

# Guide de montage électronique et programmation d'un Module Air

## Dispositif de mesure et d'affichage de la qualité de l'air

Module Air est un dispositif connecté et géo-localisé de mesures et de visualisation de la qualité de l'air intérieur et extérieur.

Il permet d'afficher les données des capteurs embarqués avec possibilité d'enregistrement à distance (dans la version actuelle, Microparticules et CO<sub>2</sub>), et les données géo-localisées de l'observatoire régional de la qualité de l'air AtmoSud (les concentrations de microparticules et de dioxyde d'azote dans l'air extérieur).

Les visuels sont composés de concentrations ou d'indices, d'un code couleur relié à une échelle des concentrations ou un message de prévention/recommandation.



# 1. Pré-requis

## 1.1 Matériels électroniques

Le montage d'un Module Air nécessite le matériel suivant :

- 2x [Arduino Mega 2560](#)
- 1x [Shield Sim908 GPRS/GPS](#) (Vendu avec une antenne GPS et GSM mais nous conseillons ce qui suit)
- 1x Antenne [GPS](#)
- 1x Antenne [GSM](#)
- 2x Câble [UFL-SMA](#)
- 1x Carte SIM
- 1x [Écran Matrix 64x32 Adafruit](#)
- 1x [Sonde SDS011 PM](#)
- 1x [Sonde MH-Z16 CO2](#)
- 1x [HUB USB](#) 7 ports
- 1x [Adaptateur alimentation secteur UK-FR](#)
- 3x [Adaptateur DC Power 2.1mm femelle vers bornier](#)
- 3x [Câble USB vers Fiche DC jack 2.1mm - 1m](#)
- 2x Câble [USB A-B](#)
- ~20x Câble Dupont – [Femelle-Mâle](#)
- ~20x Câble Dupont – [Mâle-Mâle](#)
- ~20x Câble Dupont – [Femelle-Femelle](#)

## 1.2 Logiciel à utiliser pour la programmation du Module Air


La programmation de Module Air nécessite l'installation d'un Environnement de développement Intégré appelé IDE.

Télécharger la dernière version de l'IDE Arduino depuis :

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>



## Download the Arduino IDE



**ARDUINO 1.8.7**  
The open-source Arduino Software (IDE) makes it easy to write code and upload it to the board. It runs on Windows, Mac OS X, and Linux. The environment is written in Java and based on Processing and other open-source software.  
This software can be used with any Arduino board. Refer to the [Getting Started](#) page for installation instructions.

**Windows** Installer, for Windows XP and up  
**Windows** ZIP file for non admin install

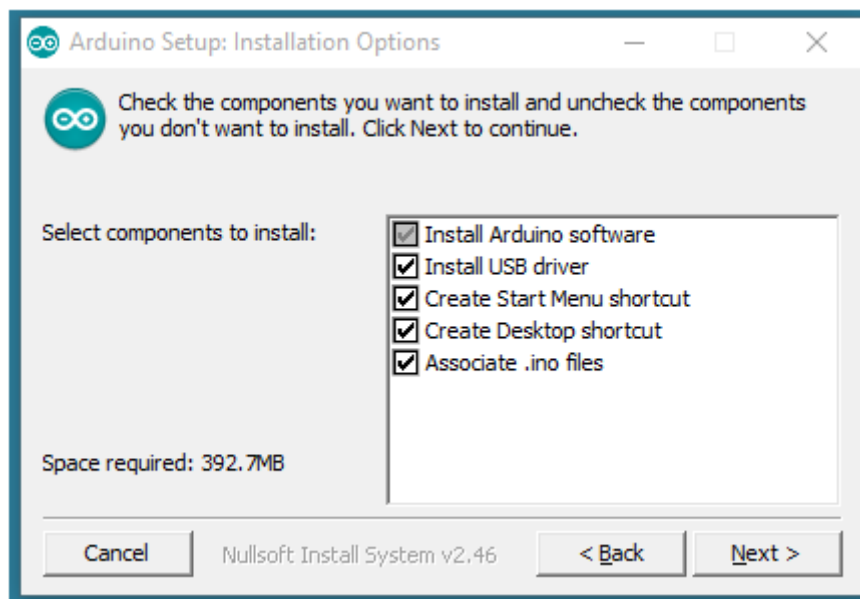
**Windows app** Requires Win 8.1 or 10  
[Get](#)

**Mac OS X** 10.8 Mountain Lion or newer

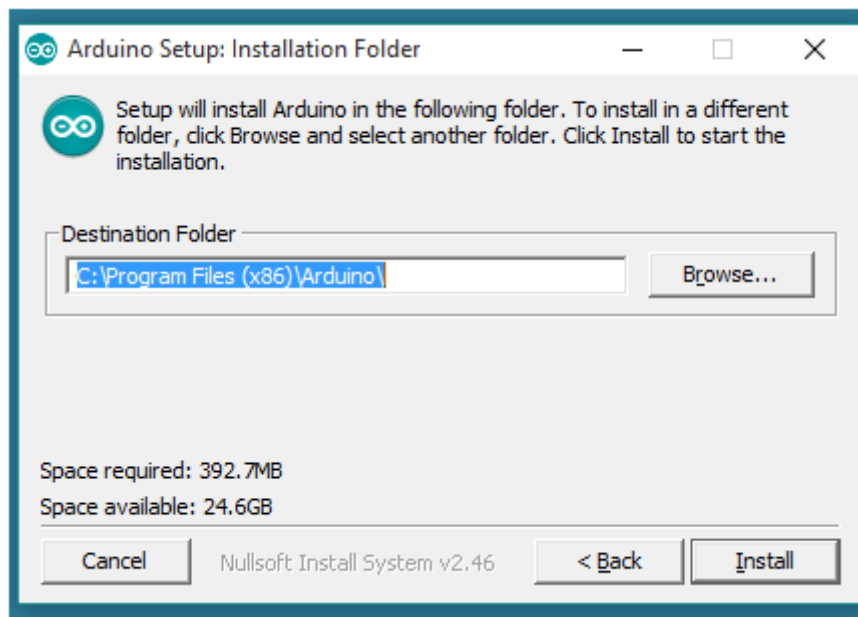
**Linux** 32 bits  
**Linux** 64 bits  
**Linux** ARM

[Release Notes](#)  
[Source Code](#)  
[Checksums \(sha512\)](#)

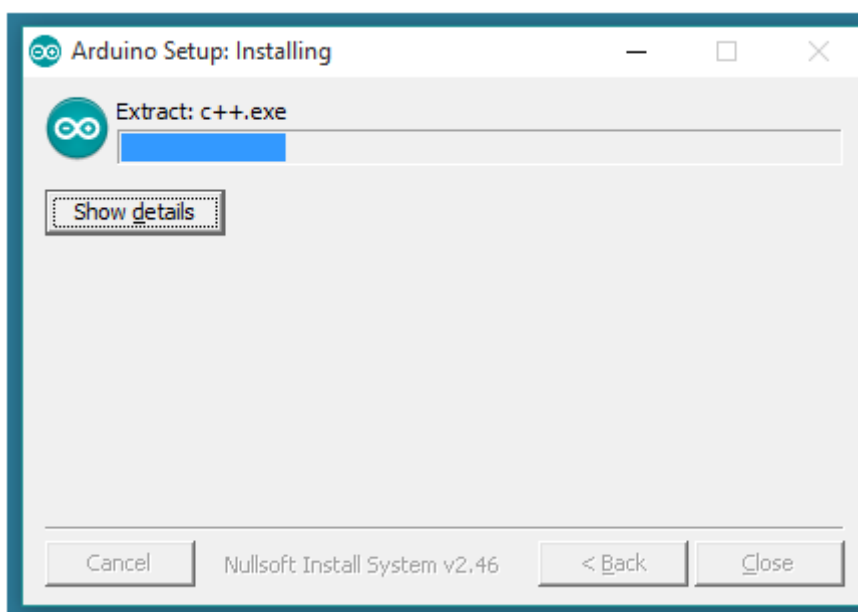
Une fois le téléchargement terminé, double-cliquer sur le fichier .exe et autoriser le processus d'installation du pilote lorsque vous recevez un avertissement du système d'exploitation.



Choisir les composants à installer



Choisir le répertoire d'installation



Le processus extrait et installe l'ensemble des fichiers nécessaires pour exécuter correctement l'IDE Arduino.

Une fois le logiciel installé, brancher l'un des deux Arduino Méga à l'ordinateur avec le câble USB. La carte est alors automatiquement alimentée par le port USB de l'ordinateur et la LED verte (la LED ON) s'allume.

## 2. Programmation des cartes Arduino Méga

Le dispositif Module Air se compose de 2 Arduino :

- L'Arduino n°1 pilote les sondes de mesures CO<sub>2</sub> et Particules et gère l'affichage de l'écran LED. Il permet d'afficher les différentes valeurs mesurées et les valeurs des polluants extérieurs, récupérées depuis les bases de données d'AtmoSud.
- L'Arduino n°2 gère la géolocalisation GPS et la communication GSM avec la base de données d'AtmoSud, en vue de récupérer les informations relatives à la prévision de la qualité de l'air ambiant. Une fois les valeurs réceptionnées, il les envoie à l'Arduino n°1 qui se charge de l'afficher sur l'écran LED.

Pour que ces Arduino fonctionnent comme indiqué, il est nécessaire de les programmer. Le dossier **20181218\_AtmoSud\_Module\_Air** est accessible en téléchargement sur le projet GitHub suivant : [https://github.com/airpaca/Module\\_Air](https://github.com/airpaca/Module_Air). Il contient 3 sous dossiers avec :

- **librairies** : librairies nécessaires à chaque code Arduino,
- **arduino\_1\_affichage\_donnee** : code pour l'Arduino n°1 qui s'occupe des sondes et de l'affichage,
- **arduino\_2\_localisation\_communication** : code pour l'Arduino n°2 qui gère la géolocalisation et la communication GSM.

Rq1 : Remplir les informations spécifiques à votre carte SIM dans les paramètres suivants :

```
char pin[] = "****"; // A renseigner si présent sinon laisser vide
char apn[] = "****"; // A renseigner en fonction de votre opérateur
char user_name[] = "****"; // A renseigner en fonction de votre opérateur
char password[] = "****"; // A renseigner en fonction de votre opérateur
```

Rq2 : l'URL de récupération de données dans le code **arduino\_2\_localisation\_communication** renvoie sur une API de test. La valeur renvoyée via ce code est la prévision du maximum horaire journalier en NO<sub>2</sub> sur le centre de Marseille (données de prévision non validée d'une journée type).

Rq3 : Pour un enregistrement des données de mesure à distance, compléter l'URL d'envoi de donnée après avoir installé l'API d'enregistrement des données sur un serveur selon ce projet GitHub : <https://github.com/jnth/realtime-data-with-map/blob/master/INSTALL.md>. Il faut alors décommenter les 2 appels aux fonctions Co2PM() et GSMEnvoi() dans la fonction loop().

Avant de pouvoir compiler les programmes Arduino et de les téléverser dans les Arduino n°1 et n°2, il est nécessaire d'installer des librairies spécifiques.

### 2.1 Installation des Librairies Arduino

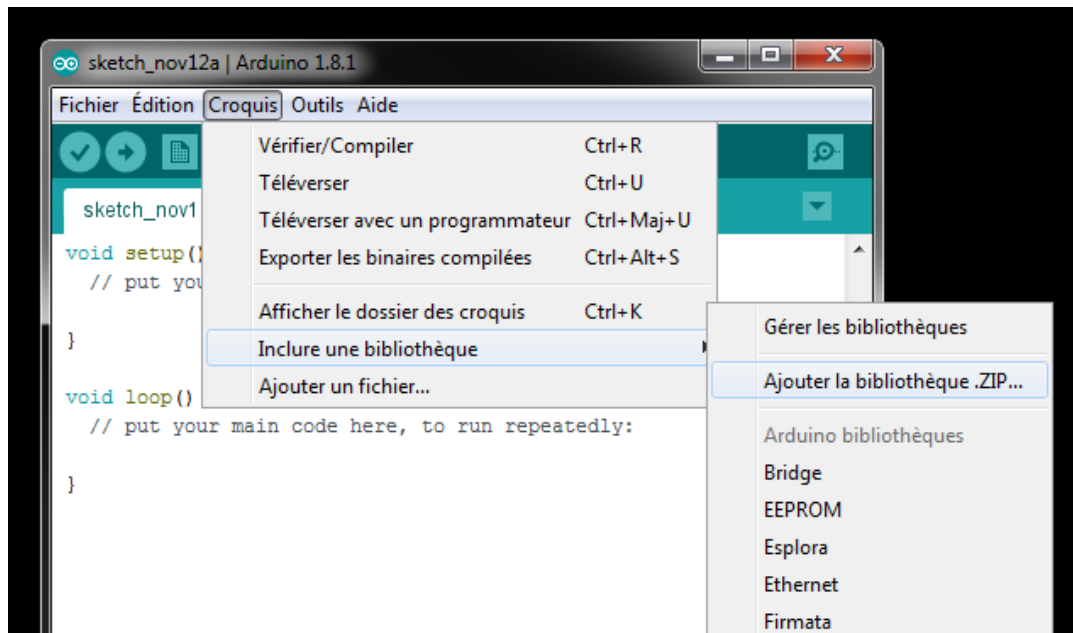
Les librairies stdarg.h, stdlib.h, math.h, string.h, Wire.h sont les librairies classiques déjà intégrées au logiciel Arduino IDE.

Les programmes utilisés par les différentes cartes Arduino Méga font appel à 6 librairies à installer.

- NDIRZ16-master.zip (NDIRZ16.h)
- RGB-matrix-Panel-master.zip (RGBmatrixPanel.h)
- SDS011-master.zip (SDS011.h)
- UART\_Bridge-master.zip (SC16IS750.h)
- ArduinoJson-master.zip (ArduinoJson.h)

- Adafruit-GFX-Library-master.zip (Adafruit\_GFX.h)

Pour installer ces librairies, commencer par démarrer l'IDE Arduino.



Dans *Croquis*, aller dans *Inclure une bibliothèque* et cliquer sur *Ajouter la bibliothèque .ZIP* et aller chercher une librairie.

Répéter l'opération pour chacune des librairies.

## 2.2 Téléversement des codes Arduino

Connecter l'Arduino n°1 à votre ordinateur et téléverser le code « **arduino\_1\_affichage\_donnee.ino** »

Connecter l'Arduino n°2 pour y téléverser le code « **arduino\_2\_localisation\_communication.ino** »

Une fois les deux Arduino programmés, poursuivre avec le montage, en suivant les instructions ci-après.

### 3. Montage du Module Air

#### 3.1 Affichage : connexion de l'Ecran LED à l'Arduino n°1

##### 3.1.1 Eléments à utiliser

- 1x Arduino Méga 2560
- 1x Ecran LED Matrix 64x32
- 1x Nappe de câblage (fournie avec l'écran LED)
- 16x Câble Dupont Dupont Mâle-Mâle avec de préférence les couleurs suivantes :
  - 2x rouge,
  - 2x bleu,
  - 2x vert,
  - 4x gris,
  - 3x noir,
  - 1x marron,
  - 1x jaune
  - et 1x orange
- 1x Bornier to Jack Femelle
- 1x Câble USB Jack Mâle

##### 3.1.2 Branchements

L'Ecran LED est pourvu de connectiques simples se composant d'une nappe à relier à l'Arduino n°1 et de 2 câbles comportant une borne + et - . L'alimentation de l'écran se fera à l'aide du Hub USB.

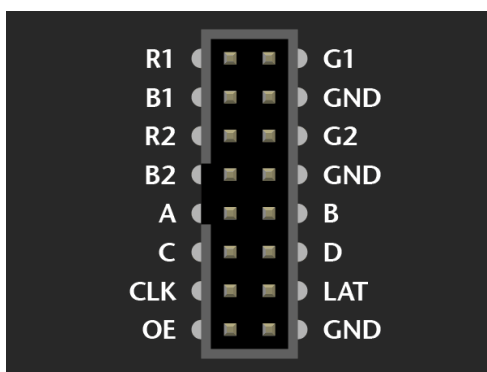


Figure 1 : broche connecteur de l'écran

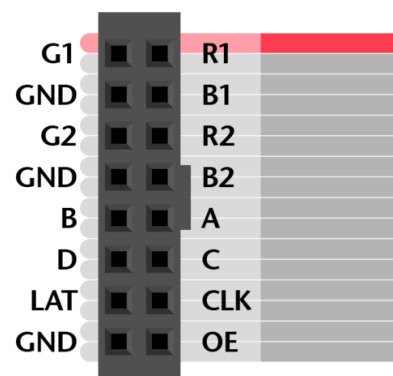
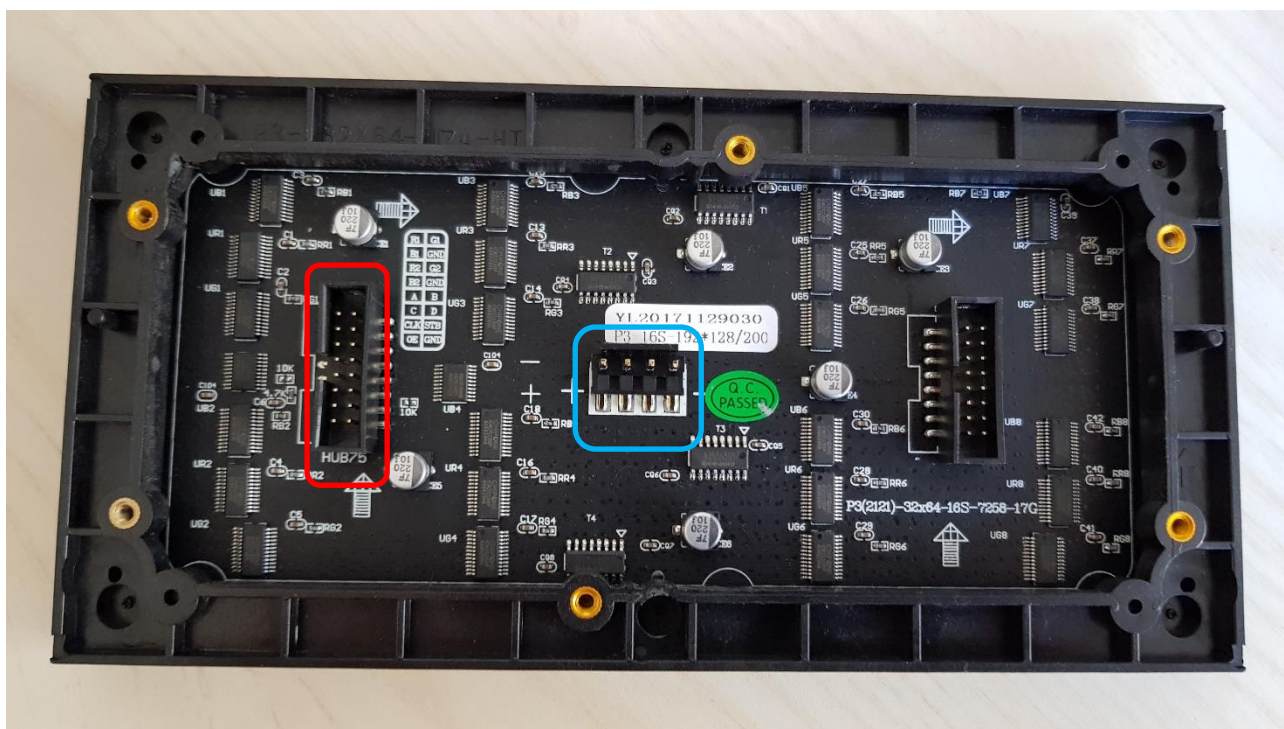


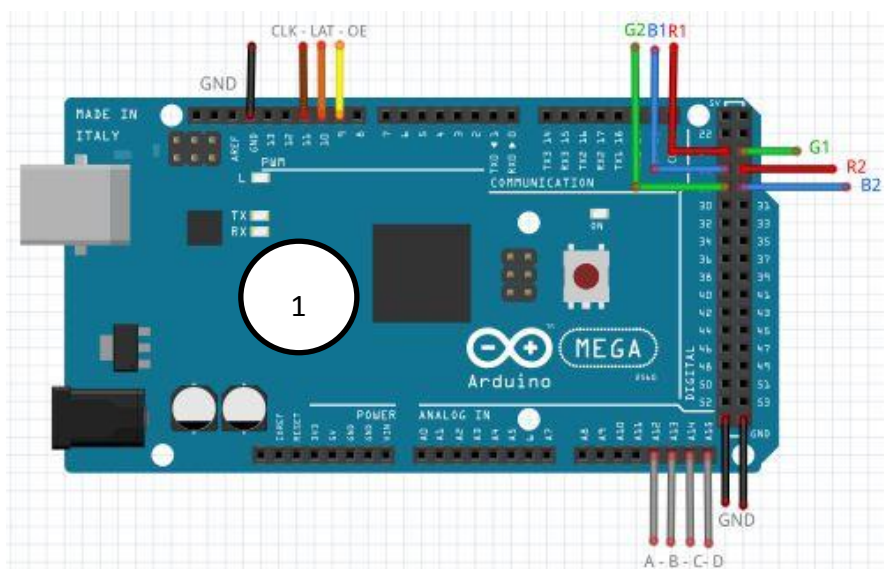
Figure 2 : broche de la Nappe de l'écran





**Figure 3 : Vue arrière de l'écran à LED, broche connecteur à gauche (rouge), alimentation au milieu (bleu)**

La nappe vient se brancher directement sur l'arrière de l'écran sur le connecteur de gauche (figures 1 et 3). Les câbles Dupont servent à relier l'autre côté de la nappe (figure 2) à la carte Arduino n°1 selon la figure 4.

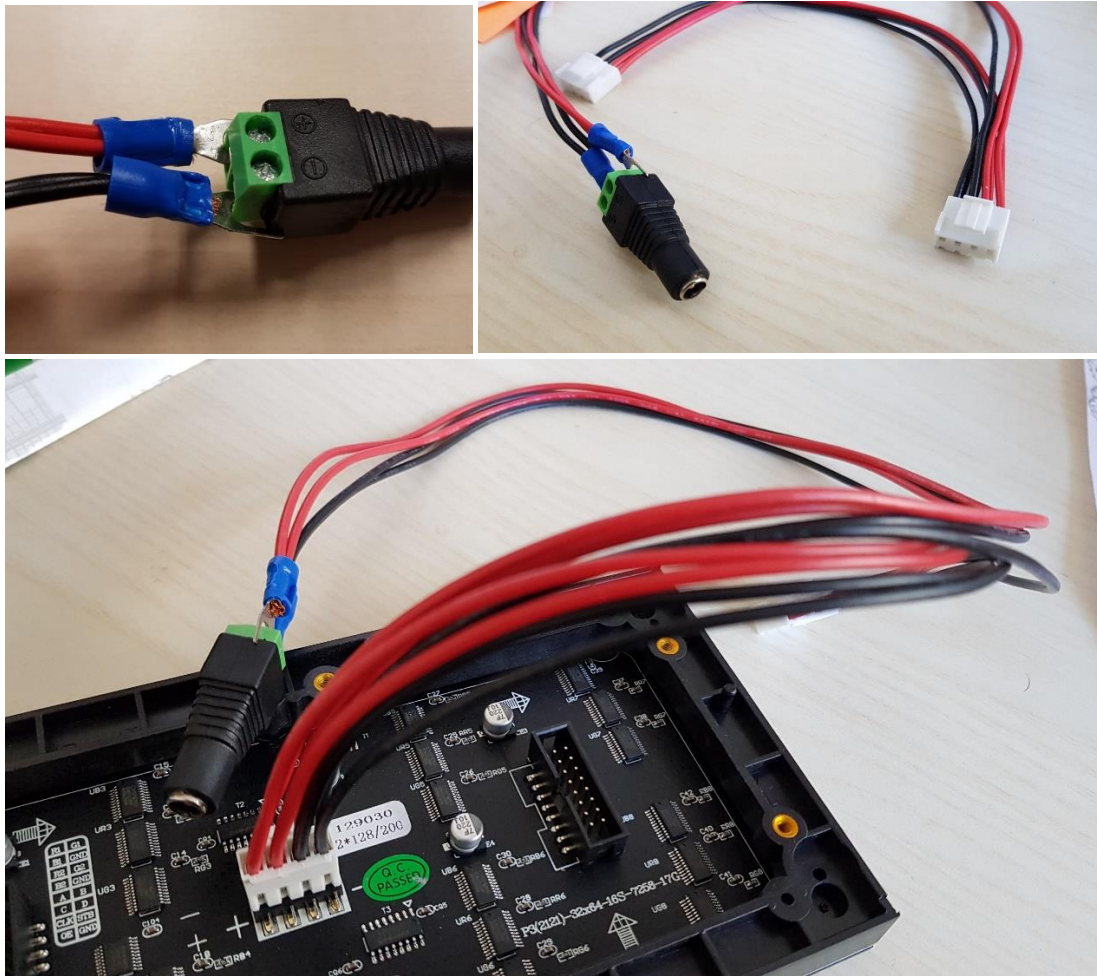


**Figure 4 : points de connexion sur l'Arduino n°1**

Rq : le code couleur est arbitraire, il aide simplement à une bonne visualisation.

L'alimentation de l'écran se fait via une connectique spécifique située à l'arrière de l'écran sur laquelle un câble fournit avec l'écran est branché. L'extrémité du câble avec les cosses bleu est reliée au bornier du câble jack-USB : le câble rouge sur la borne + et le câble noir sur la borne – (figure 5).





*Figure 5 : d'alimentation de l'écran LED relié au bornier Jack*

Rq : Isoler les broches des cosses d'alimentation qui sortent du bornier pour éviter tout court-circuit.

## 3.2 Mesure de particules : connexion de la sonde SDS011 à l'Arduino n°1

### 3.2.1 Eléments à utiliser

- Arduino Méga 2560 n°1
- 1x Sonde SDS011
- 4x Câble Dupont Mâle-Mâle

### 3.2.2 Branchements

Le capteur est composé d'une pompe qui aspire l'air via un orifice prolongé par une canule. La mesure du nombre de particule est réalisée à l'aide d'un laser dont la perturbation de l'intensité est proportionnelle au nombre de particules présent dans le flux d'air qui le traverse. Le micro-capteur renvoie en sortie une concentration en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les particules PM10 et PM2.5.

Guide de montage électronique et programmation d'un Module Air – **AtmoSud** – 18/12/2018



Ce branchement est réalisé par l'intermédiaire d'une nappe fournie avec le capteur (4 fils, 6 broches côté capteur, 5 broches côté extérieur), reliée à l'Arduino avec des câbles Dupont.



Rq : Les pins utilisés sur la figure 6, à savoir les 14 et 15 sont arbitraires. Tous les couples TX et RX sont utilisables.

### 3.3 Mesure de CO<sub>2</sub> : connexion de la Sonde MH-Z16 à l'Arduino n°1

#### 3.3.1 Eléments à utiliser

- Arduino Méga 2560 n°1
- 1x Sonde MH-Z16 fournie avec câble Grove-Dupont Femelle
- 4x Câble Dupont Mâle-Mâle
- 1x Bornier Jack Femelle
- 1x Câble USB Jack Mâle

#### 3.3.2 Branchements

Le capteur permettant la mesure du CO<sub>2</sub> se compose de 2 parties.

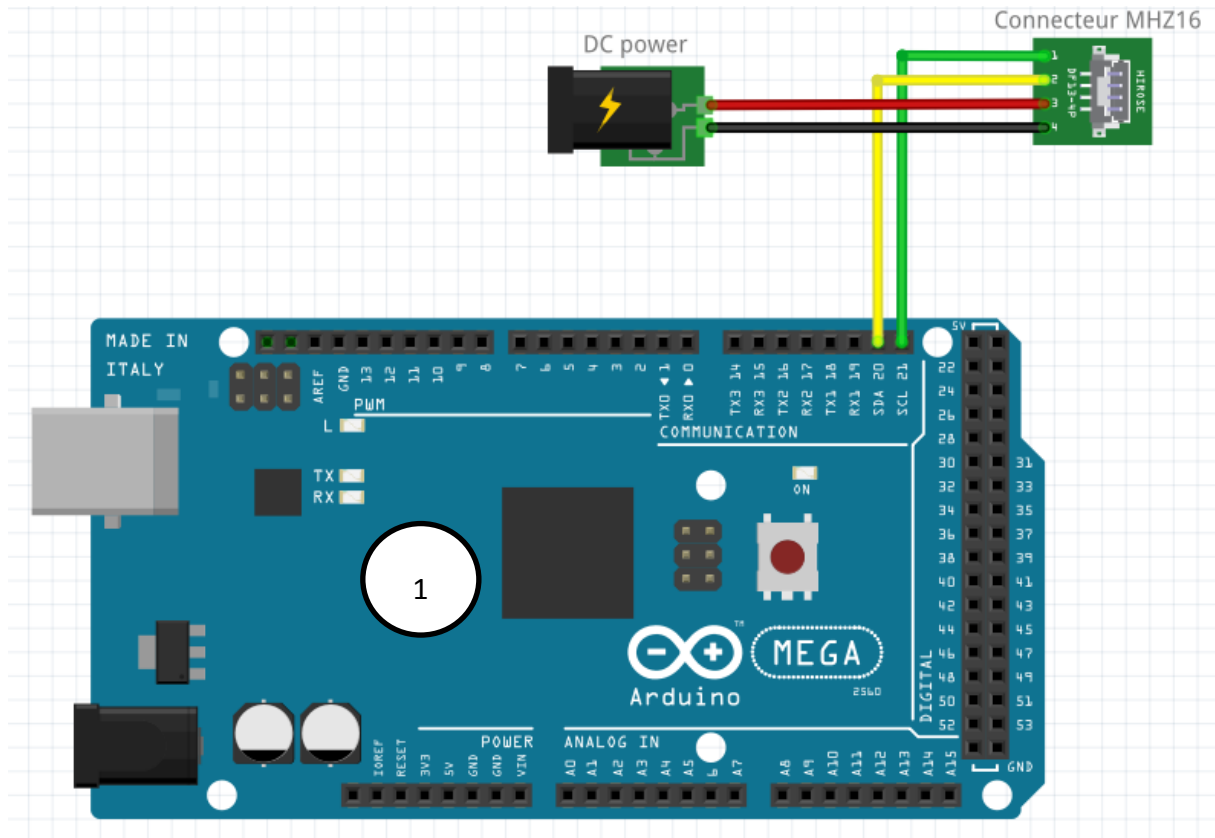
- La première comportant la sonde déportée (à l'air libre)
- La seconde, un circuit imprimé assurant l'interface I2C/UART vers le microcontrôleur (nommé ci-dessous par le terme « Connecteur MHZ16 »)



**Figure 8 : Sonde CO<sub>2</sub> avec connecteur MHZ16**

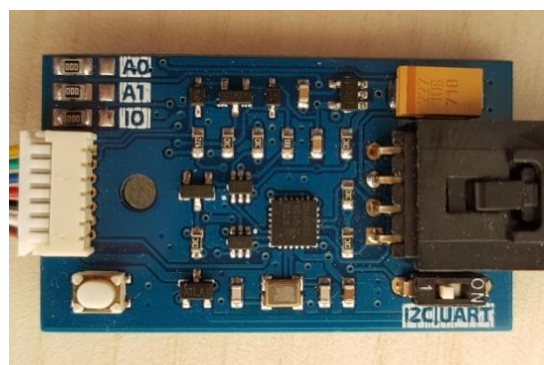
Sur le schéma ci-dessous ne figure que les branchements relatifs à l'alimentation externe du micro-capteur (DC-Power + 2 câbles Dupont rouge et noir) et la liaison entre la carte Arduino n°1 et le « Connecteur MHZ16 » (en jaune et vert).

Ce micro-capteur nécessite une alimentation extérieure à l'Arduino. Utiliser un Bornier Jack-USB pour faire l'interface entre le Hub USB et les câbles Dupont rouge et noir.



**Figure 9 : branchement de la sonde CO<sub>2</sub>**

La 1<sup>ère</sup> partie de la sonde CO<sub>2</sub> est reliée au « Connecteur MHZ16 » à l'aide des câbles fournis avec le micro-capteur.



**Figure 10 : Commutateur de la sonde CO2 mise en position I2C**

Le circuit imprimé dénommé « Connecteur MHZ16 » est une interface I2C/UART : Mettre le commutateur en position I2C.



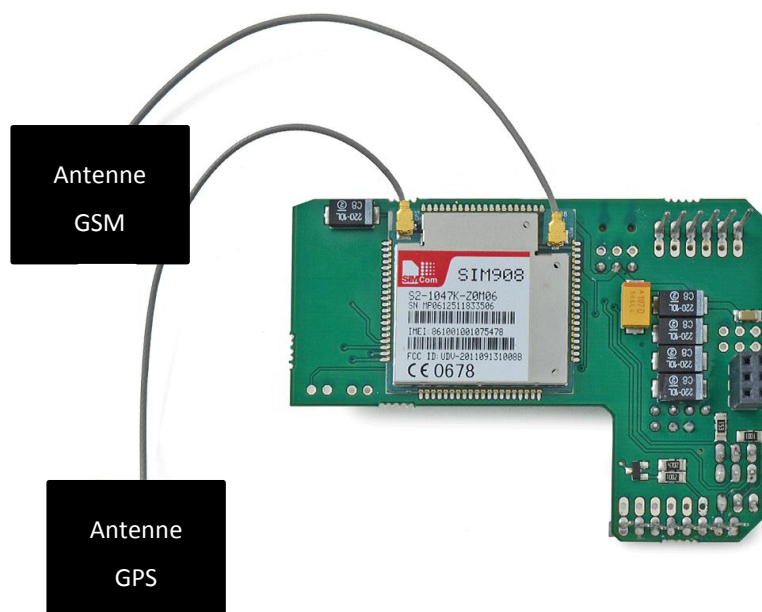
### 3.4 Localisation et communication : connexion du Shield SIM908 GPRS/GPS à l'Arduino n°2

#### 3.4.1 Eléments à utiliser

- Arduino Méga 2560 n°2
- 1x Shield Sim908 GPRS/GPS
- 2x Câble Dupont Mâle-Mâle
- 1x Bornier Jack Femelle
- 1x Câble USB Jack Mâle
- 1x Antenne GPS
- 1x Antenne GSM
- 2x Câble UFL-SMA
- 1x Carte SIM

#### 3.4.2 Branchements

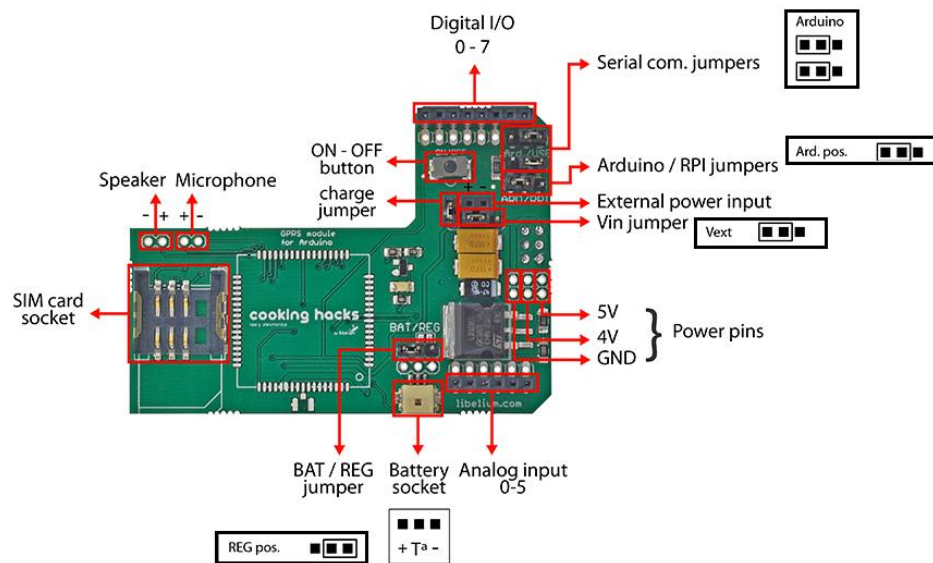
Ce shield est muni d'une puce GPRS/GPS lui permettant de communiquer avec la base de donnée d'AtmoSud mais également de se géolocaliser. Il est nécessaire de posséder une carte SIM.



**Figure 11 : vue de dessous du Shield SIM908 et branchement des antennes**

Rq : Les antennes vendues avec le shield n'étant pas assez efficaces, nous nous sommes orientés vers des antennes déportées, associées à des câbles UFL-SMA pour les adapter au shield.

Avant d'installer le module de communication sur l'Arduino n°2, il faut procéder à quelques réglages sur la face supérieure du Shield SIM 908.



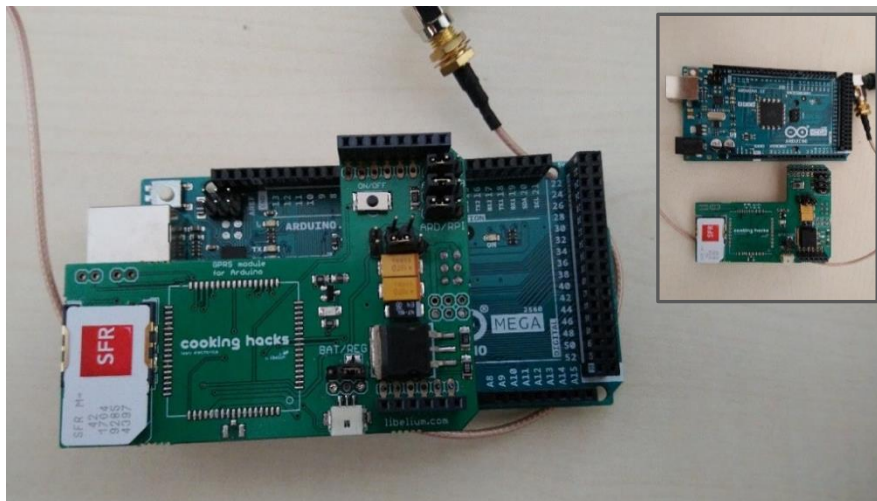
**Figure 12 : vue de dessus du Shield SIM908 et positions des Jumpers prérequis**

Le shield est pourvu de « Jumpers » (sorte de pont) permettant de relier des paires de pins entre-elles et ainsi de paramétrer l'utilisation du module de communication.

Positionner les jumpers de manière à ce qu'ils soient positionnés comme dans la figure 12 pour les zones suivantes :

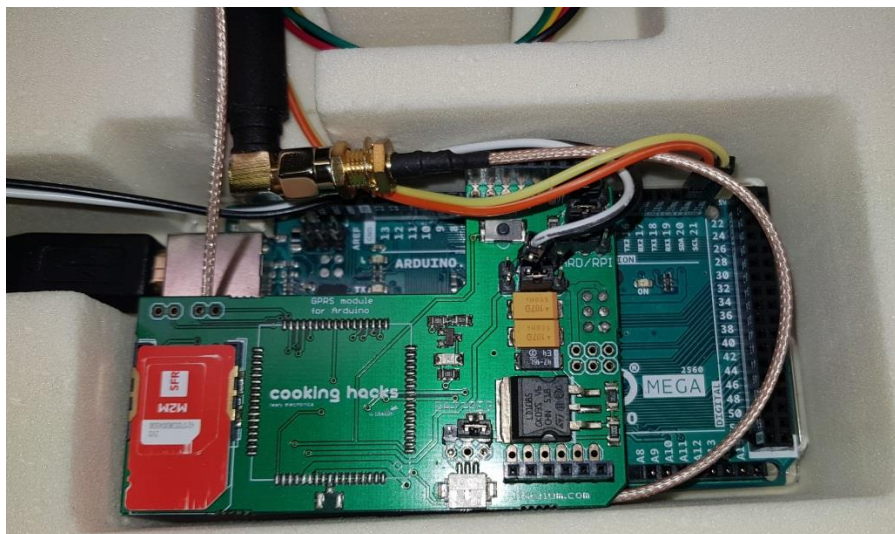
- Serial com. Jumpers
- Arduino / RPI jumpers
- Vin jumper
- BAT/REG jumper

Après la modification des jumpers, il sera possible de monter le shield sur l'Arduino n°2. Il suffit de faire correspondre les pins D7-D0 et A0-A5 comme le montre la figure 13 ci-dessous



**Figure 13 : Assemblage du Shield SIM908 sur l'Arduino n°2**

Pour alimenter le shield en externe il faut connecter deux câbles Dupont Mâle-Mâle sur le External power input (figure 12) et les relier via un bornier Jack-Usb au Hub USB.

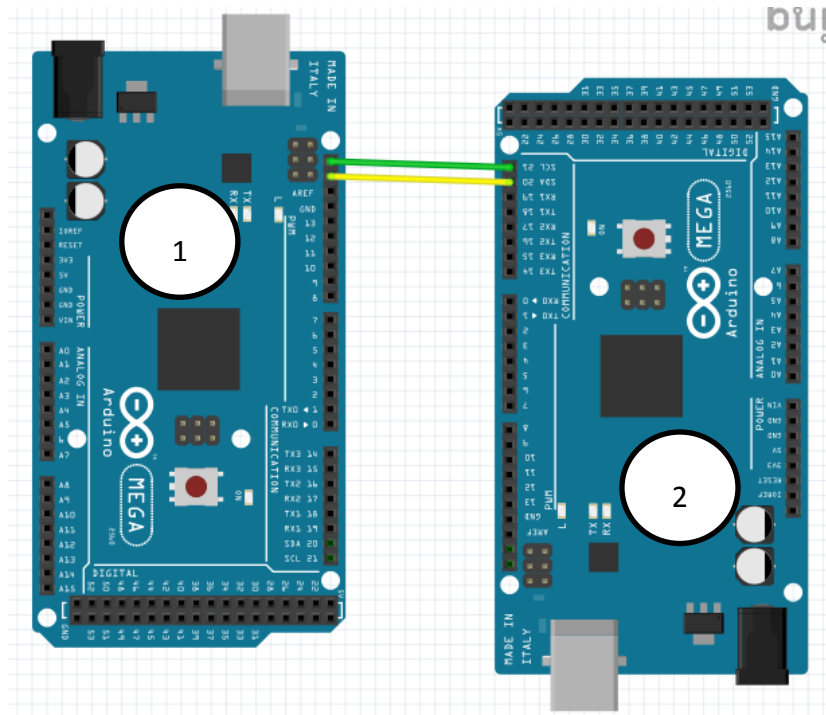


**Figure 14 : Assemblage du Shield SIM908 sur l'Arduino n°2**



### 3.5 Couplage des deux Arduino

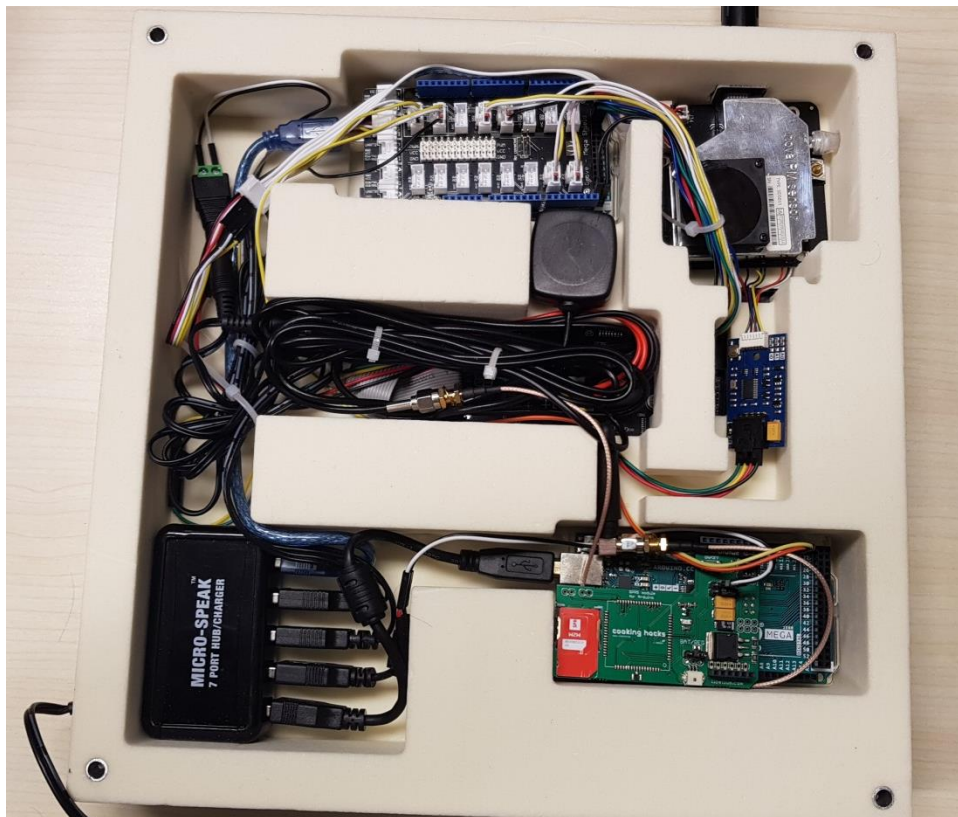
Pour coupler les deux Arduino, il faut les relier entre eux à l'aide de câbles Dupont par les pins SDA et SCL de chaque Arduino : SDA1 de l'Arduino n°1 avec le SDA20 de l'Arduino n°2 et SCL1 de l'Arduino n°1 avec le SCL21 de l'Arduino n°2



*Figure 15 : Couplage des 2 Arduino avec les pins SDA et SCL*

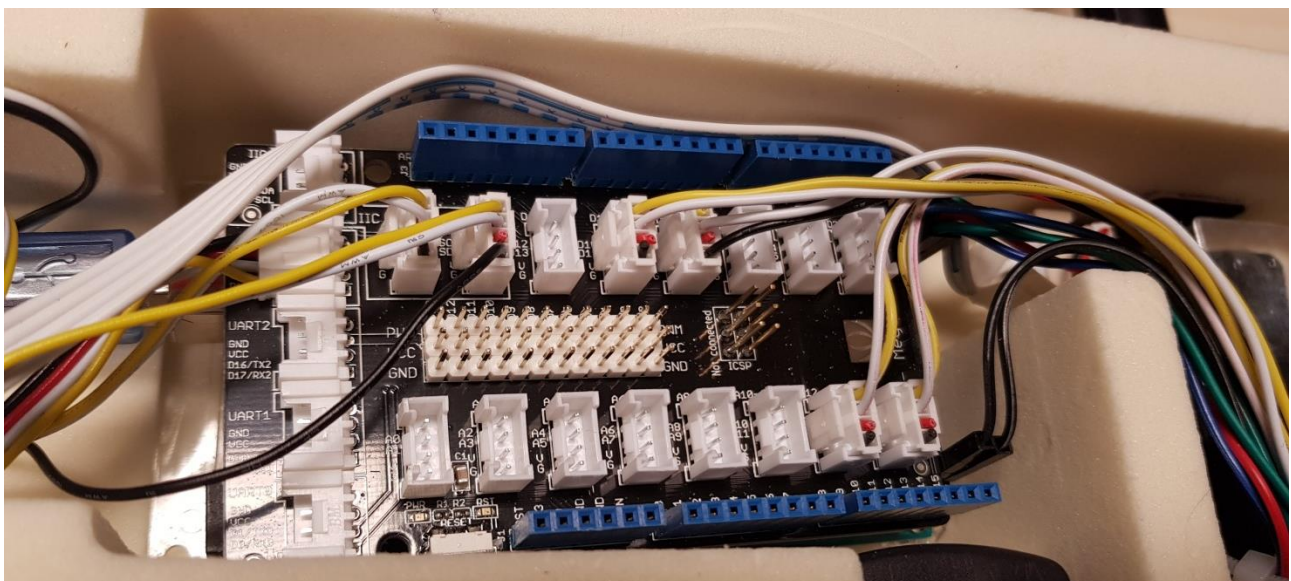
### 3.6 Montage général

Le Montage final du Module Air dans un support adapté est le suivant :



**Figure 16 : Vue arrière du montage de Module Air**

Dans cet exemple, l'ensemble des connexions à l'Arduino n°1 passent par l'interface d'un Shield GROVE qui permet un montage et démontage plus rapide des connexions. Cela nécessite l'achat de câbles GROVE/Dupont. L'ensemble des connexions de l'Arduino n°1 sont réparties dans les différentes fiches Grove.



**Figure 17 : Shield GROVE, carte d'interface aux connexions de l'Arduino n°1**

## 4. Ressources

### 4.1 L'équipe

Le développement de Module Air a été réalisé par une équipe d'AtmoSud composé des personnes ressources suivantes :

- Stephan Castel : Pilote du projet, Ingénieur en charge de l'innovation
- Mathieu Iazard : Concepteur, capteurs et affichage, Ingénieur d'études air intérieur
- Romain Derain : Enregistrement des données, Interaction données AtmoSud, Chargé d'études Modélisation
- Flavy Manieri : Développeur, Technicien mesure

Un grand merci à Jonathan Virga pour son travail sur les API d'enregistrement et de consultation des données.

### 4.2 Logiciels - Installation - Sources

Projet GitHub Module Air (guide, codes et librairies) : [https://github.com/airpaca/Module\\_Air](https://github.com/airpaca/Module_Air)

Projet Github API d'enregistrement des données (développé par Jonathan Virga) : <https://github.com/jnth/realtime-data-with-map/blob/master/INSTALL.md>

Logiciel Arduino IDE : <https://www.arduino.cc/en/Guide/Windows>

Schéma électronique édité avec Fritzing : <http://fritzing.org/home/>

Schéma écran ADAFRUIT : <https://learn.adafruit.com/32x16-32x32-rgb-led-matrix/overview>

Schéma Shield GSM-GPRS : <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/geolocation-tracker-gprs-gps-geoposition-sim908-arduino-raspberry-pi/>