

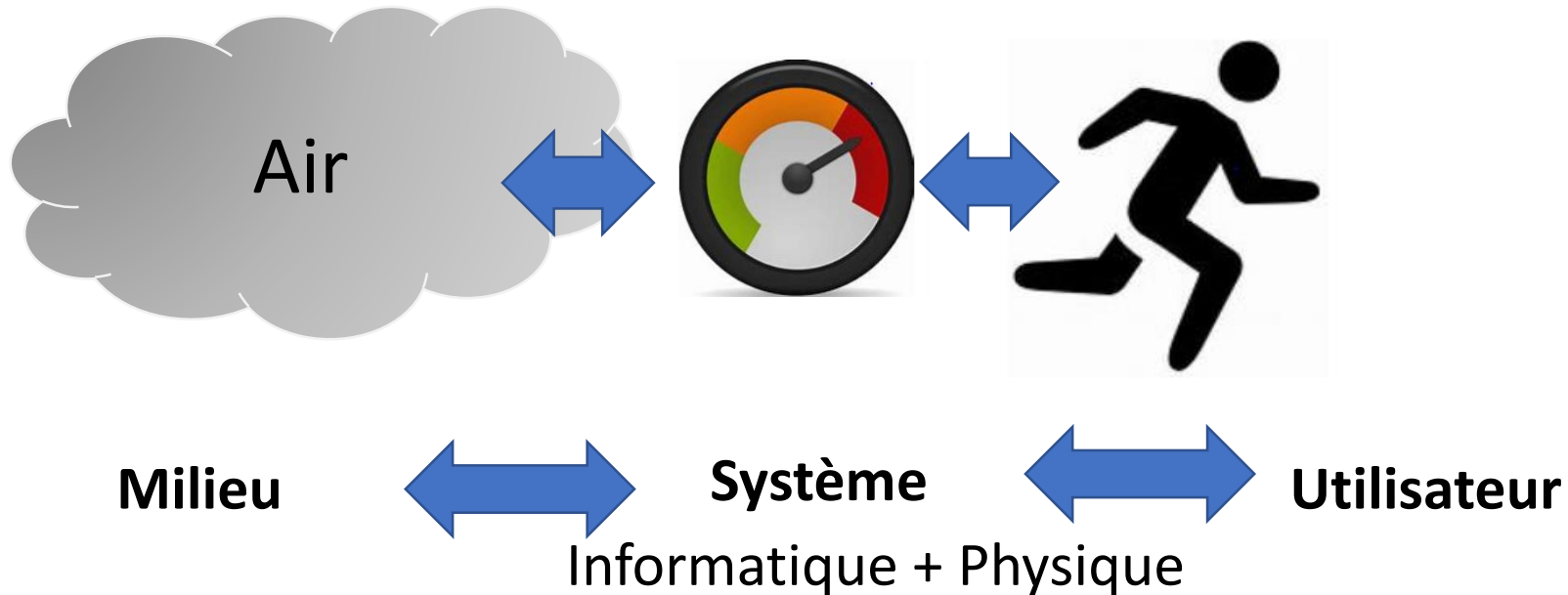
Le capteur de particules fines au service de notre santé

Augustin Bancel – TIPE TSI - Juin 2018

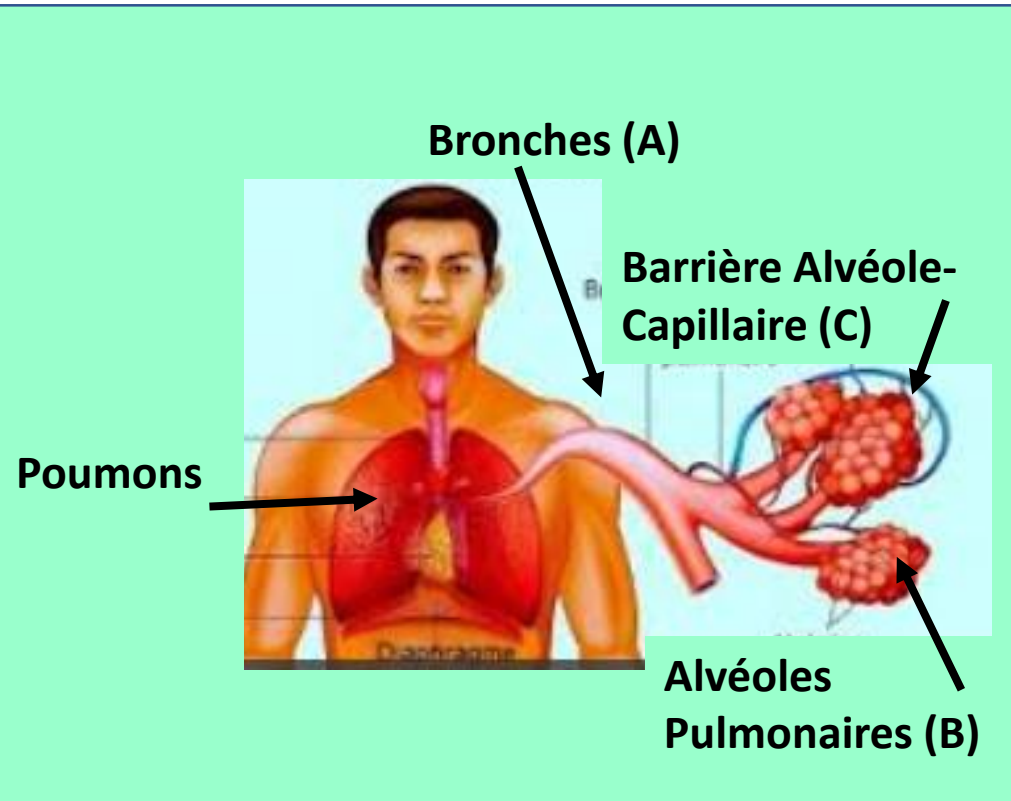
Accompagné des Professeurs : Mme Seine, M François, M Delmas, M Deleris



Comment mesurer la qualité de l'air
pour informer en temps réel
un coureur pendant ses activités sportives?



Particules fines et impacts sur la santé



Particules fines - PM = Particulates Matters – Indice en micron

catégories	PM_{10}	$PM_{2,5}$ 	PM_1 
Diamètre	< 10 μm	< 2,5 μm	< 1 μm
Origines	Agriculture, Industrie, Résidentiel	Résidentiel, Industrie, Trafic routier	autres
Dangers	Pénètrent dans les bronches (A)	pénètrent dans les alvéoles pulmonaires (B)	Passent la barrière alvéolo-capillaire (C)

Les particules fines sont 6 à 20 fois plus petites que la section d'un cheveu

Plus les particules sont fines, plus elles sont dangereuses pour la santé.

Comment mesurer la qualité de l'air pour informer en temps réel un sportif?

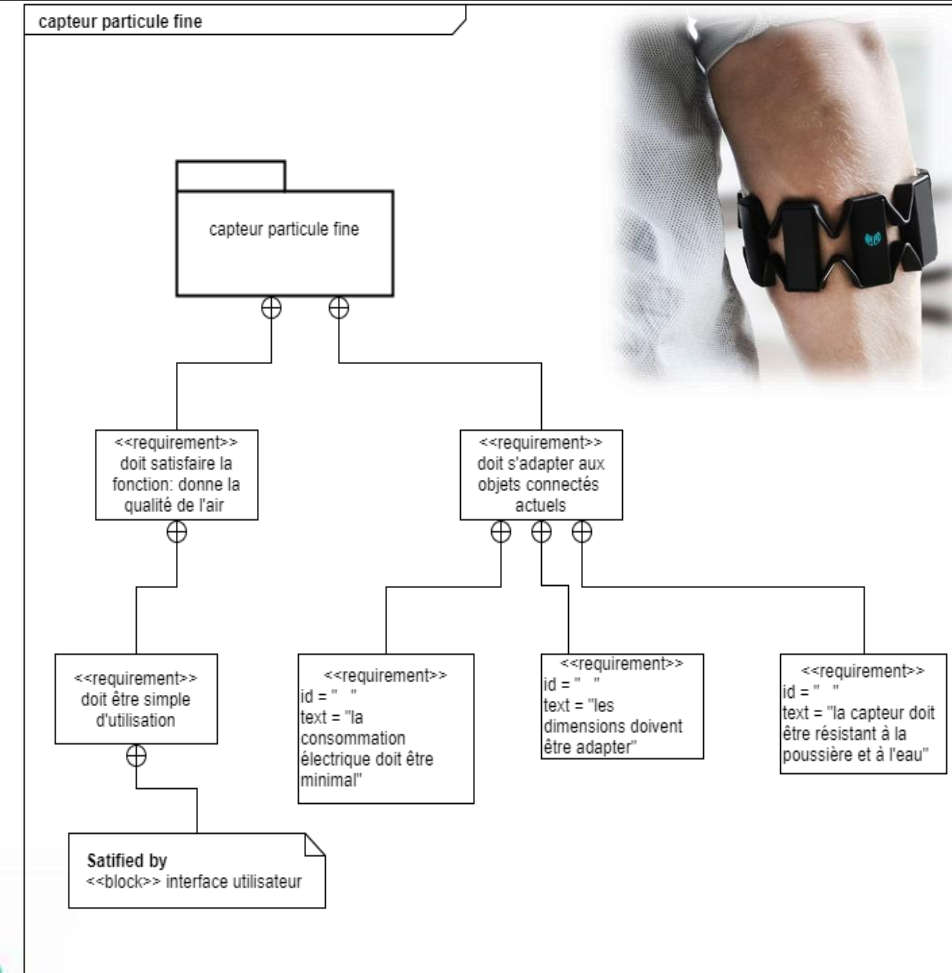
- 1. Analyse fonctionnelle et Prototype**
- 2. Capteur: mesure des particules fines**
 - 2.1 Principes fondamentaux de la diffraction
 - 2.2 Fonctionnement du capteur
 - 2.3 Expériences de diffraction
- 3. Développement et programmation**
 - 3.1 Vue d'ensemble du Prototype
 - 3.2 Vue d'ensemble des 2 programmes
 - 3.3 Programme n°1: Capteur – Microcontrôleur
 - 3.4 Programme n°2: Python – Interface smartphone
 - 3.5 Simulation et résultats

Conclusions

1. Analyse Fonctionnelle & prototype

Objectifs et Fonctionnalités du système

- Mesurer la qualité de l'air et informer
 - Simple d'utilisation (visible)
- Adapter aux objets connectés (smartphone)
 - Consommation électrique minimale
 - Dimensions adaptées
 - Résistant à la poussière et à l'eau
 - **Mémoriser les résultats**
 - **Visualiser sur une carte**
- Prix abordable

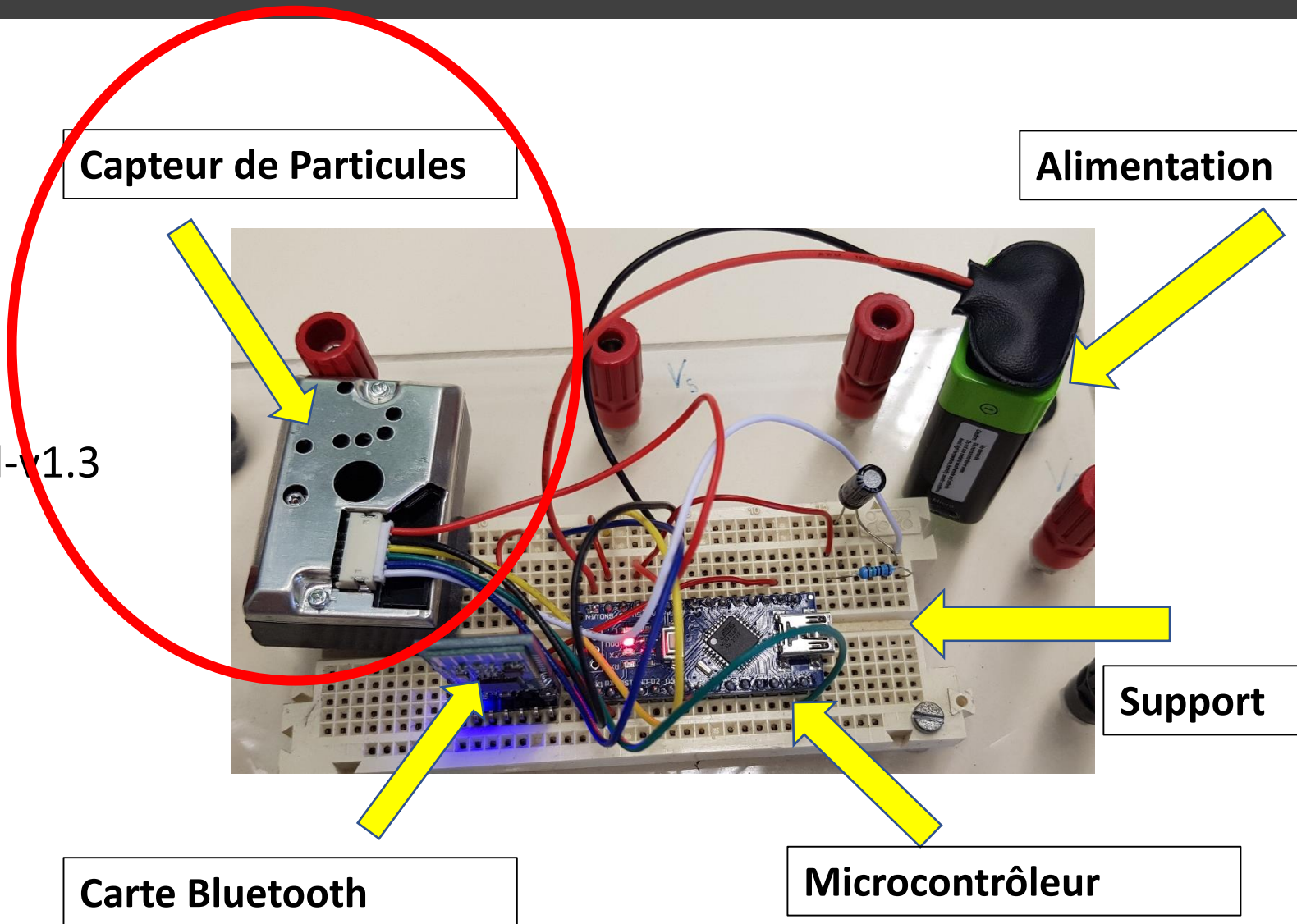


1. Analyse Fonctionnelle & prototype

Montage du Prototype et sélection des éléments

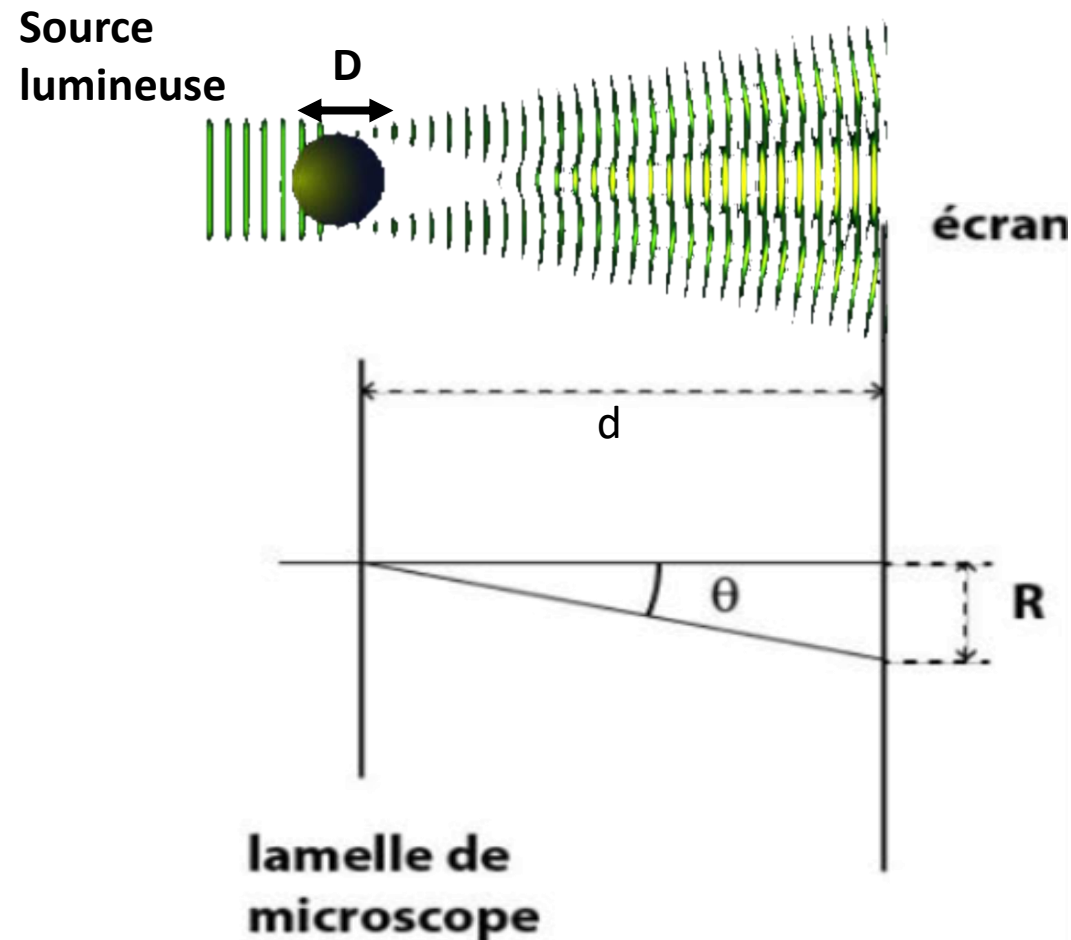
- Capteur «Sharp» - GP2Y1010AU
- Microcontrôleur «Arduino»
- Carte Bluetooth - SH-BT-Board-v1.3
- Alimentation - Pile 9V
- Support

→ Cout < 50€



2. Capteur: mesure des particules fines

2.1 Principes fondamentaux de la diffraction



Principe de fonctionnement du capteur:
la diffraction.

$$\sin(\theta) = 1,22 \frac{\lambda}{D} = \frac{R}{d}$$

λ = longueur d'onde de la source lumineuse

D = diamètre de la particule

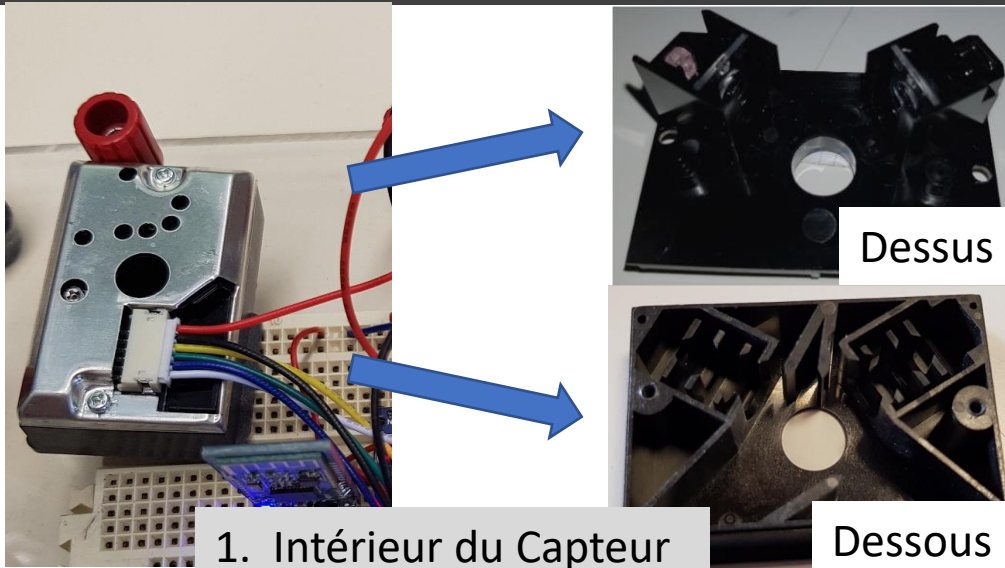
d = distance particule –Ecran

R = déviation

L'angle de diffraction dépend :
de la taille de la particule
et de la longueur d'onde de la source lumineuse .

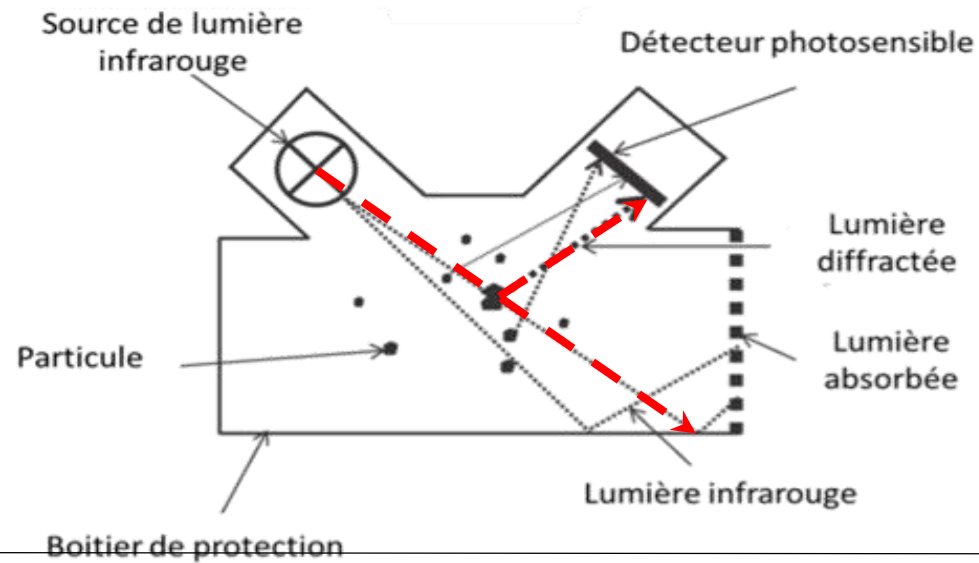
2. Capteur: mesure des particules fines

2.2 Fonctionnement du capteur

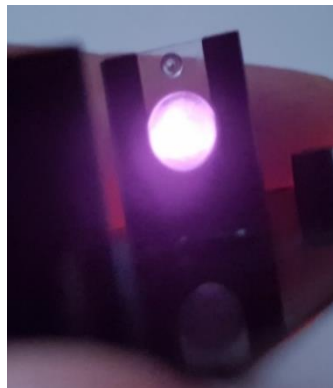


1. Intérieur du Capteur

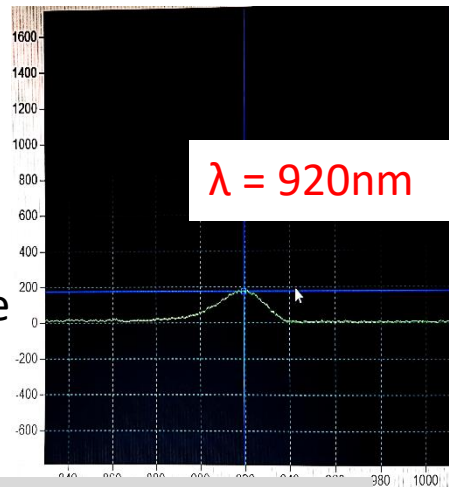
Dessous



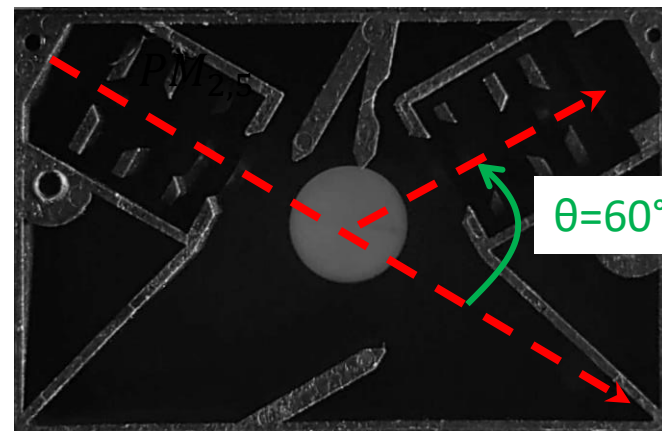
2. Schéma



Spectromètre



3. Analyse de la source lumineuse



4. Calcul du diamètre des particules que capte le capteur

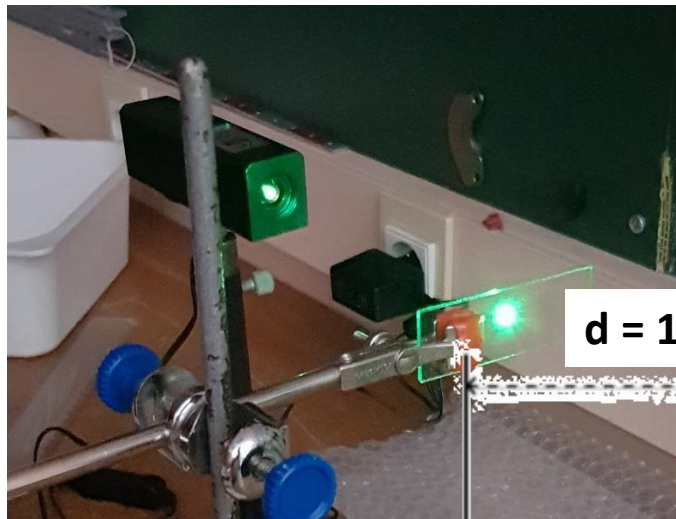
$$D = 1,22 \frac{\lambda}{\sin(\theta)} \approx 1,5 \mu\text{m} < 2,5 \mu\text{m}$$

Le capteur mesure les particules fines inférieures à $2,5 \mu\text{m}$

2. Capteur: mesure des particules fines

2.3 Expériences de diffraction

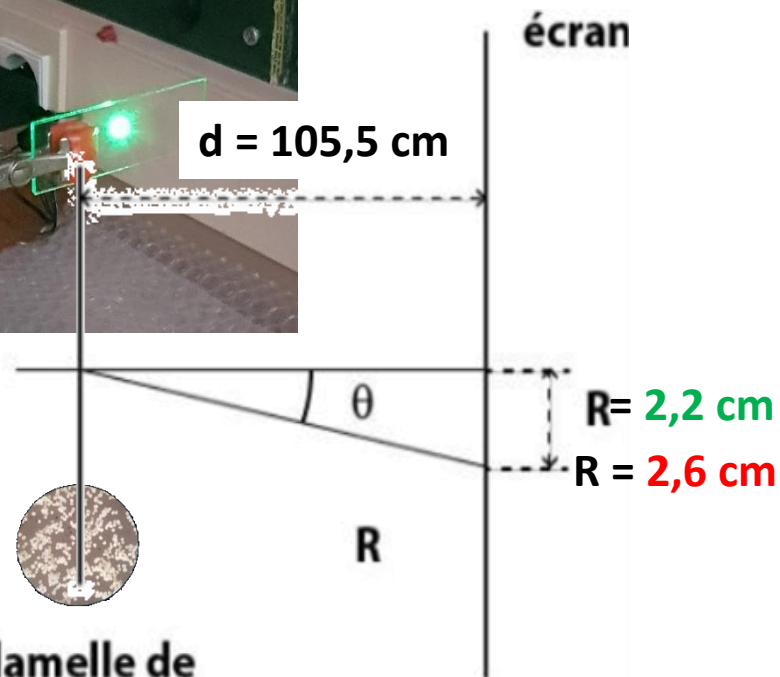
laser → Poudre de lycopode (spore $\approx 30 \mu\text{m}$) → Ecran



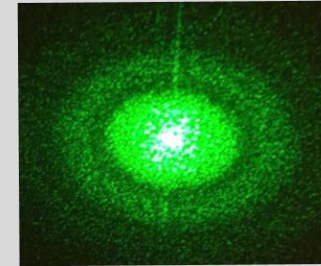
$d = 105,5 \text{ cm}$

Laser
 $\lambda = 532 \text{ nm}$
 $\lambda = 650 \text{ nm}$

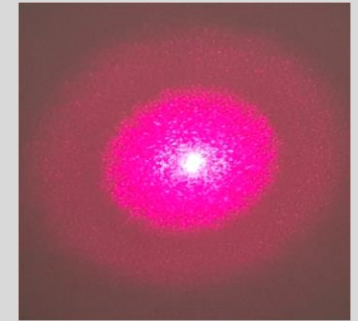
lamelle de
microscope



Ecran – vue de face



$R = 2,2 \text{ cm}$

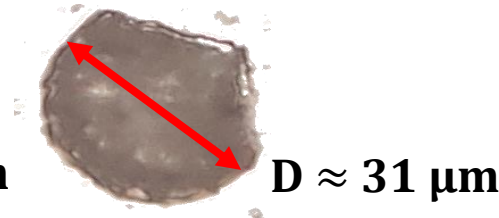


$R = 2,6 \text{ cm}$

Calcul du diamètre d'une spore

$$\sin(\theta) = 1,22 \frac{\lambda}{D} = \frac{R}{d}$$

$$D = 1,22 \frac{\lambda \cdot d}{R} \approx 31 / 32 \mu\text{m}$$



Les 2 expériences permettent de mesurer le diamètre d'une spore .

De plus, plus la concentration en poudre de lycopode est grande, plus la tache est lumineuse

3. Développement et programmation

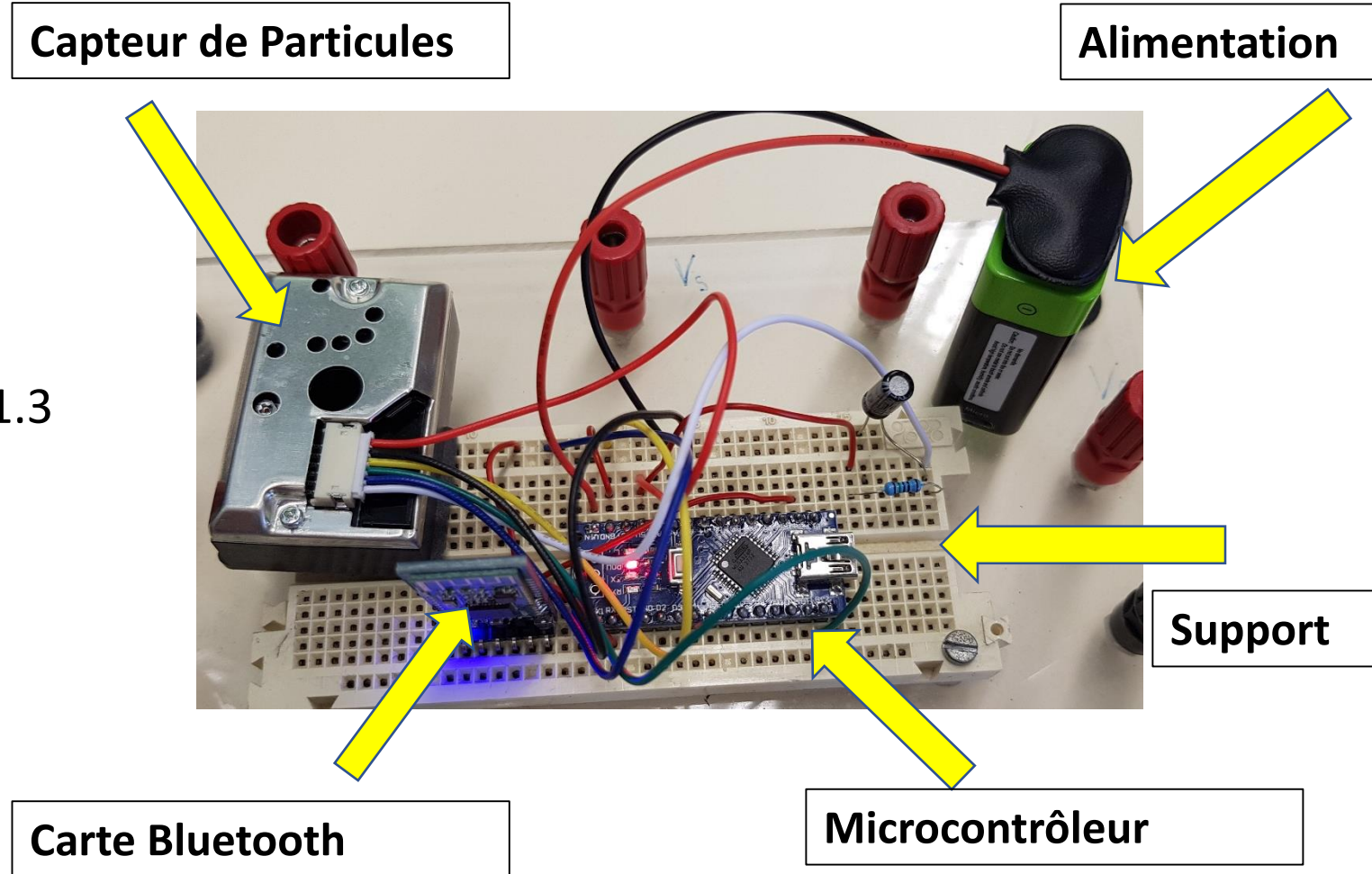
3.1 Vue d'ensemble du prototype

TIPE Augustin Bancel – Juin 2018

page 10

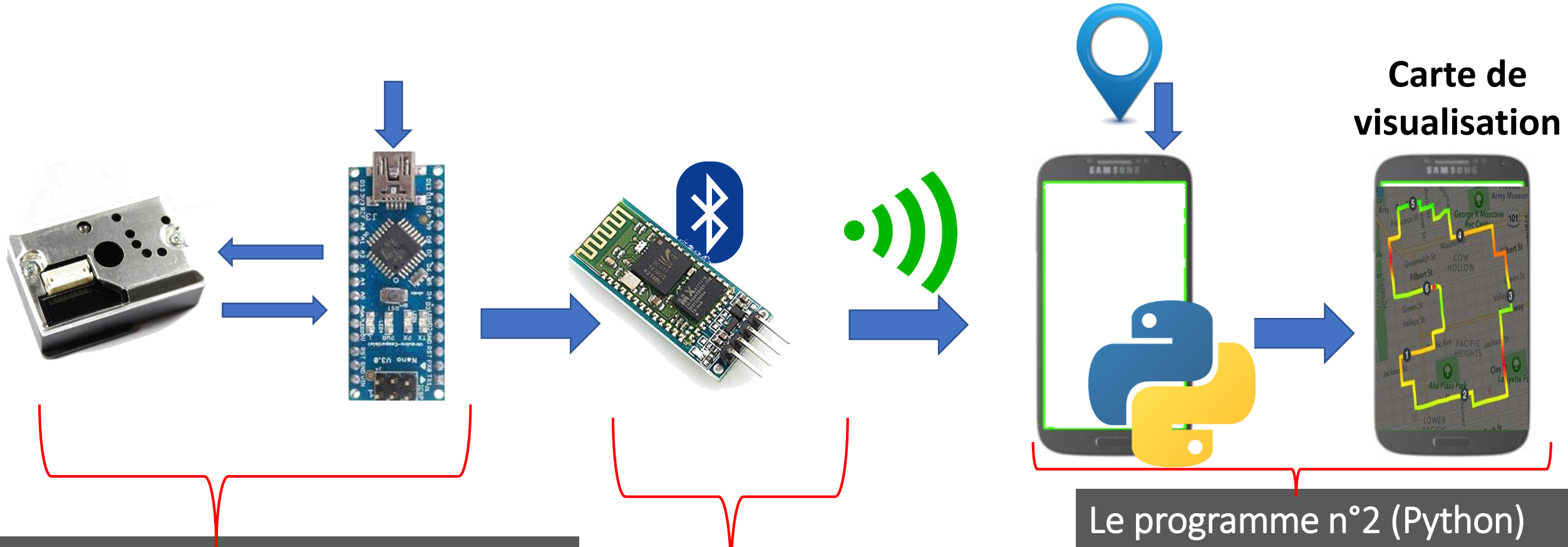
Montage du Prototype et sélection des éléments

- Capteur «Sharp» - GP2Y1010AU
- Microcontrôleur «Arduino»
- Carte Bluetooth - SH-BT-Board-v1.3
- Alimentation - Pile 9V
- Support



3. Développement et programmation

3.2 Vue d'ensemble des 2 programmes



Le programme n°1 Microcontrôleur fait fonctionner le capteur, il récupère une tension qu'il convertit en concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

La carte Bluetooth envoie la concentration de particules au smartphone

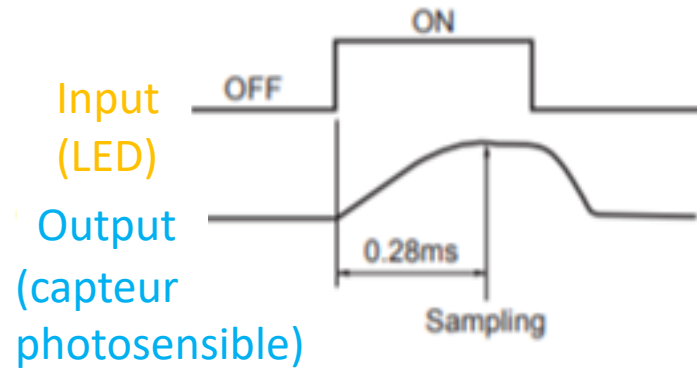
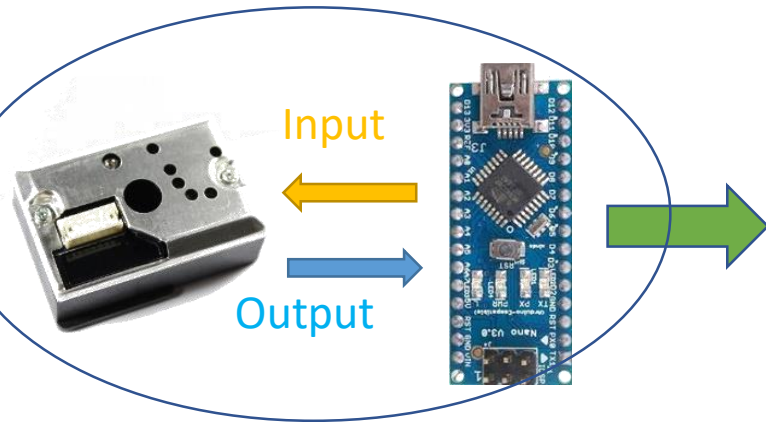
Le programme n°2 (Python) intègre les données de localisation et celles de la concentration afin de réaliser le tracé

3. Développement et programmation

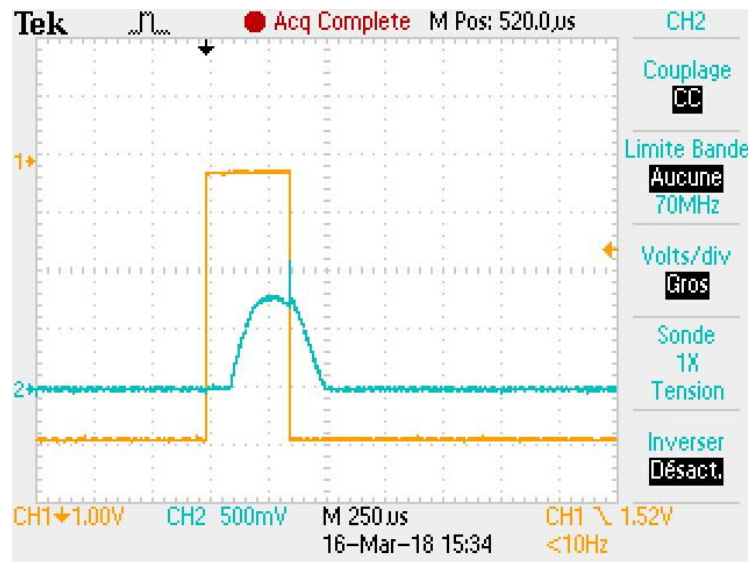
3.3 Programme n°1: Capteur- Microcontrôleur

TIPE Augustin Bancel – Juin 2018

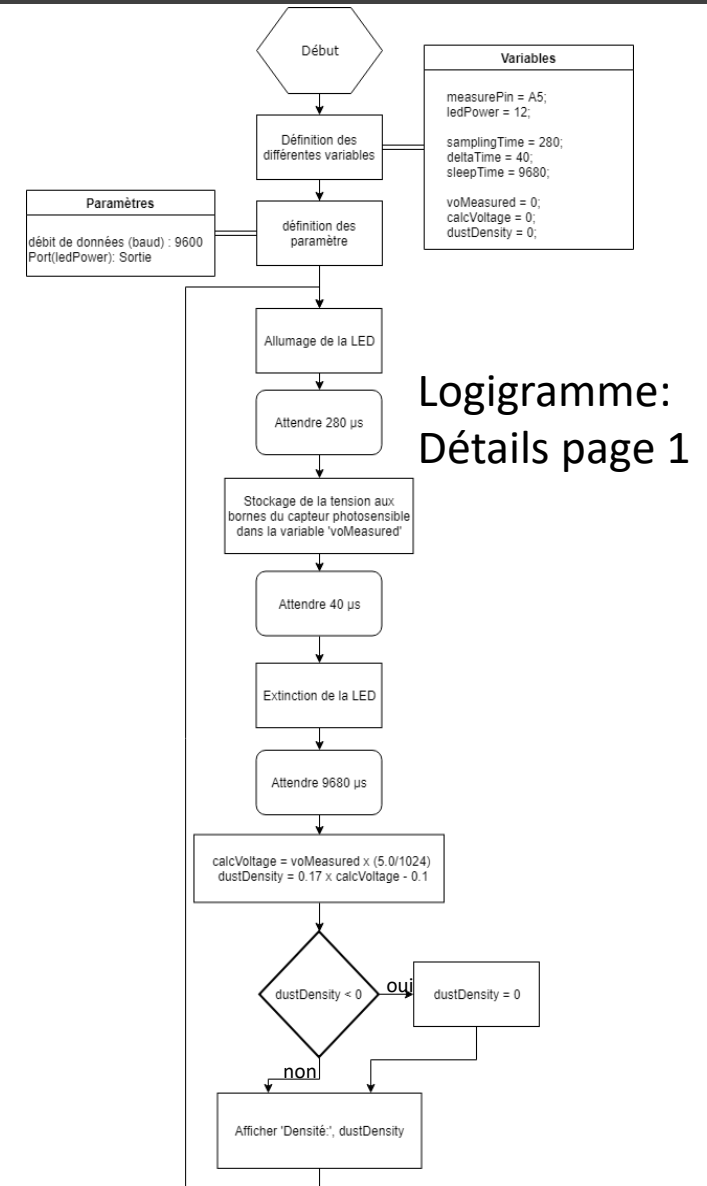
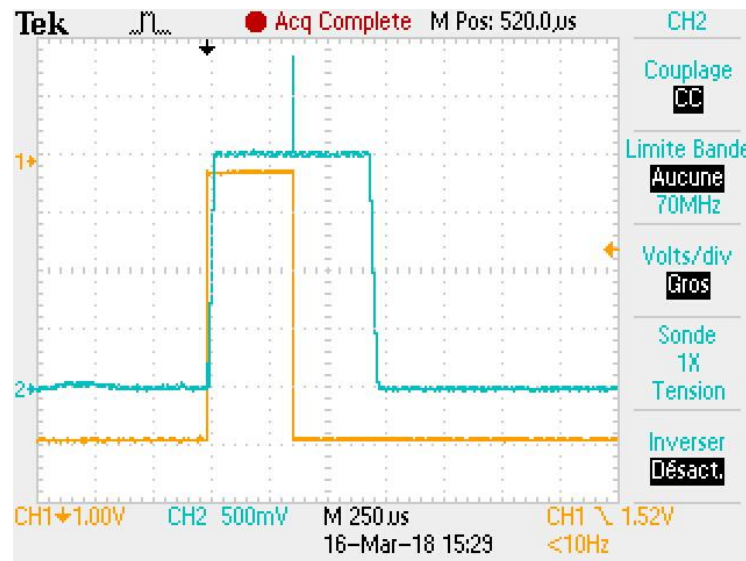
page 12



Faible concentration
Tension(output): courbe bleue

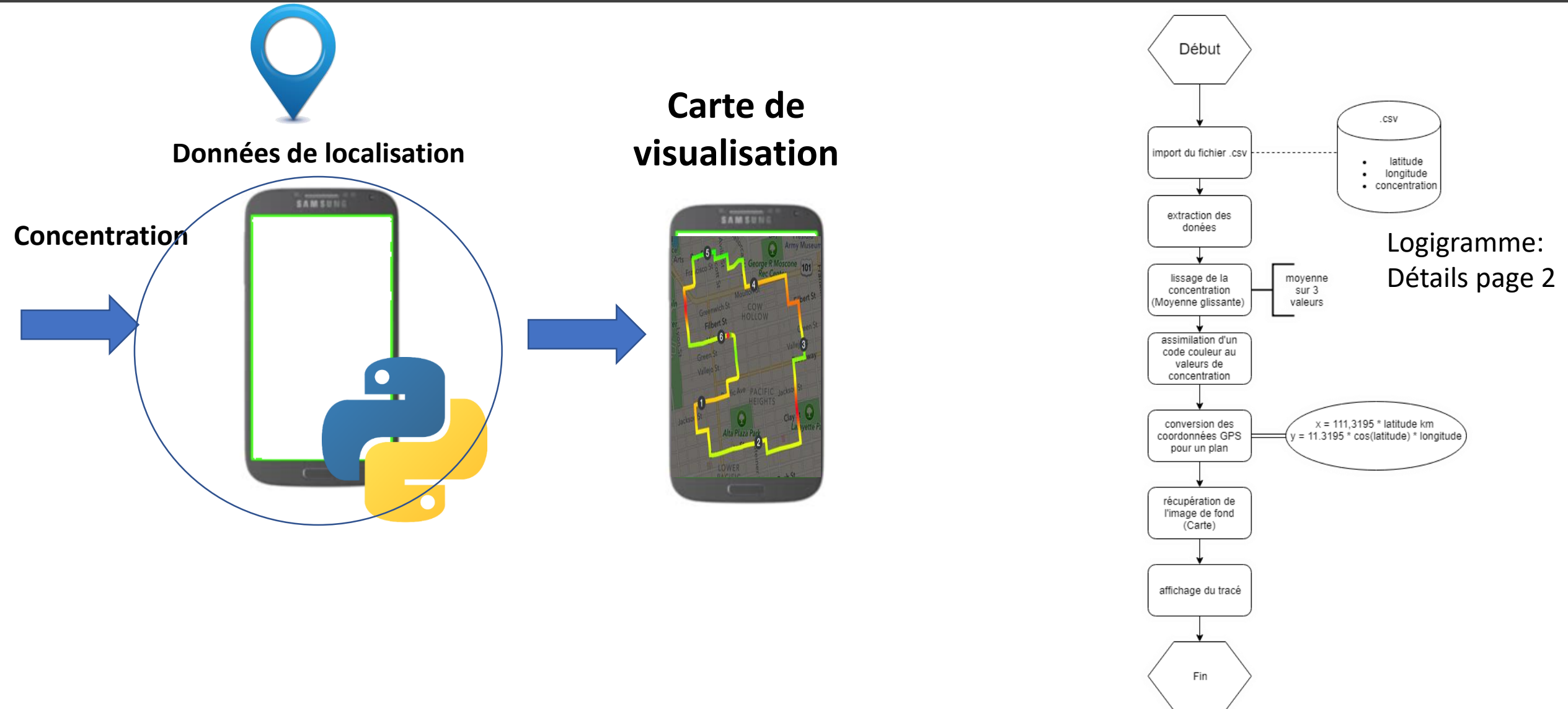


Forte concentration
Tension (output: courbe bleue)



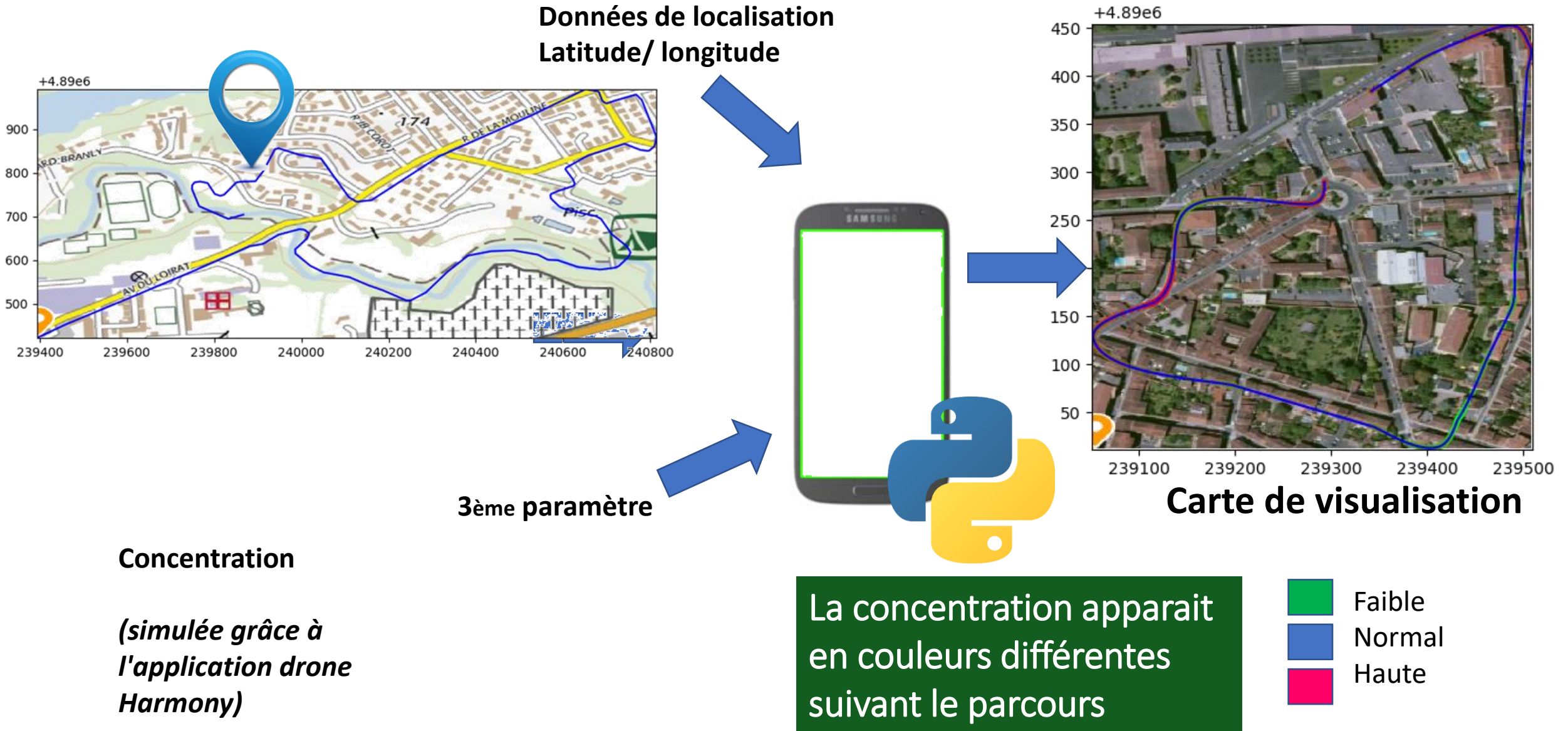
3. Développement et programmation

3.4 Programme n°2 : Python → Interface smartphone



3. Développement et programmation

3.5 Simulation et résultats





Ce projet démontre qu'il est possible

- de mesurer la qualité de l'air
- d'informer en temps réel le coureur
- de mémoriser le trajet

Axes d'amélioration

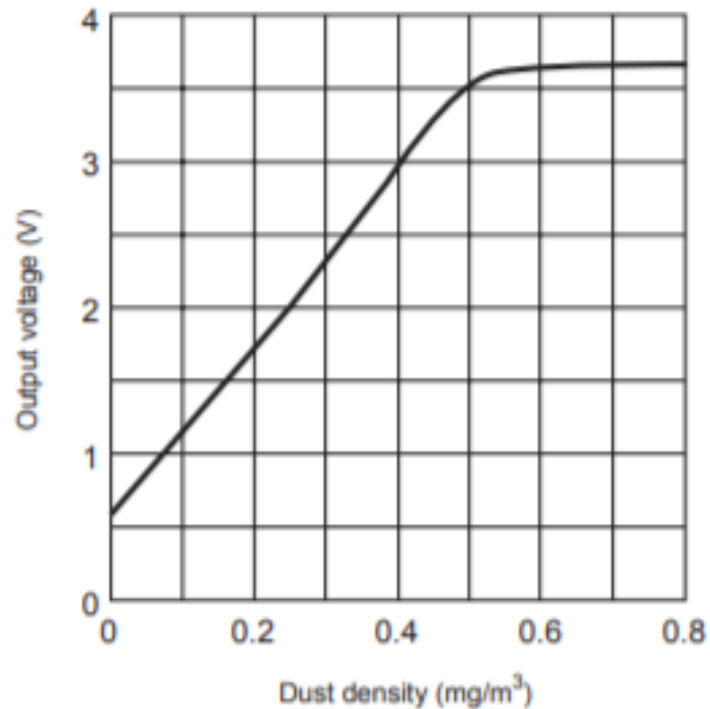
- Miniaturisation (poids / taille)
- Précision (tracé, concentration)
- Programmation
- Simplifier l'interface



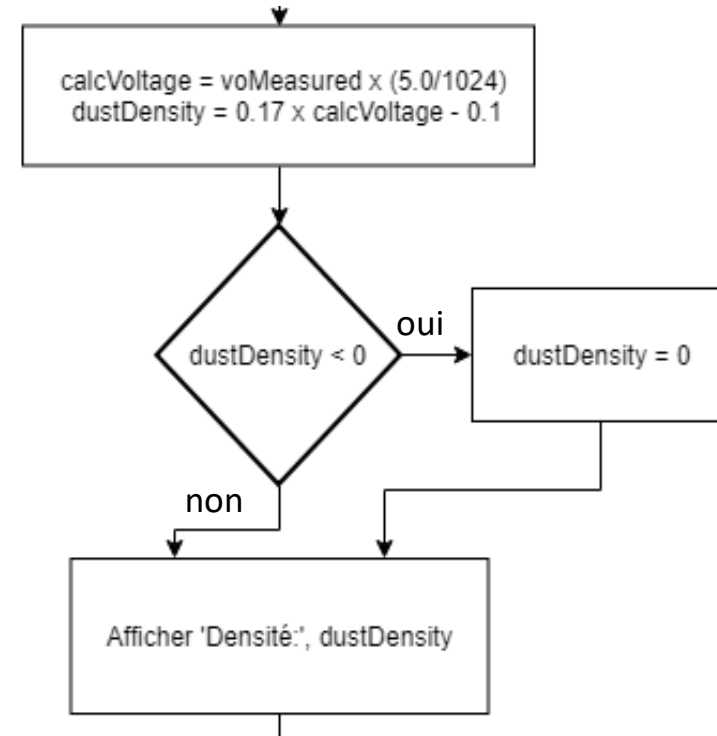
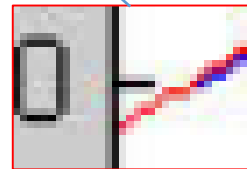
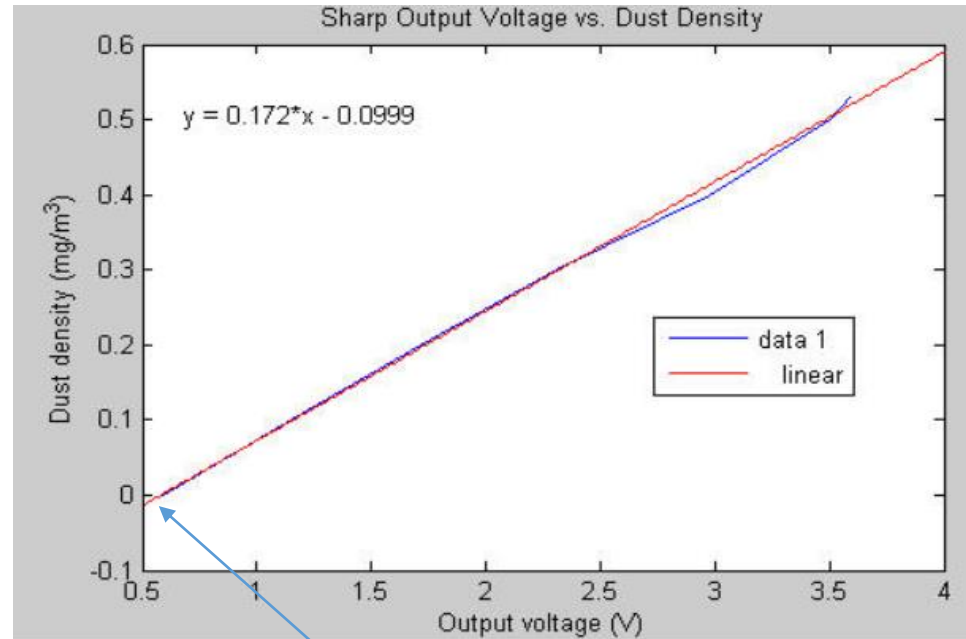
- 1. Equation liant tension aux bornes du capteur et concentration en particules fines**
- 2 . Conversion de données GPS and 2D (latitude/ longitude)**
- 3. Détails sur le tracé du parcours du coureur**
- 4. La poudre de lycopode?**

Annexe 1 : La tension du capteur est proportionnelle à la concentration

► Programmation Arduino: équation linéaire

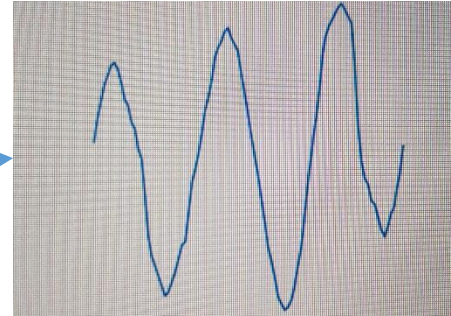
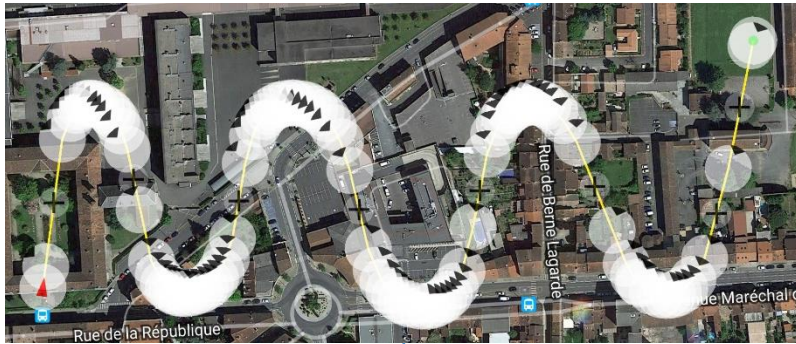


<http://www.howmuchsnow.com/arduino/airquality/>

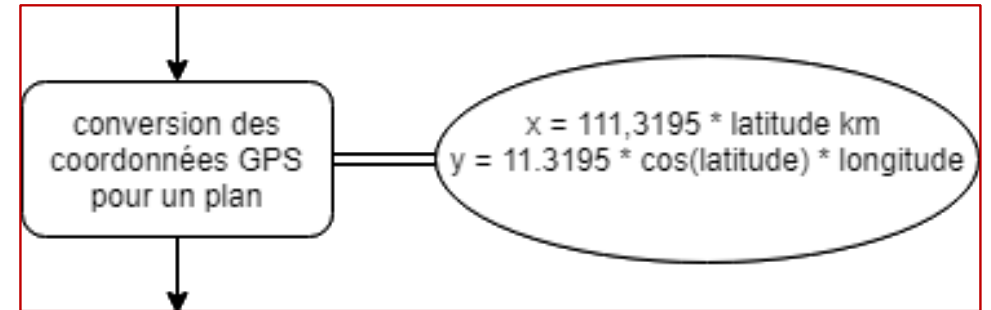


Annexe 2 : Conversion de données GPS and 2D latitude/ longitude

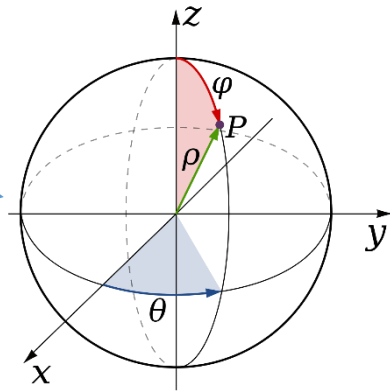
- Conversion GPS:



Sans conversion

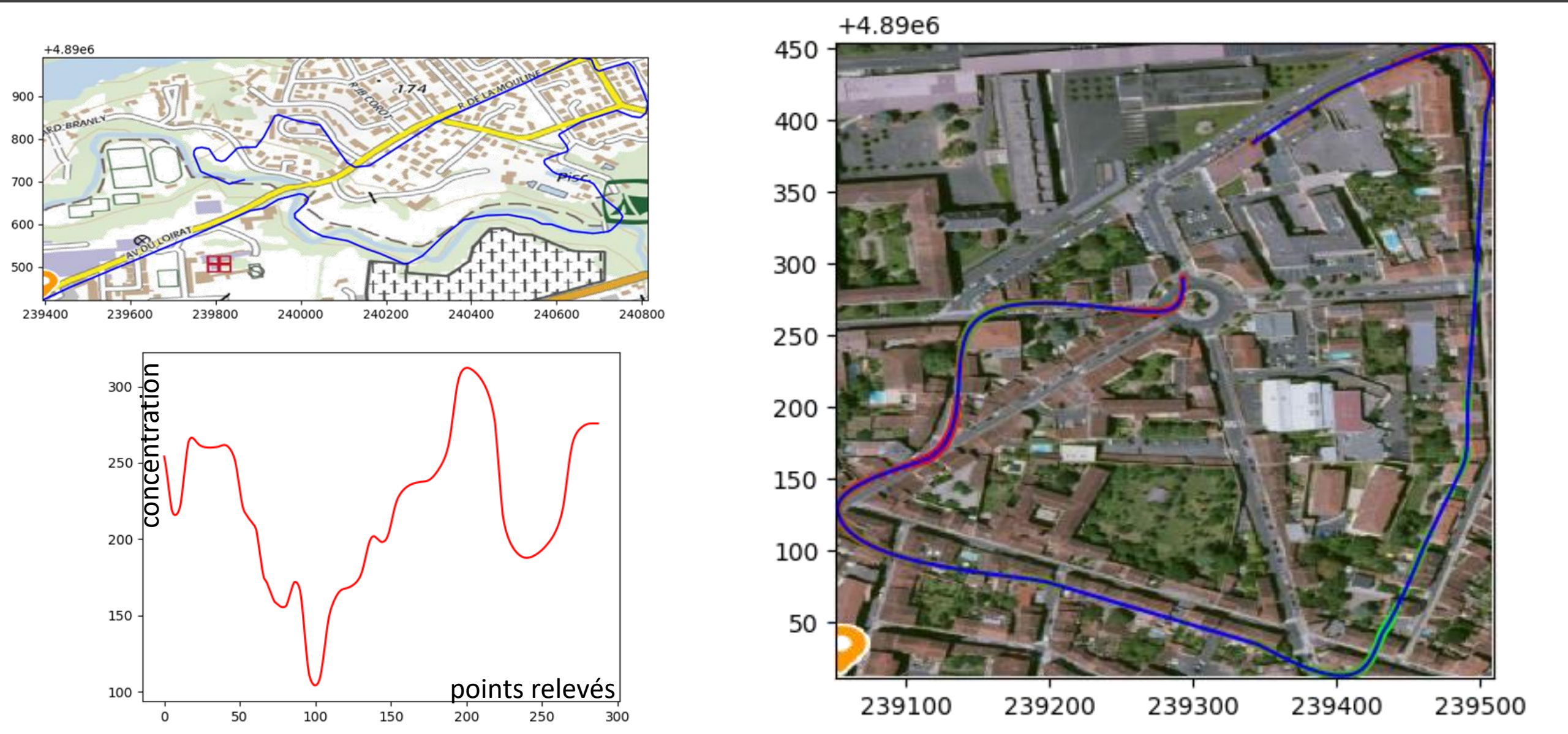


ρ : rayon terrestre
 θ : Longitude
 ϕ : Latitude



Avec conversion

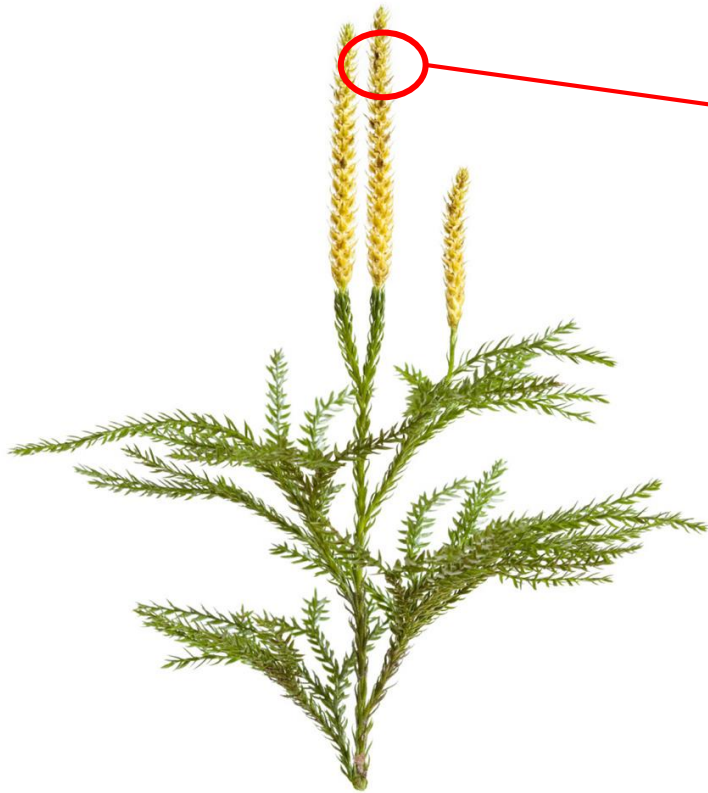
Annexe 3 : Détails sur le tracé du parcours du coureur



Annexe 4 : La poudre de lycopode?

TIPE Augustin Bancel – Juin 2018

page 20



La poudre de lycopode vu au microscope.

