

# Atelier fabrication de capteurs de qualité de l'air Aircitizen

Mercredi 24 Juillet 2019



Maison des acteurs du Paris durable



<https://aircitizen.org/>

LE PROJET AIRCITIZEN



[aircitizen@gmail.com](mailto:aircitizen@gmail.com)



AirCitizen



LE PROJET

LES ATELIERS

LES CONTRIBUTEURS

LES DONNÉES

EN SAVOIR +



# AirCitizen

*Mesures citoyennes de la qualité de l'air*



Construire



Mesurer



Partager

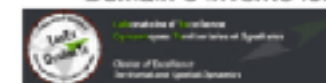
PMC LAB  
PARIS MONTREUIL CITE DES INNOVATIONS

CIST

SORBONNE  
UNIVERSITÉS

FabLab  
SORBONNE UNIVERSITÉS

île de France  
Demain s'invente ici



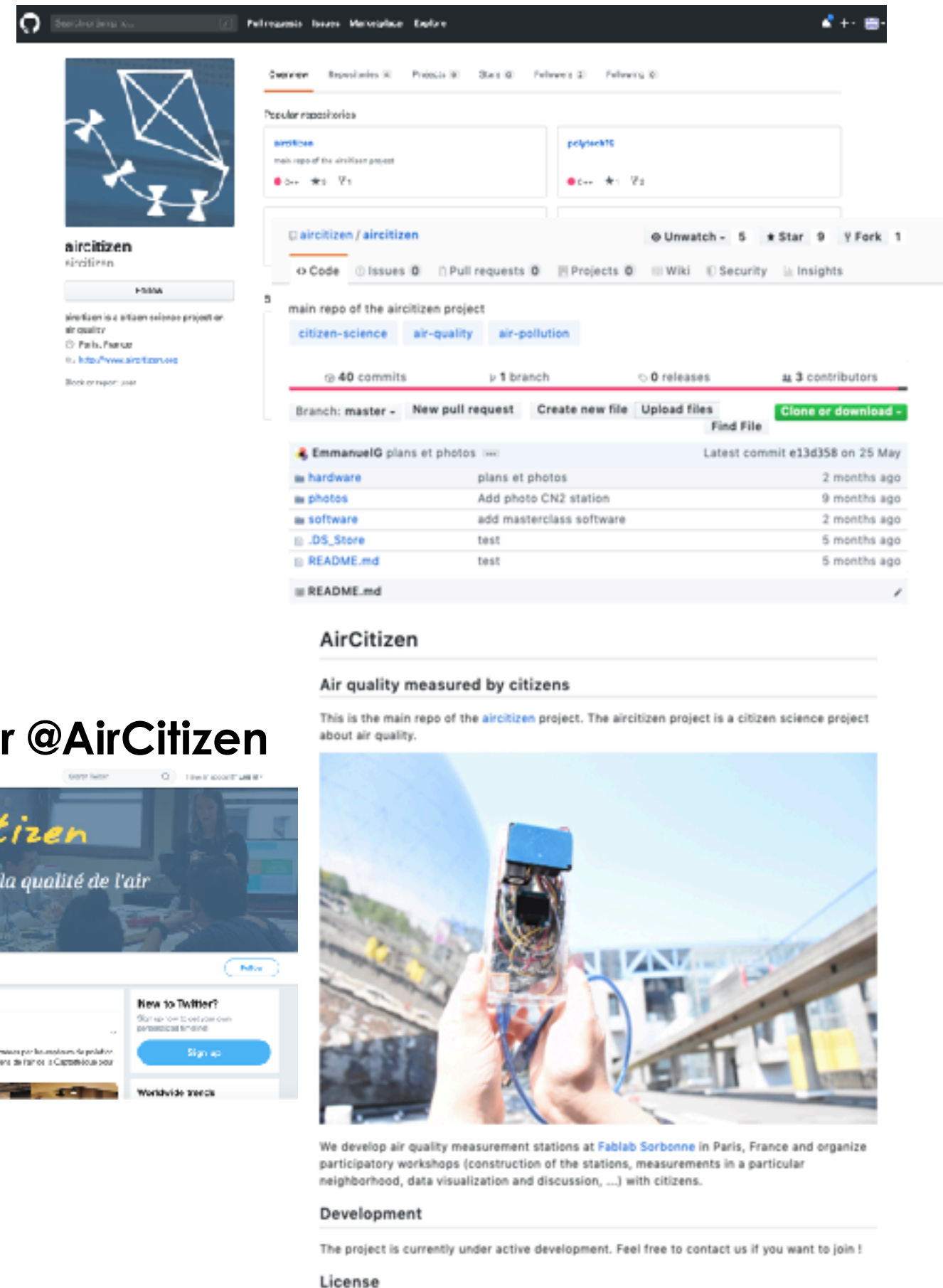
PHENIX

# Un wiki avec un descriptif de nos actions

<https://aircitizen.org/wiki/>



# Une documentation technique sur GitHub



twitter @AirCitizen

<https://github.com/aircitizen/aircitizen>



# **Objectifs de l'atelier :**

**Fabriquer son capteur de qualité de l'air**

**Faire des mesures et les enrichir de métadonnées**

**Mieux comprendre les concentrations en particules**

**... participer au projet AirCitizen ?**

**2 mots sur la pollution de l'air**

# La pollution de l'air

Pierre Verdy ; Patrick Kovarik - AFP ; montage BFMTV



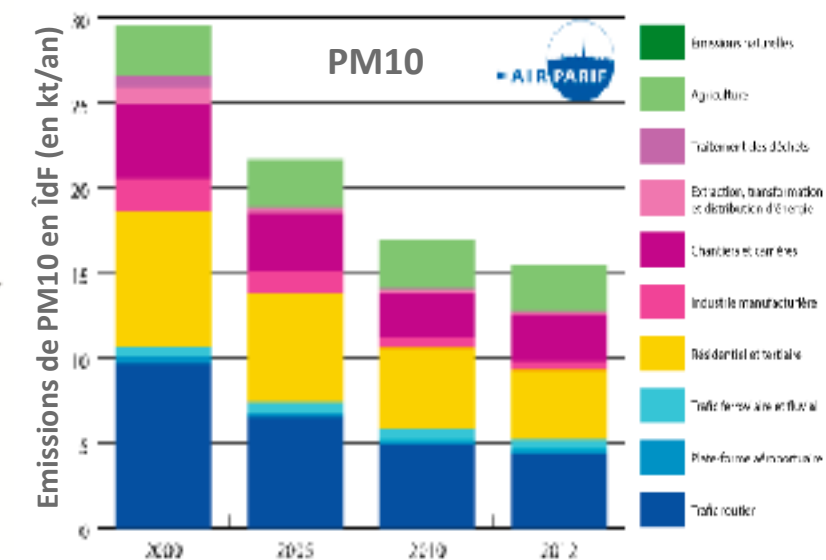
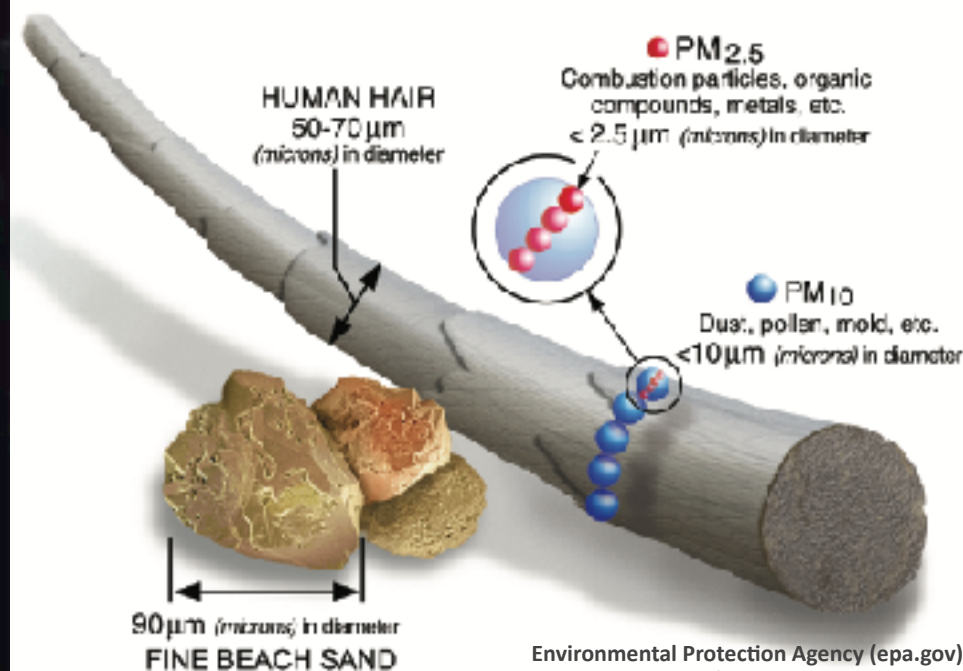
O<sub>3</sub>  
NO<sub>2</sub>  
COV  
CO<sub>2</sub>

PM *particulate matter*  
particules en suspension

PM10

PM2.5

...

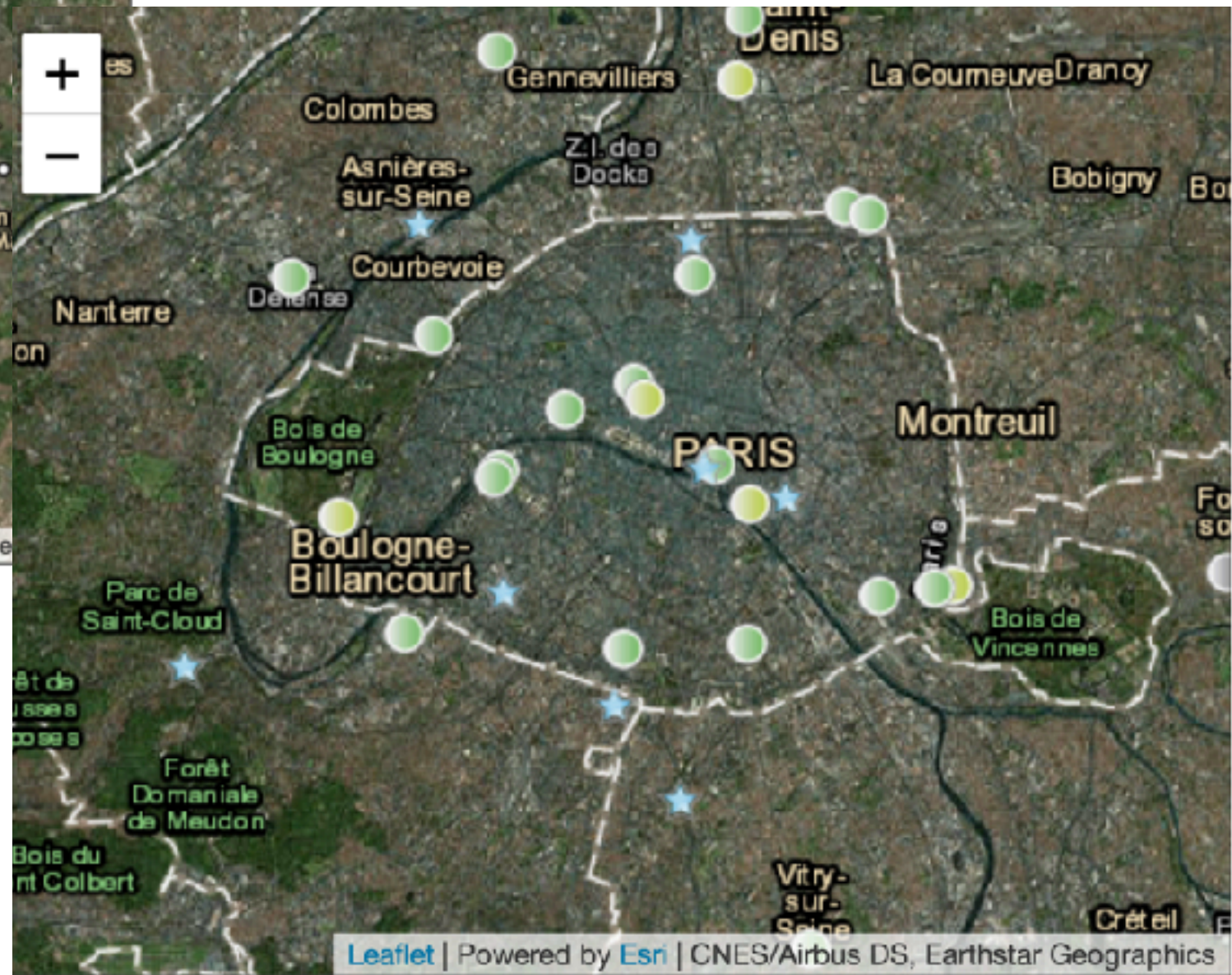
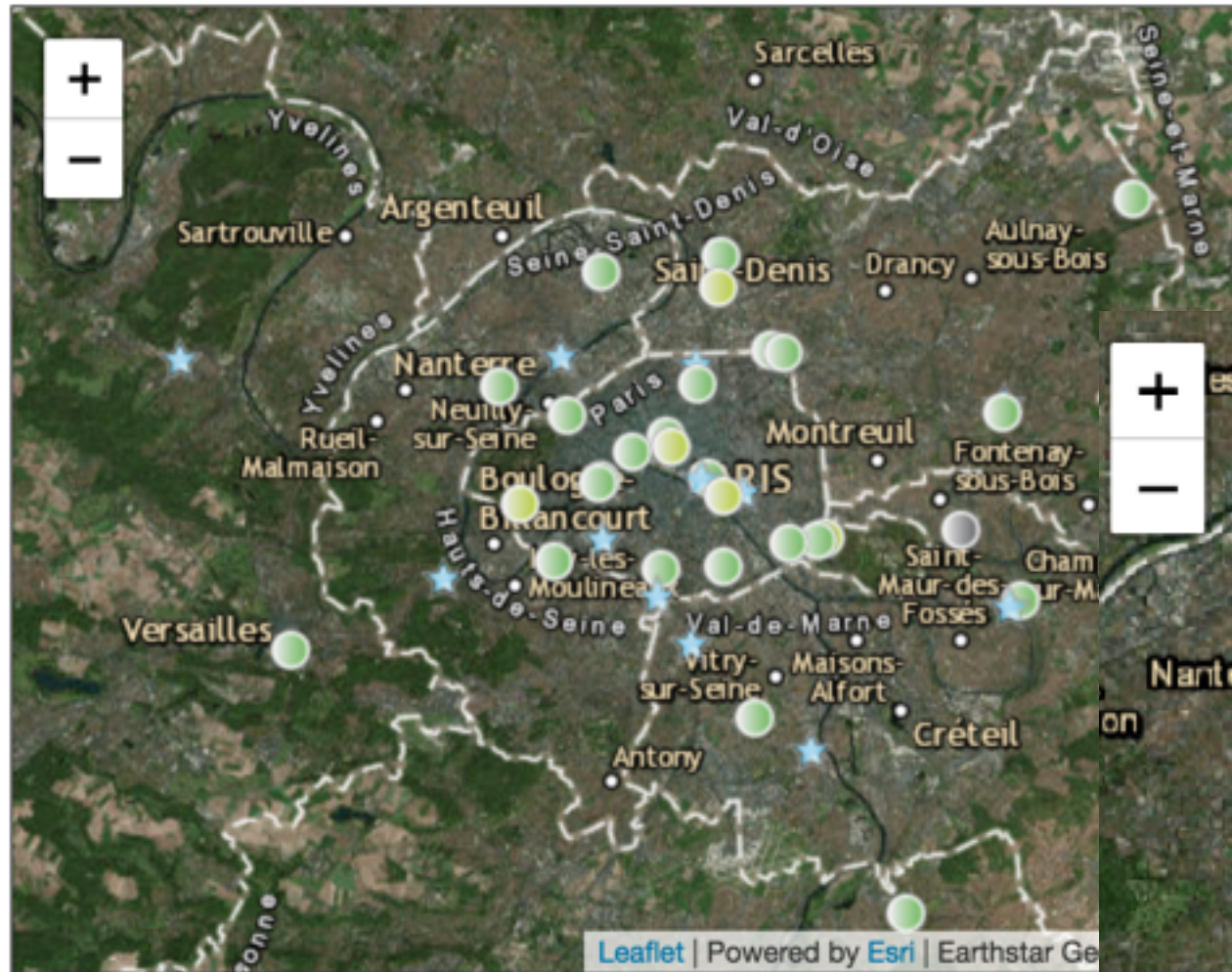




# LE RESEAU DES STATIONS D'OBSERVATION



57 stations fixes en Ile-de-France



les stations de référence



- fond
- trafic
- observation

<https://www.airparif.asso.fr/stations/index>



# CARTES TEMPS RÉEL ET APP ITINÉR'AIR: HOR'AIR

modélisation à partir de la météo, des observations dans les stations,  
du trafic routier, etc



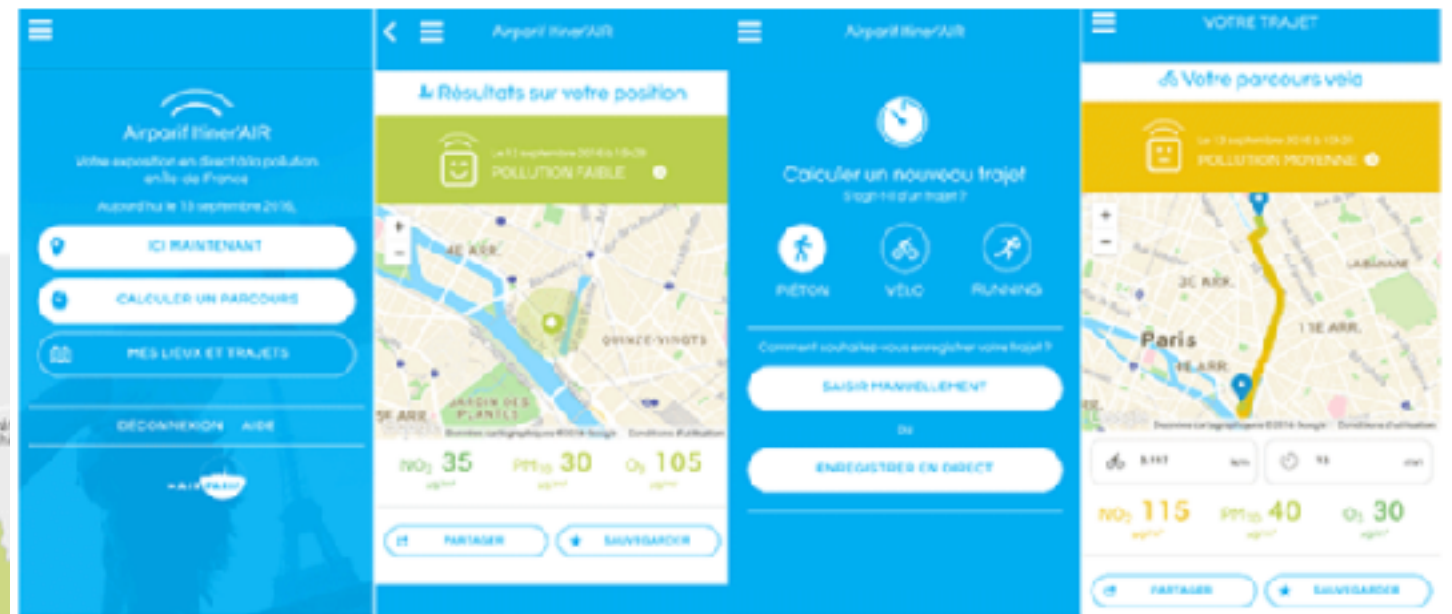
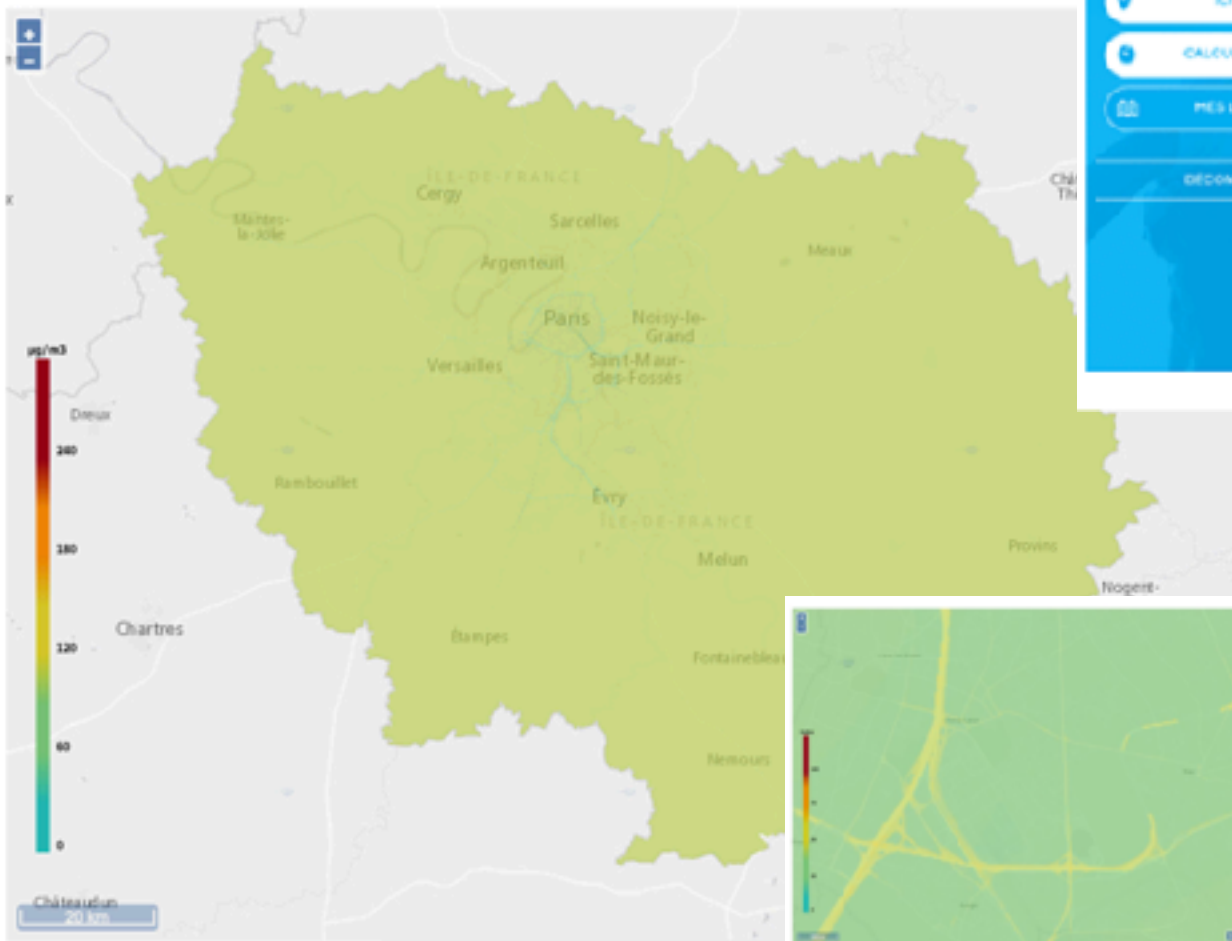
► Cartes temps réel

Retrouvez ici toutes les cartes Haute Définition près de chez vous, rue par rue, partout en Île-de-France. Ces cartes intègrent toutes les données de pollution en temps réel pour les polluants problématiques de la région : dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> et l'ozone (O<sub>3</sub>). Les niveaux de pollution peuvent varier au cours de la journée (par exemple durant les pointes du trafic du matin ou du soir), ces cartes en temps réel sont mises à disposition pour chaque heure et permettent de visualiser ces variations au cours de la journée. En parallèle, les **cartes journalières** prévues pour aujourd'hui et demain permettent de comprendre ce à quoi vous êtes exposés en moyenne sur l'ensemble de la journée (en lien notamment avec les procédures d'information et d'alerte).

Vous pouvez consulter votre exposition heure par heure tout au long de la journée et pour chaque polluant via les cartes ci-dessous.

L'application **Airparif Itiner'AIR** utilise le système de géolocalisation du smartphone pour afficher les niveaux des polluants issus de ces cartes haute résolution.

Cartes



itinér'air

site airparif



hor'air

<https://www.airparif.asso.fr/indices/horair>



**mais que peut bien apporter  
la mesure participative  
de la qualité de l'air  
par les citoyen·ne·s ?**

# **mesure $\neq$ modélisation**

**et il est bien difficile de tout prévoir !!!**

## **exposition individuelle**

### **chez soi, dans les déplacements quotidiens**

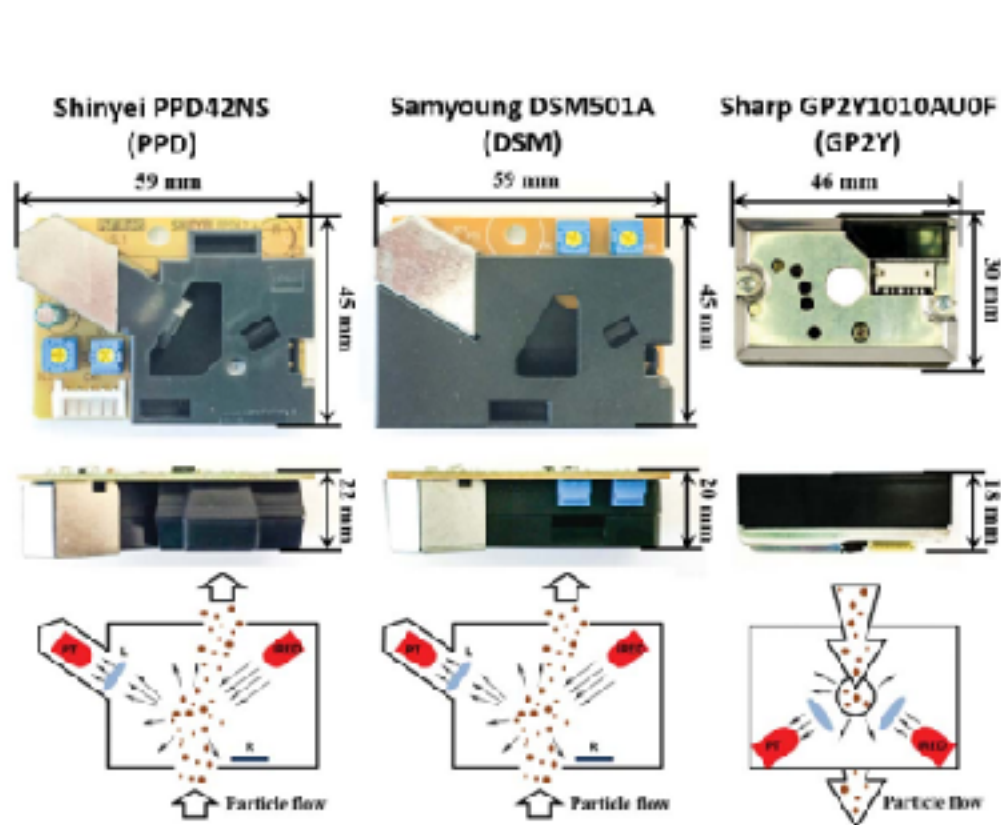
**motivation pour les individus qui participent ?  
intéressant pour les chercheurs (intégration de la mesure  
individuelle dans un ensemble multi-échelles)**



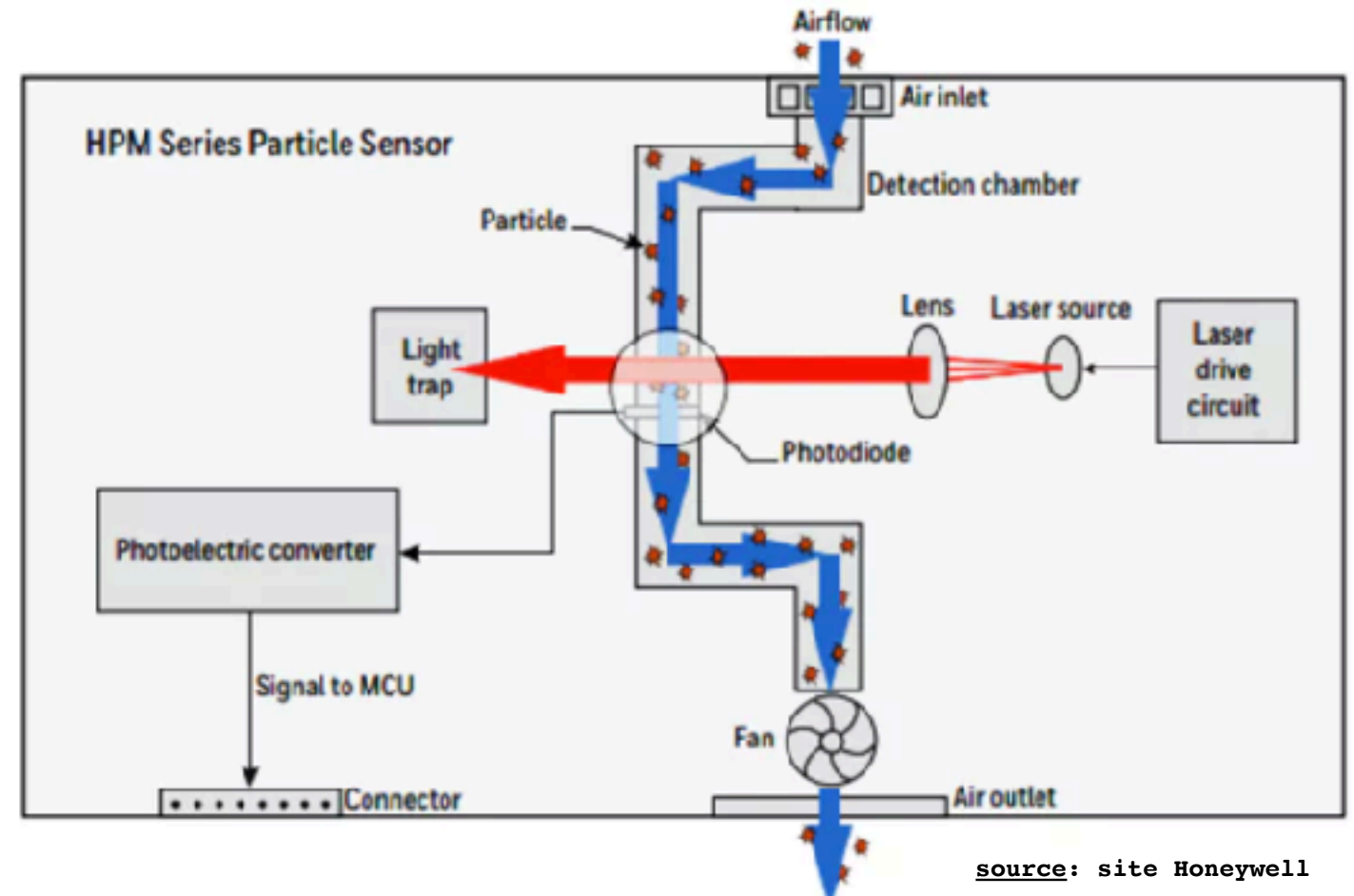
**2 mots sur les capteurs**

# Capteurs de particules - exemples

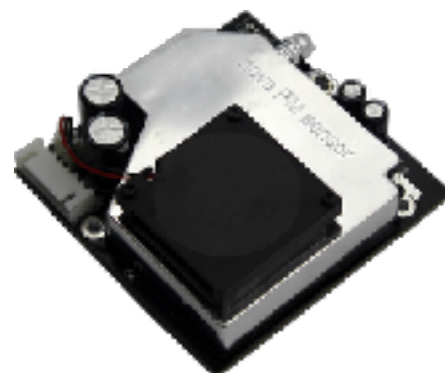
principe physique : diffusion de la lumière



source: Aerosol Science and Technology, 40:1063-1077, 2015



source: site Honeywell



....

source: sites Plantower, Nova Fitness, Honeywell



# Capteurs de gaz - exemples

capteurs "résistifs"

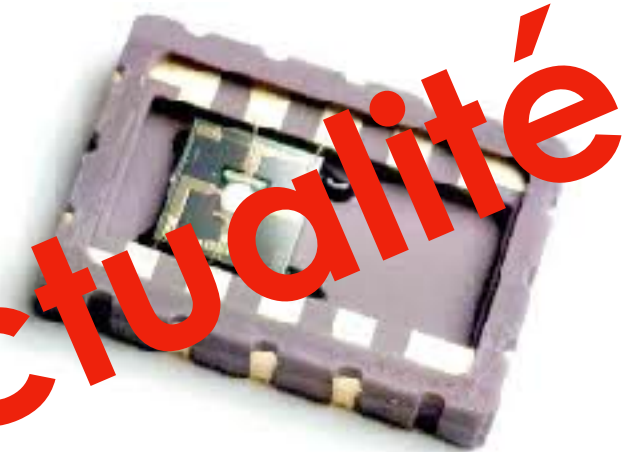
faible coût (5-30€) mais pb de fiabilité, de dérive...



source: [saintsmart.com](http://saintsmart.com)



source: [sgx.sensortek.com](http://sgx.sensortek.com)



capteurs électrochimiques

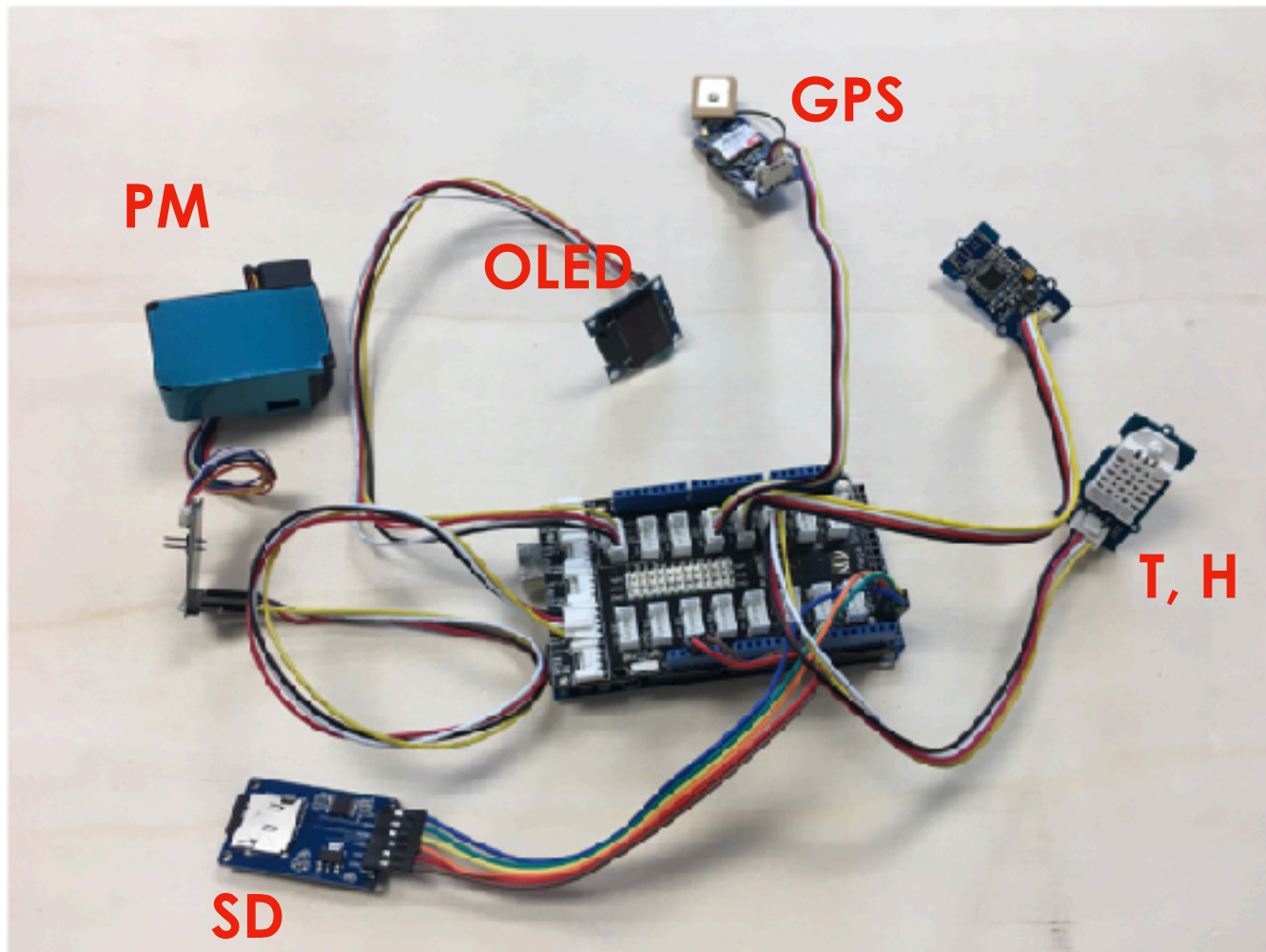


plus chers mais plus fiables *a priori*  
utilisés dans les mini-stations (~5000€)  
sensibilité à température, humidité, flux d'air...  
pas simple à utiliser



source: sites [alphasense](http://alphasense.com), [Winsen](http://Winsen.com)

# La station que vous allez assembler !



- arduino MEGA
- shield grove
- GPS
- température et humidité
- particules PM (10, 2.5, 1)
- écran OLED
- enregistreur SD
- batterie

+ boîtier fabriqué avec découpeuse laser

autonomie (pas de smartphone), simple à assembler (pas de soudure)



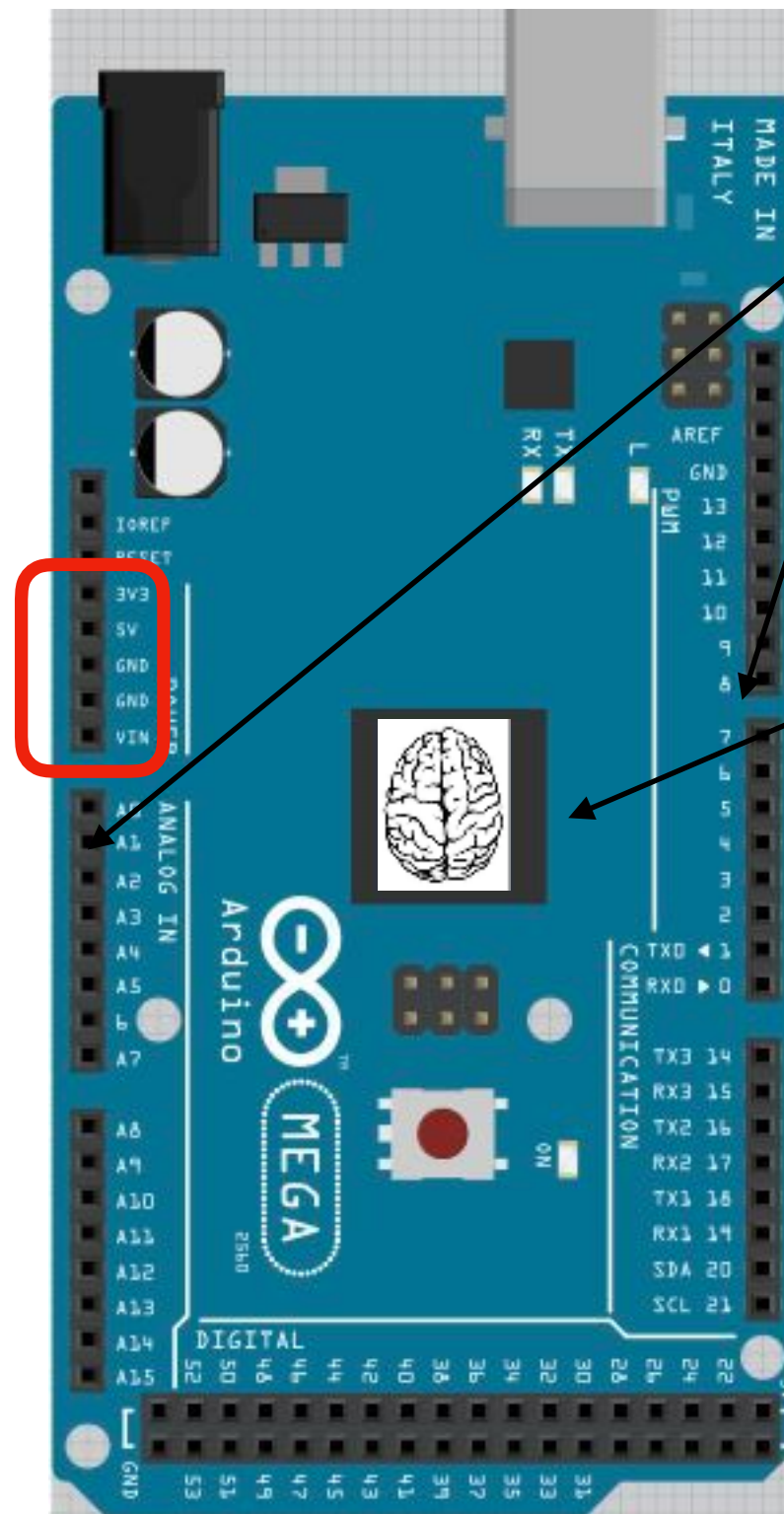
# Arduino MEGA : “le cerveau”

USB  $\longleftrightarrow$  ordinateur (communication “série”)

alimentation  
“énergie”  
 $V_{cc} = 5V$  ou  $3.3V$



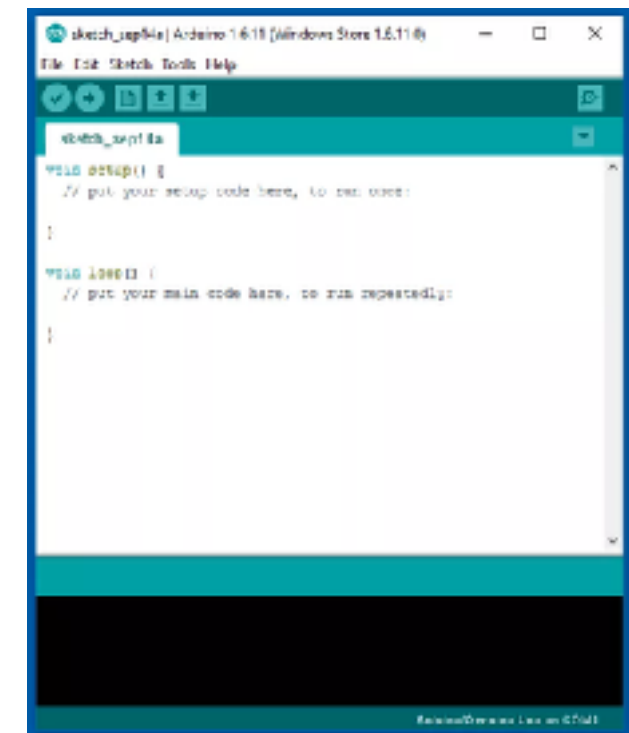
GND



entrées/sorties



microcontrôleur (“cerveau”)  
exécute le programme



# Shield grove MEGA

prototypage classique

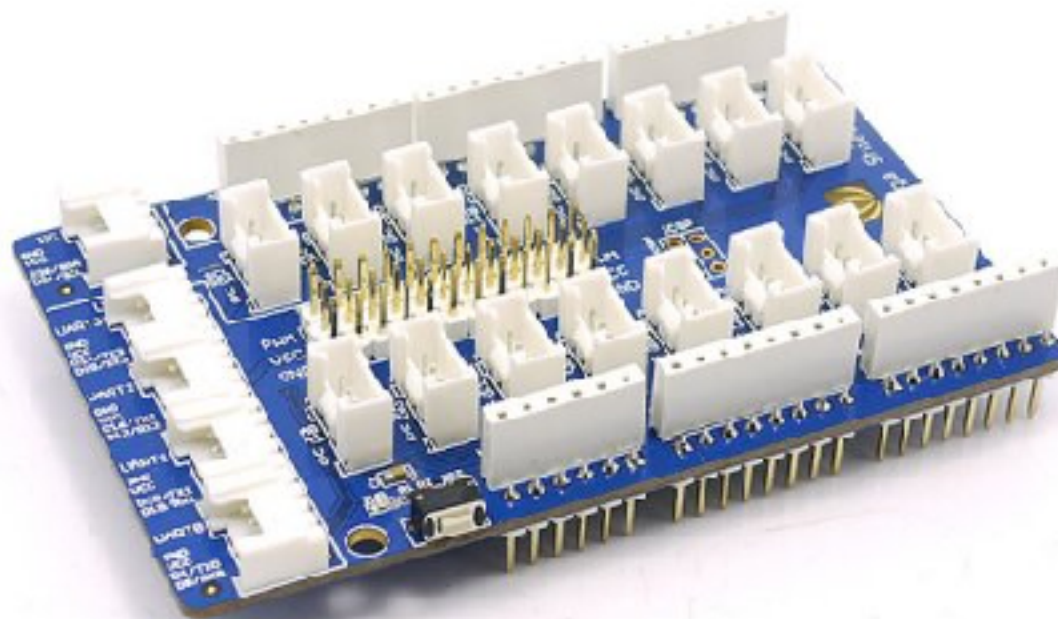


fragile...

le système grove



robuste, détrompeur (évite les court-circuits)



capteurs environnementaux



le “shield” empilable sur la méga

# Température et Humidité relative



Wiki et bibliothèque

Exemple : test\_grove\_DHT-mega

Test avec IDE/Moniteur série

**A vous de jouer !**

bibliothèque : GroveDHT

```
#include "DHT.h"
```

```
dht DHT; // the sensor
```

```
#define DHT22_PIN 2 // connected on D2 on Arduino Mega
```

```
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)
```

```
void setup()
```

```
{  
  Serial.begin(9600);  
  Serial.println("DHTxx test!");  
}
```

initialisation

```
void loop()
```

```
{  
  int chk = DHT.read22(DHT22_PIN);  
  float h = DHT.humidity;  
  float t = DHT.temperature;
```

boucle répétée

```
  // check if returns are valid, if they are NaN (not a number) then something went wrong!  
  if (isnan(t) || isnan(h))  
  {  
    Serial.println("Failed to read from DHT");  
  }  
  else  
  {  
    Serial.print("Humidity: ");  
    Serial.print(h);  
    Serial.print(" %\r");  
    Serial.print("Temperature: ");  
    Serial.print(t);  
    Serial.println(" *C");  
  }  
}
```



# GPS : position et heure

communication série = UART / Software Serial 10-11  
bibliothèque : TinyGPSPlus, test de l'exemple



Branch: master TinyGPSPlus / examples / BasicExample / BasicExample.ino Find file Copy path

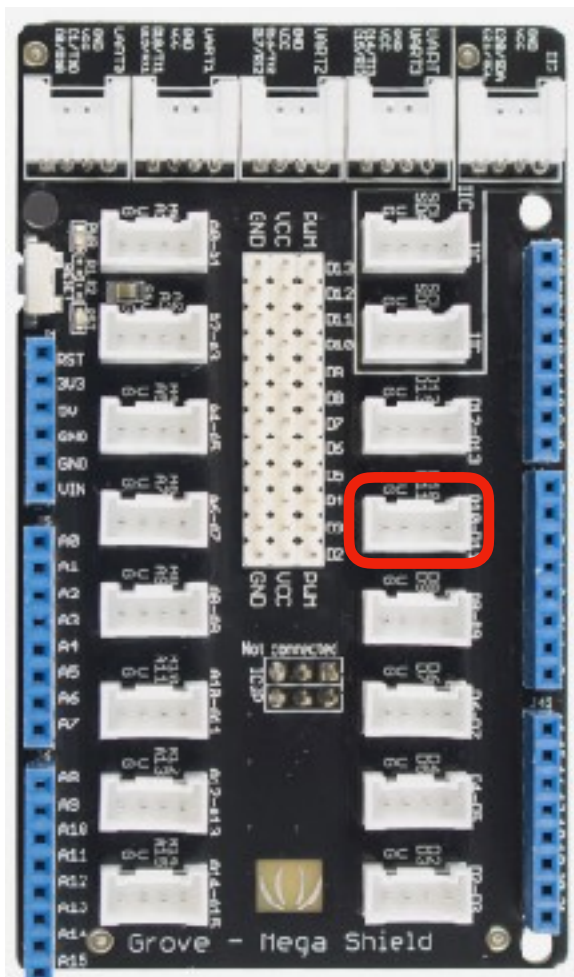
Mikal Hart Fixed problem reported by dbrooke where small positive latitudes and ... 485259f on 26 Nov 2013

1 contributor

92 lines (88 sloc) 2.38 KB Raw Blame History

```
1 #include <TinyGPS++.h>
2 /*
3  * This sample sketch should be the first you try out when you are testing a TinyGPS++
4  * (TinyGPSPlus) installation. In normal use, you feed TinyGPS++ objects characters from
5  * a serial NMEA GPS device, but this example uses static strings for simplicity.
6  */
7
8 // A sample NMEA stream.
9 const char *gpsStream =
10 "$GPRMC,045103.000,A,3014.1984,N,09749.2872,W,0.07,161.46,030913,0.0,A*7C\r\n"
11 "$GPRGA,045104.000,3014.1985,N,09749.2873,W,1.09,1.2,211.6,M,-22.5,M,0000*62\r\n"
12 "$GPRMC,045209.000,A,3014.3826,N,09748.5514,W,36.88,65.02,030913,0.0,A*77\r\n"
13 "$GPRGA,045201.000,3014.3864,N,09748.9411,W,1.10,1.2,200.8,M,-22.5,M,0000*6C\r\n"
14 "$GPRMC,045251.000,A,3014.4275,N,09749.0626,W,0.51,217.90,030913,0.0,A*7D\r\n"
15 "$GPRGA,045252.000,3014.4273,N,09749.0628,W,1.09,1.3,206.9,M,-22.5,M,0000*6F\r\n"
16
17 // The TinyGPS++ object
18 TinyGPSPlus gps;
19
20 void setup()
21 {
22   Serial.begin(115200);
23
24   Serial.println(F("BasicExample.ino"));
25   Serial.println(F("Basic demonstration of TinyGPS++ (no device needed)"));
26   Serial.print(F("Testing TinyGPS++ library v. ")); Serial.println(TinyGPSPlus::libraryVersion());
27   Serial.println(F("by Mikal Hart"));
```

<https://github.com/mikalhart/TinyGPSPlus/blob/master/examples/BasicExample/BasicExample.ino>

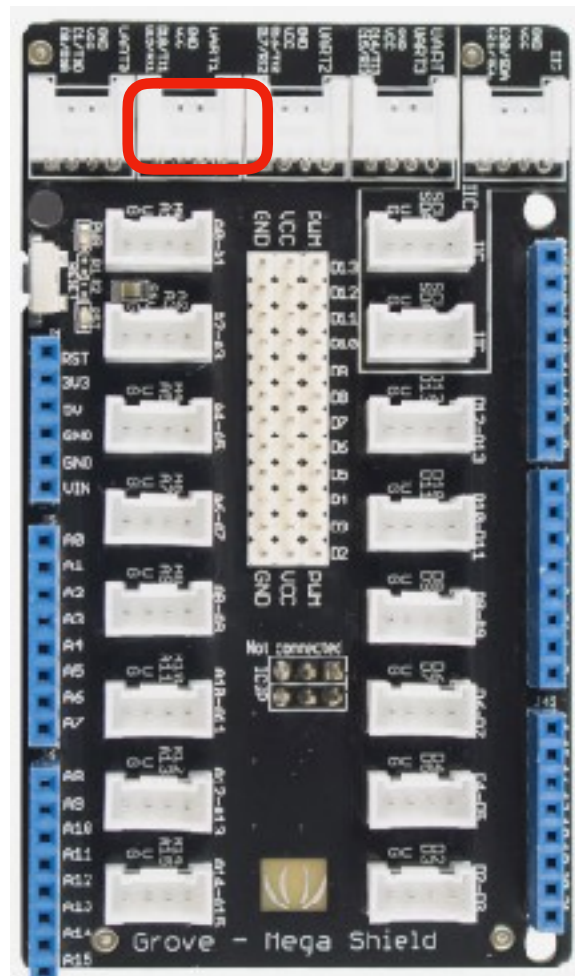


# Capteurs de particules PM

communication série = UART / Serial1



plantower PMS3003



```
...
Serial1.begin(9600);
...

void sckPMS()
{
    if(Serial1.find(0x42)){
        Serial1.readBytes(buf,LENG);

        if(buf[0] == 0x4d){
            if(checkValue(buf,LENG)){
                PM01Value=transmitPM01(buf); //count PM1.0 value of the air detector module
                lastPM1 = PM01Value;
                PM2_5Value=transmitPM2_5(buf); //count PM2.5 value of the air detector module
                lastPM25 = PM2_5Value;
                PM10Value=transmitPM10(buf); //count PM10 value of the air detector module
                lastPM10 = PM10Value;
            }
        }
    }

    Serial.print("PM1_0: ");
    Serial.print(PM01Value);
    Serial.println(" ug/m3");
    Serial.print("PM2_5: ");
    Serial.print(PM2_5Value);
    Serial.println(" ug/m3");
    Serial.print("PM10: ");
    Serial.print(PM10Value);
    Serial.println(" ug/m3");
    Serial.println();
}
```

起始符 1	0x42	(固定)
起始符 2	0x4d	(固定)
帧长度高八位	.....	帧长度=2x9+2(数据+校验位)
帧长度低八位	.....	
数据 1 高八位	.....	数据 1 表示 PM1.0 浓度 (CF=1, 标准颗粒物) 单位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
数据 1 低八位	.....	
数据 2 高八位	.....	数据 2 表示 PM2.5 浓度 (CF=1, 标准颗粒物) 单位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
数据 2 低八位	.....	
数据 3 高八位	.....	数据 3 表示 PM10 浓度 (CF=1, 标准颗粒物) 单位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
数据 3 低八位	.....	
数据 4 高八位	.....	数据 4 表示 PM1.0 浓度 (大气环境下) 单位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
数据 4 低八位	.....	
数据 5 高八位	.....	数据 5 表示 PM2.5 浓度 (大气环境下) 单位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
数据 5 低八位	.....	





# Ecran OLED I2C

communication I2C (SDA, SCL, VCC, GND)  
bibliothèque : u8glib



```
#include "U8glib.h"
```

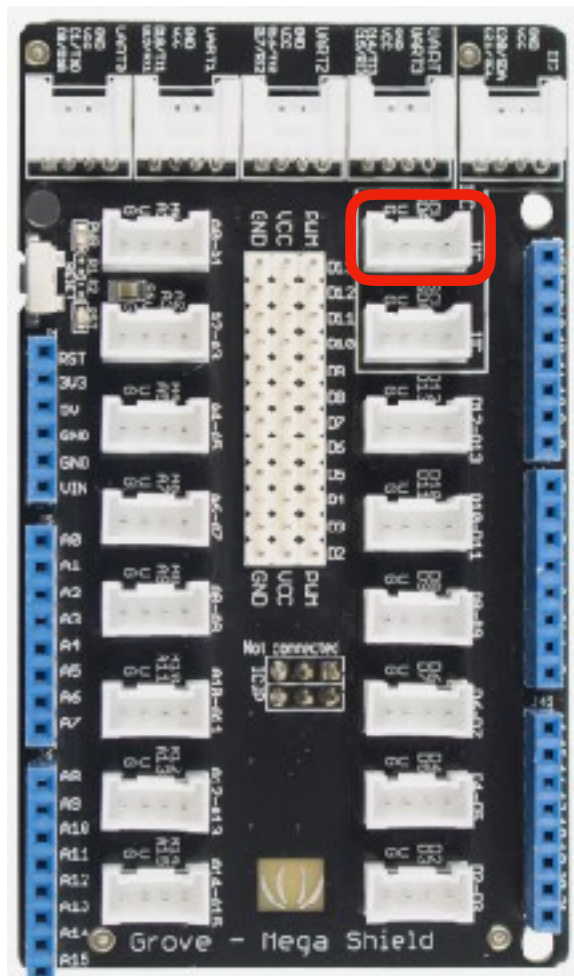
```
//  
// Display HelloWorld on I2C OLED display  
//  
// Author: Vincent Dupuis, Aircitizen  
// License CC BY-NC  
//  
U8GLIB_SSD1306_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_NO_ACK);
```

```
void draw(void) {  
    // graphic commands to redraw the complete screen should be placed here  
    u8g.setFont(u8g_font_unifont);  
    u8g.setPrintPos(0, 20);  
    u8g.print("Hello World!");  
}
```

```
void setup(void) {  
    // flip screen, if required  
    // u8g.setRot180();  
}
```

```
void loop(void) {  
    // picture loop  
    u8g.firstPage();  
    do {  
        draw();  
    } while( u8g.nextPage() );
```

```
    // rebuild the picture after some delay  
    delay(500);  
}
```



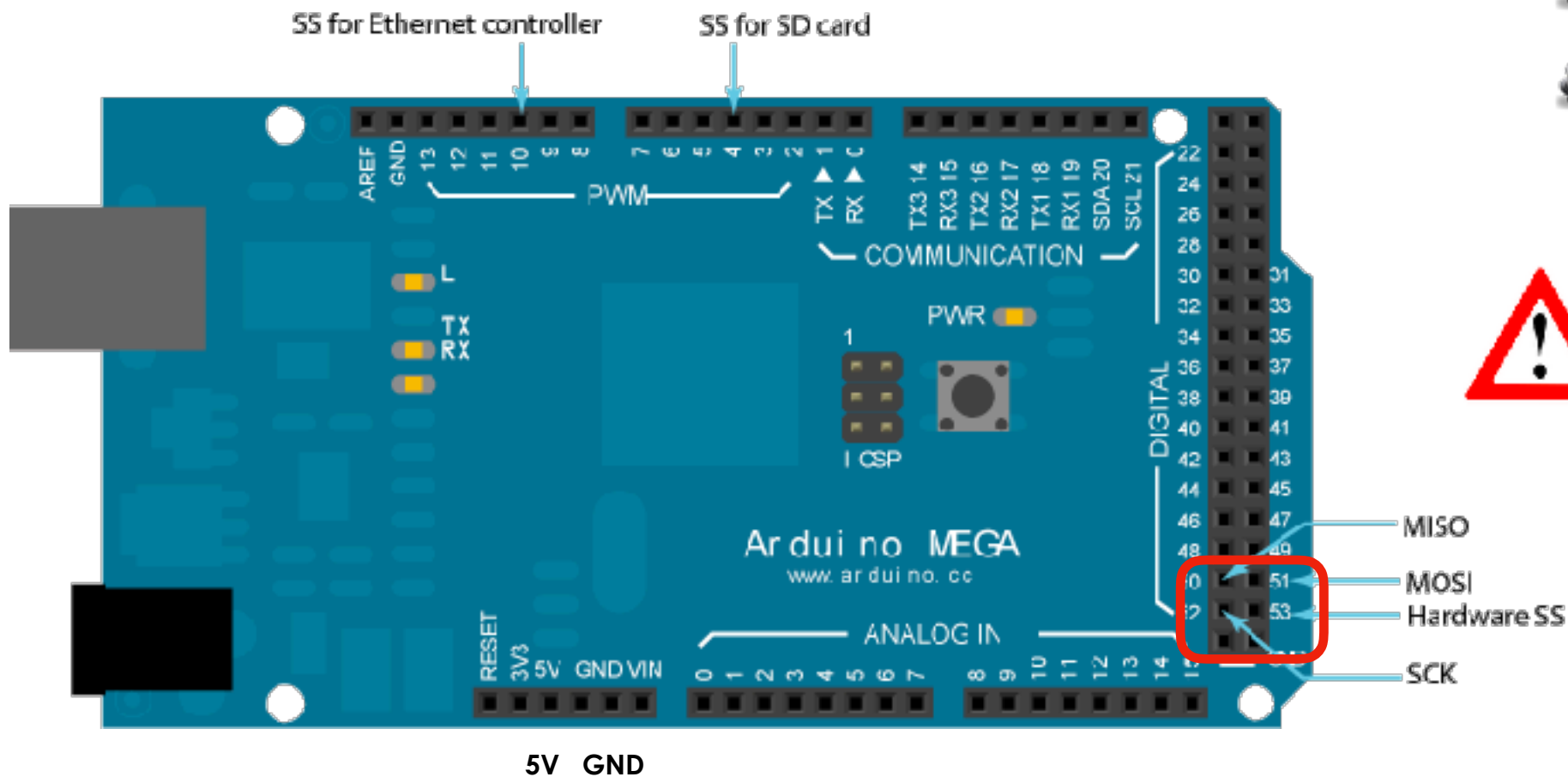


# lecteur/enregistreur SD

protocole SPI (6 fils), pas "grove"



- CS : pin 53
- SCK : pin 52
- MOSI : pin 51
- MISO : pin 50
- VCC
- GND

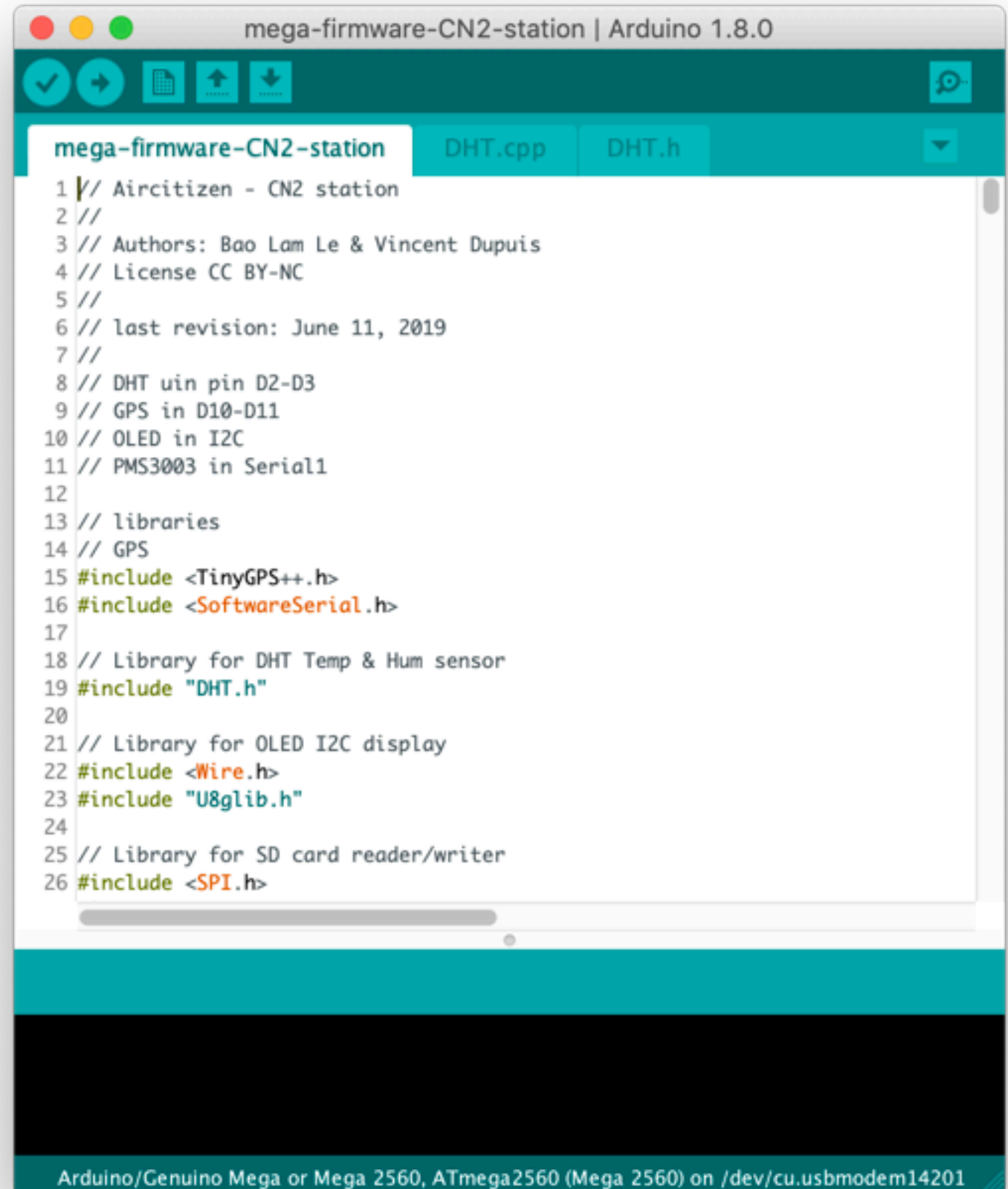


aux couleurs

# programme intégré de la station

- 👤 intégration des différentes briques
- 👤 partie délicate
- 👤 possibilité de conflits
- 👤 problème de taille mémoire
- 👤 ...

**A vous de jouer !**



The screenshot shows the Arduino IDE interface with the file 'mega-firmware-CN2-station' open. The title bar indicates 'mega-firmware-CN2-station | Arduino 1.8.0'. The code editor displays the following C++ code:

```
1 // Aircitizen - CN2 station
2 //
3 // Authors: Bao Lam Le & Vincent Dupuis
4 // License CC BY-NC
5 //
6 // last revision: June 11, 2019
7 //
8 // DHT uin pin D2-D3
9 // GPS in D10-D11
10 // OLED in I2C
11 // PMS3003 in Serial1
12
13 // libraries
14 // GPS
15 #include <TinyGPS++.h>
16 #include <SoftwareSerial.h>
17
18 // Library for DHT Temp & Hum sensor
19 #include "DHT.h"
20
21 // Library for OLED I2C display
22 #include <Wire.h>
23 #include "U8glib.h"
24
25 // Library for SD card reader/writer
26 #include <SPI.h>
```

The bottom status bar shows the connection details: 'Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on /dev/cu.usbmodem14201'.

**2 mots sur le boîtier**





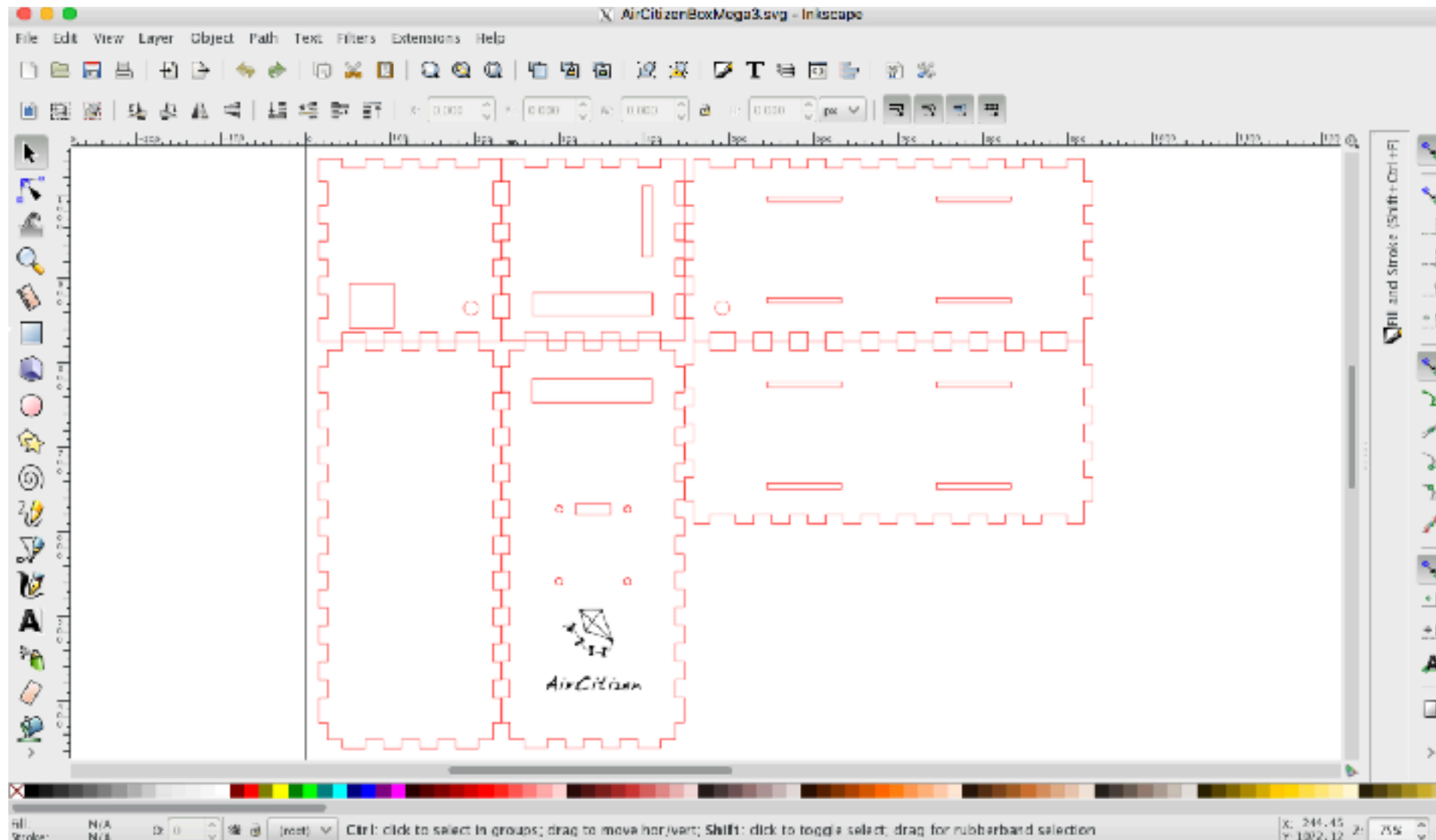
dessin vectoriel 2d

# le boîtier

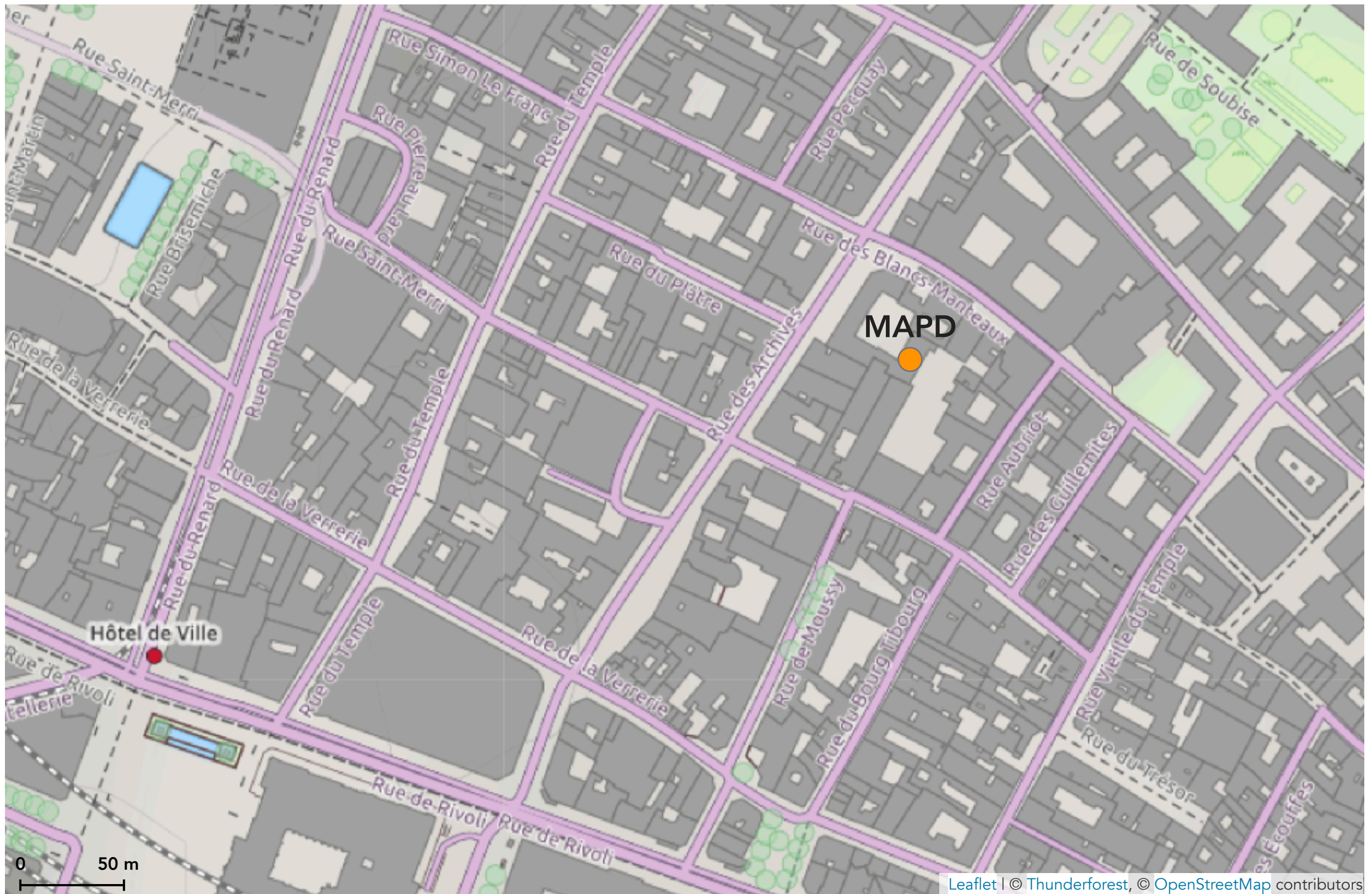


découpeuse laser

point de départ: <https://makeabox.io/> ou autre



**et maintenant,  
mesures à l'extérieur**



## Racontons la balade...

Utiliser les numéros des pictogrammes pour décrire les observations et annoter librement.





à la Maison  
des Acteurs  
du Paris durable

## Carto'balade



Vous venez de participer à une balade autour de la Maison des Acteurs du Paris durable, pour mesurer la qualité de l'air que nous respirons, et de contribuer au projet de science citoyenne AirCitizen.

### 1/ Télécharger le fichier

Browse...

ACM04 copie.csv

Upload complete

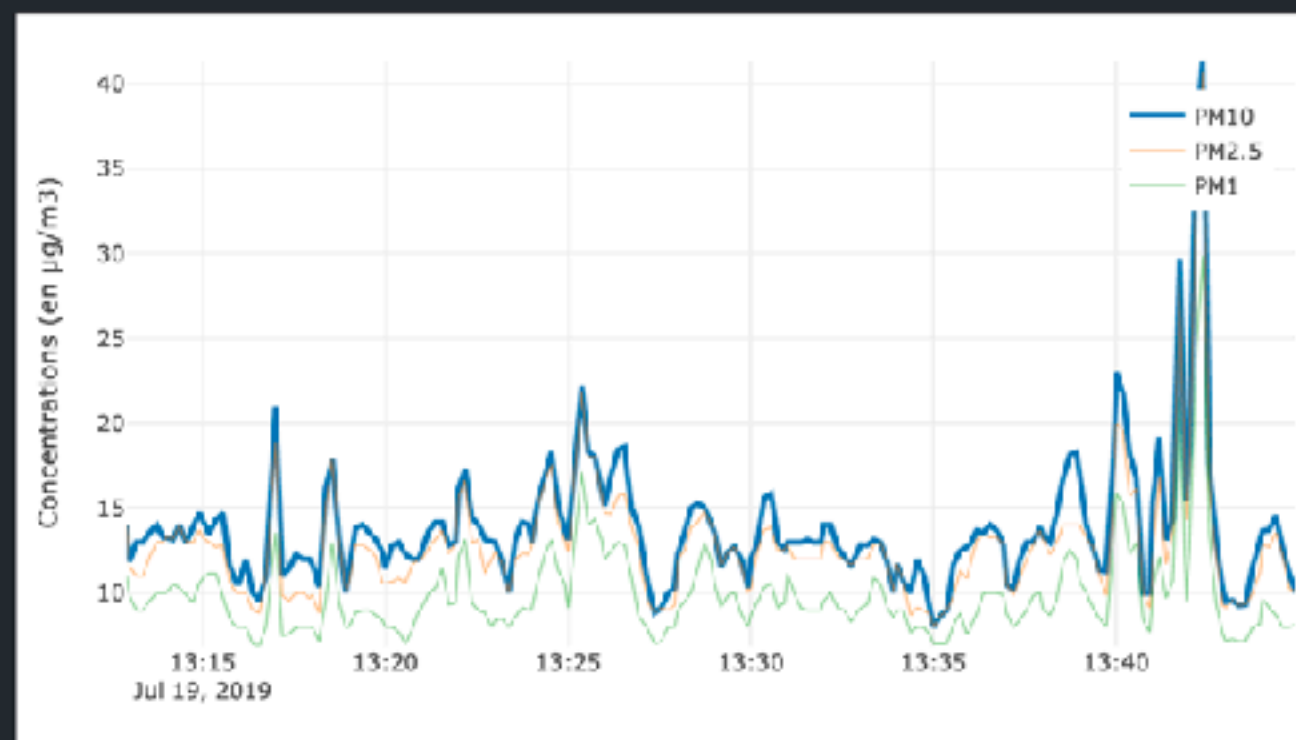
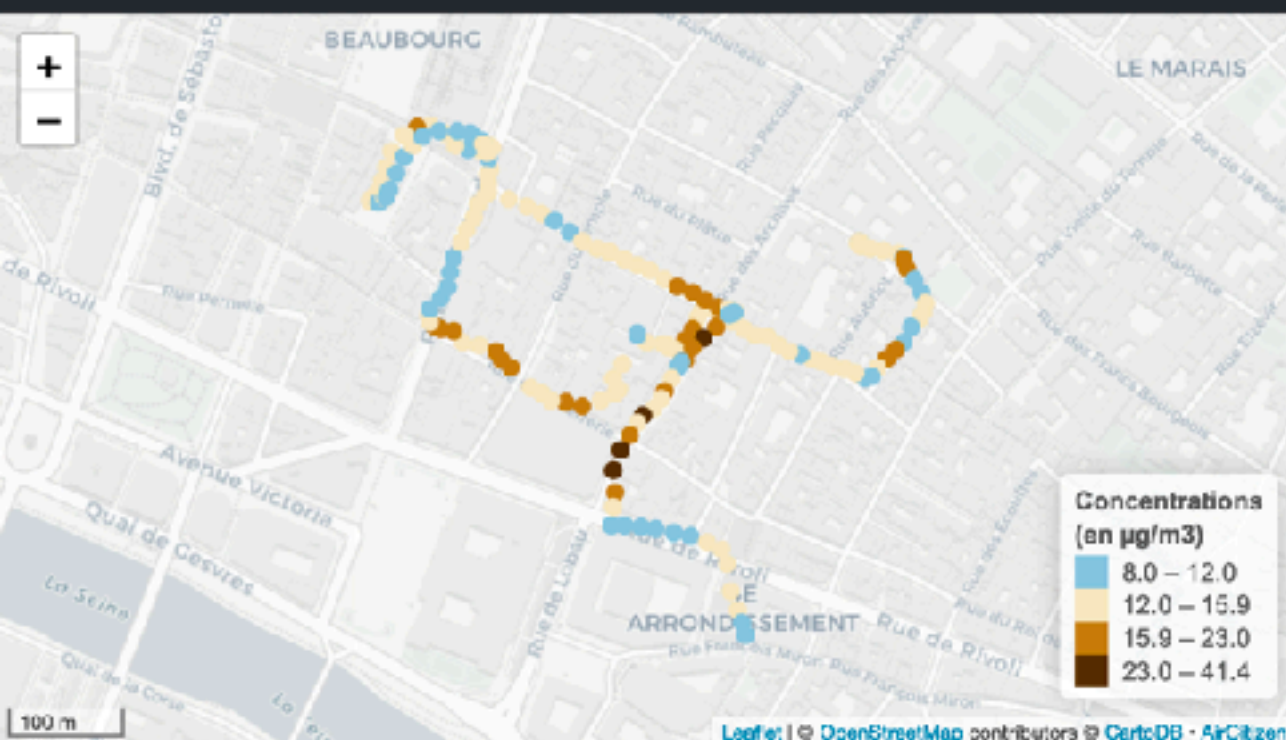
### Visualisation des mesures

#### 2/ Choisir un paramètre

PM10

### Statistiques

Nombre de données : 192  
Moyenne : 13.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  • Médiane : 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
Min : 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  • Max : 41.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



☐ Seuils harmonisés ☐ Fond noir

Enlever les concentrations extrêmes (PM10)



## Raconte ta balade...

En associant des noms de rues / des croisements à des événements

et envoie cette info.

Adresse / rue(s) / numéro sur la carte



Commentaire libre : Laisse ici tes impressions, tes observations...





# Air Citizen

Mesures citoyennes de la qualité de l'air

Collectif : physicien, géographes, sociologue, artiste

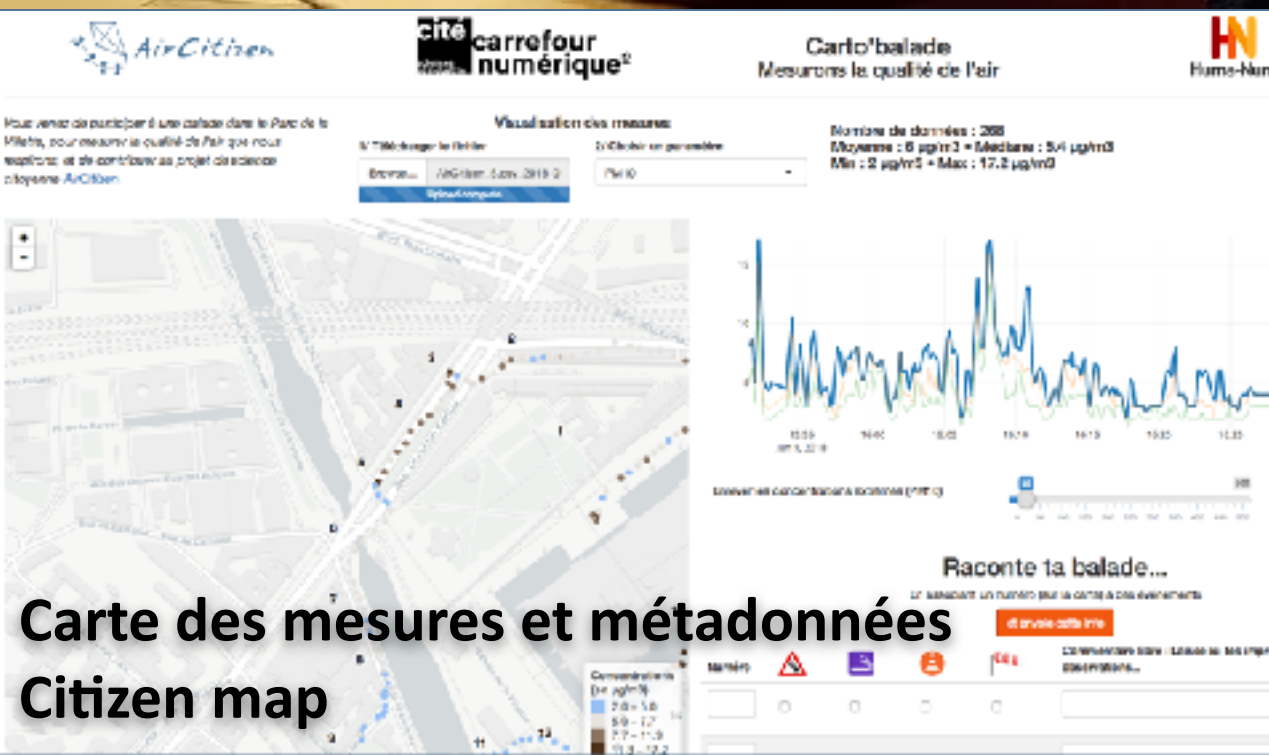
 aircitizen.org



Construction d'un capteur  
Assembly of the air monitor



Balade et captation  
Measurements in the City



Au-delà de la donnée...  
Beyond the data...



# et le prix ?

base mega

base uno

base uno BLE

BOM-coût-station-mobile					
File Edit View Insert Format Data Tools Add-ons Help All changes saved in Drive					
100% \$ % .0 .00 123 Arial 10 B I A					
fx					
	A	B	C	D	E
1	Qté	Description	Prix	lien	
2		1 Carte MEGA	\$9.00	<a href="https://www.amazon.fr/Semoic-Mega25">https://www.amazon.fr/Semoic-Mega25</a>	
3		1 Shield SeedStudio Mega	\$9.90	<a href="https://www.seeedstudio.com/Grove-Me">https://www.seeedstudio.com/Grove-Me</a>	
4		1 Grove GPS	\$23.50	<a href="https://www.seeedstudio.com/Grove-GF">https://www.seeedstudio.com/Grove-GF</a>	
5		1 Grove DHT Temp & Hum	\$9.90	<a href="https://www.seeedstudio.com/Grove-Te">https://www.seeedstudio.com/Grove-Te</a>	
6		1 Sensor PMS3003	\$15.00	<a href="https://fr.aliexpress.com/item/32371229">https://fr.aliexpress.com/item/32371229</a>	
7		1 Adaptateur grove pour PMS	\$3.00	<a href="https://kamami.com/others/564553-ada">https://kamami.com/others/564553-ada</a>	
8		1 Grove OLED	\$14.90	<a href="https://www.seeedstudio.com/Grove-OL">https://www.seeedstudio.com/Grove-OL</a>	
9		1 Lecteur/enregistreur uSD SPI	\$3.00	<a href="https://fr.aliexpress.com/item/10000011">https://fr.aliexpress.com/item/10000011</a>	
10		1 carte SD 8Go	\$4.00	<a href="https://www.amazon.fr/m%C3%A9moire">https://www.amazon.fr/m%C3%A9moire</a>	
11		1 batterie USB 5000mAh	\$15.00	<a href="https://www.amazon.fr/Anker-Batterie-P">https://www.amazon.fr/Anker-Batterie-P</a>	
12		1 cables divers	\$3.00		
13		Total	\$110.20		
14					
15	Qté	Description	Prix	lien	
16		1 Carte SeeedStudio Lotus	\$9.90	<a href="https://www.seeedstudio.com/Seeeduin">https://www.seeedstudio.com/Seeeduin</a>	
17		1 Grove GPS	\$23.50	<a href="https://www.seeedstudio.com/Grove-GF">https://www.seeedstudio.com/Grove-GF</a>	
18		1 Grove DHT Temp & Hum	\$9.90	<a href="https://www.seeedstudio.com/Grove-Te">https://www.seeedstudio.com/Grove-Te</a>	
19		1 Sensor PMS3003	\$15.00	<a href="https://fr.aliexpress.com/item/32371229">https://fr.aliexpress.com/item/32371229</a>	
20		1 Adaptateur grove pour PMS	\$3.00	<a href="https://kamami.com/others/564553-ada">https://kamami.com/others/564553-ada</a>	
21		1 Grove OLED	\$14.90	<a href="https://www.seeedstudio.com/Grove-OL">https://www.seeedstudio.com/Grove-OL</a>	
22		1 Lecteur/enregistreur uSD SPI	\$3.00	<a href="https://fr.aliexpress.com/item/10000011">https://fr.aliexpress.com/item/10000011</a>	
23		1 carte SD 8Go	\$4.00	<a href="https://www.amazon.fr/m%C3%A9moire">https://www.amazon.fr/m%C3%A9moire</a>	
24		1 batterie USB 5000mAh	\$15.00	<a href="https://www.amazon.fr/Anker-Batterie-P">https://www.amazon.fr/Anker-Batterie-P</a>	
25		1 cables divers	\$3.00		
26		Total	\$101.20		
27					
28	Qté	Description	Prix	lien	
29		1 Carte SeeedStudio Lotus	\$9.90	<a href="https://www.seeedstudio.com/Seeeduin">https://www.seeedstudio.com/Seeeduin</a>	
30		1 Grove BLE	\$19.80	<a href="https://www.seeedstudio.com/Grove-BL">https://www.seeedstudio.com/Grove-BL</a>	
31		1 Grove DHT Temp & Hum	\$9.90	<a href="https://www.seeedstudio.com/Grove-Te">https://www.seeedstudio.com/Grove-Te</a>	
32		1 Sensor PMS3003	\$15.00	<a href="https://fr.aliexpress.com/item/32371229">https://fr.aliexpress.com/item/32371229</a>	
33		1 Adaptateur grove pour PMS	\$3.00	<a href="https://kamami.com/others/564553-ada">https://kamami.com/others/564553-ada</a>	
34		1 batterie USB 5000mAh	\$15.00	<a href="https://www.amazon.fr/Anker-Batterie-P">https://www.amazon.fr/Anker-Batterie-P</a>	
35		1 cables divers	\$3.00		
36		Total	\$75.60		