de rayonnement ultraviolet et envoi des données par radio...) Les limites sont souvent davantage dues à l'imagination des expérimentateurs qu'à leurs connaissances techniques !

*Cette opération scolaire est rendue possible grâce à la participation de nombreux **bénévoles** partout en France. Elles bénéficient du soutien de partenaires tels que le **Ministère de la Jeunesse, de l'Education Nationale et de la Recherche**, ainsi que de **collectivités locales**.*

b) Le CNES, partenaire du projet :

Sur wikipédia : « Le **Centre national d'études spatiales (CNES)** est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) chargé d'élaborer et de proposer au gouvernement français le programme spatial français et de le mettre en oeuvre. Le CNES dispose d'un budget de 1,911 milliard d'euros en 2010, ce qui reste le plus important en Europe. »

Depuis plus de 50 ans, le CNES entretient une activité « ballons », une des plus importantes au monde. Il s'agit de faire voler principalement des ballons « libres », sans lien avec le sol, qui n'emportent jamais de passager mais uniquement des appareils au fonctionnement automatique.

Le projet

1) Composition de la chaîne de vol et déroulement du vol

Explication sur le site du CNES :

Un ballon expérimental est constitué de plusieurs éléments qui forment **la chaîne de vol** :

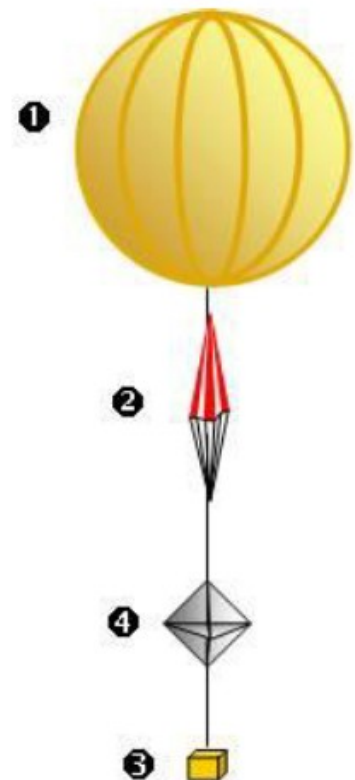
- **l'enveloppe**, fabriquée avec un matériau très élastique de quelques microns d'épaisseur et gonflée à l'hélium,
- **le parachute**, préalablement inséré dans la chaîne de vol et s'ouvrant après éclatement du ballon pour freiner la descente de la nacelle,
- **le réflecteur-radar**, utile pour repérer le ballon dans le ciel,
- **la nacelle** (ou charge utile) contenant les expériences scientifiques conçues et réalisées par les élèves. Elle peut embarquer un système de télémétrie qui transmet au sol les résultats des expériences en temps réel. Elle répond à un cahier des charges qui garantit la sécurité dans la mise en oeuvre.

L'altitude moyenne avant éclatement est de **30 km** pour une charge utile de **1,6 kg** maximum et une **durée de vol de l'ordre de 3 heures**.

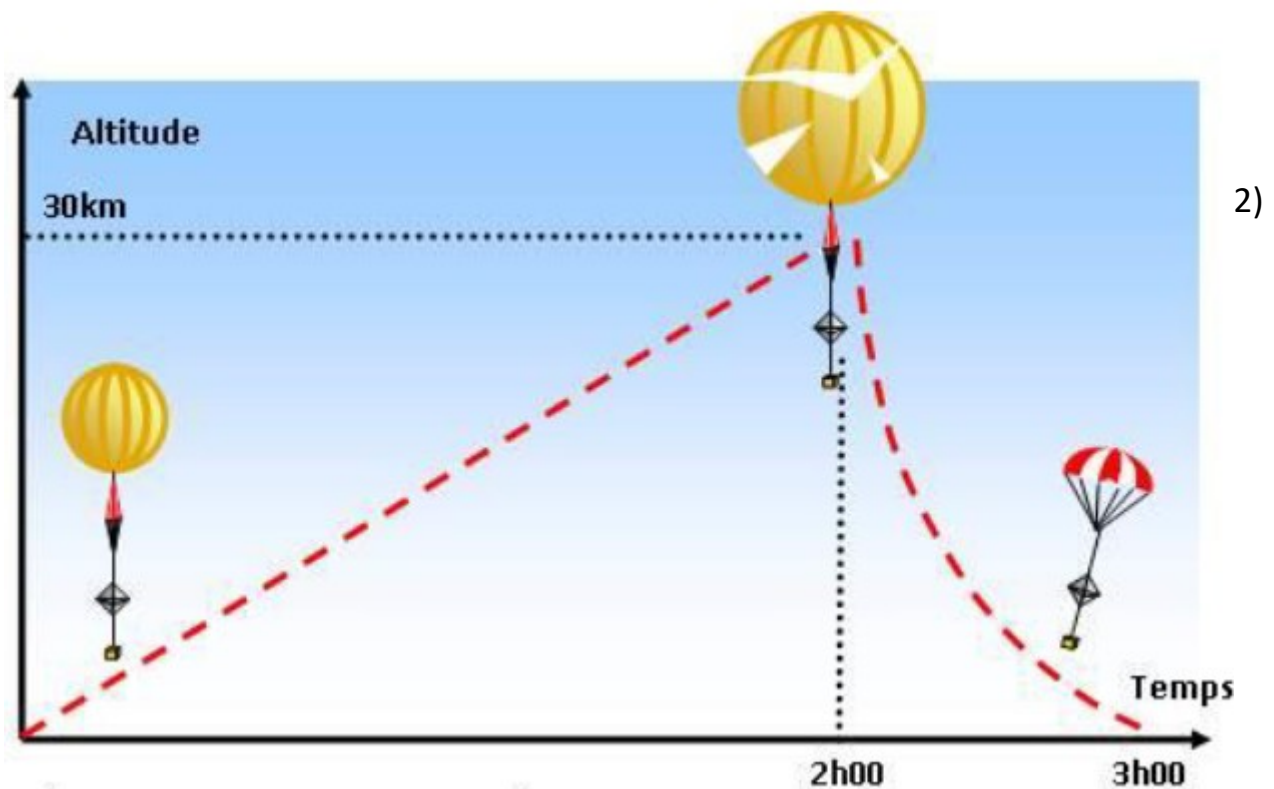
Le ballon est gonflé au sol de manière à acquérir une **force ascensionnelle libre** représentant typiquement **20% de la charge** soulevée.

Cette valeur garantit une **ascension continue** sans risque de plafonnement et confère à l'ensemble une **vitesse ascensionnelle** de l'ordre de **400 m/min**.

La **diminution de pression** extérieure lors de l'ascension, engendre, puisque le ballon est **dilatable**, une **augmentation du volume** de l'enveloppe jusqu'à la **rupture**.



La **fin du vol** est donc déterminée par **l'éclatement de l'enveloppe** et intervient après **2h00** d'ascension en moyenne, à une altitude d'environ **30 km**.



Budget du projet (Sinon mettre carnet de commande direct) :

Planète Sciences et le CNES financent :

- L'hélium.
- L'émetteur radio Kikiwi et l'antenne de réception avec son démodulateur (en prêt).
- Le réflecteur radar, la ficelle.

Reste à la charge du lycée :

- Les matériaux : polystyrène, colle, scotch large et résistant.
- Les capteurs : 1 capteur de pression type ???, 2 capteurs de température type ???
- 1 cartes Arduino Uno.
- 2 batteries 4,5V Alkaline

Et à la charge de notre professeur Monsieur Dufour :

- Tracker GPS + cartes GSM
- Caméra GoPro + carte SD rapide 16 Go
- 1 batterie externe pour la caméra

2)L'alimentation :

Au départ, il était prévu d'utiliser des piles 9V pour alimenter la nacelle. Or, après avoir fait des tests, on a constaté que les piles 9V ne résistaient pas aux températures basses. Après réflexion, on a donc décidé d'utiliser des piles 4.5V type alcaline, branchées en série, pour avoir 9V en sortie. Nous avons fait ce choix plutôt que de faire le choix de prendre une pile 9V, car une pile 9V classique ne supporte pas les températures que nous approchons. De plus, on a une résistance thermique supplémentaire avec le polystyrène extrudé, matériau

principal de la nacelle

Par la suite, nous avons effectué des simulations, mathématiques en premier lieu et sans prendre en compte la température, pour savoir combien de temps est-ce que les batteries tiendraient. On a ici donc trouvé 15h12 d'autonomie :

Arduino UNO R3 : $U_1 = 5 \text{ V}$; $I_1 = 50 \text{ mA}$;

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 250 \text{ mW}$$

Kikiwi

$U_2 = 9 \text{ V}$; $I_2 = 240 \text{ mA}$;

$$P_2 = 2160 \text{ mW}$$

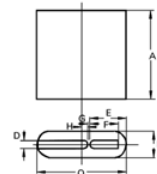
Batteries : $U_{\text{batt}} = 4.5 \text{ V}$

email : admin@mega-piles.com

VARTA Data Sheet

MEGA-PILES

High Energy
4912



Type Designation
Designation IEC
System
Shelf Life (Coding)*
Nominal Voltage [V]
Typical Capacity C [mAh]
Permissible Temperature Range
Weight, approx. [g]
Volume [ccm]

4912
3LR12
Zn-MnO₂ (Alkaline)
5 years
4.5
6000 (load 225 Ω at 20°C down to 2.7V)
- 10 °C ... 50 °C
160
84.4

Dimensions [mm]

min: max:

A	61.0	67.0
D	6.0	7.0
E	23.0	-
F	16.0	-
G	1.0	-
H	3.0	-
O	40.0	62.0
P	20.0	22.0

Typical Capacities (at 20° C)

Discharge Type	Load	End Voltage[V]	2.7
1H0,70W	20 Ω	Time [h]	24.4
Portable Lighting		Capacity [Ah]	4.4
		Energy [Wh]	16.9

Fiche technique de la batterie

Premièrement, on calcule l'énergie des deux batteries :

$U_{\text{batt}} = 9 \text{ V}$ car on a branché deux batteries de 4.5V en série.

Dans le cas d'une décharge sur une résistance de 20Ω :

$$I = U/R = 9/20 = 0.45 \text{ A} = 450 \text{ mA pour une capacité de 4.4 Ah.}$$

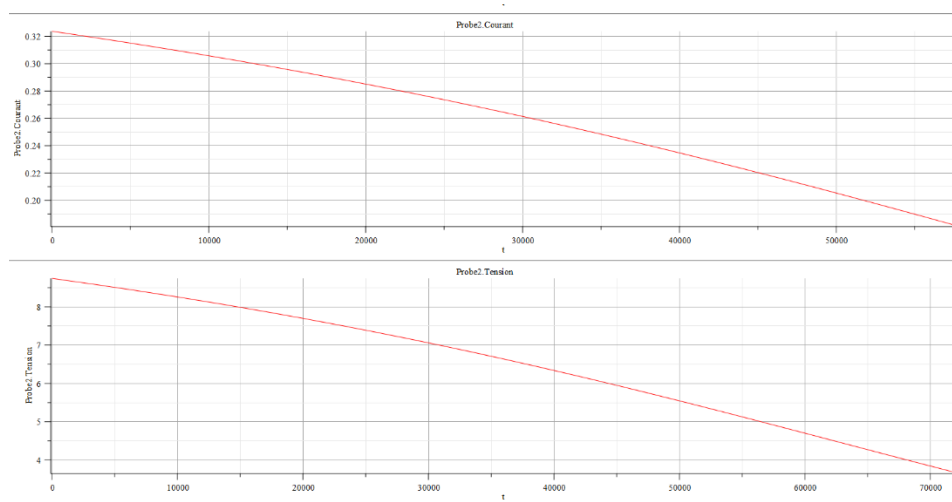
On va donc prendre les valeurs de la fiche technique, en se positionnant dans le cas le plus défavorable, soit avec une capacité de 4.4 Ah et un courant consommé de 290 mA, on a :

$T = C / I = 4.4/0.290 = 15.17 \text{ h}$; soit 15h12 d'autonomie, sachant que le vol dure jusqu'à 3h, l'autonomie des batteries est amplement suffisante, et qu'on a de nombreux paramètres qui ont été oubliés.

afin
plus de

Puis,
d'avoir

précisions sur les résultats, on a utilisé le logiciel MapleSim, pour simuler cette même décharge, avec plus de paramètres, comme des températures, par exemple, et on obtient 60 000s, soit 16h40 pour arriver à épuisement des batteries.

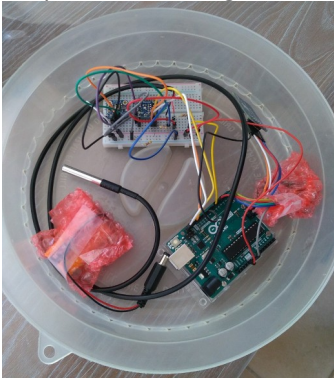


Enfin, on a effectué des tests en condition réelle, et l'électronique de la nacelle a duré 16h, ce qui vérifiait donc nos paramètres du cahier des charges également.

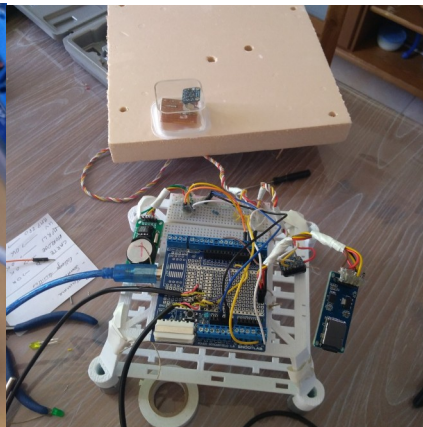
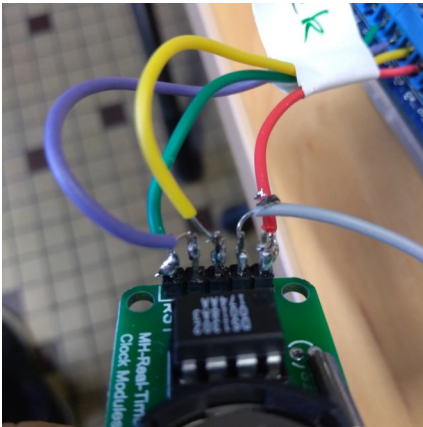
7) Système arduino

La partie électronique est primordiale pour la réussite du projet. La mesure et l'enregistrement des valeurs se font par le biais d'une carte Arduino reliée aux différents composants, à savoir : 2 sondes de température, un capteur de pression, un capteur UV, une carte SD et une horloge.

Un premier montage a été effectué sur une breadboard :



Une fois ce montage testé au congélateur pendant 1h, pour s'assurer du bon fonctionnement de chaque composants, nous avons soudé les capteurs un par un et puis testé le capteur seul pour vérifier la qualité des soudures.



Suite à cela, nous avons donc testé tous les soudures et écrit le programme final qui nous permet de tout faire fonctionner ensemble.

```

Programme_Final [Arduino IDE]
// ----- BIBLIOTHEQUES DES DIFFERENTS CAPTEURS ET APPAREILS DE DONNEES -----
// ----- CARTE SD -----
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
File fichierM;
File myfiles;

// ----- DS18B20 -----
#include <DS18B20.h>
DS18B20 rtd(2, 3, 4); // initialisation
Time t; // fait structure Time-data
int seconde;
int tempo = 10; // temporisation en secondes entre chaque relevé de capteur

// ----- MPX15DP (pression) -----
#include <OneWire.h>
#include <Adafruit_MPU6050.h>
#define RESET_PIN -1 // set to any GND pin & to hard-reset on begin()
#define EOC_PIN -2 // set to any GND pin to read end-of-conversion by pin
Adafruit_MPU6050 mpu = Adafruit_MPU6050(RESET_PIN, EOC_PIN);

// ----- SI 1145 (UV) -----
#include <Adafruit_SI1145.h>
Adafruit_SI1145 uv = Adafruit_SI1145();

// ----- Sonde Temperature -----
#include <OneWire.h> // Librairie du bus OneWire
#include <DallasTemperature.h> // Librairie du capteur

OneWire oneWire(7); // Bus One Wire sur le pin 7 de l'Arduino
DallasTemperature sonde1(oneWire); // Utilisation du bus OneWire pour les capteurs
// DeviceAddress sensorDeviceAddress; // Vérifie la compatibilité des capteurs avec la librairie

OneWire oneWire2(8); // Bus One Wire sur le pin 8 de l'Arduino
DallasTemperature sonde2(oneWire2); // Utilisation du bus OneWire pour les capteurs

String stockage[] = {"P_MPU6050.txt", "UV.txt", "T_Sonde1.txt", "T_Sonde2.txt"};
int nbFichier = sizeof(stockage) / sizeof(stockage[0]);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
  }
  if (!SD.begin(10)) {
    Serial.println("Initialisation failed!");
  }
}

```

```

if (!SD.begin(10)) {
  Serial.println("Initialisation failed!");
  while (1);
}
Serial.println("Initialisation done.");

// création des fichiers sur la carte SD
for (int i = 0; i < nbFichier; i++) {
  fichierM = SD.open(stockage[i], FILE_WRITE);
  delay(500);
  fichierM.close();
}

// activation des 2 sondes de température
sonde1.begin();
sonde2.begin();

// Initialisation de l'horloge
// Positionnement horloge à run-mode et désactive protection en écriture
rtc.halt(false);
rtc.writeProtect(false);

/*Initialisation de l'horloge
// À mettre à jour avec les bonnes valeurs pour initialiser l'horloge RTC DS1302
rtc.setDay(WEDNESDAY); // Jour
rtc.setTime(16, 01, 00); // Heure (format sur 24 heures)
rtc.setDate(1, 5, 2019); // Date
*/

if (!mpr.begin()) { // initialiser le capteur de pression
  Serial.println("problème de capteur de pression");
} else {
  Serial.println("capteur de pression ok ");
}

if (!uv.begin()) { // initialiser le capteur UV
  Serial.println("problème de capteur UV");
} else {
  Serial.println("capteur UV ok ");
}

```



```

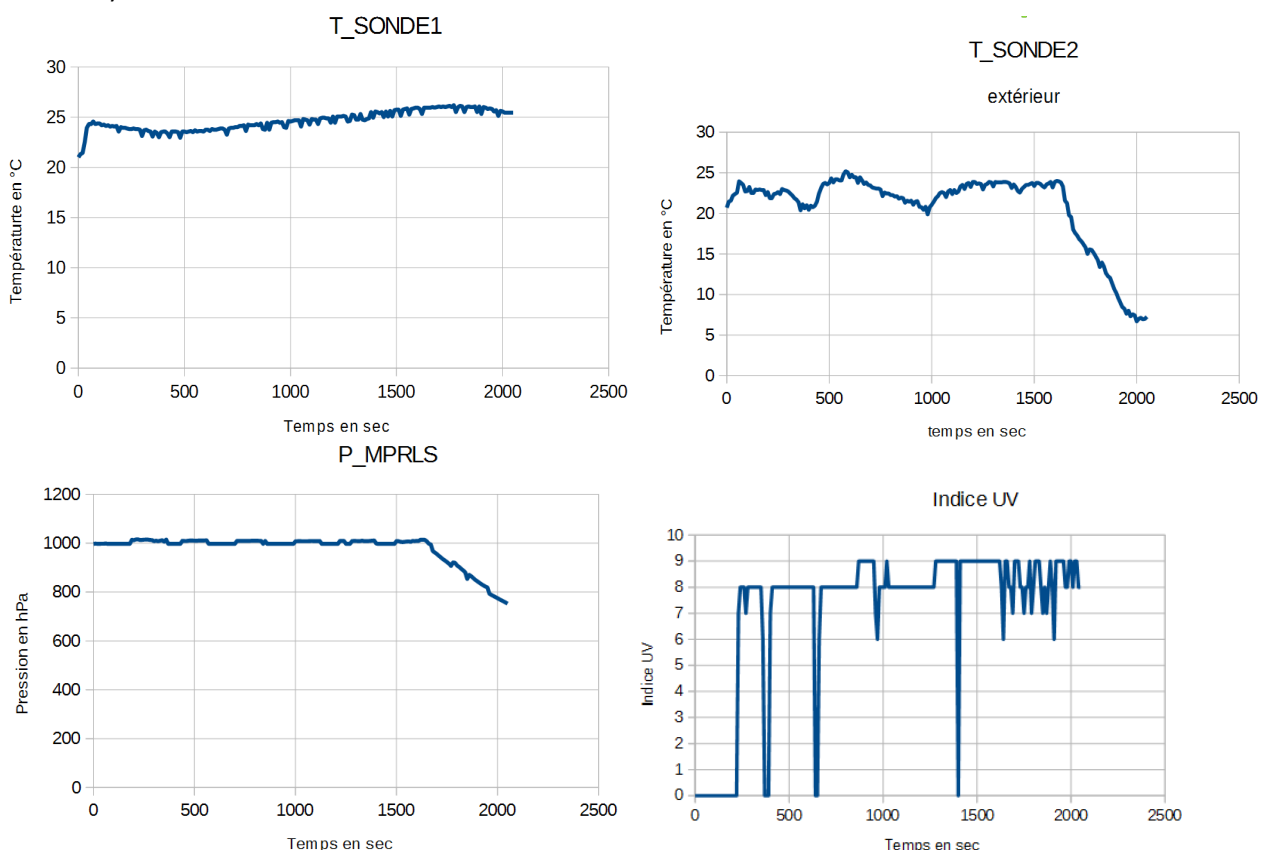
void loop() {
  // recup donnees DS1302
  t = rtc.getTime();
  seconde = t.sec, DEC;

  sonde1.requestTemperatures();//Demande la température au capteur 1
  sonde2.requestTemperatures();//Demande la température au capteur 2
  //Récupération des données du BMP
  float mesures[] = { mpr.readPressure(), (uv.readUV() / 100) , sonde1.getTempCByIndex(0) , sonde2.getTempCByIndex(0)};

  if (seconde % tempo == 0 ) {
    for (int i = 0; i < nbFichier; i++) {
      fichierM = SD.open(stockage[i], FILE_WRITE);
      if (fichierM) {
        Serial.print("Ecriture sur fichier : ");
        Serial.println(stockage[i]);
        Serial.println(mesures[i], 2);
        Serial.println("=====");
        // Ecriture sur la carte SD
        fichierM.print(rtc.getDateStr());
        fichierM.print(" ");
        fichierM.print(rtc.getTimeStr());
        fichierM.print(",");
        fichierM.println(mesures[i], 2);
        fichierM.close();
      }
    }
    delay(1000);
  }
}

```

Le vol de la nacelle a duré 2h20. Nous avons récupéré la nacelle. Grâce à la carte SD, nous avons pu récupérer les résultats des mesures des différents capteurs. Nous avons, grâce à excel, réalisé les courbes des valeurs mesurées. En revanche, un problème de batterie est venu stopper la prise de mesures au bout de 35 minutes, sachant que nous étions obligé de lancer la prise de mesures avant de gonfler le ballon, la partie vol, donc exploitable dure 5 minutes. En revanche comme le prouvent les résultats des 5 dernières minutes, les capteurs fonctionnaient correctement. Les graphiques des relevés ci-dessous seront plus explicatifs (période de vol après 11600 secondes environ).



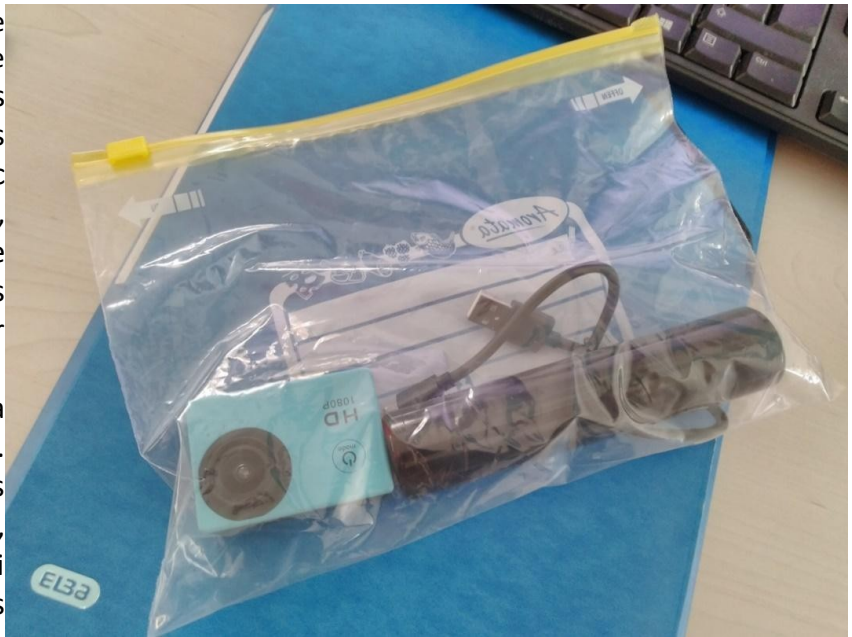
Le travail fourni pour la mesure et l'enregistrement des valeurs a été fait de manière correcte et les différents composants ont fonctionné parfaitement.

9) Caméra et Images :

On avait à notre disposition une caméra de sport, mais pas de batteries externes. Pour les expérimentations, nous avons mis cette caméra au congélateur avec une batterie externe, premièrement fournie personnellement par les élèves de 10 000 mAh en 480p et sur une carte sd de 16 Go.

Résultats, sur 2 simulations, on a eu 10h45 et 13h30 d'autonomie. En conclusion, ces résultats étaient satisfaisant pour le vol, mis à part la qualité vidéo, qui pourrait être augmentée. Nous l'avons donc fait. Puis, lors des

simulations, les conditions étaient donc les mêmes mise à part la qualité d'enregistrement. Les résultat à ces simulations furent étranges : 3 fois exactement le même temps de simulations sur 3 simulations. On a directement émis l'hypothèse que le carte SD était trop petite. On a donc fini par doubler sa taille, et enfin, on avait reçu une batterie de 7 000 mAh, procurée par les professeurs, et on a effectué des tests avec cette nouvelle batterie. Le jour J approchait à grand pas, lorsque nous avons fait la dernière simulation : 12h50 d'enregistrements, avec 40% de batterie restante à la fin de la simulation, ce qui était satisfaisant pour le vol également. Et en parlant du vol...



Le Jour J :

1) Décollage.

On avait choisis comme station de décollage le stade de Tuchan. On arrive sur place, et on s'installe et démarre les préparatifs immédiatement. On prépare des bâches sur le stade, commence à implanter les programmes dans les différentes cartes, passer les ficelles dans la nacelles et tout mettre en place dans celle-ci. Petit imprévu, on s'aperçoit que les programmes ne marchent pas, mais on finit par régler ce problème. Résultat : lâcher du ballon à 12h00.



Au bout d'un quart d'heure, on perd totalement le contact télémétrique avec le ballon, et aussi le tracking GPS. On ne peut donc pas savoir où est-ce que le ballon atterrira. On se dit alors que le ballon ne doit plus capter correctement pour pouvoir nous envoyer les positions. On décide donc de partir direction Gérone, car les simulations de vol nous avaient indiqué que le ballon atterrirait dans ce secteur. On part donc de Tuchan.

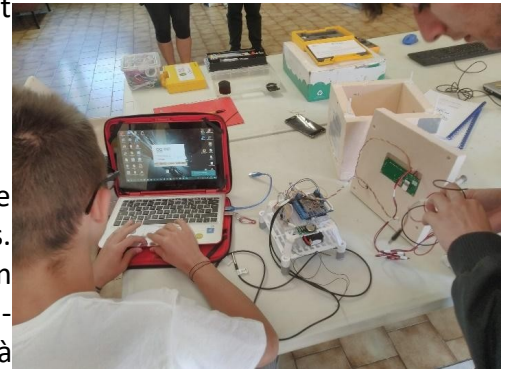
2) Atterrissage.

Au bout d'1h30 - 2h de route, on arrive enfin à rejoindre le tracker GPS, qui nous envoie donc des coordonnées. On les entre sur Google maps, et cela nous a donné un



parc équestre espagnol, ou du moins, pas loin de celui-ci, qui se situait là où on avait prévu d'aller de toute façon.

Une fois à côté du point GPS, nous nous situons en pleine forêt. On commence donc à s'enfoncer dans la forêt pour chercher le ballon, pour qu'une dizaine de minutes plus tard, nous le trouvions. On s'est directement aperçus que les cartes ne fonctionnaient pas, mais que la caméra filmaient.



Traitement des données :

1) Chaîne d'énergie :

Comme dit précédemment, on a retrouvé les cartes éteintes. Et pour cause : on avait une batterie défectueuse. En effet, une des batteries de 4.5V était défectueuse, et a donc arrêté de fonctionner au bout d'un quart d'heure. On a déduit ceci grâce à des tests post-lâcher, qui ont tous fonctionnés, c'était donc la seule possibilité. Quant à la caméra, elle, elle a filmé tout le vol, mais nous n'avions pas de films du décollage, seulement l'atterrissage. Suite à quelques expérimentations simples, nous remarquons que la caméra, lorsqu'elle va manquer de place sur la carte SD, supprime les anciens films pour faire place aux nouveaux, ce qui explique l'absence des films de décollage.