



Sciences à l'École



Ville de La Ferté-Macé  
Commune de Fiers Agglo



Nous souhaitons profiter d'un ballon sonde pour vérifier la variations de certaines propriétés de l'atmosphère avec l'altitude comme la température, l'humidité, l'index UV , le flux solaire.  
Nous espérons voir comment l'homme modifie le bocage fertois et souhaitons mettre en évidence la pollution de l'atmosphère par le méthane et l'ozone ?

1.	Conception de la nacelle.....	2
1.1.	Cahier des charges (présentation par planète sciences) .....	2
1.2.	Plan de construction (réalisé par des 6 <sup>e</sup> du collège J Brel ).....	2
1.3.	Test des diverses colles .....	3
1.4.	Isolation .....	4
2.	Programmation .....	5
3.	Capteur de température.....	6
4.	Capteur de pression.....	8
4.1.	Pression atmosphérique et altitude .....	8
5.	Capteur d'ozone .....	10
5.1.	L'ozone atmosphérique .....	10
5.2.	Impact de l'ozone sur la vie .....	11
5.3.	Le « trou » de la couche d'ozone .....	11
5.4.	Le capteur d'ozone .....	12
6.	Flux solaire .....	14
6.1.	Définition .....	14
6.2.	Panneau solaire.....	14
6.3.	Index UV .....	15
7.	Etude du territoire.....	17
7.1.	La Ferté Macé se situe au sein du bocage Normand .....	17
7.2.	La haie est un élément marquant du bocage .....	17
7.3.	Etude de l'état actuel des haies autour du lycée réalisée grâce au ballon stratosphérique.....	19
8.	transmission des DATA pour onde radio et localisation par GPS .....	19
9.	Prévision de la trajectoire .....	20
10.	Analyse des données.....	21

## **1. Conception de la nacelle**

### **1.1. Cahier des charges (présentation par planète sciences)**

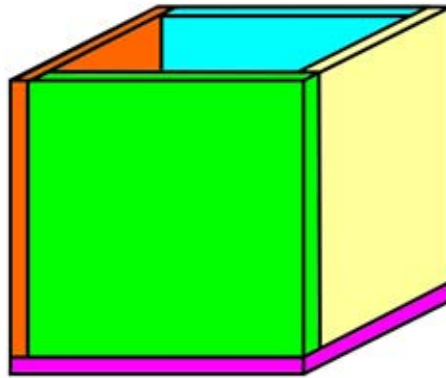
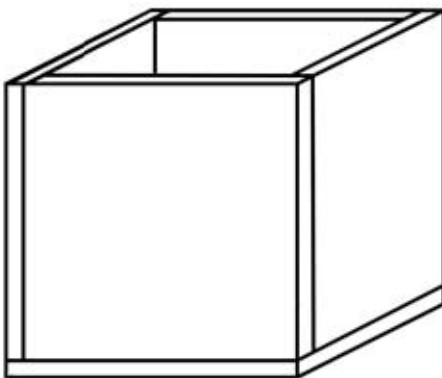
La nacelle doit avoir une masse totale de 1.8kg maximum.

Les charges doivent être réparties de façon homogène sur la surface du plancher.

La descente de la nacelle sera ralentie par le parachute et par la force de frottement de l'air avec la surface du plancher ainsi il nous est imposé une surface minimum de plancher de 25cmx25cm.

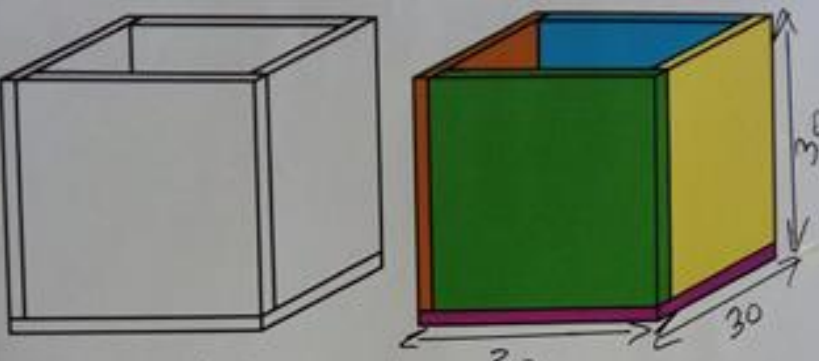
### **1.2. Plan de construction (réalisé par des 6<sup>e</sup> du collège J Brel )**

Tracé en commun du plan en 3D



Pour des raisons : de fort pouvoir isolant, de faible masse volumique, de cout modeste, le polystyrène extrudé est retenu.

**Projet ballon sonde - plans de la nacelle**



Matériau utilisé : Polystyrène extrudé

Assemblage : collage (essais en cours)

Rq : un couvercle, identique à la base (magenta), viendra fermer le cube.

**Dimensions :**

Dimensions extérieures (L\*l\*h) : 30 x 30 x 30 cm

Dimensions intérieures (L\*l\*h) : 26 x 26 x 22 cm

Dimension des faces horizontales : 30 x 30 x 4(5) cm

Dimension des faces verticales : 26 x 22(10) x 4(5) cm

**Calcul du poids :**  
En admettant une masse volumique moyenne de 35 Kg/m<sup>3</sup> (valeur pouvant varier de +/- 15 % en fonction des fabricants).

Volume des faces verticales : 4 x (22 x 26 x 4) = 9152 cm<sup>3</sup>

Volume des faces horizontales : 2 x (30 x 30 x 5) = 9000 cm<sup>3</sup>

Volume total en m<sup>3</sup> : 18152 cm<sup>3</sup> = 0,018152 m<sup>3</sup>

Prise en compte des marge de 15 % : 0,0208728 m<sup>3</sup>

Poids max estimé : 0,0208728 x 35 = 0,730548 Kg

*0,730 Kg ± 15%*

### 1.3. Test des diverses colles



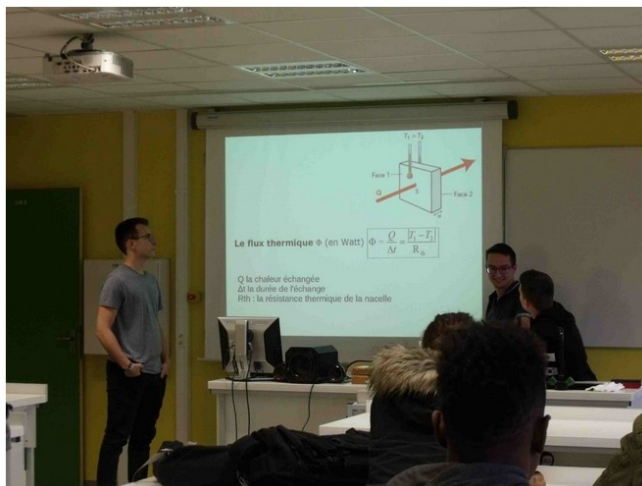


Colles	compatibilité		Test de résistance		Avantages / inconvénients
	Détérioration du matériau	Bonne compatibilité	Le matériau se décolle	Le matériau casse	
Colle vinylique (« à bois »)					
Colle néoprène					erreur de positionnement Non admise
Colle PU (« ni clou ni vis »)		V	V		
Colle à PVC	V (fond le matériau)				
Colle fusible (à chaud)		V		V	Séchage rapide

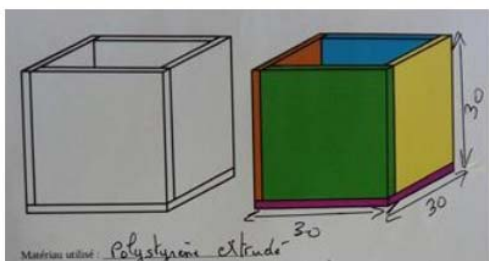
Test au froid d'un collage à la colle fusible (-18°C – congélateur) → RAS

#### 1.4. Isolation

Présentation de l'isolation thermique par les élèves de BTS SCBH 1<sup>ère</sup> Année Système Constructif Bois Habitat :



Extrait de leur diaporama

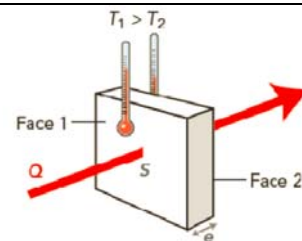


Dimension extérieure 30cm x 30cm x 30cm  
Dimension intérieure 26cm x 26cm x 22cm

Masse volumique du polystyrène = 35kg/m<sup>3</sup>

Volume de polystyrène = 6x4x30x30=0,0216m<sup>3</sup>

Surface d'échange = 26x26x2 + 26x22x4 = 0,364 m<sup>2</sup>



Le flux thermique  $\Phi$  (en Watt)

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{T_1 - T_2}{R_{th}}$$

Q la chaleur échangée

Δt la durée de l'échange

R<sub>th</sub> : la résistance thermique de la nacelle

La résistance thermique surfacique R m<sup>2</sup>.K. W<sup>-1</sup> R = S x R<sub>th</sub>

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

e : épaisseur de l'isolant en mètre

λ : conductivité thermique de l'isolant

λ polystyrène extrudé = 0,034W/(m.°C)

R polystyrène extrudé = 0,04 / 0,034 = 1,17W/°C

La résistance thermique surfacique R m<sup>2</sup>.K. W<sup>-1</sup> R = S x R<sub>th</sub>

R nacelle = 1,17 + 0,13 + 0,04 = 1,34K.m<sup>2</sup>/W

Surface d'échange = 26x26x2 + 26x22x4 = 0,364 m<sup>2</sup>

Résistance thermique de la nacelle

R<sub>th</sub> = 1,34 / 0,364 = 3,68 K/W

<p><b>Chaleur échangée</b></p> <p>Energie (quantité de chaleur Q)échangée:</p> $Q = m \times C \times (T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}})$ <p>m : masse de corps qui perd de la chaleur en g  C : capacité calorifique du corps  T<sub>i</sub> est la température de l'eau à un instant donné.  T<sub>i</sub> est la température de l'eau à un instant précédent</p> <p><b>Le polystyrène cède de la chaleur</b></p> <p><b>L'air cède de la chaleur</b></p>	<p><b>Le polystyrène cède de la chaleur</b></p> $Q = m \times C \times (T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}})$ <p><b>Masse volumique du polystyrène = 35kg/m³</b>  <b>Capacité thermique du polystyrène C= 1450J/(kg,K)</b></p> <p><b>Volume de polystyrène = 6x4x30x30=0,0216m³</b></p> <p><b>Masse du polystyrène = 35 x 0,0216 = 0,756 kg</b></p> $Q = 0,756 \times 1450 \times (-20 - -15) = -38367 \text{ J}$
<p><b>L'air cède de la chaleur</b></p> $Q = m \times C \times (T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}})$ <p><b>Masse volumique de l'air = 1,225kg/m³</b>  <b>Capacité thermique d'air C= 1004 J/(kg,K)</b></p> <p><b>Volume d'air = 26x26x22=0,0149m³</b></p> <p><b>Masse d'air = 1,225 x 0,0149 = 0,018 kg</b></p> $Q = 0,018 \times 1004 \times (-20 - -15) = -632,52 \text{ J}$	<p><b>Totalité de chaleur échangée</b></p> $Q = Q_{\text{air}} + Q_{\text{polystyrène}} = -632,52 - 38367 = -38999,52 \text{ J}$ <p><b>Le flux thermique <math>\Phi</math> (en Watt)</b> <math>\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{T_1 - T_2}{R_{th}}</math></p> <p><math>\Delta t = Q \times R_{th} /  T_1 - T_2 </math>  <math>\Delta t = 38\,999,52 \times 3,68 /  -20 - 15 </math>  <math>\Delta t = 4100 \text{ s} = 1 \text{ h } 8 \text{ min } 20 \text{ s}</math></p> <p><b>Conclusion, il est conseillé d'isoler davantage !!!</b></p>

1h18 c'est la durée théorique avant que toute la nacelle ne soit à la température moyenne de -20°C. Nous n'avons pris en compte ni les apports thermiques de toute l'électronique (essentiellement la dissipation thermique « des 4V en trop » par Arduino alimenté en 9V), ni l'apport thermique solaire.

## 2. Programmation

Une carte Arduino est une petite carte électronique équipée d'un micro-contrôleur. Le micro-contrôleur permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs ; la carte Arduino est donc une interface programmable.



Durant ce début d'année nous avons réalisé plusieurs programmes en C++ avec le logiciel dédié à la carte Arduino.

Lors des premières séances on a allumé des LED de différentes façons grâce à plusieurs programmes fait avec Arduino, l'objectif étant de nous familiariser avec la programmation.

Les différents capteurs utilisés nécessitent des petits bouts de programmes que l'on pourra ensuite associer dans notre programme final. Les données des capteurs seront datées avec l'heure précis du relevé en utilisant une horloge RTC (à gauche ci-dessous), et toutes les données seront enregistrées sur carte microSD (à droite ci-dessous).

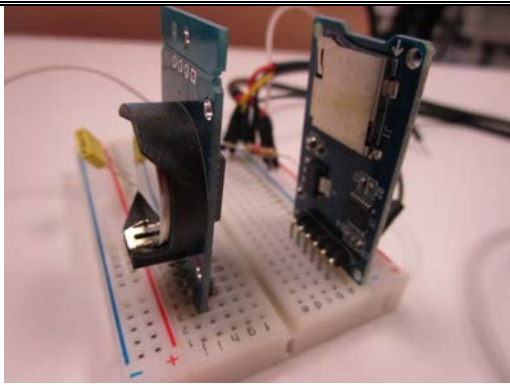


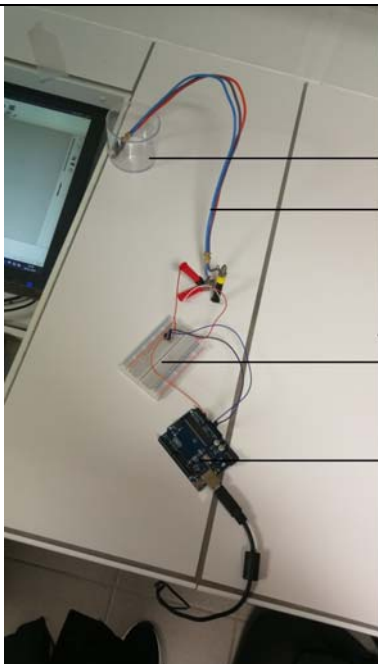
photo des capteurs horloge et SD

Exemple de données enregistrées sur SD = fichier .csv

données du BME											
M7	Date			horaire		T1	T2	P	H	T	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
342	2019	2	26	11	54	37	21.56	21.88	100648.27	32.53	20.47
343	2019	2	26	11	54	38	21.56	21.88	100648.45	32.54	20.48
344	2019	2	26	11	54	39	21.50	21.88	100653.53	32.55	20.49
345	2019	2	26	11	54	40	21.56	21.88	100652.48	32.56	20.48
346	2019	2	26	11	54	40	21.56	21.88	100650.34	32.53	20.49
347	2019	2	26	11	54	41	21.56	21.88	100646.27	32.56	20.48
348	2019	2	26	11	54	42	21.56	21.88	100650.50	32.54	20.49
349	2019	2	26	11	54	43	21.56	21.88	100652.34	32.54	20.49
350	2019	2	26	11	54	43	21.56	21.88	100650.84	32.57	20.49
351	2019	2	26	11	54	44	21.56	21.88	100649.16	32.57	20.49
352	2019	2	26	11	54	45	21.56	21.94	100648.98	32.59	20.49
353	2019	2	26	11	54	46	21.50	21.88	100649.19	32.63	20.50
354	2019	2	26	11	54	47	21.56	21.88	100651.53	32.62	20.50
355	2019	2	26	11	54	47	21.50	21.88	100650.72	32.62	20.51
356	2019	2	26	11	54	48	21.50	21.88	100648.84	32.59	20.50
357	2019	2	26	11	54	49	21.56	21.94	100647.16	32.59	20.50
358	2019	2	26	11	54	50	21.56	21.88	100647.83	32.58	20.50
359	2019	2	26	11	54	50	21.56	21.94	100647.69	32.57	20.51
360	2019	2	26	11	54	51	21.56	21.88	100652.42	32.59	20.52
361	2019	2	26	11	54	52	21.56	21.94	100652.40	32.57	20.51
362	2019	2	26	11	54	53	21.56	21.88	100654.08	32.60	20.51
363	2019	2	26	11	54	54	21.56	21.88	100648.90	32.57	20.52
364	2019	2	26	11	54	54	21.56	21.88	100648.42	32.58	20.53
365	2019	2	26	11	54	55	21.56	21.88	100652.48	32.57	20.54
366	2019	2	26	11	54	56	21.50	21.88	100647.94	32.54	20.53
367	2019	2	26	11	54	57	21.56	21.88	100649.59	32.53	20.53
368	2019	2	26	11	54	57	21.56	21.88	100651.47	32.50	20.53
369	2019	2	26	11	54	58	21.56	21.94	100650.91	32.51	20.52
370	2019	2	26	11	54	59	21.56	21.88	100650.24	32.51	20.52
371	2019	2	26	11	55	0	21.56	21.88	100650.72	32.51	20.51
372	2019	2	26	11	55	0	21.56	21.88	100647.86	32.52	20.51
373	2019	2	26	11	55	1	21.56	21.88	100651.56	32.51	20.51
374	2019	2	26	11	55	2	21.56	21.94	100652.09	32.50	20.52
375	2019	2	26	11	55	3	21.56	21.88	100648.53	32.52	20.51
376	2019	2	26	11	55	4	21.56	21.88	100652.71	32.51	20.50
377	2019	2	26	11	55	4	21.56	21.88	100653.58	32.49	20.51
378	2019	2	26	11	55	5	21.56	21.88	100653.24	32.52	20.51

Ces données sont à traitées sous forme de graphique pour en faciliter la lecture.  
Puis grâce à un autre programme on a relevé la température.

### 3. Capteur de température



bécher

sonde

breadboard

arduino

#### Résumé des travaux effectués et des codes réalisés

On s'est entraîné à programmer arduino en allumant des leds

On cherche à programmer arduino pour qu'il mesure la tension pour la transformer en température.

On a mis une sonde à température dans un becher où se trouvait de l'eau chaude, et grâce à Arduino on a lu des valeurs. Pour pouvoir convertir ses valeurs nous avons aussi utilisé un thermomètre que nous avons mis dans le becher où se trouvait la sonde.



Temperature	A0
40	80
39	78
38	76
37	74
36	72
35	70
34	68
33	66
32	64
31	62
30	60
29	58
28	56
27	54
26	52
25	50
24	48
23	46
22	44
21	42
20	40

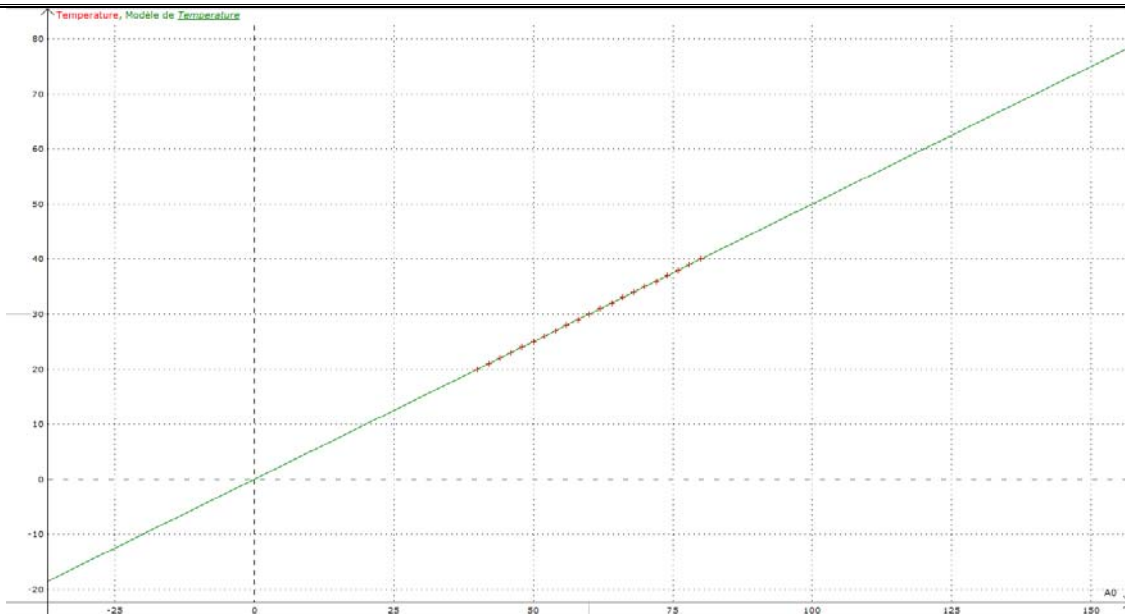


Tableau de mesure

Courbe et modélisation

Le programme servant à convertir les données A0 en température est Excel.

**L'équation est**  $\text{temperature} = 0,554 * A0 - 1,636$

**Programme convertissant la mesure de A0 en température**

```

arduino_qui_brûle | Arduino 1.6.6
Fichier Édition Croquis Outils Aide

arduino_qui_brûle

int valeur ;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Hello world !");
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  valeur = analogRead (A0) ;
  Serial.print("A0 a pour valeur:");
  Serial.println( valeur );

  delay(10000);
}

```

```

arduino_qui_brûle | Arduino 1.6.6
Fichier Édition Croquis Outils Aide

arduino_qui_brûle

int valeur ;
float temperature ;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Hello world !");
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  valeur = analogRead (A0) ;
  Serial.print(valeur);

  Serial.print("temperature:");
  temperature=0.554*valeur-1.636 ;
  Serial.println( temperature);

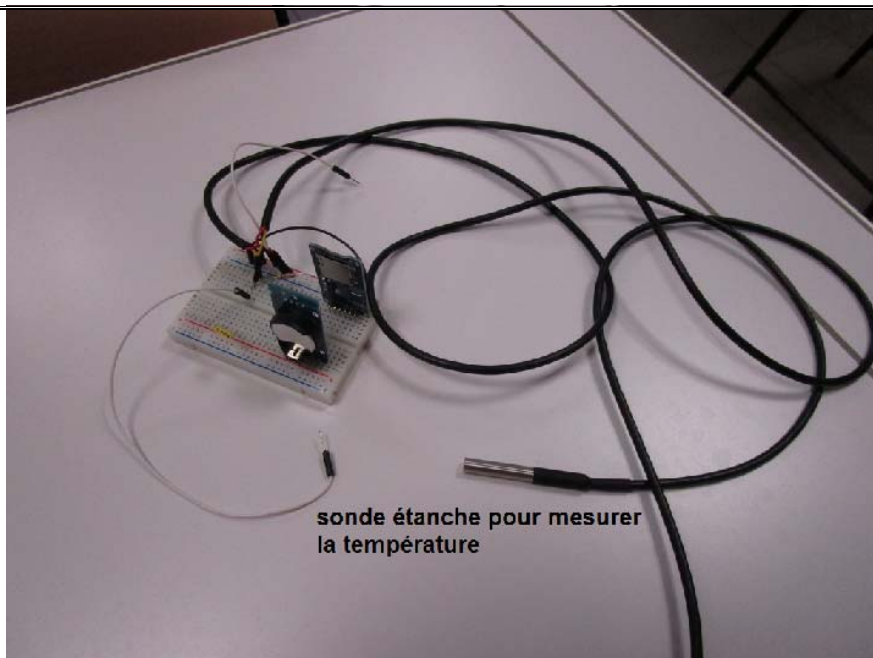
  delay(1000);
}

```

Mesurer A0

Calculer la température en °C

A cause des conditions particulières d'utilisation en milieu extérieur (températures très basses, humidité dans les nuages, pression en chute constante) nous utiliserons des DSB180 étanches.



Le principe de fonctionnement reste similaire mais le code nécessite l'utilisation d'une librairie adaptée « DallasTemperature » accessible en open source.

#### 4. Capteur de pression

##### 4.1. Pression atmosphérique et altitude

Qu'est ce que la pression atmosphérique ?

La pression atmosphérique est le résultat des chocs moléculaires qu'exerce le mélange gazeux constituant l'atmosphère considérée (sur Terre de l'air) sur une surface quelconque en contact avec elle.

Sur Terre, la pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer dépend essentiellement de la masse de l'atmosphère donc du nombre de molécules). Elle s'exprime en pascal (Pa), unité équivalente au [newton](#) par mètre carré (N/m<sup>2</sup>)

Elle est d'environ 1013 hPa au niveau de la mer.

La pression atmosphérique diminue quand l'altitude augmente : elle diminue, exponentiellement, d'un facteur 10 chaque fois que l'on s'élève de 16 km (ou de moitié à 5 500 m). Il est ainsi possible d'utiliser la pression pour mesurer la hauteur, ce qui est le principe de base de l'altimètre utilisé en aéronautique et en alpinisme.

En météorologie appliquée, la pression est souvent utilisée directement comme coordonnée verticale. On parlera par exemple de la température à 700 hPa. Cette approche a des avantages techniques et elle simplifie certaines équations utilisées en météorologie.

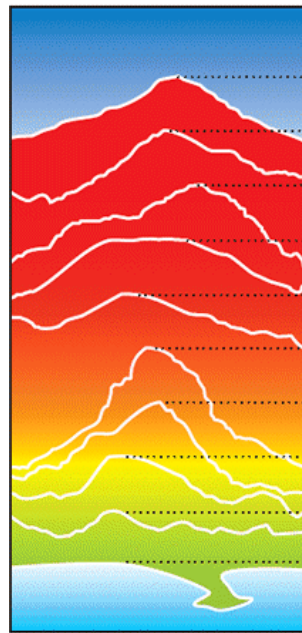
En utilisant cette formule et en mesurant la pression, nous pourrions connaître l'altitude de la nacelle.

$$p(z) = 1013,25 \left( 1 - \frac{0,0065 \cdot z}{288,15} \right)^{5,255}$$

Altitude	Pression en hPa
0 m	1013,25
500 m	954,61
1000 m	898,76
1500 m	845,58
2000 m	794,98
2500 m	746,86
3000 m	701,12
3500 m	657,68
4000 m	616,45
4500 m	577,33
5000 m	540,25
6000 m	471,87
7000 m	410,66
8000 m	356,06
9000 m	307,48
10000 m	264,42
11000 m	226,37

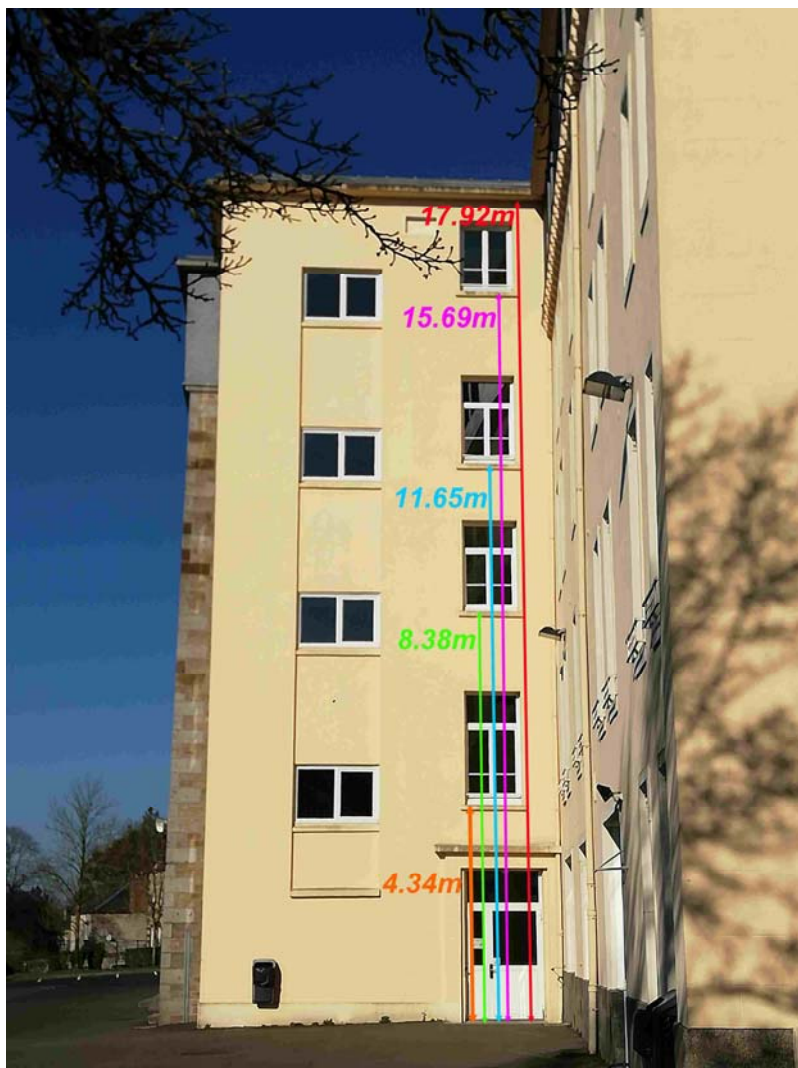


## TABLEAU DE PRESSION EN ALTITUDE



Altitude en mètres	Pression Atmosphérique	Pression Oxygène	Sommets connus
9000 m	230 mmHg	30%	Everest
8000 m	265 mmHg	35%	Cho-Oyu
7000 m	310 mmHg	40%	Aconcagua
6000 m	355 mmHg	45%	Kilimanjaro
5000 m	405 mmHg	50%	Mont Blanc
4000 m	460 mmHg	60%	Cervin
3000 m	525 mmHg	70%	Aiguille rouge
2000 m	600 mmHg	80%	
1000 m	675 mmHg	90%	
0 m	760 mmHg	100%	

Après avoir créé le programme, nous vérifions son fonctionnement en fonction de l'altitude des étages du lycée mesurée au décimètre



```

BMP_BME-altitude_arno_ok$

#include "SparkFunBME280.h"
#include "Wire.h"
#include "SPI.h"
BME280 capteur;
float p;
float valintermed;
float altitude;
float valinter;
float puissance;
//pmer=1013,25; // p0 est la pression au niveau de la mer en hPa
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial) { }
    capteur.settings.commInterface = I2C_MODE;
    capteur.settings.I2CAddress = 0x76;
    capteur.settings.runMode = 3;
    capteur.settings.tStandby = 0;
    capteur.settings.filter = 0;
    capteur.settings.tempOverSample = 1 ;
    capteur.settings.pressOverSample = 1;
    capteur.settings.humidOverSample = 1;
    Serial.println("Starting BME280... ");
    delay(10); // attente de la mise en route du capteur. 2 ms minimum
    // chargement de la configuration du capteur
    capteur.begin(); }
void loop() {
    Serial.print("Température: ");
    Serial.print(capteur.readTempC(), 2);
    Serial.print(" Â°C");
    Serial.print("\t Pression: ");
    Serial.print(capteur.readFloatPressure(), 2);
    Serial.print(" Pa");
    Serial.print("\t humidité relative : ");
    Serial.print(capteur.readFloatHumidity(), 2);
    Serial.println(" %");
    p=capteur.readFloatPressure();
    //altitude=44330*[1-(p/101325)^(1/5,255)];
    valintermed=p/101325;
    Serial.print (valintermed); Serial.println ( "valintermed " );
    puissance=1/5.255;
    Serial.print (puissance); Serial.println ( "puissance " );
    valinter=1-pow(valintermed,puissance);
    Serial.print (valinter); Serial.println ( "valinter " );
    altitude=44330*valinter;
    Serial.print (altitude); Serial.println ( "m " );
    delay(1000); }

```



capteur de pression BME

Les mesures sont conformes à l'évolution de notre altitude en fonction des étages du lycée

## 5. Capteur d'ozone

L'ozone est naturellement présent dans l'atmosphère terrestre, formant dans la stratosphère une couche d'ozone entre 13 et 40 km d'altitude qui intercepte plus de 97 % des rayons ultraviolets du Soleil, mais est un polluant dans les basses couches de l'atmosphère (la troposphère) où il agresse le système respiratoire des animaux et peut brûler les végétaux les plus sensibles.

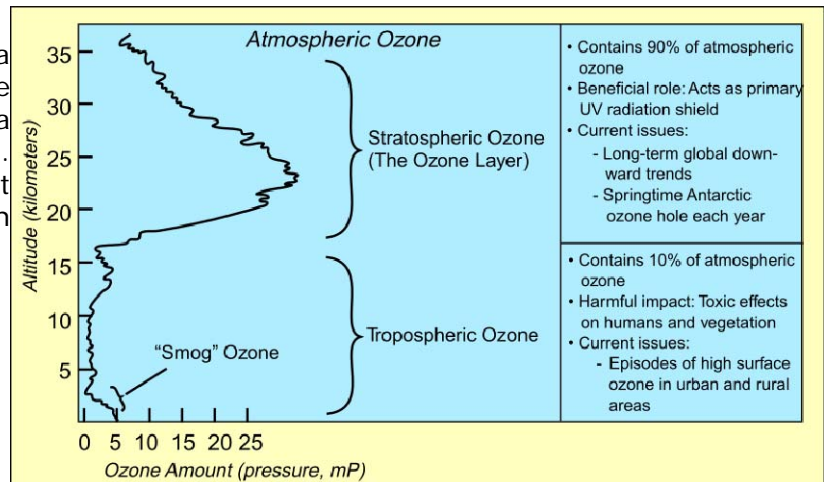
### 5.1. L'ozone atmosphérique

L'ozone est un gaz bleu et odorant de formule chimique  $O_3$

L'ozone est un constituant normal de l'atmosphère. Sa concentration y varie en fonction de l'altitude, de la latitude, de la température, du rayonnement solaire et de la pollution atmosphérique. Il se forme continuellement en haute atmosphère sous l'action photochimique des rayonnements ultraviolets de longueur d'onde inférieure à 250 nm sur l'oxygène de l'air. Dans la stratosphère, à une altitude de 15 à 50 km, la concentration en ozone est d'environ 1 à 10 ppm constituant ce qu'on

appelle la couche d'ozone, bouclier de la terre contre les rayonnements ultraviolets. La concentration habituelle dans l'environnement au niveau du sol varie entre 0,005 et 0,05 ppm.

Nous trouvons de l'ozone dans la stratosphère et dans la troposphère, on le trouve en majeure partie à 10 % dans la troposphère et 90 % dans la stratosphère. On trouve le plus d'ozone entre 20 et 25 km d'altitude avec une pression supérieure à 25 mPa



## 5.2. Impact de l'ozone sur la vie

### Impact sur la santé :

L'ozone peut provoquer une réaction inflammatoire des bronches, et entraîner des lésions du tissu pulmonaire.

L'inhalation d'ozone peut entraîner un certain nombre d'effets sur la santé qui sont observés dans de larges portions de la population. Les symptômes respiratoires peuvent inclure : **toux et irritation de la gorge, du nez et des yeux.**

De nouvelles études de suivi de l'exposition à long terme à l'ozone ont par ailleurs rapporté un rôle de l'ozone sur les nouveaux cas d'asthme et sur la sévérité de l'asthme. Et plusieurs analyses de cohorte réalisées récemment ont montré des effets de l'exposition à long terme à l'ozone sur la mortalité respiratoire. L'ozone pourrait également induire des troubles de la reproduction et du développement.

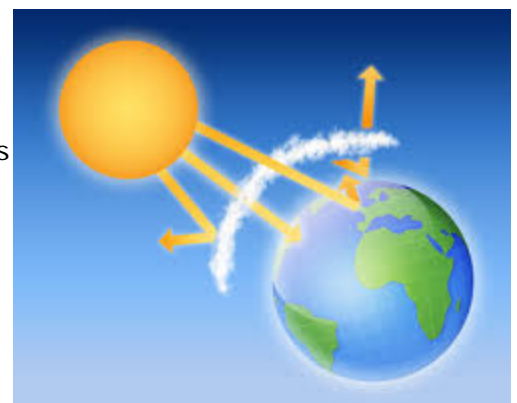
### Impact sur l'environnement :

Sur l'environnement l'ozone peut provoquer des nécroses visibles sur les feuilles et les aiguilles des arbres, pouvant entraîner le dépérissement forestier et une diminution de la croissance végétale. L'ozone peut aussi acidifier l'air, les eaux et les sols, altérant ainsi les cultures, les bâtiments ainsi que les animaux.

La présence d'ozone dans la basse atmosphère est considérée comme un polluant et un gaz à effet de serre.

## 5.3. Le « trou » de la couche d'ozone

La couche d'ozone (représentée en blanc sur le schéma ci-contre) est une couche de gaz très utile qui filtre et ainsi nous protège des rayons du soleil mauvais pour la santé : les rayons ultraviolets (UV).



La couche d'ozone se situe entre 20 et 50 km d'altitude. Le maximum de l'ozone se situe vers 25 km où la concentration d'ozone ne représente qu'environ 5 à 10 millièmes de la concentration atmosphérique. Actuellement, cette couche est affaiblie : c'est ce qu'on nomme « trou dans la couche d'ozone ».

Cet appauvrissement aurait été causé par d'importants apports de CFC et d'autres gaz à base de chlore et de brome dans l'atmosphère, où ils réagissent en dégradant de l'ozone. Ils ont été libérés en quantité par l'Homme par le passé, sont longs à se dégrader mais sont maintenant interdits.



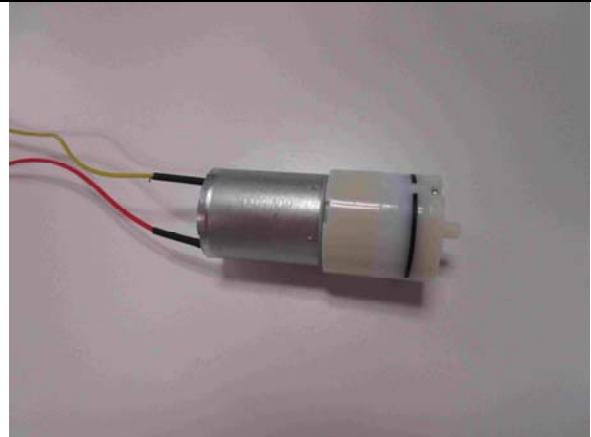
L'effet premier d'une diminution de la « couche d'ozone » est une augmentation de la quantité d'ultraviolets qui parviennent au sol. Cela peut provoquer des dommages sanitaires directs (cancers...) mais impacte également les écosystèmes, notamment en inhibant plus ou moins fortement la photosynthèse (toutefois pour avoir de graves ennuis il serait nécessaire d'avoir une diminution de la « couche d'ozone » bien supérieure à ce qu'elle est aujourd'hui).

On peut savoir si on est concerné par les trous dans la couche d'ozone en envoyant dans la nacelle du ballon un capteur d'ozone. On prendra des mesures tout au long de l'ascension du ballon grâce à un capteur d'Ozone et Arduino, en démarrant au sol.

#### **5.4. Le capteur d'ozone**



capteur d'ozone en phase de test, dans une enceinte où l'on fabrique de l'ozone



Pompe chargée de ventiler le capteur avec de l'air extérieur

```
mq131_calibrate_and_read | Arduino 1.6.6
Fichier Édition Croquis Outils Aide

mq131_calibrate_and_read

#include "MQ131.h"

// Init the sensor
// - Heater control on pin 2
// - Sensor analog read on pin A0
// - Model LOW_CONCENTRATION
// - Load resistance RL of 10KOhms (10000 Ohms)
MQ131 sensor(2,A0, LOW_CONCENTRATION, 10000);

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  Serial.println("Calibration in progress...");

  sensor.calibrate();

  Serial.println("Calibration done!");
  Serial.print("R0 = ");
  Serial.print(sensor.getR0());
  Serial.println(" Ohms");
  Serial.print("Time to heat = ");
  Serial.print(sensor.getTimeToRead());
  Serial.println(" s");
}

void loop() {
  Serial.println("Sampling...");
  sensor.begin();
  Serial.print("Concentration O3 : ");
  Serial.print(sensor.getO3(PPM));
  Serial.println(" ppm");
  Serial.print("Concentration O3 : ");
  Serial.print(sensor.getO3(PPB));
  Serial.println(" ppb");
  Serial.print("Concentration O3 : ");
  Serial.print(sensor.getO3(MG_M3));
  Serial.println(" mg/m3");
  Serial.print("Concentration O3 : ");
  Serial.print(sensor.getO3(UG_M3));
  Serial.println(" ug/m3");

  delay(10000);
}
```

Le programme de ce capteur mq131 fait appelle à une librairie en open source MQ131.h

Librairie qui contient toutes les données d'étalonnage et de conversion en ppm

## 6. Flux solaire

### 6.1. Définition

Le flux solaire est le flux d'énergie radiative émis par le soleil c'est-à-dire le rayonnement *solaire*. Il est constant et égal à  $1360,8 \text{ W.m}^{-2}$  à la limite supérieure de l'atmosphère.

Cette énergie est dissipée sur l'ensemble de la surface terrestre (soit sur quatre fois la surface du grand disque équatorial).

Le rayonnement solaire incident moyen sur la surface totale est :  $340 \text{ W.m}^{-2}$

On veut le mesurer aux différents étages de l'atmosphère.

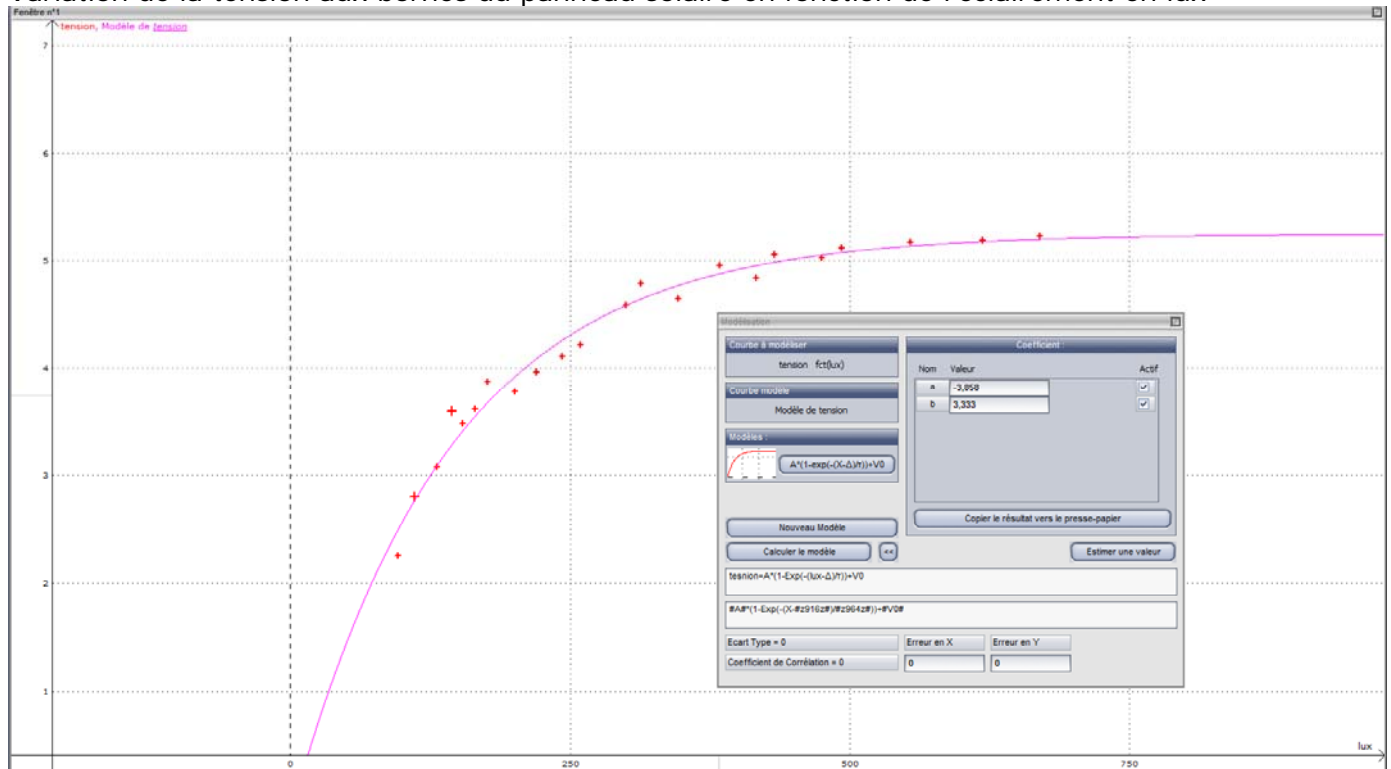
### 6.2. Panneau solaire

Etalonnage du panneau solaire afin de relier la tension mesurée au flux de lumière en lux

Montage mesurant la tension reçue par un panneau solaire au cours de l'altitude

Etalonnage au laboratoire avec une lampe et un luxmètre

Variation de la tension aux bornes du panneau solaire en fonction de l'éclairement en lux





### 6.3. Index UV

L'indice UV est une échelle qu'a définie l'OMS afin de normaliser au niveau mondial la mesure du niveau de rayonnement ultraviolet. Cet indice prend comme valeur un entier de 1 à 11+, croissant en fonction de l'intensité du rayonnement ultraviolet, et donc du caractère néfaste de son impact sur la santé. Il peut dépasser le niveau 11 en montagne (altitude) ainsi que dans certaines régions du monde où les trous dans la couche d'ozone sont particulièrement prononcés, comme l'hémisphère Sud.

Les valeurs de l'indice UV se regroupent en cinq plages, chacune définissant un niveau de risque physiologique :

Indice UV	Niveau de risque	Couleur	Protection(s) recommandée(s)
1-2	Faible		Port de lunettes de soleil en cas de journées ensoleillées.
3-5	Modéré		Se couvrir et porter un chapeau et des lunettes de soleil. Appliquer un écran solaire de protection moyenne (indice de protection de 15 à 29), surtout pour une exposition à l'extérieur pendant plus de trente minutes. Rechercher l'ombre aux alentours de midi, quand le soleil est au zénith.
6-7	Élevé		Réduire l'exposition entre 11 h et 17 h. Appliquer un écran solaire de haute protection (indice de 30 à 50), porter un chapeau et des lunettes de soleil, et se placer à l'ombre.
8-10	Très élevé		Sans protection, la peau sera endommagée et peut brûler. L'exposition au soleil peut être dangereuse entre 11 h et 17 h ; la recherche de l'ombre est donc importante. Sont recommandables le port de vêtements longs, d'un chapeau et de lunettes de soleil, ainsi que l'application d'un écran solaire de très haute protection (indice + 50).
11+	Extrême		La peau non protégée sera endommagée et peut brûler en quelques minutes. Toute exposition au soleil est dangereuse, et en cas de sortie il faut se couvrir absolument (chapeau, lunettes de soleil, application d'un écran solaire de très haute protection d'indice + 50).



Ces lampes UV, font virer la carte sensible aux UV, elles sont utilisées pour vérifier la variation de l'index UV en fonction de l'éloignement de ces lampes par rapport au capteur.

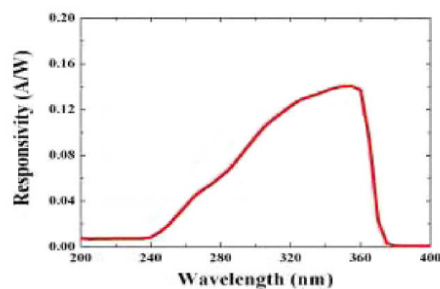
Le capteur GUVA de lumière UV (photo ci-contre) va nous permettre de mesurer le spectre de lumière UV de 240 nm à 370 nm ce qui couvre le spectre UVB.

L'Extrait de la datasheet du capteur nous montre la réponse linéaire pour la longueur d'onde UVB.

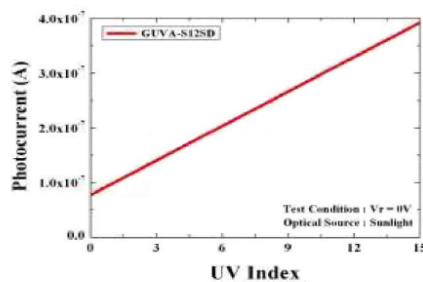
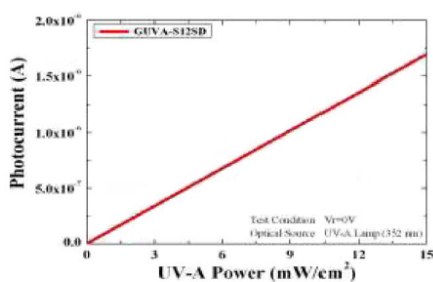




## Responsivity Curve



## Photocurrent along UV Power



```
capteur_UV_index | Arduino 1.6.6
Fichier Édition Croquis Outils Aide

capteur_UV_index

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  float sensorVoltage;
  float sensorValue;

  sensorValue = analogRead(A0);
  sensorVoltage = sensorValue/1024*5;
  //float voltage = sensorValue / 1024.0;
  int uv_index = sensorVoltage / 0.1;

  Serial.print("sensor reading = ");
  Serial.print(sensorValue);
  Serial.println("");
  Serial.print("sensor voltage = ");
  Serial.print(sensorVoltage);
  Serial.println(" V");
  Serial.print("uv_index");
  Serial.println( uv_index);
  delay(1000);
}
```

Programme permettant de mesurer l'évolution de l'index UV en fonction de l'altitude de la nacelle

Le capteur mesure une tension directement proportionnelle à l'index UV.

UV Index	0	1	2	3	4	5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606
Analog Value	<10	46	65	83	103	124
UV Index	6	7	8	9	10	11 <sup>+</sup>
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+
Analog Value	142	162	180	200	221	240

## 7. Etude du territoire

### 7.1. La Ferté Macé se situe au sein du bocage Normand

On appelle **bocage** une région rurale où les champs cultivés et les prés sont enclos par des levées de terre ou talus portant des haies et taillis, et des alignements plus ou moins continus d'arbres et arbustes sauvages ou fruitiers.

Le Bocage normand est un vaste ensemble bocager s'étendant sur tout le flanc ouest de la région Basse-Normandie. (Le parisien)



alignement d'arbres

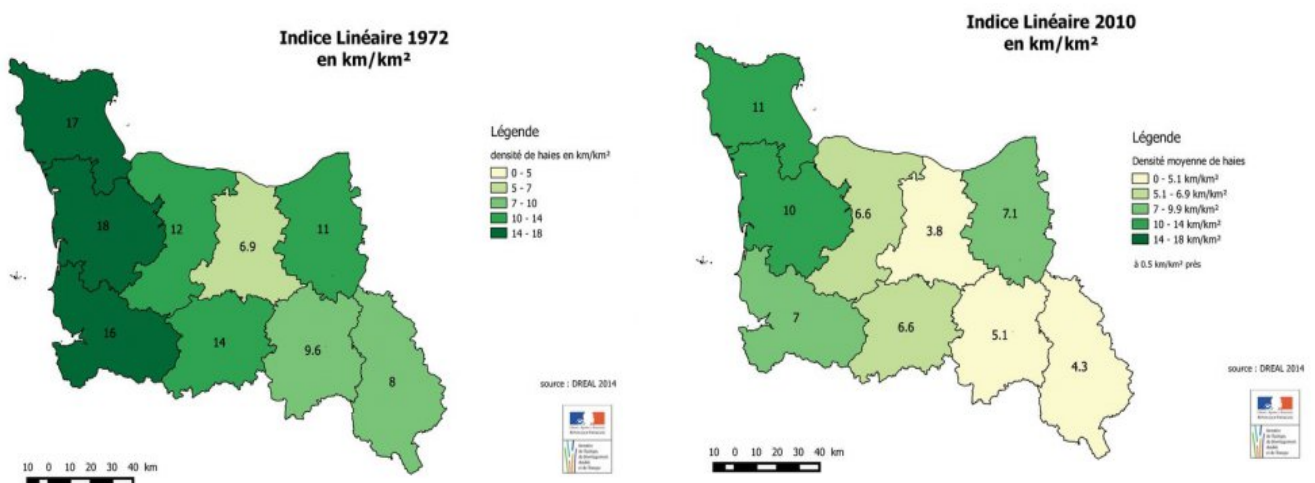
champs cultivés/près

### 7.2. La haie est un élément marquant du bocage

Au Moyen-Age, l'espace bocager se situe en bordure de forêt. Les haies des parcelles bocagères empêchent aux animaux sauvages d'accéder aux parcelles cultivées. Au XIII<sup>ème</sup> siècle quand la pratique de l'élevage se développe, les haies servent de clôtures naturelles pour les prairies. A partir des années 1960-1980 une régression rapide du bocage est provoquée par les remembrements et par l'urbanisation et la péri-urbanisation qui mitent le territoire avec des constructions diffuses. A la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle les bocages sont à leur apogée.

<http://didier.virion.free.fr/rouldeni/role.html>

Le bocage normand est en évolution comme le montre les évaluations de linéaires de haie.



### Indice linéaire de la densité des haies

Sur ces deux images on peut voir que la quantité d'haies a fortement diminué entre 1972 et 2010.



## Et qu'en est-il aux alentours du lycée ?

On remarque que le bocage Fertois change au cours du temps. Les haies disparaissent par endroits.



Les alentours du lycée en décembre 2006

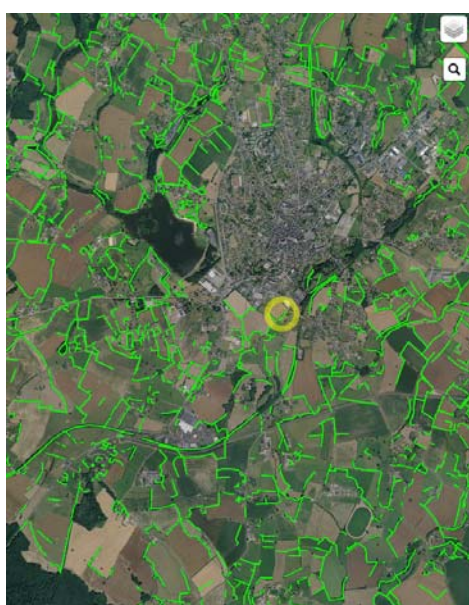


Les alentours du lycée en décembre 2015

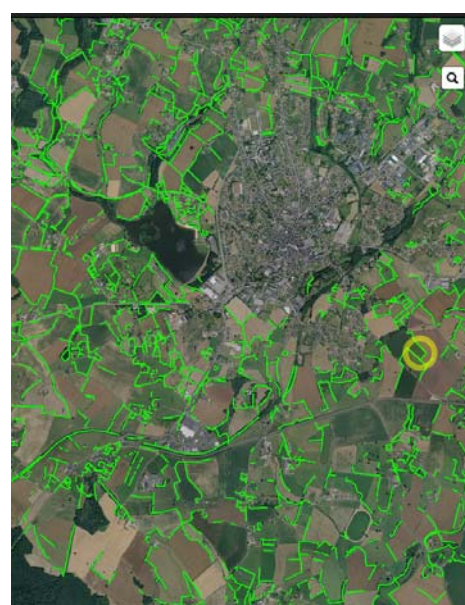
On remarque que les champs étaient beaucoup plus petits en 1984 qu'en 2016, montrant aussi qu'il y a moins de haies



1945



2000



2010

— haies

Comparaison des haies autour de la ville de la Ferté-Macé entre 1945 (à gauche) et 2010 (à droite)

On peut voir qu'en 1945 il y avait un nombre plus important de haies (représentées par les lignes vertes) par rapport en 2010, elles sont donc en régression.

Les haies servaient à l'époque de limitation des champs ; à récupérer l'excès d'eau, ainsi qu'un rôle de biodiversité.

Les propriétés des haies restent, mais sachant qu'on en a moins qu'à l'époque on profite alors moins de ces avantages.



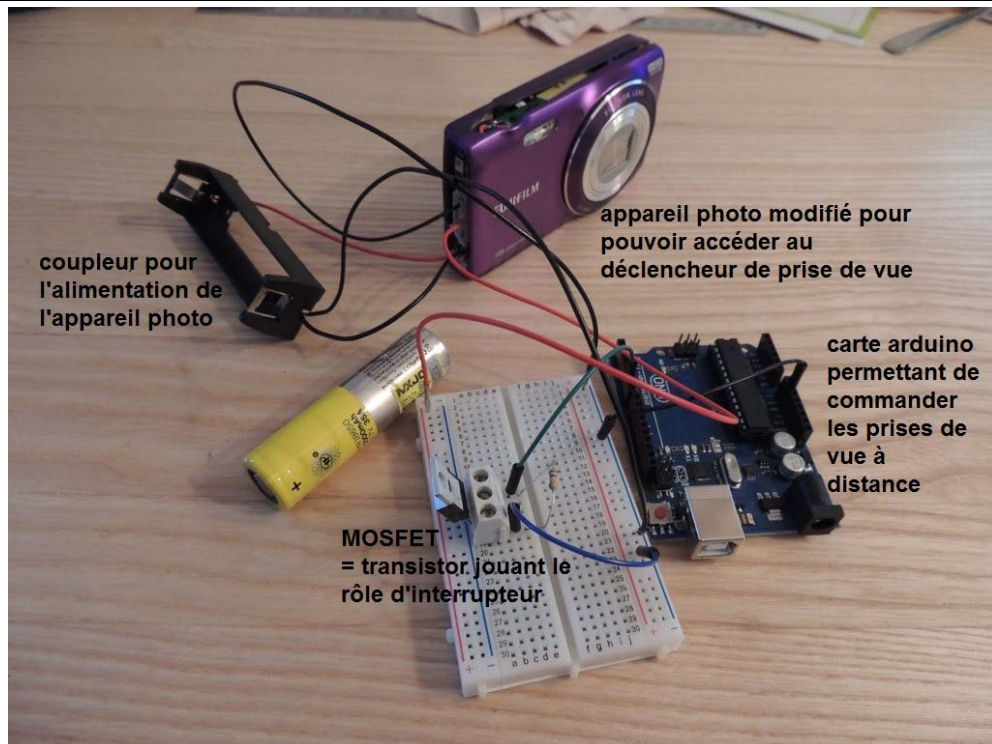
### 7.3. Etude de l'état actuel des haies autour du lycée réalisée grâce au ballon stratosphérique

L'objectif est de photographier l'environnement autour du lycée et plus largement autour de La Ferté Macé en prenant des photographies régulièrement au cours de l'ascension du ballon.

Nous disposons d'un appareil photo de marque fujifilm que nous allons déclencher toutes les 30 secondes à l'aide d'une commande faite par arduino. Il sera placé sur le fond de la nacelle.

Exemple de programme commandant l'interrupteur de l'appareil photo

```
c_cpp
1 int pinMoteur=7;
2 void setup(){
3     pinMode(pinMoteur,OUTPUT);
4 }
5 void loop(){
6     digitalWrite(pinMoteur,HIGH); //le moteur se lance
7     delay(1000);
8     digitalWrite(pinMoteur,LOW); //le moteur s'arrête
9     delay(1000);
10 }
```



Le système de déclencheur de l'appareil photo

Les images seront récupérées après l'atterrissage de la nacelle.

Nous disposons aussi d'une caméra que nous placerons sur le côté de la nacelle, la batterie testée au congélateur (-12°C), nous permet de filmer pendant 1h10minutes, ce qui devrait nous permettre de visualiser la rotondité de la Terre.

### 8. Transmission des DATA par onde radio et localisation par GPS

Nous allons utiliser le système Kikiwi fourni par Planète Sciences.

L'élément principal est la carte embarquée d'acquisition des mesures, placée dans la nacelle et connectée aux différents appareils de mesure (arduino pour T, P, CH4 O3...)

Le kikiwi board envoie les données par ondes radio à la station kikiwi

Alimentation 6 à 20V

Interrupteur  
ON/OFF

8 MESURES  
Tensions de 0 à 3Volts

Port série

GPIO

GPS

GSM

Micro USB

Atmel 2560

Transceiver  
Emt/Rec

Gamme de  
fréquence : 869 MHz

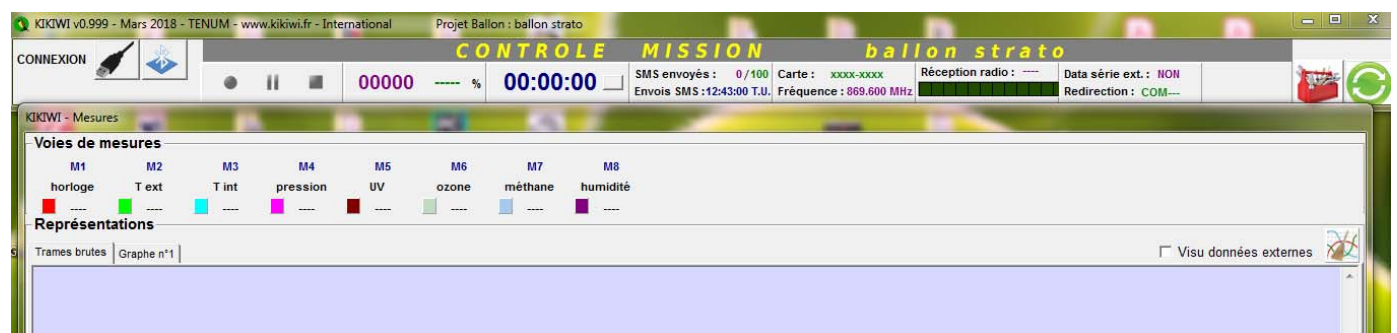
La station kikiwi permet de recueillir les informations envoyées par le kikiwi board au cours du vol (mesures et localisation). Elle se connecte à un téléphone portable via une application dédiée.



Cette station est remplacée par une clé-station de portée environ 10m pour toutes les phases de test en laboratoire.



Le logiciel Kikiwi soft permet de gérer les paramètres à enregistrer au cours du vol.



Les données seront transmises en temps réel au sol, mais elles seront aussi enregistrées sur carte SD directement par les cartes arduino embarquées.

Le GPS du Kikiwi va permettre de géolocaliser la nacelle au cours du vol et aussi lors de son atterrissage, ce qui devrait faciliter sa récupération.

## 9. Prévision de la trajectoire

La trajectoire dépend des conditions météorologiques locales.  
Des modèles permettent de la prévoir.  
Elle sera suivie grâce au GPS embarqué du kikiwi.



## 10. Analyse des données

La suite après le vol et la récupération des données

# DECOLLAGE LE 7 MAI

Conclusion et analyse après l'atterrissage

Merci à Jody pour tous ses dépannages en programmation, à Planète sciences, au CNES, à Cgénial , à sciences à l'école, aux élèves de BTS SCBH , aux collégiens de J Brel, au lycée des Andaines

Les élèves du groupe d'accompagnement personnalisé de 1ere S et ES du lycée des Andaines



**COOMANS Loïc / FLANDRIN Marceau/ BILCARD-TERRIER Dylan /BESNEUX Curtis / MAUGER Clément /DAVY Siriane  
MARTEL Théo /BERSON Hugo / VAPAILLE Alexis / ROMAIN Antoine /MAUSSION Elise - GUYARD Théo**