FONDATION CGENIAL

PolluBike

Pollubike

Bien respirer à MASSY

Sciences à l'École

MASSY
Ma Ville Avance

Lab Innovation
ERICSSON

Résumé

PolluBike

L'origine du projet

- Le projet Pollubike est né de la volonté d'obtenir des informations sur la qualité de l'air en ville afin de connaître les itinéraires «les plus sains» pour piétons et vélos.
- Fin 2018, Lab Innovation Ericsson France nous a contactés pour entamer une collaboration pour développer le « Pollubike », un boîtier autonome fixé sur des vélos en libre circulation dans la ville de Massy.

Le fonctionnement du Pollubike

- Les boîtiers, montés par les élèves comprennent entre autre des détecteurs de particules fines, des cartes 4G, des cartes GPS et une antenne. Les données récoltées par ce boîtier sont ensuite envoyées sur un serveur et hébergées chez Ericsson. Les données sont alors affichées sous forme de pastilles sur une carte Open Street Map de Massy.

L'objectif final

- Permettre une identification claire et rapide des zones plus ou moins polluées, grâce à ce système de pastilles de couleur.

Nous avons à ce jour tissé un partenariat avec la mairie de Massy, nous permettant de poster les données obtenues dans la ville.

Contexte

PolluBike

Quelques ordres de grandeur pour commencer…

- Aujourd'hui, **50% de la population mondiale** vit dans les villes.
- Il est prévu qu'en 2050, ce pourcentage atteigne 70%.

- **2% de la surface terrestre est occupée par les villes**
- Et ces 2% produisent **80% des émissions de gaz à effet de serre**.

Une idée pour agir ?

Faire prendre conscience aux citadins que la pollution est présente dans leur environnement peut contribuer à donner plus de sens au développement durable.

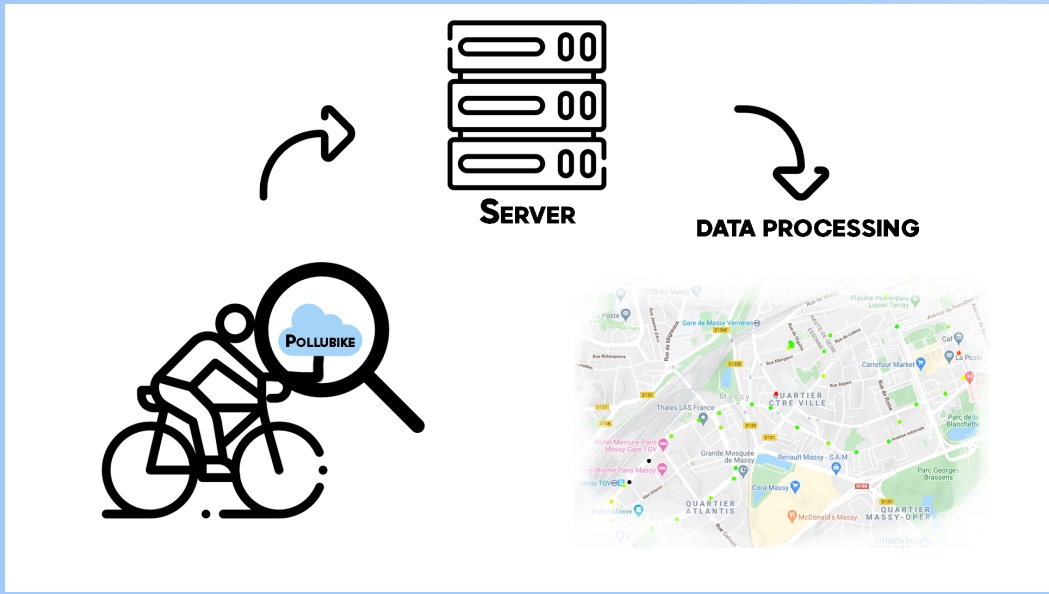
C'est dans cette optique que le projet « Pollubike » a vu le jour.

Notre problématique : Comment développer un concept simple, fiable et participatif pour connaître les zones les moins polluées de la ville ?

Contexte

Pollubike, c'est tout un projet !

Il reprend les bases classiques des détecteurs de pollution en y alliant de nouvelles technologies et un travail en collaboration avec Lab Innovation Ericsson France et la Mairie de Massy.



L'objectif de celui-ci consiste à mettre en ligne le taux de pollution à un endroit précis de la ville (de Massy) en temps réel.

Pollubike est à la fois le nom du projet et le nom du boîtier nuage (et son contenu), installé sur des vélos.

Comment réaliser ce projet ?

PolluBike

4 grandes étapes de la réalisation du projet :

1) Déterminer les composants les plus adaptés pour le Pollubike :

une batterie,

une carte programmable (micro:bit, Arduino),

un capteur de particules fines,

une antenne LTE

2) Développer un programme pour la carte Arduino

3) Chercher un boîtier « idéal »: recherche d'un boîtier pratique et esthétique

4) Informer de la qualité de l'air sur Massy : aboutir à un site avec la carte de la ville pour afficher les données sous forme de pastilles de couleurs.

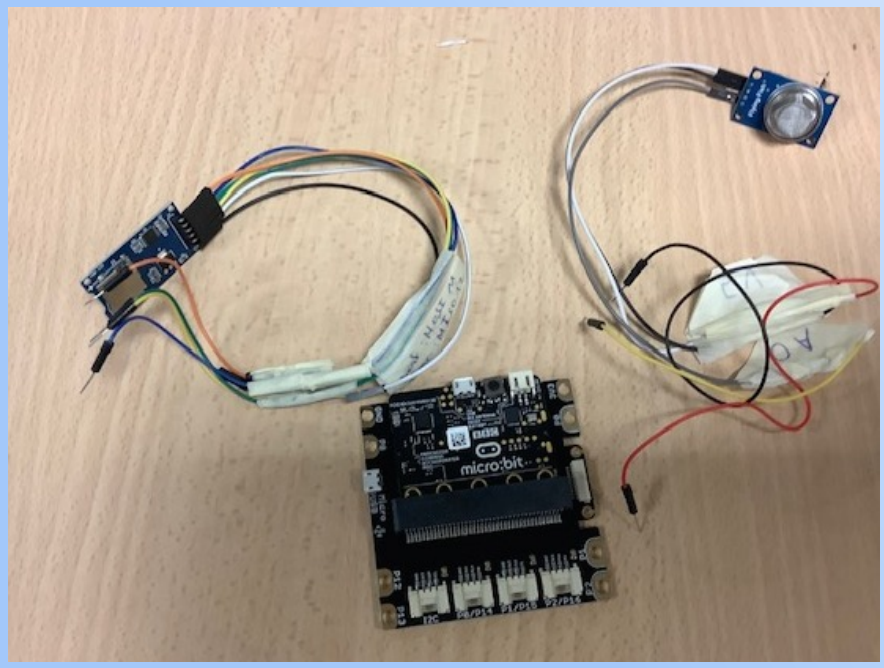
Ces étapes sont itératives, nécessitent plusieurs essais, plusieurs modifications, qui permettent une amélioration des travaux de semaines en semaines.

1) Les composants adaptés

La carte programmable microbit

Nous utilisons une **carte microbit avec un adaptateur (shield)** pour réaliser des mesures à l'aide d'un détecteur de particules fines (DSM)

Cela fonctionne très bien, mais cela **prend beaucoup de place**, il faut trouver une alternative.

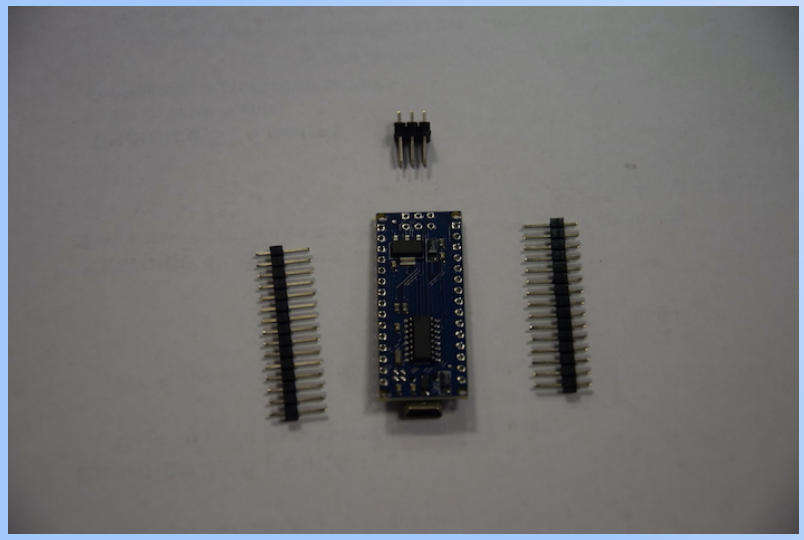


1) Les composants adaptés

La carte programmable Arduino

La carte **Arduino est beaucoup plus adaptée**, elle a une puissance plus grande et elle prend moins de place.

Nous **changeons donc notre carte microbit** par celle-ci, ce qui optimise la place dans le boîtier



1) Les composants adaptés

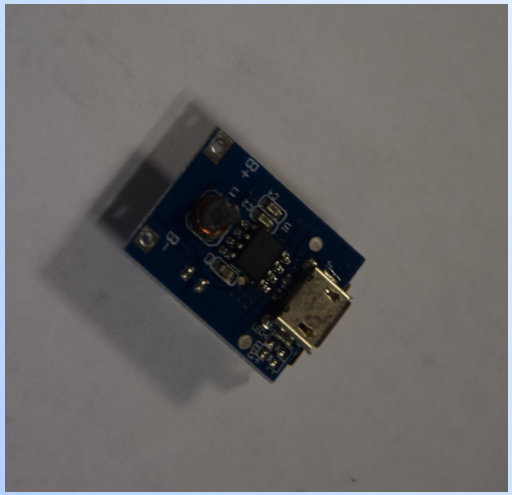
Le module de charge

Nous avons observé que lorsque l'alimentation 5V (Volts) du régulateur/ chargeur, était branchée à l'entrée Vin de la carte Arduino, 1V était perdu par le régulateur interne de la carte Arduino (LM7805).

2 solutions trouvées :

1. Pour palier la perte : nous **branchons l'alimentation directement sur l'entrée 5V de la carte Arduino**.

2. Pour améliorer la fiabilité : nous **filtrons l'alimentation** grâce à 2 condensateurs.

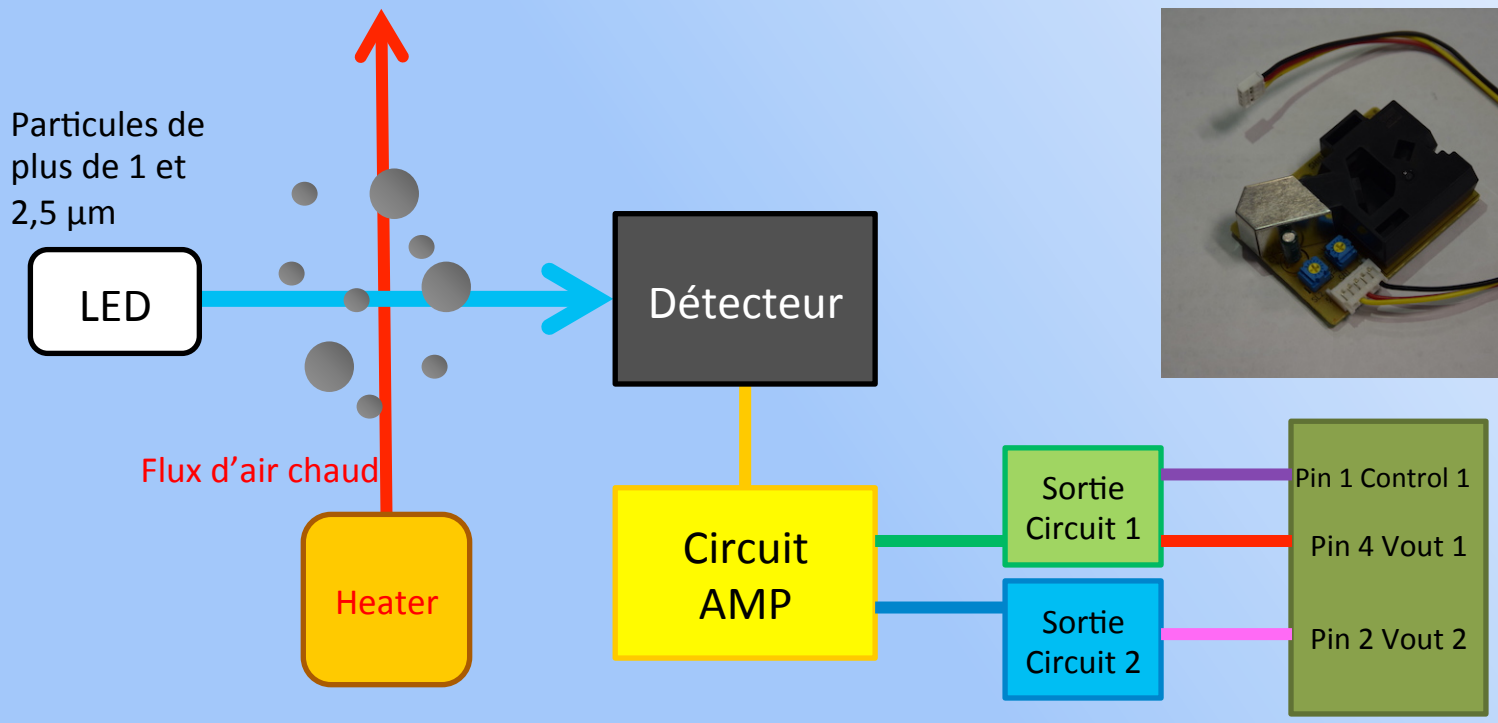


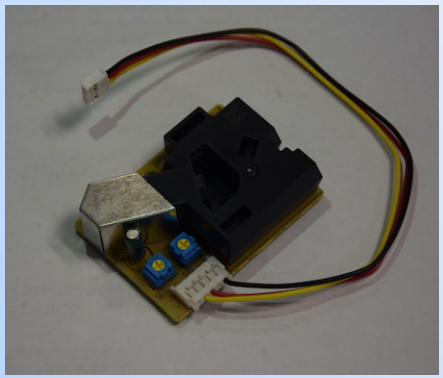
1) Les composants adaptés

Le détecteur de particules fines

Nous voulions utiliser un détecteur de Nox mais il a besoin d'un temps de chauffe avant de pouvoir récolter des données représentatives.

Nous avons donc décidé d'utiliser des détecteurs pm1 et pm2.5 qui n'ont pas ce problème.



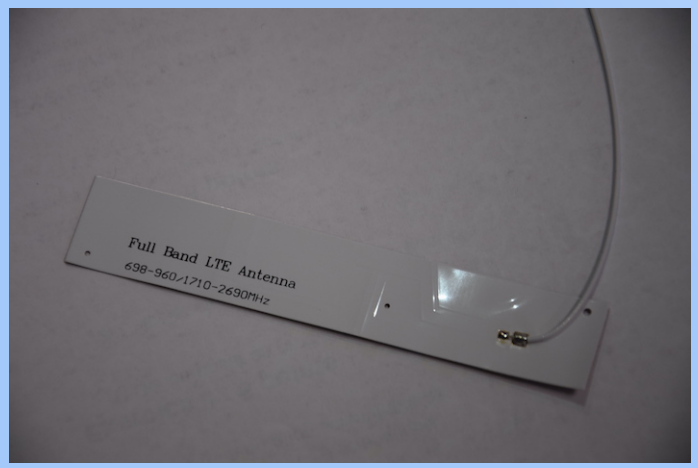


1) Les composants adaptés

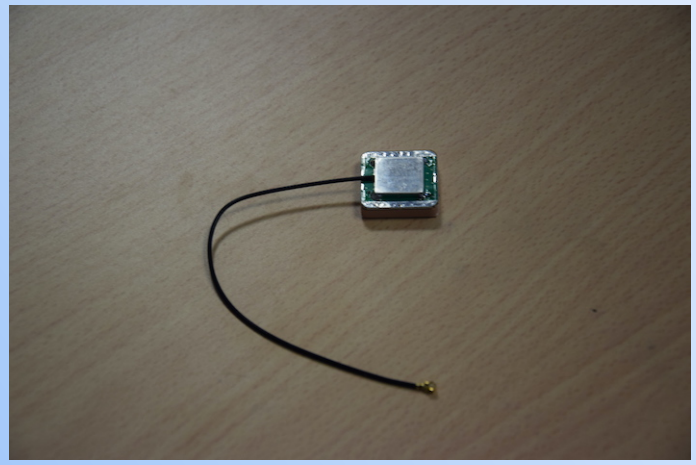
Les antennes LTE et GPS

Nous avons mis l'antenne LTE et l'antenne GPS **à l'écart des autres composants pour obtenir de meilleurs résultats.**

Nous avons également repositionné l'antenne face à la paroi du boîtier pour que les données se transmettent sans encombre.



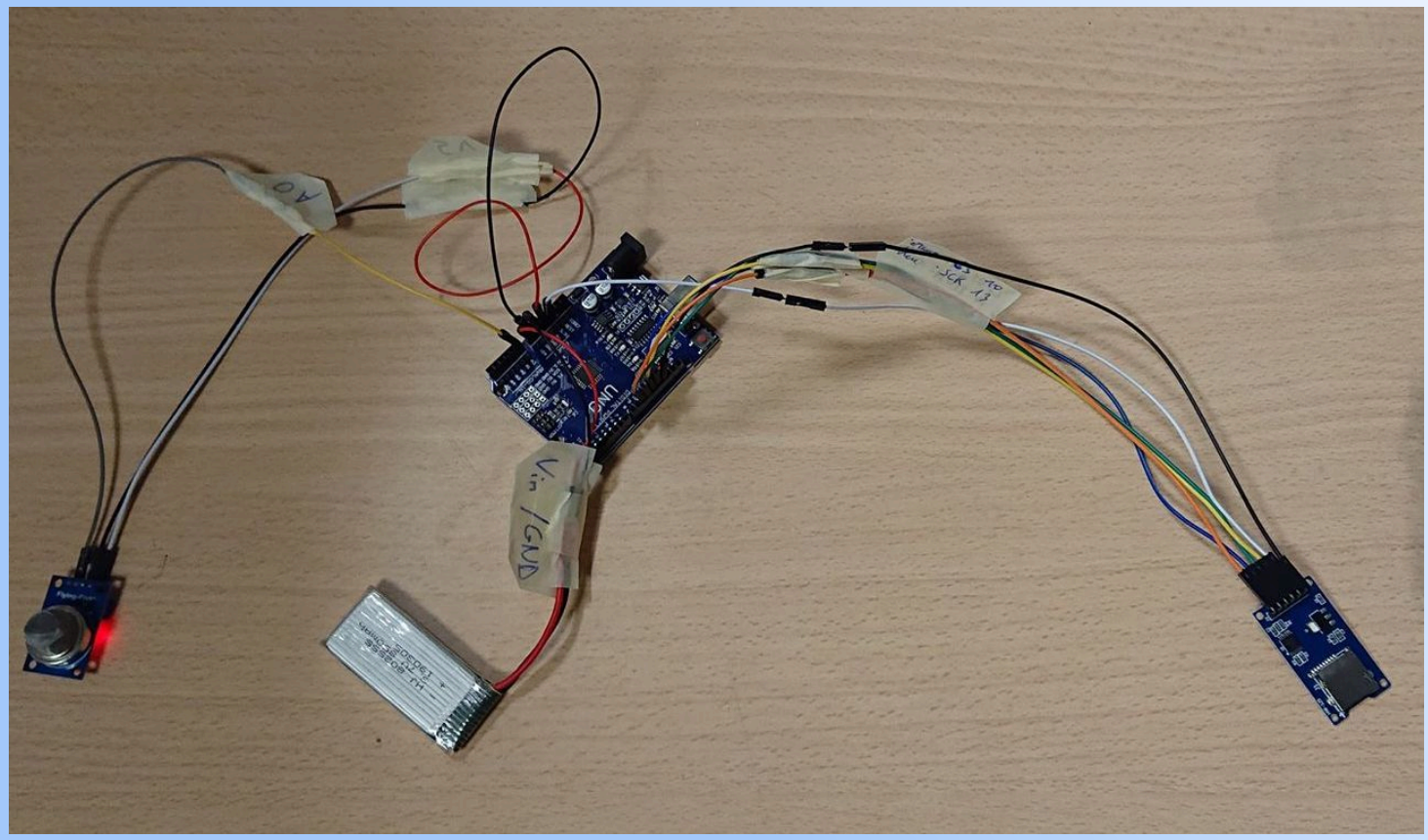
Antenne LTE



Antenne GPS

1) Les composants adaptés

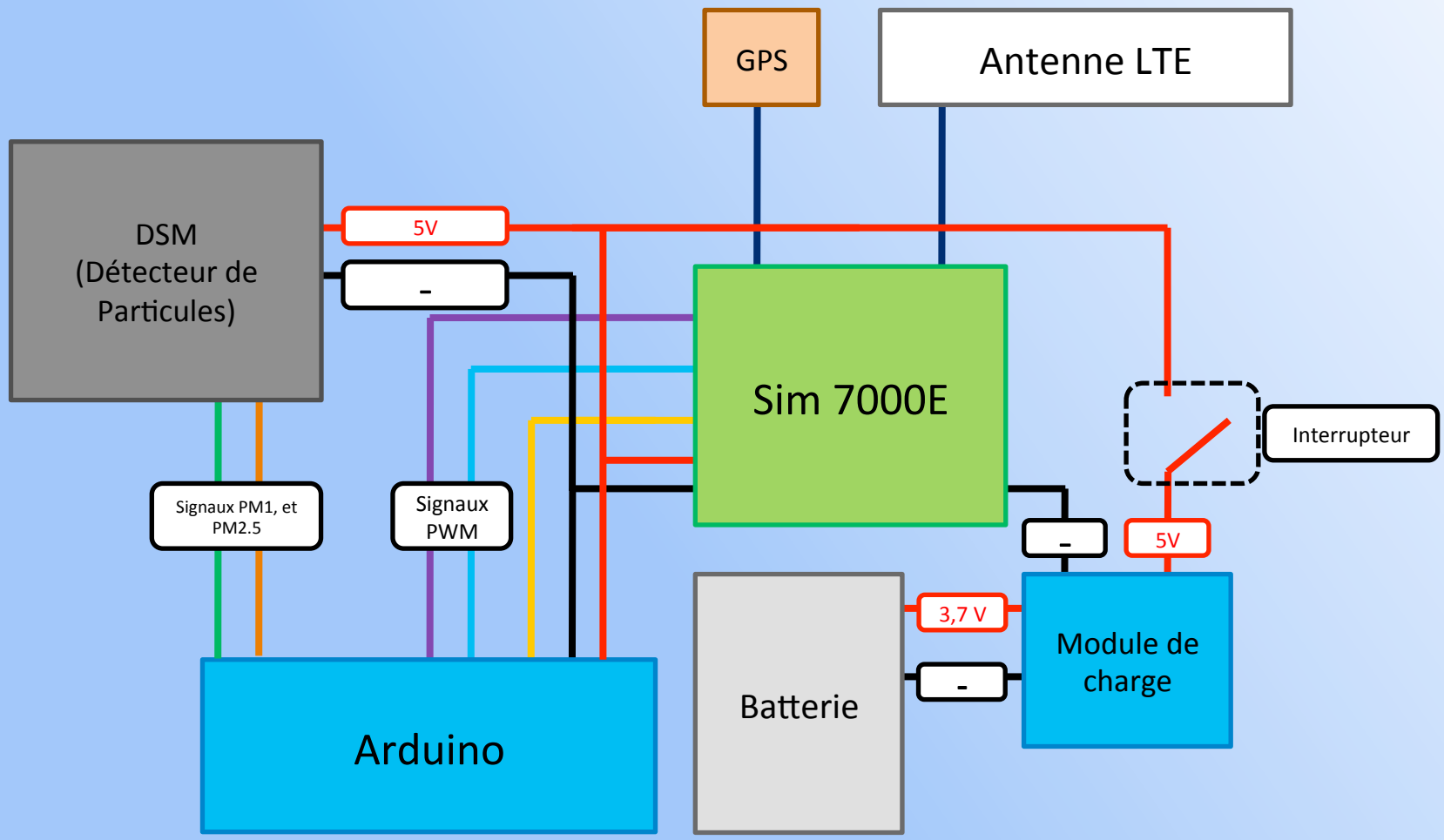
Premier montage réussi



Montage avec un détecteur de Nox, une carte SD, une carte Arduino et une batterie

1) Les composants adaptés

Modèle finalisé : Circuit actuel

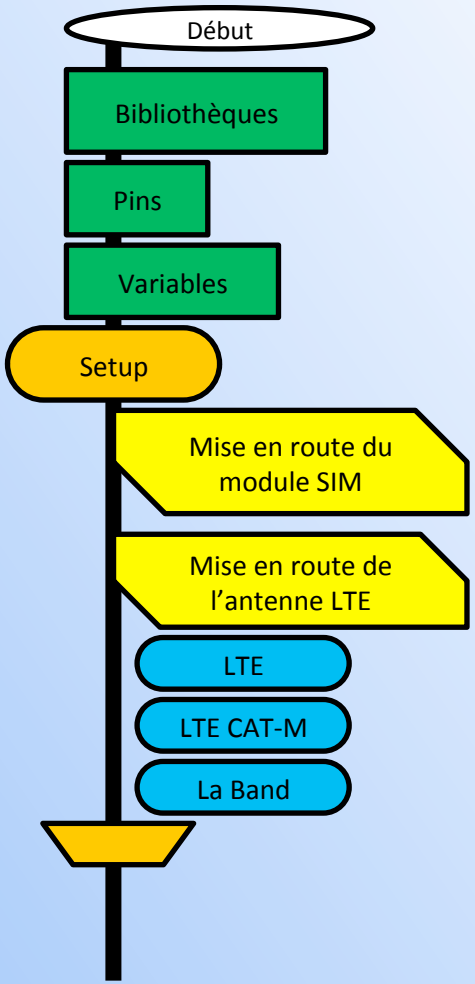


2) Développement du programme de la carte Arduino

Fonction Set up

Dans un premier temps, nous définissons les bibliothèques, les entrées et sorties (pins) ainsi que les variables.

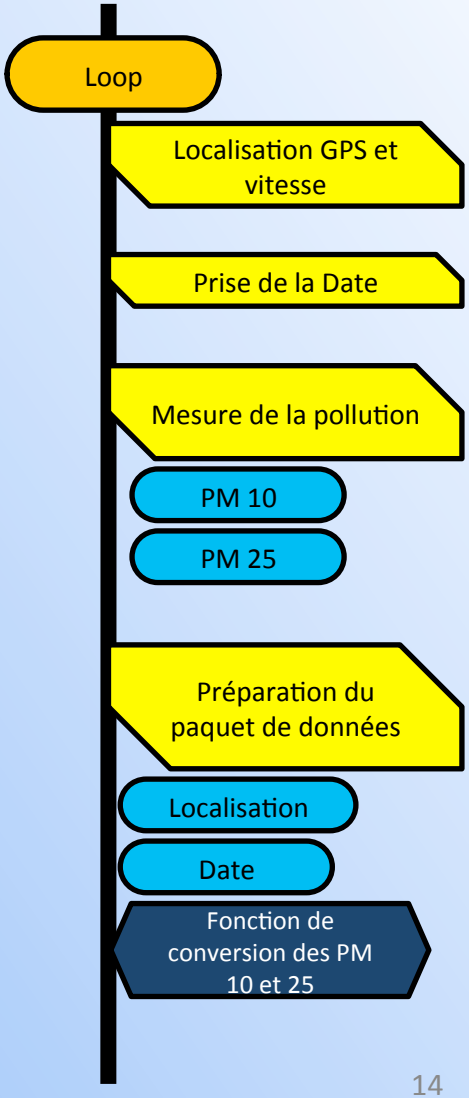
La fonction *setup* permet de démarrer l'ensemble du circuit.



2) Développement du programme de la carte Arduino

Fonction Loop

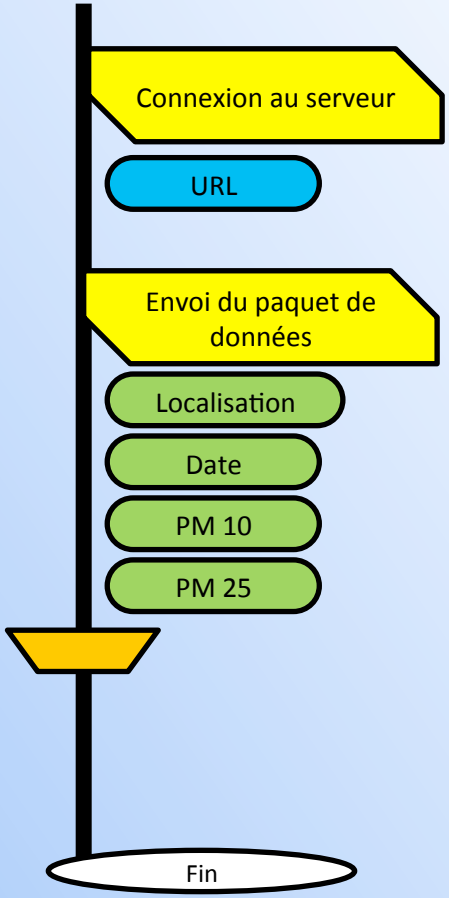
La fonction *Loop* contient la **majorité du code** comme la localisation GPS, la mesure de la pollution, la conversion des données du DSM en µg, etc…



2) Développement du programme de la carte Arduino

Conversion des informations

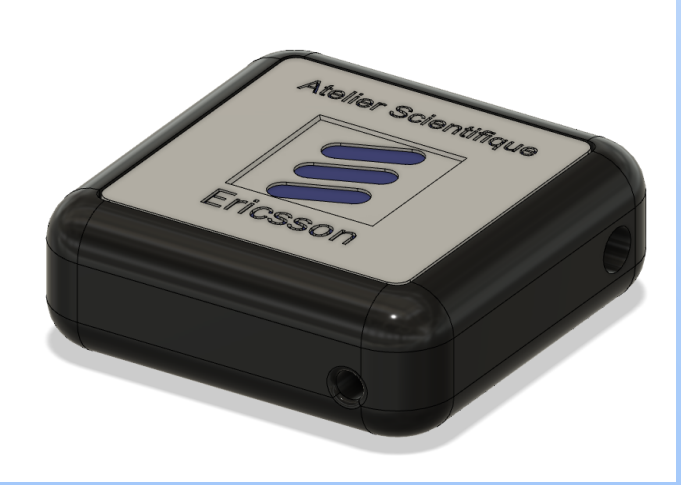
La fin du code nous permet **d'envoyer les données au serveur.**

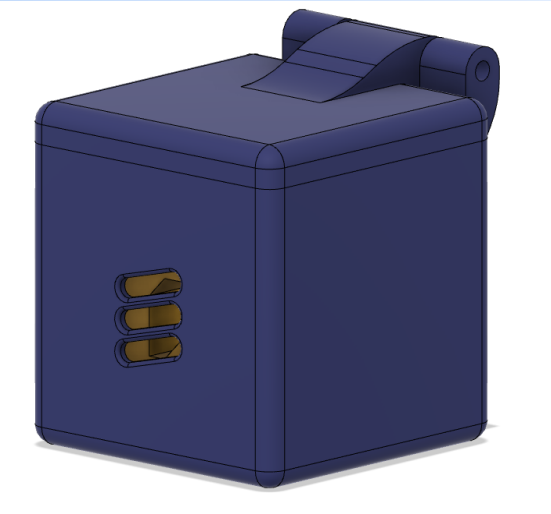


3) Recherche du boîtier « idéal »

Réalisation des premiers boîtiers

Premiers modèles :

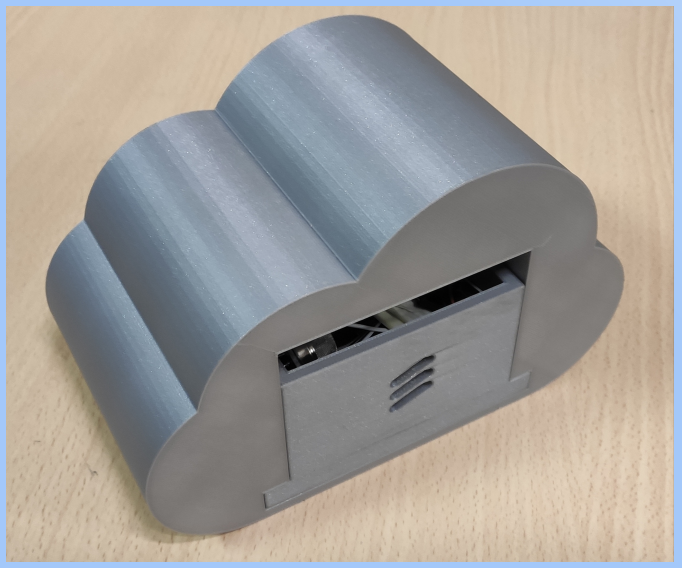




Ces propositions étaient intéressantes mais ne répondaient pas aux critères esthétiques.

3) Recherche du boîtier « idéal »

Réalisation d'un boîtier en forme de nuage



Nous avons créé (avec Ericsson) un **premier boîtier avec le côté esthétique** (en forme de nuage).

Cependant, il prend **beaucoup de place** et n'est donc **pas adapté aux vélos**.

Nous devons donc **réduire le volume** en enlevant certaines pièces ou les **remplacer par des pièces plus petites**.

3) Recherche du boîtier « idéal »

Création des boîtiers actuels

Une fois les composants déterminés, nous les avons positionné les uns par rapport aux autres pour que **l'ensemble soit fonctionnel et prenne le moins de place possible**.

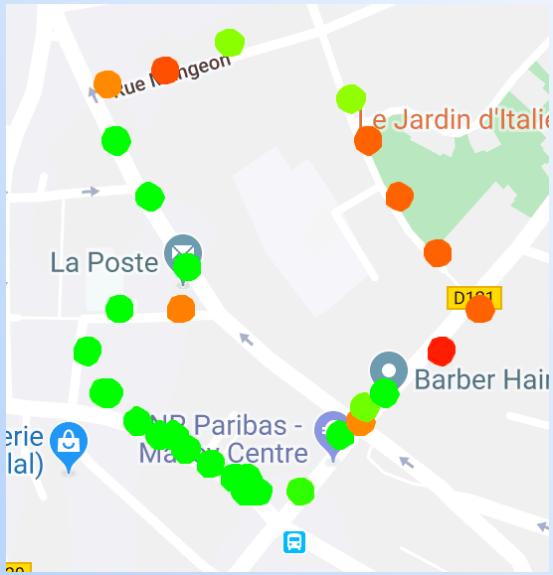
Le boîtier a été conçu pour répondre à ces critères.

4) Informer de la qualité de l'air sur Massy

Vers la création d'un site : la page PHP

Les données, une fois récupérées par le boîtier, sont **transférées à un serveur**, qui, lui, les affiche sur le site internet de Pollubike où elles sont à disposition de tous.

Sur ce site s'affiche un **fond de carte de la ville de Massy où un ordre de grandeur de particules fines** (>1µ ou >2,5µ) est affiché sous forme de pastilles de couleurs (de vert à rouge selon l'échelle Airparif aux différents endroits où est passé le vélo portant le boîtier Pollubike).



La qualité de l'air est :

Bonne Moyenne Mauvaise

4) Informer de la qualité de l'air sur Massy

Base de données et serveur

Les données de nos Pollubikes sont envoyées sur un serveur de notre partenaire Lab Innovation Ericsson.

Ce sont des données SQL que nous exploiterons après et que nous visualiserons sur une carte.

←T→				id	latitude	longitude	PM10	PM25	NO2	CO	CO2	timestamp	date	hour	minute	deviceID
Éditer	Copier	Supprimer		14276	48.7254	2.2609	29.64	5.48	10	10	10	20200104164823	2020-01-04	18	48	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14277	48.7253	2.261	25.17	1.24	10	10	10	20200104164857	2020-01-04	18	48	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14278	48.7254	2.26093	27.22	3.9	10	10	10	20200104164931	2020-01-04	18	49	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14279	48.7253	2.26095	22.76	3.72	10	10	10	20200104165006	2020-01-04	18	50	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14280	48.7253	2.26104	20.47	0.74	10	10	10	20200104165040	2020-01-04	18	50	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14281	48.7253	2.26115	19.57	3.89	10	10	10	20200104165114	2020-01-04	18	51	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14282	48.7255	2.26115	27.68	2.26	10	10	10	20200104165148	2020-01-04	18	51	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14283	48.7255	2.26122	13.5	0	10	10	10	20200104165222	2020-01-04	18	52	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14284	48.7253	2.26101	34.2	5.3	10	10	10	20200104165256	2020-01-04	18	52	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14285	48.7254	2.2606	26.84	6.11	10	10	10	20200104165331	2020-01-04	18	53	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14286	48.7256	2.26075	27.92	6.31	10	10	10	20200104165405	2020-01-04	18	54	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14287	48.7256	2.26073	33.04	4.59	10	10	10	20200104165440	2020-01-04	18	54	PBK003
Éditer	Copier	Supprimer		14288	48.7257	2.2624	12.88	2.88	10	10	10	20200104165659	2020-01-04	18	56	PBK003

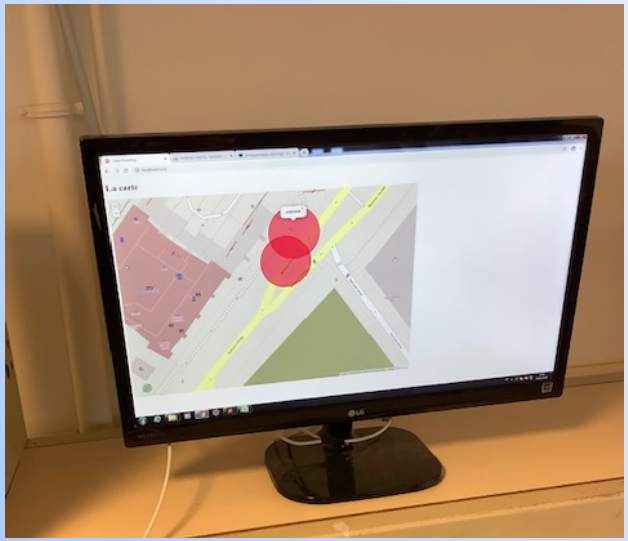
4) Informer de la qualité de l'air sur Massy

Le fond de carte

Nous voulions utiliser un fond de carte Google Map mais il était payant.

Nous avons donc **cherché un moyen de remédier à cette contrainte**.

Nous utilisons aujourd'hui un **fond de carte OpenStreetMap** et celui-ci est en **opensource** et **gratuit**.



Notre premier essai réussi avec OpenStreetMap

4) Informer de la qualité de l'air sur Massy

OpenStreetMap

Sur OpenStreetMap, notre travail est composé de trois parties :

1) Requête Javascript sur un fichier php
2) Réponse du serveur formatée en JSON
3) Exploitation des données reçues (on ajoute les points sur la carte)

De manière plus technique, on initialise la **carte dans un fichier javascript**, puis on **récupère un tableau de points avec les valeurs de latitudes, longitudes, pm10 et pm25** contenues dans la base de données, encodé en JSON.

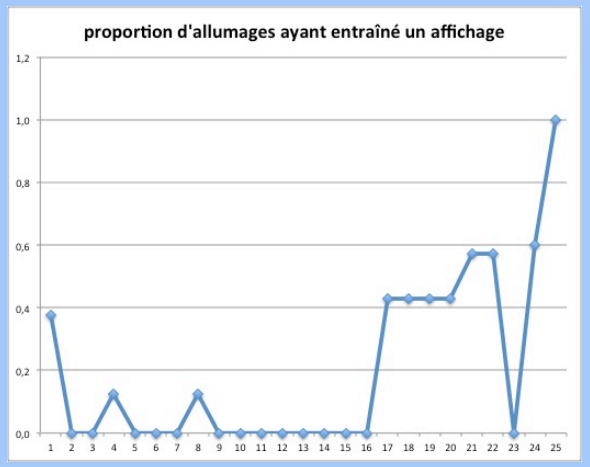
Ensuite on ajoute tous les points du tableau sur la carte.

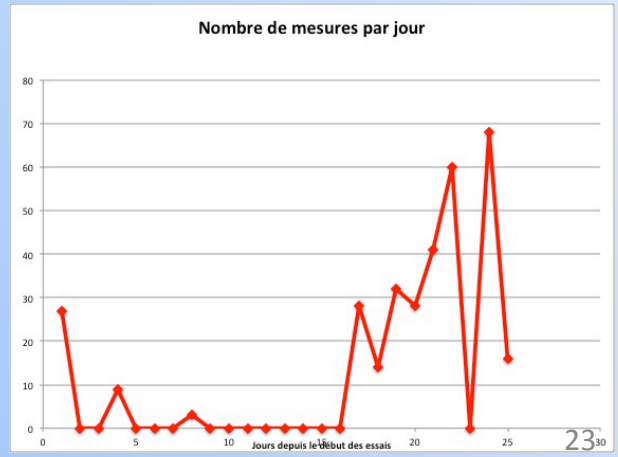
Phases tests

Nous avons allumé notre Pollubike un certain nombre de fois par jour et observé combien de fois il marchait (récolte des données, les renvois au serveur, ces données s'affichent sur le serveur, etc…).

Avec les premiers résultats de cette expérience, nous avons construit ce graphique

Nous avons récolté aujourd'hui **plus de 20 000 données** ce qui nous permet de faire beaucoup de tests différents.

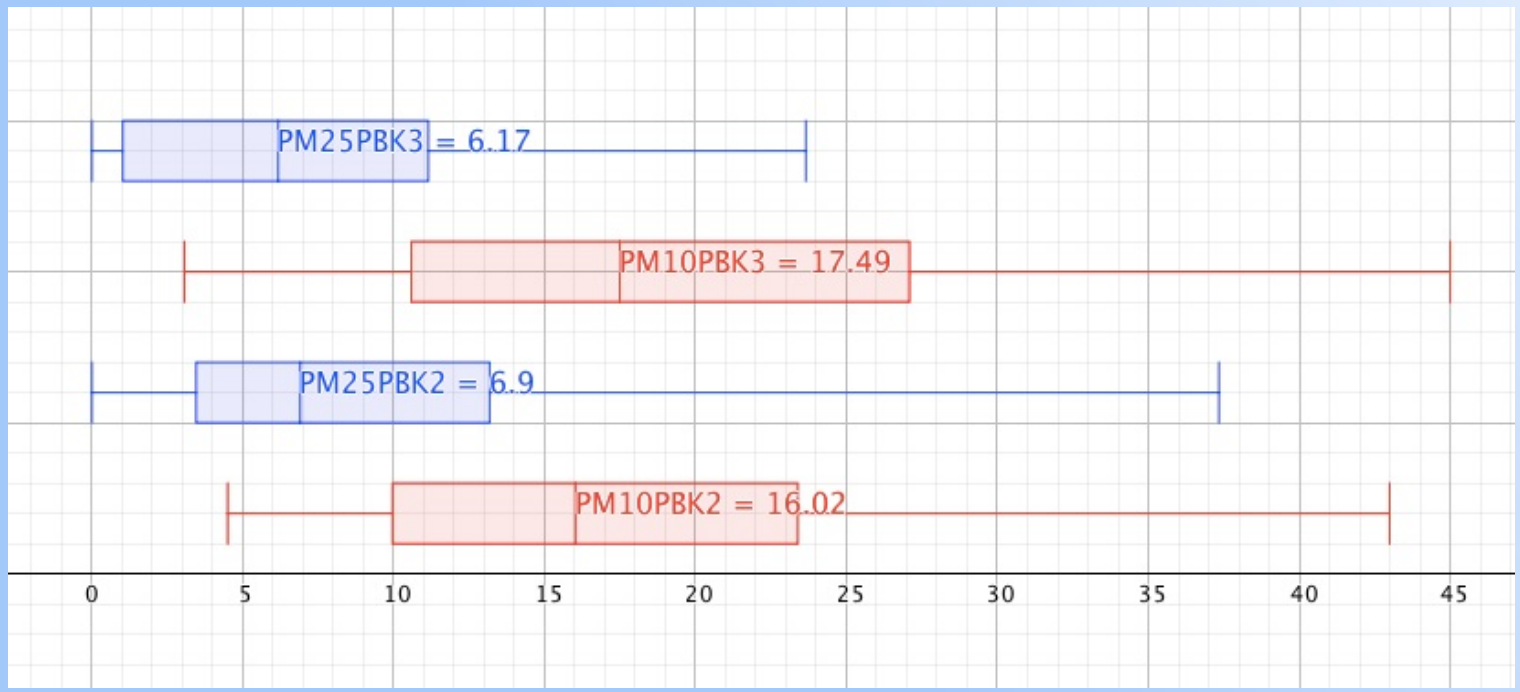




Phases tests

Nous avons aussi comparé les données de nos Pollubikes entre eux sur un même trajet au même moment.

Ci-dessous les données du 22 février entre un Pollubike VAE et un Pollubike classique.

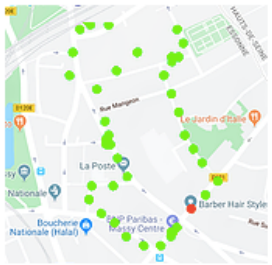


Phases tests

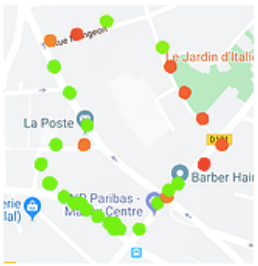
Cohérence des résultats

Lorsque les températures sont proches de 0°C, la quantité de particules fines est élevée ; lorsqu'elle passe au dessus de 5°C, elle baisse.

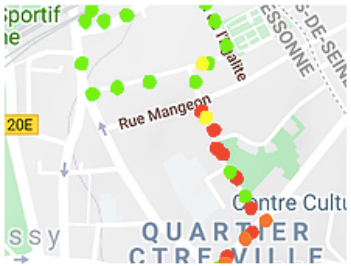
De même en été au dessus de 30°C, la quantité de particules fines augmente.



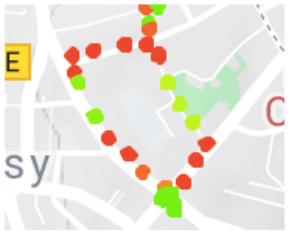
27/12
p=1035 hPa
T = 8°C



29/12
p=1035 hPa
T = 0°C



30/12
p=1031 hPa
T = -1,5°C



1/1
p=1030 hPa
T = 0°C

3/1
p=1029 hPa
T = 8°C

Phases tests

Modifications apportées suite aux tests

Les expériences nous ont révélé de nombreux problèmes et pour les régler nous avons dû changer le programme Arduino, l'organisation des composants dans le boîtier.

L'ajout d'un condensateur, l'isolement des cartes GSP et LTE déjà évoqués sont également le résultat de nos différents tests.

Aujourd'hui

Après de nombreux changements et tests, notre Pollubike est bien plus performant.

Nous avons réalisé six boîtiers Pollubike et continuons à faire de nouvelles expériences pour l'améliorer davantage !

Aujourd'hui : Plus court chemin

Travailler avec **les points colorés** affichés sur la page web avec open street map **n'est pas lisible**.

C'est pourquoi nous voulons, à partir d'une position de départ et d'arrivée, déterminer **le meilleur chemin** en fonction de la **pollution** et de la **distance**.

Nous avons utilisé le programme « astar » qui nous permet de trouver rapidement le plus court chemin dans une matrice de donnée.

```
G = {
            ( 0, 0) : [(-1, 0),( 0, 1),( 2, 0),( 0,-2)],
            ( 0, 1) : [( 0, 0),( 2, 1)],
            ( 0,-2) : [( 0, 0),( 2,-2),(-1,-2)],
            (-1, 0) : [(-1, 1),( 0, 0)],
            (-1, 1) : [(-1, 0)],
            (-1,-2) : [( 0,-2)],
            ( 2, 0) : [( 2, 1),( 2,-2),( 0, 0)],
            ( 2, 1) : [( 0, 1),( 2, 0)],
            ( 2,-2) : [( 2, 0),( 0,-2)],
            ( 3, 0): [( 2, 0), ( 0, 1)],
    }
```

Valeurs arbitraires

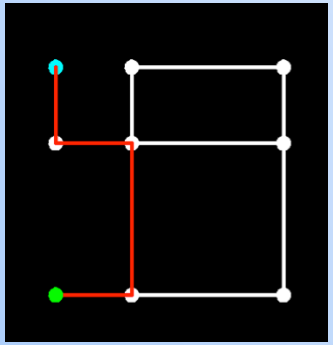


Schéma obtenu

Aujourd'hui : Plus court chemin

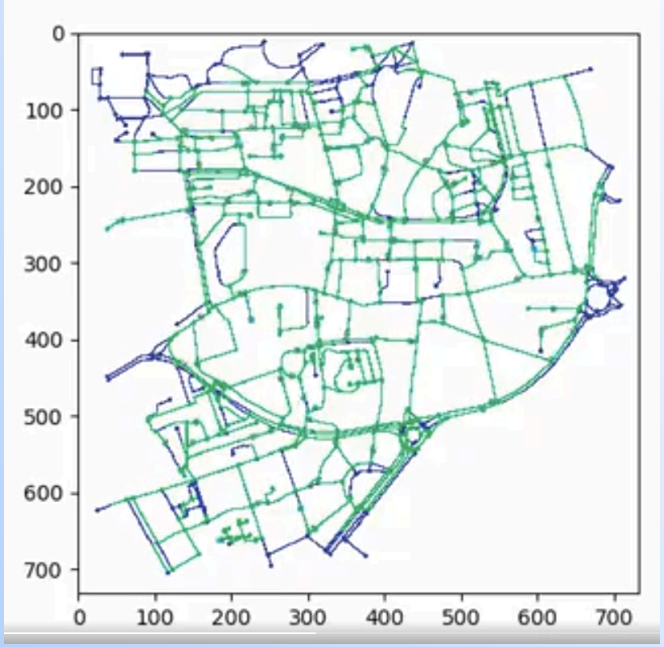
PolluBike

- Nous avons ensuite« parser » c'est-à-dire comment passer d'une méthode d'écriture (OSM) à une autre (XML) ; ce dernier étant supporté par Python, et ainsi nous permettant de faire un graph. Pour cela il faut passer par « Element Tree », associer chaque latitude, longitude et iD à un unique nœud et si ce nœud possède une interaction avec d'autres (route, piste cyclable, etc.), les relier ensemble.
- Le seul problème avec ce système c'est que nous ne pouvons que modéliser une zone réduite de la ville (car si l'on prend la carte de Massy en entier elle est trop lourde pour l'algorithme) et que le parsing et le traçage du graph même à partir d'une carte assez petite reste assez longue. Nous y travaillons; à ce jour nous avons réussi à réduire le parsing à environ 2.2s. Le problème de la taille du fichier reste cependant un problème non encore résolu…

Demain

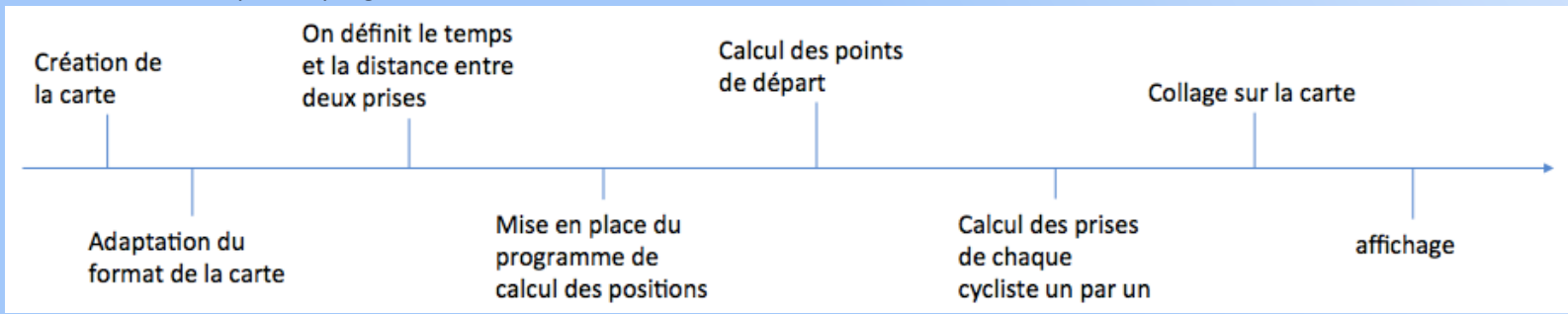
Nous avons pour **objectif de faire circuler une centaine de vélos équipés du boîtier Pollubike dans la ville de Massy.**

Nous avons maintenant besoin de savoir à quelle fréquence la page internet doit s'actualiser. Pour cela nous avons réalisé une modélisation Python **déplacement de cent Pollubike**



Résultats de la modélisation

Les différentes étapes du programme



Conclusion

Notre problématique est donc résolue avec succès : nous avons un détecteur de pollution mobile grâce aux vélos, qui nous permet de voir en temps réel, la quantité de particules fines à travers la ville.

Nous pouvons désormais nous balader dans des lieux peu pollués, et bien respirer à Massy !

Ce qu'il nous reste à faire pour aller plus loin…

- Remplacer une partie de l'électronique par une carte PCB.
- Cela nous permettra de connaître le coût d'un Pollubike muni de cette technologie (possible passage de 70€ à 40€).
- Chercher des financements et des associations qui pourront gérer la suite du Pollubike. C'est la raison pour laquelle nous travaillons avec les associations ville de Massy !

Par ailleurs, plusieurs municipalités ont déjà demandé s'ils auraient le droit d'utiliser Pollubike !

Retrouvez l'avancée de nos travaux sur :

- Twitter : @atsvilgenis
- FB : atelier scientifique vilgenis
- Instagram : atelierscientifiquevilgenis
- Site : http://ats2016vilge.wixsite.com/ateliersiencesvilge