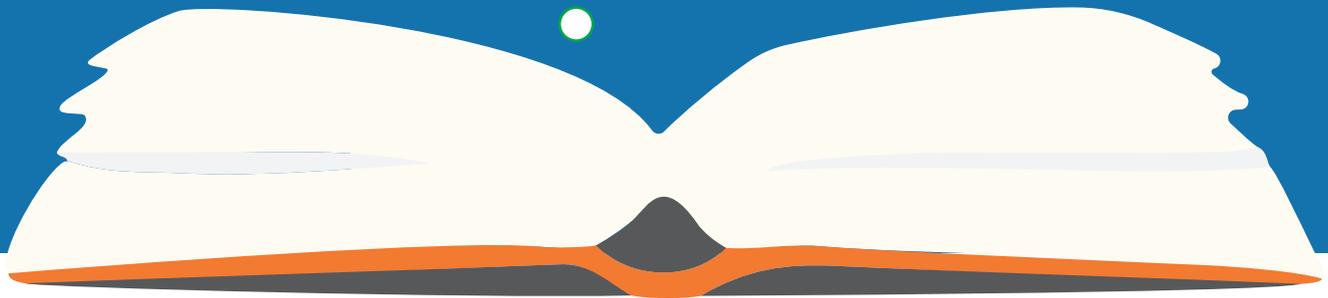
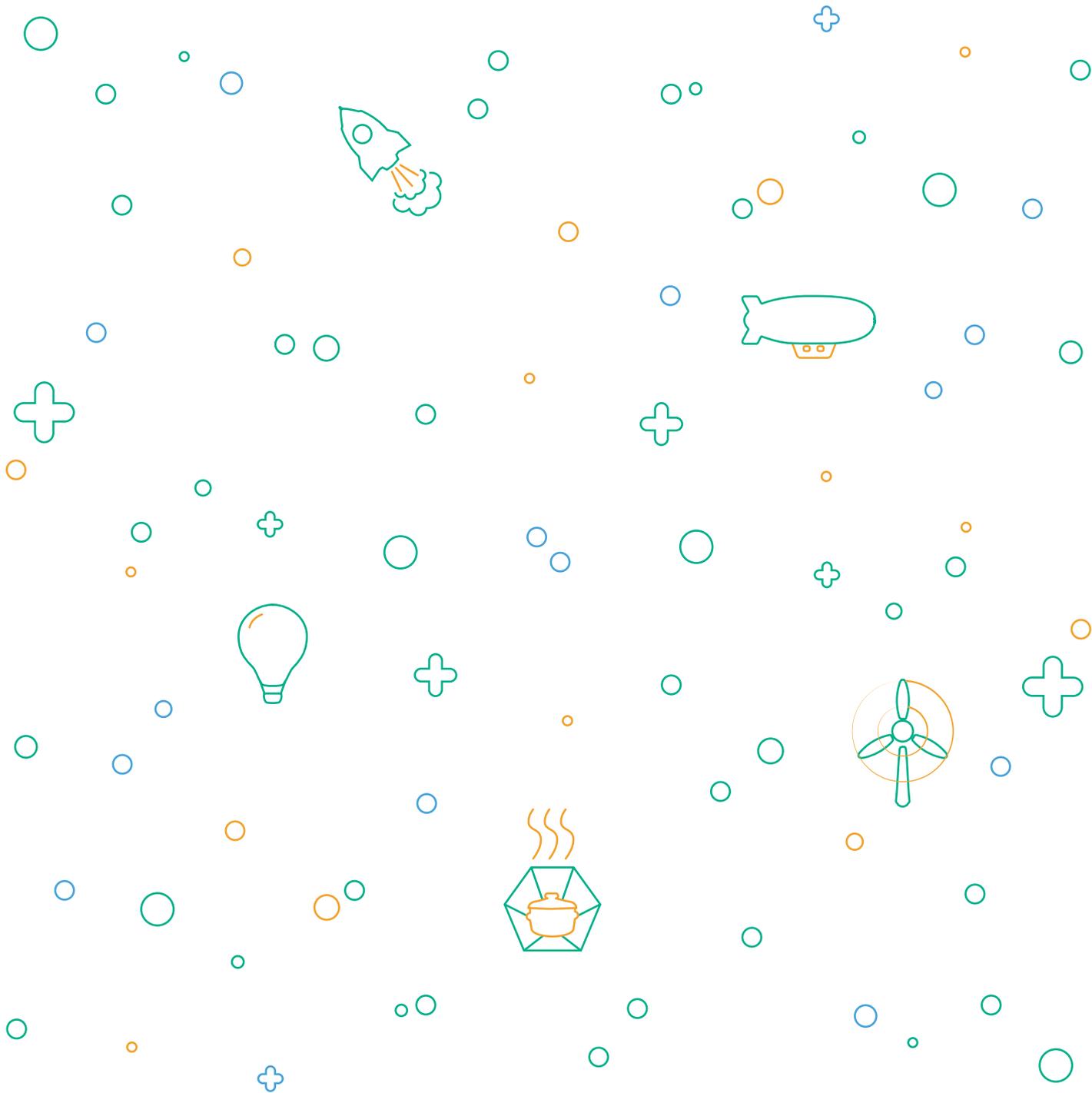




PRÊT À
MESURER ?



GUIDE D'UTILISATION
ALERTE AÉRATION





GUIDE D'UTILISATION ALERTE AÉRATION

Édition rédigée par Vittascience
Mise en page et illustration par
Laura Venezia et Diana Khalipina

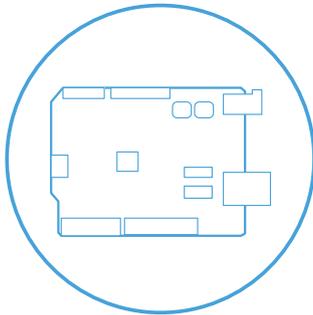
Tous droits d'auteurs réservés
• Edition 2021 •
Imprimé en Italie

Ce kit contient des composants électroniques de base pour réaliser un détecteur de dioxyde de carbone. Ce détecteur, une fois assemblé et programmé, permet de mesurer le taux de dioxyde de carbone dans une pièce, et peut servir à faire découvrir aux élèves comment réaliser une chaîne de mesures, à suivre l'évolution du taux au cours du temps et ainsi à porter un regard critique sur la corrélation entre l'évolution du taux de CO_2 et de l'aération.

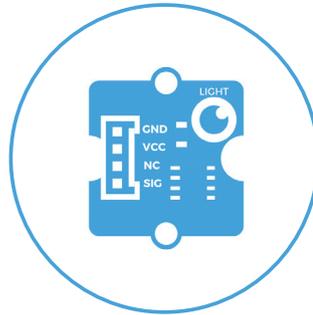
Ce kit est uniquement à usage pédagogique et ne donne qu'une valeur indicative de l'évolution du taux de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'environnement dans lequel se trouve le capteur.
Il ne peut en aucun cas se substituer à un dispositif calibré et certifié.

MATÉRIEL NÉCESSAIRE À LA CONSTRUCTION ET À L'UTILISATION DU KIT ALERTE AÉRATION

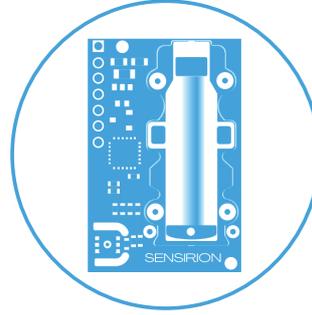
Contenu du KIT :



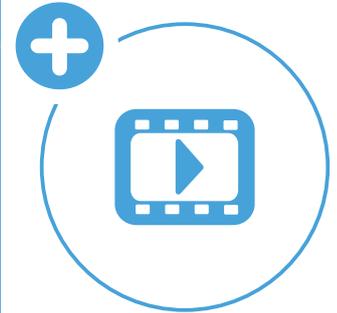
**Microcontrôleur
(carte Arduino)**



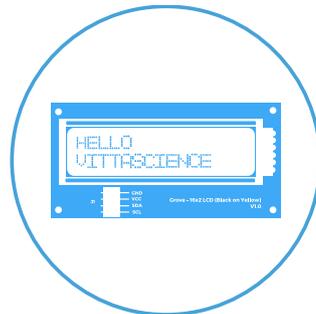
**Capteur Neopixel
RGB led**



**Capteur CO2 -
SCD30 Sensirion**



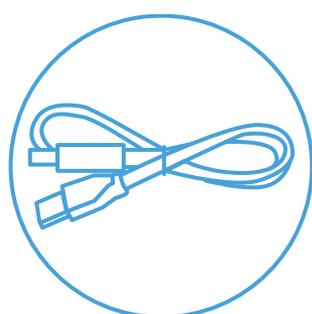
**Ressources
numériques
en ligne**



**Écran LCD
monochrome
Grove**



Shield Grove

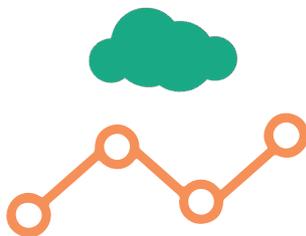


**Éléments pour le
montage**



**Prévoir un
ordinateur**

AVERTISSEMENTS CONCERNANT L'UTILISATION DU KIT



ATTENTION !

Les données fournies par les capteurs ne sont pas toujours correctes. Ne pas utiliser ces capteurs pour toute application pouvant mettre en danger la sécurité des personnes.



ATTENTION !

Présence de petits éléments, ne pas ingérer (risque d'étouffement).



Age minimum

Ne convient pas aux enfants de moins de 7 ans.

CONSIGNES POUR BIEN TRIER

L'infographie suivante détaille les consignes de tri des différents éléments du kit. Pour plus d'informations, rendez-vous sur le site www.consignesdetri.fr



SOMMAIRE : version Arduino

PAGE
12

Introduction

- À propos du dioxyde de carbone
- Taux de dioxyde de carbone en ppm
- Le dioxyde de carbone : un marqueur d'aérosols
- La nécessité de calibration d'un capteur de CO₂

PAGE
18

Présentation du kit carte Arduino

- Présentation de la carte Arduino
- Présentation de l'interface de programmation Vittascience



PAGE
24



PAGE
51

Atelier

- Étape 1 : Afficher des mesures de taux de dioxyde de carbone
- Étape 2 : Allumer une LED
- Étape 3 : Allumer une LED de couleur différente en fonction du taux de CO₂ mesuré
- Étape 4 : Allumer une LED de couleur différente en fonction du taux de CO₂ mesuré et affichage de la valeur de ce taux sur l'écran de l'ordinateur

Pour aller plus loin

- Étape 1 : Installation de l'application Fizziq
- Étape 2 : Le montage
- Étape 3 : Le programme
- Étape 4 : Récupération des valeurs mesurées sur le smartphone
- Étape 5 : Traitement possible des données récupérées sur l'application Fizziq

Introduction 🕒 1h à 2h

• À propos du dioxyde de carbone

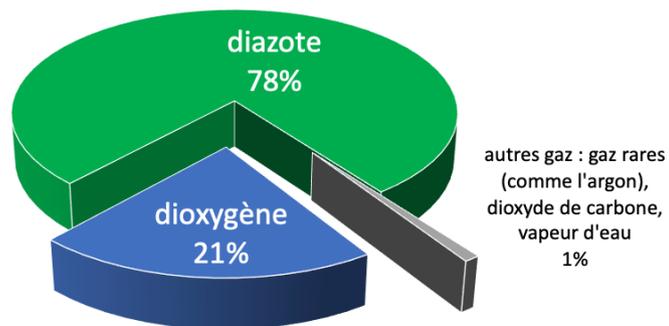
Connaissez-vous le dioxyde de carbone ?

C'est un gaz inodore, incolore et sans saveur. Difficile donc de prendre conscience de sa présence dans un lieu. Mais d'où vient ce gaz ?

Lors de notre respiration, nous inspirons le dioxygène de l'air (voir encadré sur la composition de l'air) et nous expirons du dioxyde de carbone de formule CO_2 . L'activité humaine produit aussi du dioxyde de carbone, notamment au cours de la combustion des hydrocarbures (chauffage au bois, combustion des carburants, centrales à charbon, etc...). Dans une pièce fermée, on peut considérer que le dioxyde de carbone provient uniquement de la respiration des personnes qui se trouvent à l'intérieur. Une molécule de dioxyde de carbone est composée d'un atome de carbone C et de deux atomes d'oxygène O.

Que se passe-t-il s'il y a une trop grande quantité de dioxyde de carbone dans une pièce ?

Dans une pièce, lorsqu'il y a une ou plusieurs personnes, le taux de dioxygène diminue, tandis que le taux de dioxyde de carbone augmente. En concentration élevée, le dioxyde de carbone peut devenir asphyxiant. Le manque de dioxygène en raison d'un taux de dioxyde de carbone trop important peut engendrer des conséquences plus ou moins graves sur l'organisme : accélération du rythme cardiaque, fatigue (et donc réduction des



Modèle moléculaire d'une molécule de dioxyde de carbone

capacités intellectuelles comme la concentration ou des prises de décisions), nausées, vomissements, effondrement voire, dans des situations extrêmes, coma ou mort.

Il est donc important d'aérer une pièce pour éviter sa saturation en dioxyde de carbone.

Notons que la concentration de dioxyde de carbone dépend donc de différents paramètres comme : le nombre de personnes dans une pièce, le type d'activité de ces personnes (chant, sport, étude, etc.), le volume de la pièce occupée, le nombre de fenêtres ouvertes, la présence d'un système d'aération, etc.

• Taux de dioxyde de carbone en ppm

Il est pertinent de connaître le taux de dioxyde de carbone dans une pièce par exemple, pour savoir si un seuil est franchi et nécessite l'aération d'une pièce.

Ce taux se mesure en ppm : partie par million (voir encadré ci-contre).

Le taux moyen de CO₂ en extérieur est d'environ 400 ppm - hors pic de pollution et dans un lieu peu soumis à la pollution. Ce taux moyen peut être plus élevé si l'on se trouve par exemple, en extérieur, près d'un échangeur d'autoroute !

La valeur de référence du taux moyen en extérieur est fixée par des mesures effectuées à l'observatoire de Mauna Loa à Hawaii. Ce site est considéré comme idéal car il est situé en hauteur sur un volcan. Ces mesures sont relevées depuis 1958. Ce taux moyen varie depuis des décennies. Il est possible de connaître "en direct" ce taux moyen sur le site du [Global Monitoring Laboratory](#).

Unité ppm

PPM est l'acronyme de Partie Par Million. Cette unité de mesure est souvent utilisée par les scientifiques, en particulier dans les contextes de mesures de taux de pollution. Comme son nom l'indique, cette unité permet d'indiquer combien de molécules de polluant on trouve sur un million de molécules composant l'air. À titre de comparaison, 1% correspond à 1 million/100 = 10 000 ppm .

Exemple : un taux de 800 ppm de CO₂ signifie que sur 1 million de molécules composant l'air, 800 sont des molécules de dioxyde de carbone. Autrement dit, le pourcentage est de 800/10000 = 0,08%.

• Le dioxyde de carbone : un marqueur d'aérosols

Certains virus (comme le coronavirus responsable de la COVID-19) se transmettent via des aérosols (suspension de particules dans un gaz). Lorsqu'une personne parle ou respire, elle émet dans l'air ambiant des aérosols (contaminés ou non). Ces aérosols sont de très fines gouttelettes de moins d'un micromètre ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$) de diamètre.

Rappelons que, dans le cas de la COVID-19, il existe trois modes de contamination : par projection de gouttelettes, par contact direct ou indirect et par les aérosols (voir encadré ci-contre).

Ainsi, une personne émet des aérosols et ... du dioxyde de carbone ! Autrement dit, connaître le taux de dioxyde de carbone est un moyen d'avoir une information indirecte sur la concentration d'aérosols (contaminés ou non) dans une pièce. On peut qualifier le dioxyde de carbone de "marqueur" d'aérosols.

Bien entendu, il existe des capteurs d'aérosols, mais ceux-ci sont très coûteux. La mesure du dioxyde de carbone n'indique pas la quantité d'aérosols mais permet d'appréhender leur présence dans une pièce.

Ainsi, en fonction de seuils du taux de dioxyde de carbone qu'il faudra définir, il peut être possible de choisir le moment du besoin d'aérer une pièce.

Pour les scientifiques ayant contribué au site nousaerons.fr, les seuils suivants sont à prendre en considération :

Taux $\text{CO}_2 \sim 410 \text{ ppm}$: c'est le taux moyen mesuré en extérieur, hors épisodes de pollution; plus on s'en approche dans un local, mieux c'est car c'est le signe qu'un renouvellement de l'air est réalisé. A l'inverse, dans un lieu confiné, sans un renouvellement suffisant de l'air, le risque de contamination par aérosols augmente rapidement et l'augmentation du taux de CO_2 dans le local en rend compte.

Taux $\text{CO}_2 < 600 \text{ ppm}$: ce taux est une recommandation de nombreux scientifiques pour lutter contre la COVID-19 dans les lieux de restauration où le port du masque n'est pas possible.

Taux $\text{CO}_2 < 800 \text{ ppm}$: ce taux est une recommandation de nombreux scientifiques pour lutter contre la COVID-19 dans les lieux où le port du masque est possible et requis.

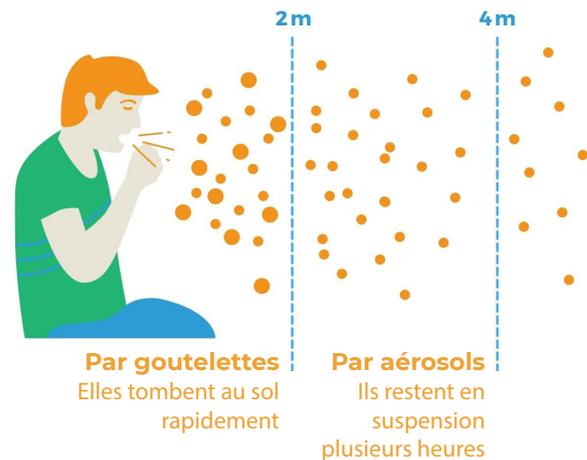
Taux $\text{CO}_2 < 960 \text{ ppm}$: correspond à une qualité d'air excellente selon la norme [NF EN16798-1:2019](https://nousaerons.fr)

Taux $\text{CO}_2 < 1210 \text{ ppm}$: correspond à une qualité d'air bonne selon la norme [NF EN16798-1:2019](https://nousaerons.fr)

Taux $\text{CO}_2 < 1760 \text{ ppm}$: correspond à une qualité d'air modérée selon la norme [NF EN16798-1:2019](https://nousaerons.fr)

Taux $\text{CO}_2 > 1760 \text{ ppm}$: correspond à une qualité d'air faible selon la norme [NF EN16798-1:2019](https://nousaerons.fr)

Deux voies de transmission



Un taux de dioxyde de carbone de 800 ppm est un seuil également mentionné dans les REPÈRES POUR L'AÉRATION ET LA VENTILATION DES ESPACES SCOLAIRES - AVRIL 2021 :

La mesure du dioxyde de carbone CO₂

Le dioxyde de carbone, également appelé gaz carbonique et noté CO₂, est un gaz expiré lors de la respiration humaine qui s'accumule dans les espaces clos mal ventilés. La mesure de la concentration de CO₂ dans l'air permet donc d'apprécier facilement si le renouvellement d'air est suffisant ou non. En extérieur, la concentration de CO₂ dans l'air est d'environ 0,04 % ou encore 400 ppm (parties par million). En intérieur, idéalement, il faudrait éviter de dépasser une concentration de 600 ppm, notamment dans les locaux où le port du masque n'est pas possible, comme les cantines scolaires. Une concentration supérieure à 0,08 % ou 800 ppm est le signe d'une aération insuffisante dans un contexte COVID-19 (recommandation actuelle du Haut Conseil de la Santé Publique www.hcsp.fr).

Extrait p.2 du document Repères pour l'aération et la ventilation des espaces scolaires (Avril 2021)

Dans le cadre de ce kit pédagogique, les choix proposés sont les suivants :

| Taux de dioxyde de carbone (en ppm) | Action |
|-------------------------------------|---|
| inférieur à 600 ppm | aucune action particulière |
| entre 600 et 800 ppm | le port du masque est fortement recommandé |
| entre 800 et 1000 ppm | il est recommandé d'aérer la pièce |
| au-delà de 1000 ppm | il est recommandé de sortir de la pièce et de l'aérer |

Ces valeurs doivent être ajustées en fonction du contexte, du lieu d'habitation car ces taux peuvent varier dans un contexte de pic de pollution par exemple et en fonction des normes en vigueur.

• La nécessité de calibration d'un capteur de dioxyde de carbone

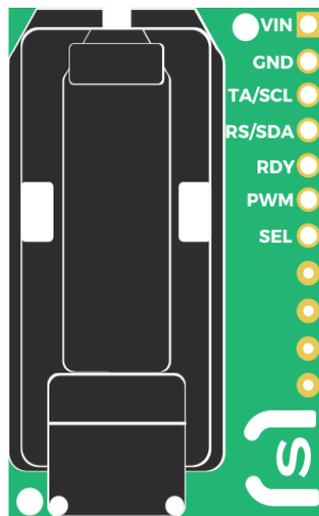
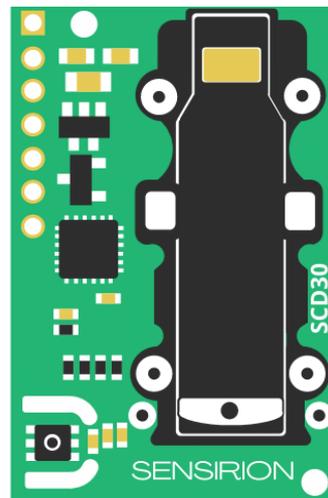
Il existe différents types de capteurs de dioxyde de carbone avec des fiabilités dépendant des techniques de mesures.

Le capteur utilisé dans ce kit est le capteur SCD30 de type NDIR (voir ci-contre) capteur infrarouge non dispersif de la marque Sensirion. Cette technologie est plus fiable que les capteurs de type MOX (exemple : le capteur MQ135 utilise le dioxyde d'étain (SnO_2) dont la conductivité électrique varie en fonction de la présence de polluant(s)) ou de type MOS comme le SGP30 (donnant une valeur en Equivalent CO_2).

Pour réaliser des mesures exploitables, il faut que le capteur soit calibré (ou étalonné) de la même manière qu'une balance doit être tarée (une balance doit afficher 0 g quand son plateau est vide) : typiquement, si l'on place le capteur en extérieur où le taux vaut (environ) 400 ppm, la valeur mesurée doit donc être de 400 ppm.

Il existe plusieurs façons de calibrer un capteur :

1. La calibration a été faite en usine et est valable pour une période indiquée sur la notice du constructeur;
2. La calibration est à faire de façon forcée : cela nécessite de connaître la valeur du taux de dioxyde de carbone à l'endroit où l'on réalise la calibration - cette valeur est considérée comme une valeur de référence. On insère un programme dans le capteur précisant que la mesure qui sera effectuée correspondra à la valeur de référence connue.



Capteur SCD30 vu de dessus et de dessous

3. La calibration se fait de manière automatique : pour cela, on place le capteur sur une longue période (5 jours environ) à l'extérieur dans un endroit où le taux de dioxyde de carbone est constant et connu. On importe un programme dans le capteur pour réaliser cette calibration qui se fait sur un temps long. Le capteur mesure régulièrement le taux de dioxyde de carbone, relève les valeurs les plus basses et en fait une moyenne considérée comme la valeur de référence. Pour le capteur utilisé dans ce kit, la calibration peut se faire selon la deuxième ou troisième méthode.

Pour des questions de facilité, nous décrivons ici la deuxième méthode qui est plus rapide :

1. Brancher la carte sur l'ordinateur via le câble usb et le capteur SCD30 branché sur la prise I2C.
2. S'assurer que la carte se trouve en extérieur.
3. Ouvrir [l'interface Vittascience](#) et choisir l'interface micro:bit ou Arduino en fonction de la carte utilisée.

Pour micro:bit :

4. Dans le menu capteurs choisir :

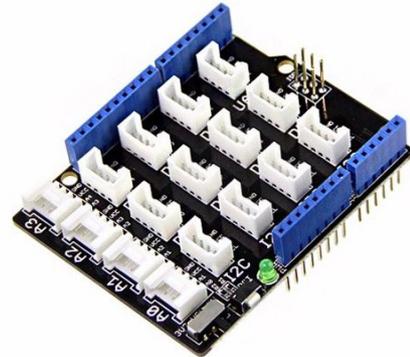
The screenshot shows the Vittascience interface with a sidebar on the left containing categories like Affichage, Entrées/Sorties, Communication, Capteurs, Actionneurs, Robots, Logique, Boucles, Math, Texte, Variables, Listes, and Fonctions. The main area displays a list of sensor blocks. A purple block labeled '[Capteur SCD30] forcer la recalibration à 410 (ppm)' is highlighted with a yellow border. Below it, a small image of the SCD30 sensor is shown with the text 'Forcer la calibration du capteur SCD30.'

Puis faire glisser ce bloc dans le bloc "Au démarrage":

The screenshot shows the 'Au démarrage' block in the Vittascience interface. The purple block labeled '[Capteur SCD30] forcer la recalibration à 410 (ppm)' is being dragged into the 'Au démarrage' block.

Présentation du kit avec carte Arduino

Une carte Arduino Uno et un "shield" (pont) sont disponibles dans ce kit.



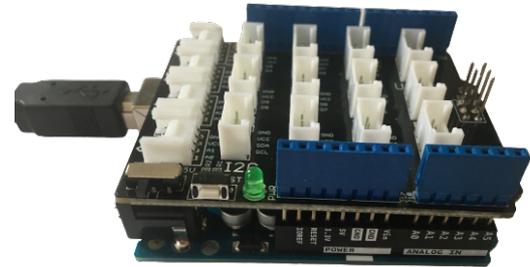
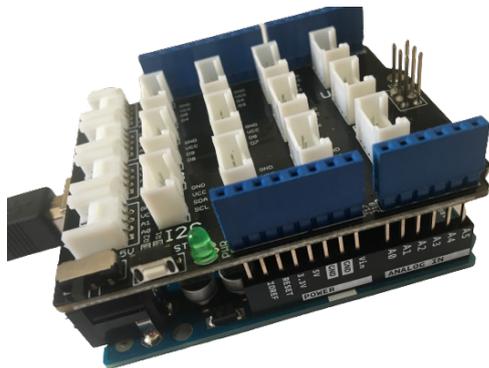
Carte Arduino Uno et son shield

La carte Arduino Uno peut être utilisée seule, mais il est plus pratique de lui ajouter un "shield" pour connecter plus simplement les différents composants qui seront utilisés par la suite.

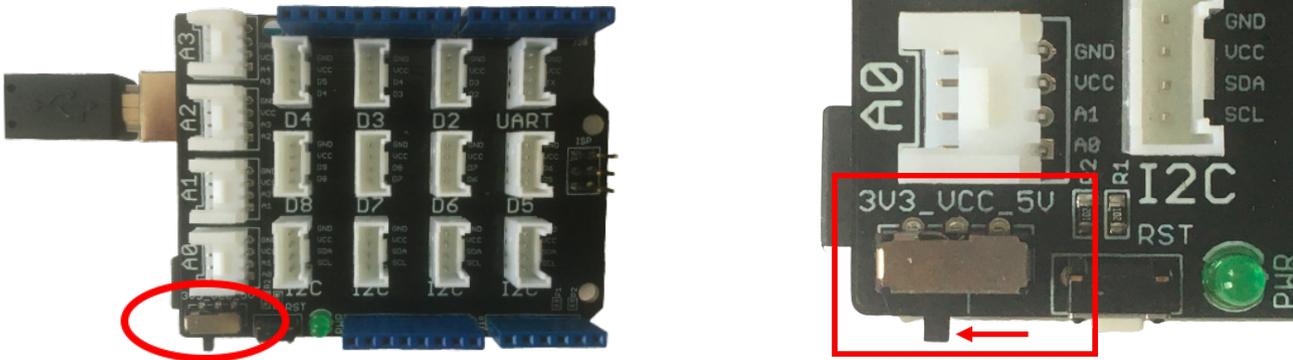
La carte Arduino Uno est reliée à l'ordinateur via son câble usb.

Insérer le shield sur les connectiques de la carte Arduino Uno en respectant le sens des pins :

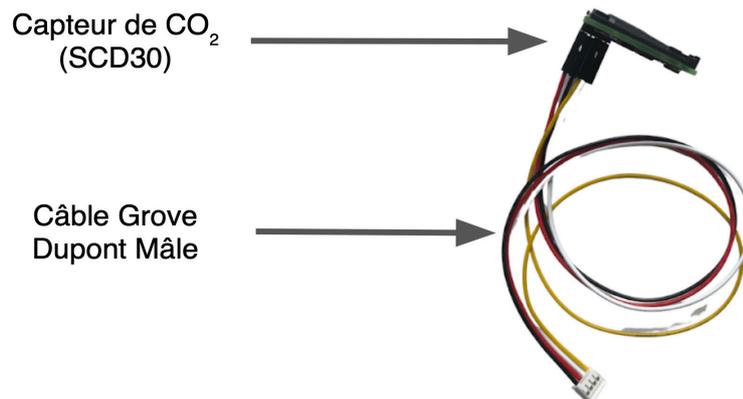
Il faut faire glisser doucement le shield jusqu'en butée :



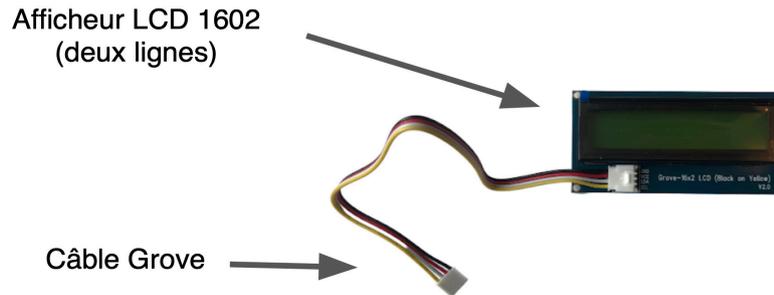
! **Attention :** Le shield dispose d'un commutateur permettant d'alimenter les composants en 3,3V ou en 5V. Il faut placer le curseur sur 3,3 V pour ne pas risquer d'endommager les modules utilisés dans ce kit.



Le capteur CO₂ de référence SCD30 est un capteur de technologie NDIR. Dans ce kit, il est présenté avec une connexion Grove Dupont Mâle.



L'afficheur LCD permet l'affichage de caractères sur deux lignes :

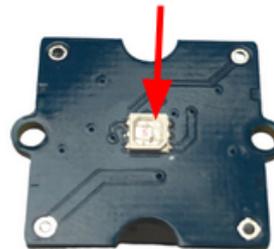


Il est possible d'afficher des textes de 16 caractères par ligne (soit 32 caractères sur les deux lignes).

Le module LED WS2813 mini utilisée est issue d'une bande Neopixel qui peut être perçue comme un ensemble de module "RGB LED WS2813 mini" juxtaposés :

LED (côté branchements)

LED (vue de face)



Fiche de branchement de la LED

Cette LED émet une lumière dont la couleur peut être choisie via une instruction de programmation. Ce module LED est connectable sur le shield par l'intermédiaire d'un câble Grove.

• Quel navigateur utiliser pour l'interface de programmation Vittascience ?

L'interface de programmation Vittascience est compatible avec tous les navigateurs.

• Pourquoi se créer un compte Vittascience ?

Un compte permet de sauvegarder les programmes réalisés, de les utiliser, de les modifier, de les partager, etc. La création d'un compte est gratuite. Un compte permet de sauvegarder les programmes réalisés, de les utiliser, de les modifier, de les partager, etc.

Attention : la création de compte est réservée aux personnes majeures, Un module de gestion de classe existe sur Vittascience pour permettre aux enseignants de suivre les travaux des élèves sans qu'ils n'aient à fournir de données à caractère personnel - plus d'information sur : www.vittascience.com/classroom/.

• Pourquoi ajouter l'extension Thingz sur son navigateur ?

Grâce à l'extension (gratuite) Thingz, l'interface de programmation Vittascience rend possible le téléversement d'un programme directement sur la carte Arduino sans passer par un dossier et un programme intermédiaires (comme le dossier de "Téléchargements" et le logiciel Arduino).

Cette installation n'est à faire qu'une fois pour l'ensemble des programmes réalisés : il faut veiller à ne pas changer de navigateur.

Dès le premier programme proposé, il est nécessaire de pouvoir réaliser ce téléversement.

Pour cela, il est possible d'ajouter l'extension Thingz depuis : <https://fr.vittascience.com/plugin>

vitta science

Programmer Ressources Classe Matériel

TÉLÉCHARGER



Chrome

La Chrome App Thingz permet de communiquer avec les cartes Arduino Uno via les navigateurs Chromium et Chrome.
Cette solution est conseillée car elle ne nécessite pas d'installation de logiciel et donc de droits d'administrateur.

[Installer](#)



Windows

Le plugin pour Windows est disponible dans 2 versions : installateur et portable. Il requiert les droits administrateur et réseau. Fonctionne sur Windows 7 et plus.

[Installer](#)



macOS

Le plugin pour macOS nécessite les droits administrateur et réseau.

[Installer](#)



Distributions Linux

Nous travaillons à rendre disponible les versions Linux du plugin pour Ubuntu, Fedora, Debian ainsi qu'aux RaspberryPi.
La version actuelle est réservée aux utilisateurs avertis.

[Installer](#)

[Revenir à l'interface de programmation](#)

Choisir dans la fenêtre qui s'ouvre le système d'exploitation de l'ordinateur utilisé. L'extension est alors ajoutée sur le navigateur utilisé (dans le cas de l'illustration suivante, le navigateur utilisé est Chrome) :

vitta science

Programmer Ressources Classe Matériel

Chrome

Vous trouverez ci-dessous le lien vers la Chrome App Thingz, cliquer sur "Ajouter à Chrome" puis revenir sur l'interface Vittascience :

- **Chrome App Thingz**

Avis aux utilisateurs Linux : si vous rencontrez des difficultés dans la mise en œuvre du plugin, rendez-vous sur [cette page d'aide](#).

N'hésitez pas à contacter l'équipe Vittascience pour toute question : [aidez-moi !](#)

[Utilisez vous windows 7 comme logiciel?](#)

[Retour](#)

Revenir à l'interface de programmation

Télécharger le programme proposé.

chrome web store

Accueil > Applications > Thingz

THINGZ Thingz

Proposé par : <https://www.thingz.co>

★★★★★ 4 | [Extensions](#) | 933 utilisateurs

Présentation Avis Articles similaires

THINGZ Comment ça marche Contact Exemples de créations Boutique Mon compte

Download to store Settings Report problem

Menu items (disabled) Multi-connection point (disabled)

Langage
Circuit
Math
Variables
Tic-tac
Thingz
Fonctions
Thingz
Fonctions

```

1 // Bouton "Circuits"
2 // Bouton "Circuits"
3 // Bouton "Circuits"
4 // Bouton "Circuits"
5 // Bouton "Circuits"
6 // Bouton "Circuits"
7 // Bouton "Circuits"
8 // Bouton "Circuits"
9 // Bouton "Circuits"
10 // Bouton "Circuits"
11 // Bouton "Circuits"
12 // Bouton "Circuits"
13 // Bouton "Circuits"
14 // Bouton "Circuits"
15 // Bouton "Circuits"
16 // Bouton "Circuits"
17 // Bouton "Circuits"
18 // Bouton "Circuits"
19 // Bouton "Circuits"
20 // Bouton "Circuits"
21 // Bouton "Circuits"
22 // Bouton "Circuits"
23 // Bouton "Circuits"
24 // Bouton "Circuits"
25 // Bouton "Circuits"
26 // Bouton "Circuits"
27 // Bouton "Circuits"
28 // Bouton "Circuits"
29 // Bouton "Circuits"
30 // Bouton "Circuits"
31 // Bouton "Circuits"
32 // Bouton "Circuits"
33 // Bouton "Circuits"
34 // Bouton "Circuits"
35 // Bouton "Circuits"
36 // Bouton "Circuits"
37 // Bouton "Circuits"
38 // Bouton "Circuits"
39 // Bouton "Circuits"
40 // Bouton "Circuits"
41 // Bouton "Circuits"
42 // Bouton "Circuits"
43 // Bouton "Circuits"
44 // Bouton "Circuits"
45 // Bouton "Circuits"
46 // Bouton "Circuits"
47 // Bouton "Circuits"
48 // Bouton "Circuits"
49 // Bouton "Circuits"
50 // Bouton "Circuits"
51 // Bouton "Circuits"
52 // Bouton "Circuits"
53 // Bouton "Circuits"
54 // Bouton "Circuits"
55 // Bouton "Circuits"
56 // Bouton "Circuits"
57 // Bouton "Circuits"
58 // Bouton "Circuits"
59 // Bouton "Circuits"
60 // Bouton "Circuits"
61 // Bouton "Circuits"
62 // Bouton "Circuits"
63 // Bouton "Circuits"
64 // Bouton "Circuits"
65 // Bouton "Circuits"
66 // Bouton "Circuits"
67 // Bouton "Circuits"
68 // Bouton "Circuits"
69 // Bouton "Circuits"
70 // Bouton "Circuits"
71 // Bouton "Circuits"
72 // Bouton "Circuits"
73 // Bouton "Circuits"
74 // Bouton "Circuits"
75 // Bouton "Circuits"
76 // Bouton "Circuits"
77 // Bouton "Circuits"
78 // Bouton "Circuits"
79 // Bouton "Circuits"
80 // Bouton "Circuits"
81 // Bouton "Circuits"
82 // Bouton "Circuits"
83 // Bouton "Circuits"
84 // Bouton "Circuits"
85 // Bouton "Circuits"
86 // Bouton "Circuits"
87 // Bouton "Circuits"
88 // Bouton "Circuits"
89 // Bouton "Circuits"
90 // Bouton "Circuits"
91 // Bouton "Circuits"
92 // Bouton "Circuits"
93 // Bouton "Circuits"
94 // Bouton "Circuits"
95 // Bouton "Circuits"
96 // Bouton "Circuits"
97 // Bouton "Circuits"
98 // Bouton "Circuits"
99 // Bouton "Circuits"
100 // Bouton "Circuits"

```

Paramètres de l'application

Installez puis à poster votre application sur le store! Avez d'autres personnes pouront l'extension, vous aider sur certains points et vous montrerez à la fois entière comment elle était en général!

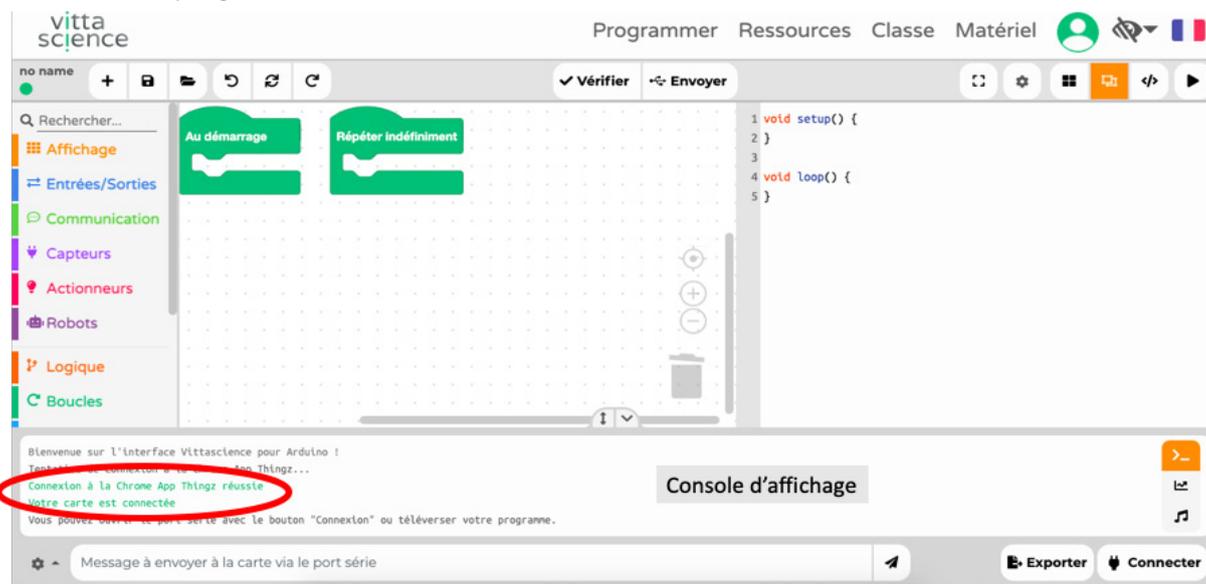
Il est inutile de se créer un nouveau compte pour utiliser Thingz.

Il est possible de vérifier que l'extension est bien prise en compte par l'interface de programmation de Vittascience. Pour cela, brancher la carte Arduino Uno sur l'ordinateur via le port USB.

Aller ensuite sur : <https://fr.vittascience.com/code> puis choisir Arduino :



L'interface de programmation s'ouvre :



Si l'installation est convenablement réalisée, alors la mention "Connexion à la Chrome App Thingz ... Votre carte est connectée" apparaît dans la console d'affichage :

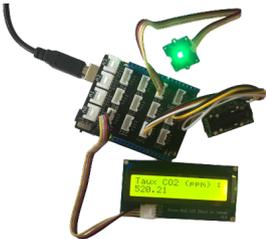
```
Bienvenue sur l'interface Vittascience pour Arduino !
Tentative de connexion à la Chrome App Thingz...
Connexion à la Chrome App Thingz réussie
Votre carte est connectée
Vous pouvez ouvrir le port série avec le bouton "Connexion" ou téléverser votre programme.
```

ATELIER : AFFICHER DES MESURES DE TAUX DE DIOXYDE DE CARBONE



Info : L'objectif de cet atelier est de réaliser un montage permettant :

- d'afficher la valeur du taux du dioxyde de carbone sur un écran LCD ou l'écran de l'ordinateur;
- d'alerter sur la valeur du niveau atteint en fonction de la couleur d'une Diode ÉlectroLuminescente (LED en anglais).

| Pour un taux de CO ₂ * | | | |
|--|--|---|--|
| inférieur à 600 ppm | compris entre 600 et 800 ppm | compris entre 800 et 1000 ppm | supérieur à 1000 ppm |
|  |  |  |  |
| La LED émet une lumière verte | La LED émet une lumière jaune | La LED émet une lumière orange | La LED émet une lumière rouge |

*Ces valeurs sont données à titre indicatif et à ajuster selon l'environnement (ville, campagne, pics de pollution) et la qualité de la calibration (voir p. 18).

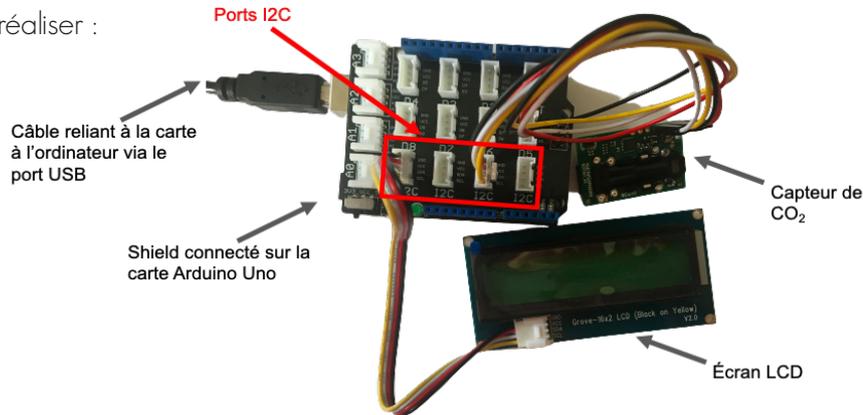
La réalisation du montage se déroule par étapes, toutes indépendantes entre elles. Bien entendu, il est possible de passer directement à la dernière étape finale de cet atelier.

ÉTAPE N°1 : Affichage du taux de CO₂ sur un écran LCD relié à une carte arduino



Info : L'objectif de cette étape est de mesurer le taux de CO₂ grâce au capteur SCD30 et d'afficher les valeurs (exprimées en ppm) sur l'écran LCD.

Voici le montage à réaliser :



Attention : le capteur CO₂ et l'écran LCD se branchent sur un port (prise) I2C. Le shield compatible avec la carte Arduino Uno dispose de quatre prises I2C : il suffit d'en choisir deux d'entre elles.

Pour accéder à l'interface de programmation proposée par Vittascience, il faut se rendre sur le site : <https://fr.vittascience.com/> puis, choisir dans la barre du menu la rubrique PROGRAMMER :



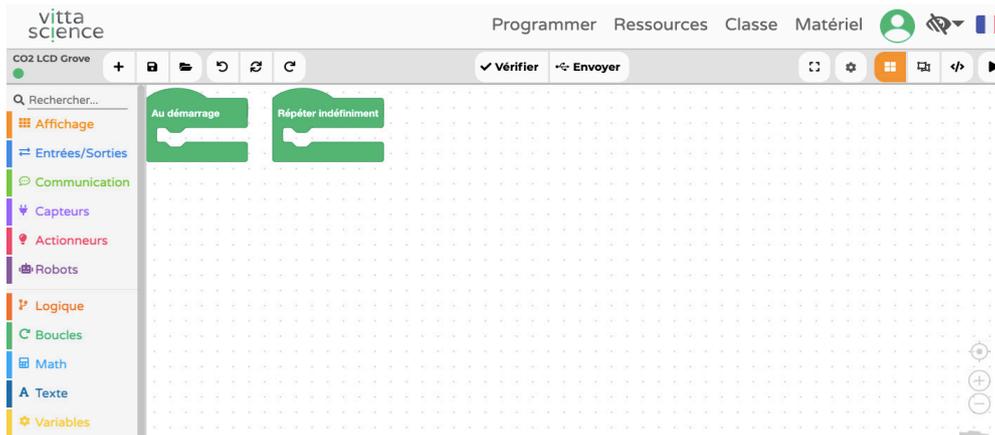
Choisir l'interface Arduino :



Il est désormais possible de réaliser un programme en enchaînant des blocs d'instruction : on parle de programmation par blocs.

Le programme se décompose de la manière suivante :

1) Dans l'interface d'accueil :



2) Sélectionner la rubrique "Affichage" > Écran : choisir le bloc



vitta science

Programmer Ressources Clas

CO2 LCD Grove

Rechercher...

Affichage

Entrées/Sorties

Communication

Capteurs

Actionneurs

Robots

Logique

Boucles

Math

A Texte

Vérifier Envoyer

Ecrans

[LCD1602] adresse 0x3e (Grove) afficher le texte " " sur la ligne 0 position 0

[LCD1602] adresse 0x3e (Grove) effacer l'écran

[LCD1602] adresse 0x3e (Grove) allumer l'écran

[LCD1602] éclairer l'écran LCD de couleur R 255 G 255 B 255

[LCD1602] éclairer l'écran LCD de couleur

[Ecran OLED] afficher le texte " " à la position x 0 y 0

et le faire glisser à l'intérieur de la boucle (bloc vert) "Répéter indéfiniment"



Répéter indéfiniment

[LCD1602] adresse 0x3e (Grove) afficher le texte " " sur la ligne 0 position 0

3) Dans la rubrique "Capteurs" (Capteurs de gaz),

CO2 LCD Grove

Rechercher...

Affichage

Entrées/Sorties

Communication

Capteurs

Actionneurs

Robots

Logique

Boucles

Vérifier Envoyer

Capteurs de gaz

[Capteur SGP30] gaz Dioxyde de carbone (CO2) (ppm)

[Capteur de gaz multicanal] gaz Monoxyde de carbone (CO) (ppm)

[Capteur de gaz multicanal v2] gaz Dioxyde d'azote (NO2) (V)

[Capteur de dioxygène] O2 concentration (%) sur la broche A0

[Capteur SCD30] dioxyde de carbone (CO2) (ppm)

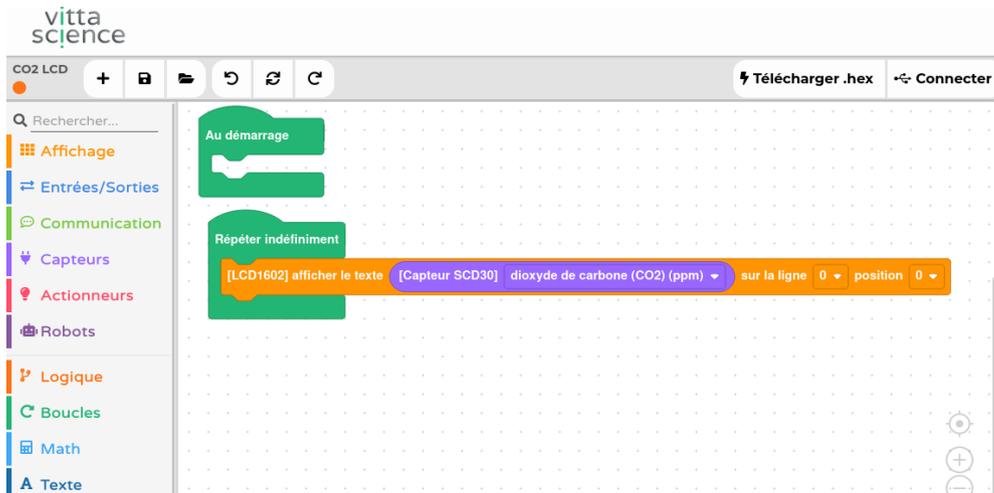
[Capteur MQ135] CO2 (ppm) sur la broche A0

En attente du capteur sur 30...
Connexion fermée

choisir le bloc



et l'insérer dans l'emplacement adéquat du bloc "Afficher" (dans l'emplacement ).



Dans la rubrique "Capteurs", lorsqu'on laisse le curseur de la souris sur le bloc du capteur choisi, une fenêtre d'informations apparaît.

Dans cette fenêtre, la prise sur laquelle se connecte le capteur est indiquée (port I2C).

4) Il est possible d'ajouter un texte sur l'écran LCD. Pour cela, dans le bloc Afficher>Écrans choisir le bloc [LCD1602] :



Entre les " " il est possible de mettre un texte du type "Taux de dioxyde de carbone (CO₂) (ppm)" sur la ligne 0 et la position 0.

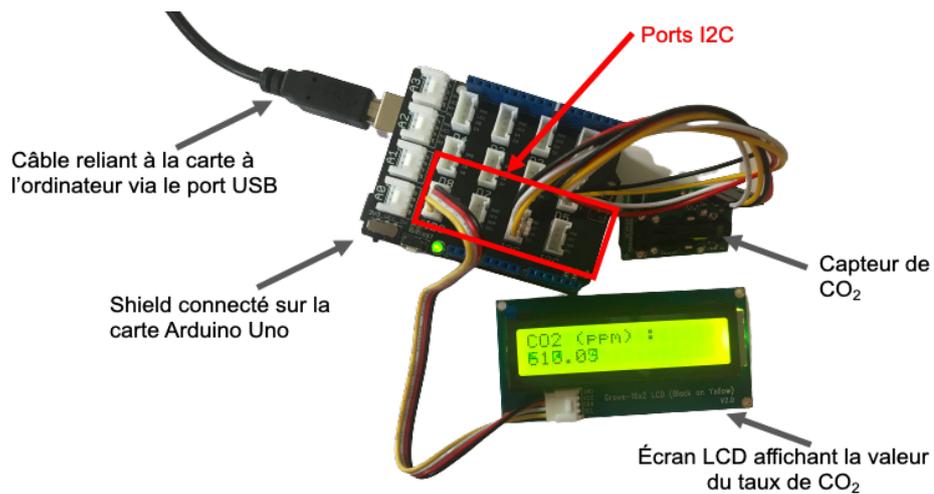
Il faut alors veiller à modifier la position de l'affichage de valeur mesurée en choisissant l'affichage sur la ligne 1.



5) Dans le menu supérieur, cliquer sur le bouton "Vérifier" pour vérifier qu'il n'y a pas d'erreur de syntaxe puis cliquer sur "Envoyer" pour que le programme soit directement téléversé dans la carte Arduino Uno.



6) Ce premier montage opérationnel correspond à ceci :



Il est possible de souffler dessus pour vérifier que la valeur mesurée augmente.

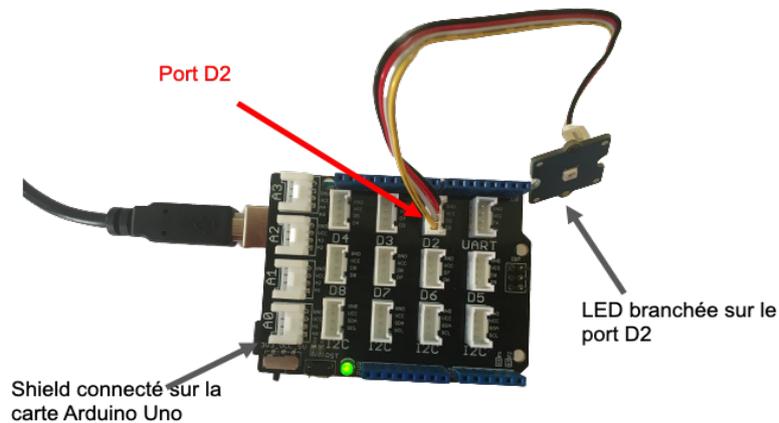
À l'extérieur, si le capteur est bien étalonné, la valeur indiquée est d'environ 400 ppm.

ÉTAPE N°2 : Allumer une LED



Info : L'objectif de cette étape est d'allumer une LED (de type Neopixel) avec une couleur définie. Cette étape permet de mieux prendre en main l'étape suivante qui propose un programme plus complet.

Le montage à réaliser est le suivant :

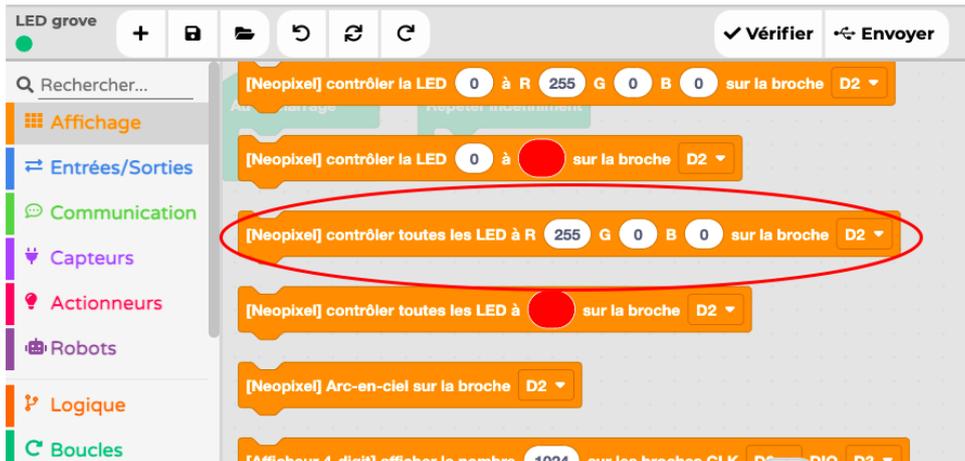


1) Dans la page d'accueil de l'interface Vittascience, cliquer sur “+ Nouveau projet” car on crée un nouveau programme:



Donner un nom au projet puis valider.

2) Dans la rubrique Affichage> Modules à LED, choisir "[Neopixel] contrôler toutes les LED"



et le faire glisser dans le bloc "Répéter indéfiniment"



Les mentions R, G et B font allusion respectivement à Red (rouge), Green (vert) et Blue (bleu).

La superposition de ces trois lumières colorées, en différentes proportions, permet de créer toutes les couleurs selon le principe de la synthèse additive résumée comme suit :

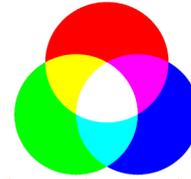


Illustration de la synthèse additive des couleurs -
Illustration d'après [Quark67 Wikipédia](#)

Ces proportions varient entre 0 et 255 correspondant respectivement à 0% et 100% de luminosité.

Ainsi, par exemple, si l'on souhaite obtenir :

- une lumière BLANCHE, on peut choisir : R : 255 ; G : 255 ; B : 255.
- une lumière NOIRE, on peut choisir : R : 0 ; G : 0 ; B : 0.
- une lumière ROUGE, on peut choisir : R : 255 ; G : 0 ; B : 0.
- une lumière ORANGE, on peut choisir : R : 255 ; G : 96 ; B : 0.

En combinant ces valeurs, on peut ainsi obtenir théoriquement 16 777 216 de couleurs (Il y a 256 nuances possibles pour chaque couleur, de 0 à 255, ce qui fait $256^3 = 16\,777\,216$ couleurs au total).

Il existe un autre bloc permettant de choisir la couleur de la lumière émise par la LED. Ce bloc est présenté un peu plus loin dans le livret. Il permet un choix plus simple mais plus limité de couleurs à l'aide d'une palette présélectionnée.

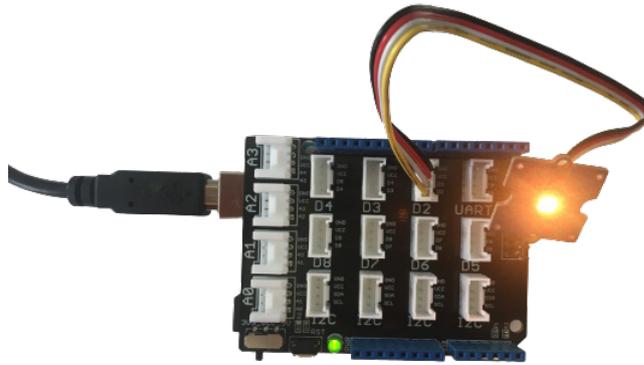
3) Dans le bloc [Neopixel] modifier les valeurs comme suit par exemple : R : 255 / G : 96 / B : 0 pour obtenir une lumière ORANGE.



4) Dans le menu supérieur, cliquer sur le bouton "Vérifier" pour vérifier qu'il n'y a pas d'erreur de syntaxe puis cliquer sur "Envoyer" pour que le programme soit directement téléverser dans la carte Arduino Uno.



5) Ce deuxième montage opérationnel correspond à ceci :



Attention : Il est possible de choisir un autre bloc d'instruction permettant de choisir la couleur de la lumière émise par la LED avec un bloc utilisant une palette de couleurs.

[Neopixel] contrôler toutes les LED à  sur la broche **D2** ▼

Son usage est plus simple.

Répéter indéfiniment

[Neopixel] contrôler toutes les LED à  sur la broche **D2** ▼

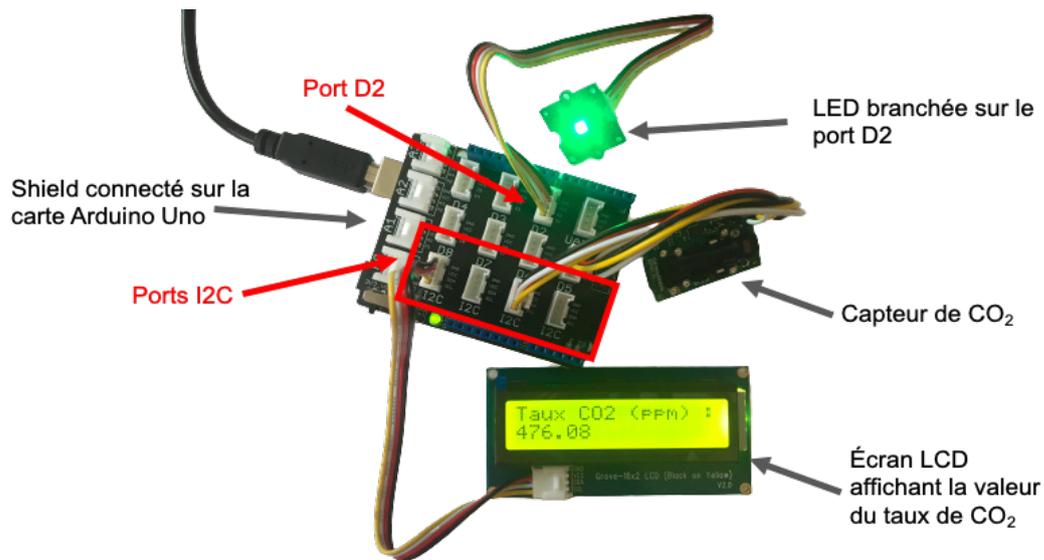


ÉTAPE N°3 : Allumer une LED de couleur différente en fonction du taux de CO₂ mesuré



Info : L'objectif de cette étape est de mesurer le taux de CO₂ grâce au capteur SCD30, d'afficher les valeurs (exprimées en ppm) sur l'écran LCD et d'allumer une LED de couleur différente en fonction du taux mesuré.

Le montage à réaliser est le suivant :



On souhaite que la couleur de la lumière émise par la LED diffère en fonction de la valeur du taux de CO₂ mesuré selon les critères suivants :

| Pour un taux de CO ₂ * | | | |
|---|---|--|---|
| inférieur à 600 ppm | compris entre 600 et 800 ppm | compris entre 800 et 1000 ppm | supérieur à 1000 ppm |
|  |  |  |  |
| La LED émet une lumière verte | La LED émet une lumière jaune | La LED émet une lumière orange | La LED émet une lumière rouge |

*Ces valeurs sont données à titre indicatif et à ajuster selon l'environnement (ville, campagne, pics de pollution) et la qualité de la calibration (voir p. 18).

Dans le programme, il faut alors ajouter des blocs dits de "structures conditionnelles" : ces blocs ont une nomenclature du type :

si telle condition est réalisée alors :

exécuter une instruction

sinon exécuter telle autre instruction.

Ici, il y a quatre conditions à prévoir car quatre intervalles de taux de CO₂.

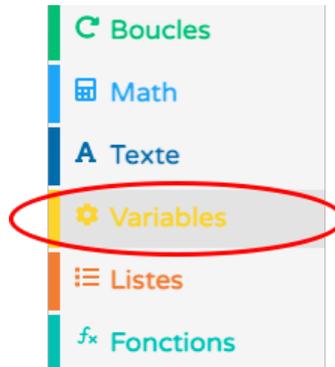
Ce programme combine les programmes réalisés dans les étapes 1 et 2 auxquels on ajoute un bloc de structure conditionnelle.

1) Dans la page d'accueil de l'interface Vittascience, cliquer sur "+ Nouveau projet" car on crée un nouveau programme :



Donner un nom au projet puis valider.

2) Dans ce programme, la valeur du taux de dioxyde de carbone est comparée à différents seuils. Afin d'éviter de réaliser plusieurs mesures du taux qui seront comparées aux différents seuils fixés, il est possible de stocker la valeur mesurée dans une variable. On propose de nommer cette variable "tauxCO2" - ce nom est arbitraire. Pour créer cette variable, cliquer sur la rubrique Variables:



Un panneau latéral s'ouvre : cliquer sur **Créer une variable...**
 Nommer la variable "tauxCO2" par exemple puis cliquer sur OK.

fr.vittascience.com indique

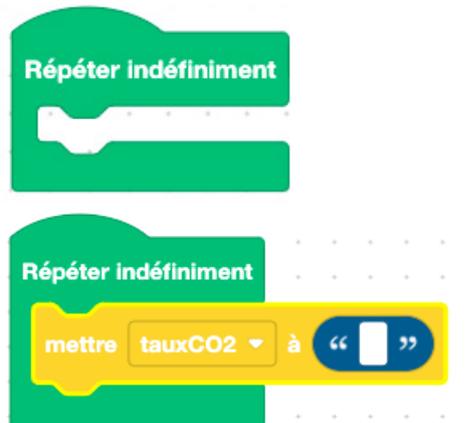
Le nom de la nouvelle variable :

Annuler OK

Des blocs spécifiques à cette nouvelle variable sont créés et accessibles depuis la rubrique Variables. Pour créer cette variable, cliquer sur la rubrique Variables.



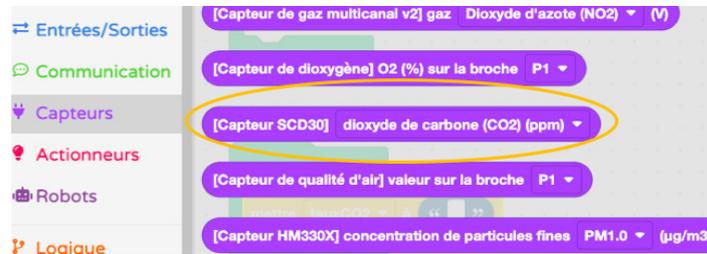
Choisir le bloc et le faire glisser dans la boucle "Répéter Indéfiniment" :



Le texte  est remplacé par la valeur du taux de dioxyde de carbone mesurée via le capteur.

Pour cela, aller dans la rubrique Capteurs puis choisir le bloc





et le faire glisser à la place de :



La variable "tauxCO2" renvoie désormais à la valeur du taux de dioxyde de carbone mesuré par le capteur.

3) Dans la rubrique "Affichage", choisir le bloc



et l'insérer sous le bloc précédent ; puis, répéter l'opération une deuxième fois avant de faire les choix d'affichage suivants :



Le détail du procédé est le même que celui proposé dans l'Étape 1 page 29.

• 40

4) Il s'agit désormais de remplacer



par la variable "tauxCO2"



Pour cela, cliquer dans la rubrique Variables et choisir le bloc



à faire glisser de la manière suivante :



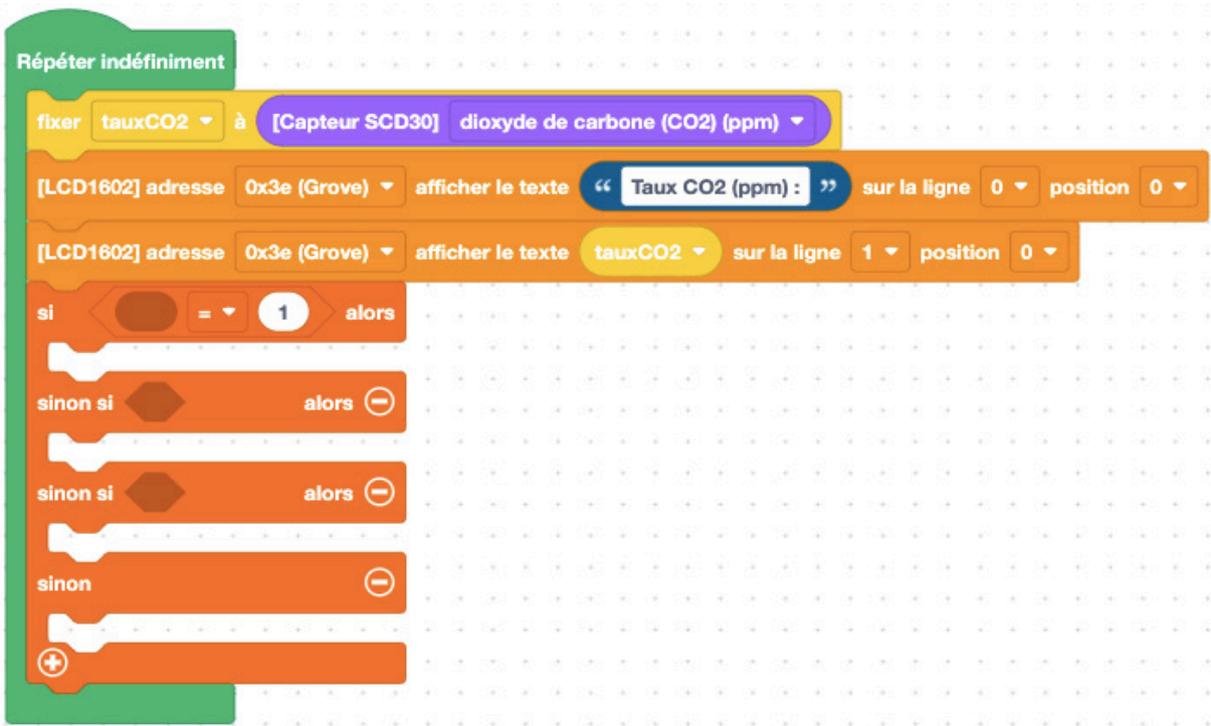
5) Dans la rubrique "Logique" choisir le bloc de structure conditionnelle comme indiqué ci-dessous :



et le faire glisser en-dessous du dernier bloc :

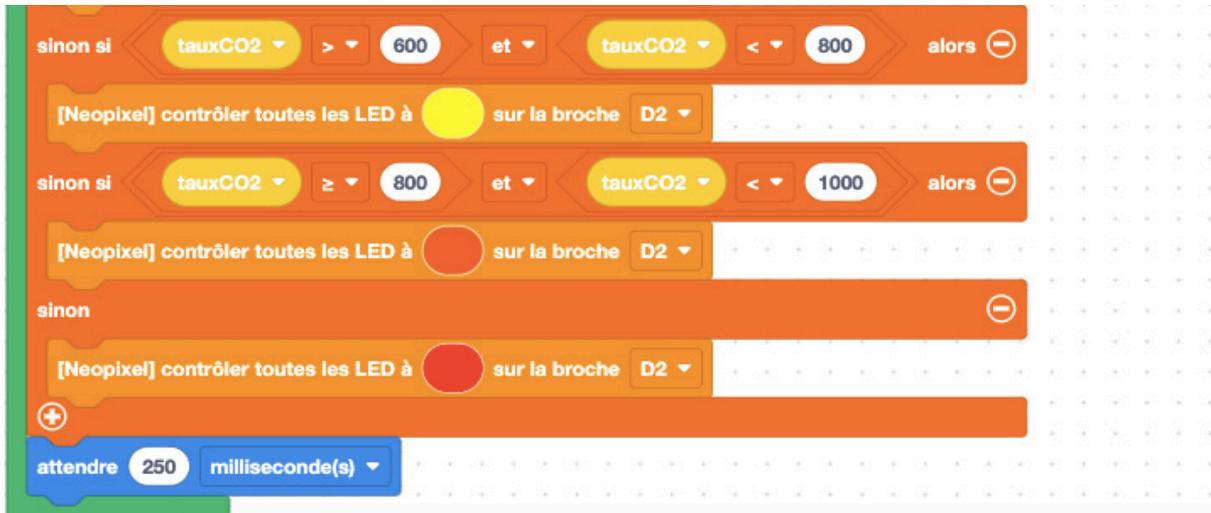


6) Comme il y aura quatre conditions à prévoir, il faut alors cliquer deux fois sur le “+” en bas du bloc pour obtenir la structure suivante :



7) Faire glisser les blocs nécessaires pour obtenir les instructions suivantes :





Le dernier bloc  permet de réaliser une courte pause entre l'envoi de données - cela évite des risques de bug d'affichage.

8) Dans le menu supérieur, cliquer sur le bouton "Vérifier" pour vérifier qu'il n'y a pas d'erreur de syntaxe puis cliquer sur "Envoyer" pour que le programme soit directement téléverser dans la carte Arduino Uno.



ÉTAPE N°4 :

Allumer une LED de couleur différente en fonction du taux de CO₂ mesuré et affichage de la valeur de ce taux sur l'écran de l'ordinateur



Info : L'objectif de cette étape est de mesurer le taux de CO₂ grâce au capteur SCD30 et d'afficher les valeurs (exprimées en ppm) sur l'écran de l'ordinateur et d'allumer une LED de couleur différente en fonction du taux mesuré.

Il est possible de modifier le programme précédent pour que l'affichage de la valeur du taux de CO₂ mesuré soit visible sur l'écran de l'ordinateur via l'interface de Vittascience. Cela peut être pratique si l'on souhaite, par exemple, vidéoprojeter les valeurs mesurées.

Le montage à réaliser est le même que celui de l'étape 3 (page 69). Toutefois, il est possible de s'affranchir du module LCD dans le montage si on ne veut pas d'affichage sur cet écran.

1) La base du programme est identique au programme de l'étape 3 (page 69) :

Ces deux blocs doivent être supprimés si l'écran LCD n'est pas utilisé dans le montage.



2) Sous le bloc **mettre **tauxCO2** à [Capteur SCD30] dioxyde de carbone (CO2) (ppm)**

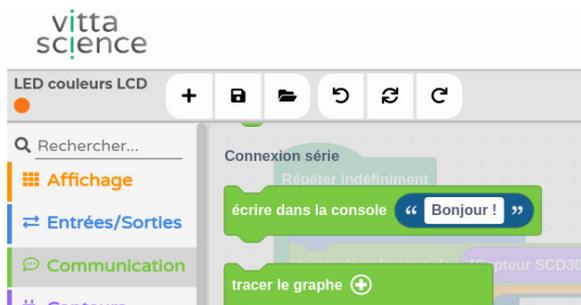


, ajouter un bloc d'attente d'une durée de 1 seconde :



Cette pause de 1 seconde permet de limiter la fréquence d’affichage des valeurs sur l’écran de l’ordinateur. Cela rend plus simple la lecture des valeurs mesurées.

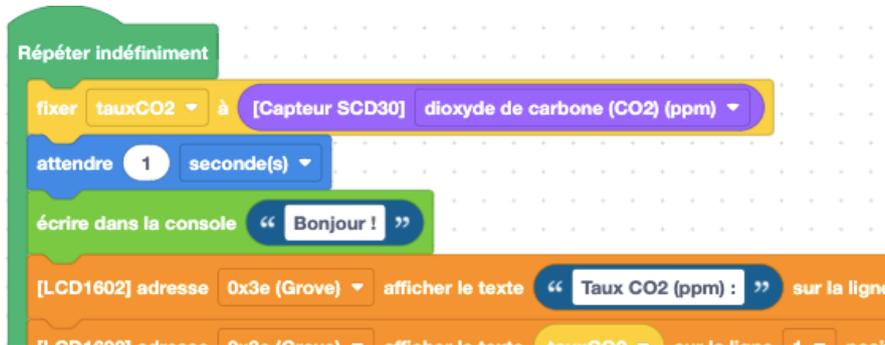
3) Dans la rubrique “Communication” :



choisir le bloc
1 seconde :



et le faire glisser juste en-dessous du bloc d'attente d'une durée de



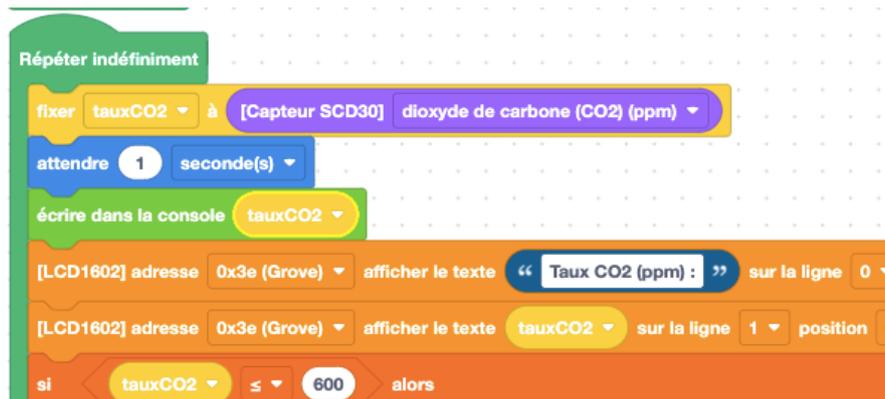
4) Remplacer



par la variable "tauxCO2" (accessible depuis le menu Variables >



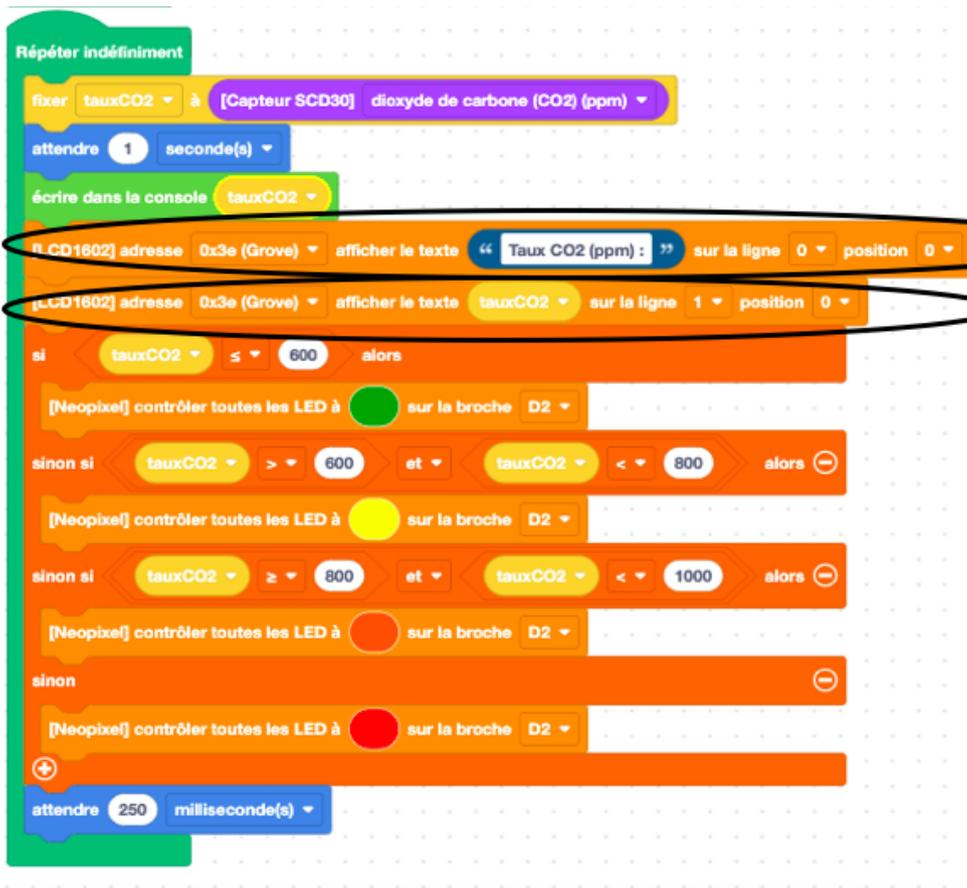
):



Cette instruction permet à la carte micro:bit d'envoyer les mesures réalisées (via le capteur de CO₂ SCD30) à l'ordinateur à l'aide de son port série. Cela impose que la carte reste continuellement branchée à l'ordinateur.

Cet affichage est possible via une zone de l'interface Vittascience ("la console d'affichage").

Le programme complet est alors celui-ci :

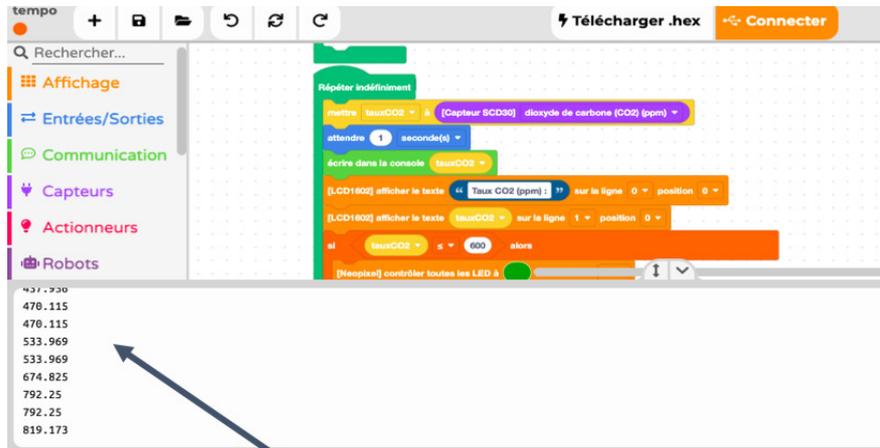


Ces deux blocs doivent être supprimés si l'écran LCD n'est pas utilisé dans le montage.

5) Dans le menu supérieur, cliquer sur le bouton "Vérifier" pour vérifier qu'il n'y a pas d'erreur de syntaxe puis cliquer sur "Envoyer" pour que le programme soit directement téléverser dans la carte Arduino Uno.



7) Une fois le programme installé dans la carte Arduino Uno, les valeurs s'affichent sur la Console d'affichage :



Console d'affichage dans laquelle les valeurs des mesures s'affichent

8) Pour rendre plus conviviale l'affichage des valeurs mesurées, l'interface Vittascience propose un affichage graphique dans la même console. Il faut alors légèrement modifier le programme précédent en remplaçant le bloc



par un nouveau bloc

Pour commencer, dans le programme, faire un clic droit sur le bloc 'écrire dans la console' et choisir "supprimer 2 blocs" :



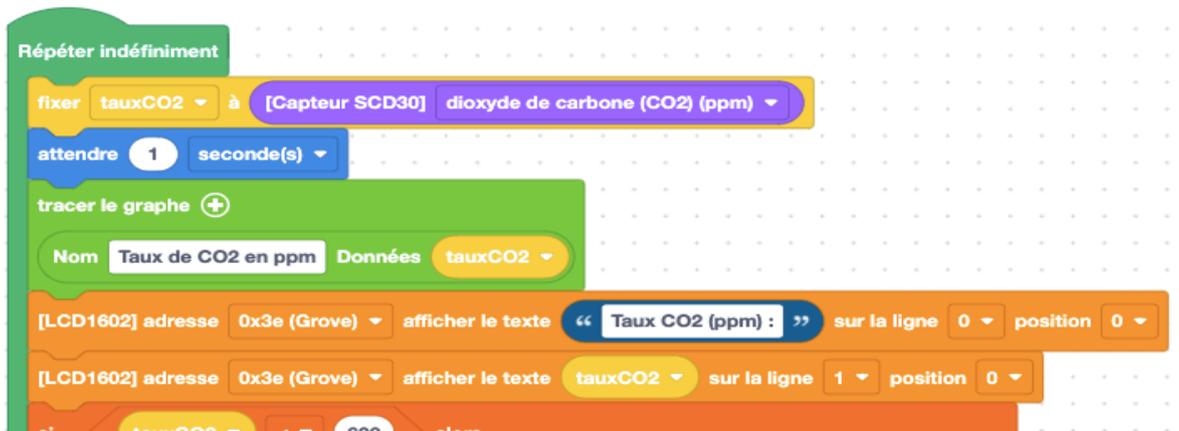
Puis, dans la rubrique "Communication">connexion série, choisir le bloc



et le faire glisser à l'emplacement précédemment supprimé :



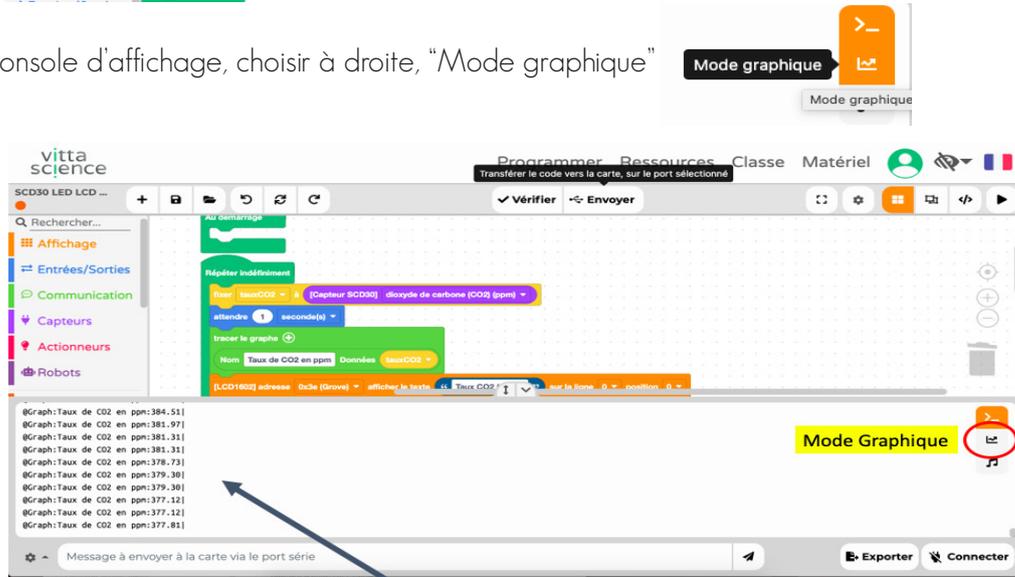
Il est possible de changer le nom "Donnée1" par un titre plus explicite (par exemple "Taux de CO2 en ppm"). Il faut aussi indiquer que les "Données" utilisées sont celles collectées par la variable "TauxCO2". Ainsi, il est nécessaire de modifier le bloc de la manière suivante :



9) Dans le menu supérieur, cliquer sur le bouton “Vérifier” pour vérifier qu’il n’y a pas d’erreur de syntaxe puis cliquer sur “Envoyer” pour que le programme soit directement téléverser dans la carte Arduino Uno.

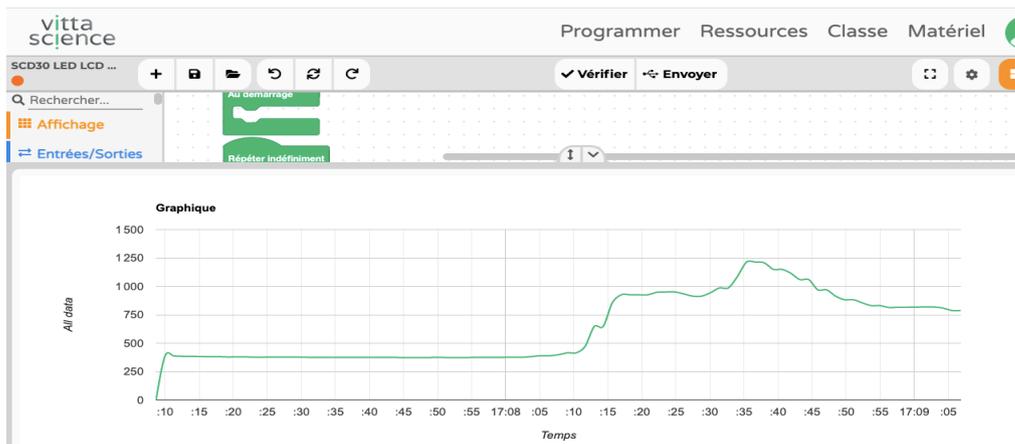


10) Dans la console d’affichage, choisir à droite, “Mode graphique”



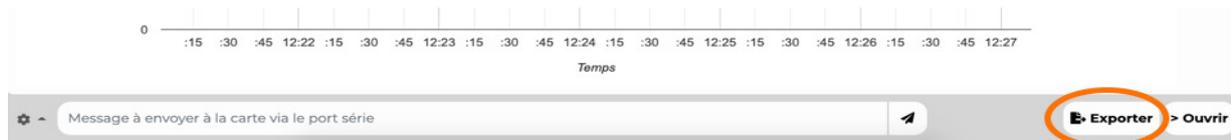
Console d’affichage dans laquelle les valeurs des mesures s’affichent

La console d’affichage change et une représentation graphique des valeurs mesurées est accessible :



11) Depuis cette représentation graphique, il est possible d'exporter l'ensemble des données en fichier .csv (fichier lu par des tableurs comme Excel, Libre Office Calc, GoogleSheet, Numbers, etc.).

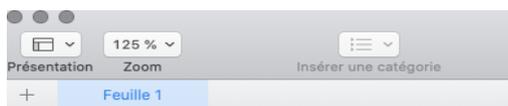
Pour cela, il suffit de cliquer sur le bouton Exporter en bas de la fenêtre :



Une nouvelle boîte de dialogue s'ouvre. Il faut cliquer sur "Exporter en csv".



Les données sont alors accessibles depuis le tableur utilisé par défaut sur l'ordinateur :



22-8-2021-12h-29m

| | | | |
|------------|----------|---------|--|
| 22 08 2021 | 12:02:01 | 422,898 | |
| 22 08 2021 | 12:02:04 | 422,894 | |
| 22 08 2021 | 12:02:05 | 420,528 | |
| 22 08 2021 | 12:02:07 | 418,132 | |
| 22 08 2021 | 12:02:08 | 418,132 | |
| 22 08 2021 | 12:02:09 | 418,128 | |
| 22 08 2021 | 12:02:11 | 416,263 | |

La fonctionnalité "grapheur" du tableur peut être utilisée pour tracer un graphique représentant l'évolution du taux de dioxyde de carbone au cours du temps - ce graphique pouvant être imprimé par la suite.

L'horodatage permet un traitement des données : il peut être par exemple envisagé de noter les horaires d'ouverture/fermeture de fenêtre, de pauses/récréations, d'entrée en classe, etc et de comparer ces moments clés aux conséquences sur l'évolution du taux de dioxyde de carbone mesuré. Il est ainsi possible de mettre en évidence de manière quantitative l'utilité et l'efficacité de l'aération d'une pièce.

Pour aller plus loin avec carte Arduino



Info : L'objectif de cet atelier est de réaliser un montage permettant :

- de mesurer le taux de dioxyde de carbone par l'intermédiaire d'un capteur
- de communiquer les valeurs mesurées à un smartphone ou à une tablette par l'intermédiaire d'un module de communication Bluetooth (BT)
- d'afficher les valeurs mesurées sur une application dédiée et téléchargée sur un smartphone
- d'exporter les données au format CSV et de les envoyer par mail



Attention : Quelles sont les limites d'utilisation ?

À cette date*, nous avons constaté que :

1. l'application Fizziq® ne permet pas encore l'ajout d'un module bluetooth externe (comme le module HM10) pour communiquer avec un iPhone.
2. sur Android, les mesures ont pu être réalisées sur des durées comprises entre 10 et 20 min sans problèmes majeurs. Au-delà, des dysfonctionnements ont été observés. De plus, il y a, à l'heure où nous écrivons ces lignes*, une limitation à 5000 mesures avec un délai de 5 secondes au maximum entre deux mesures.

• Étape 1 : Installation de l'application Fizziq®

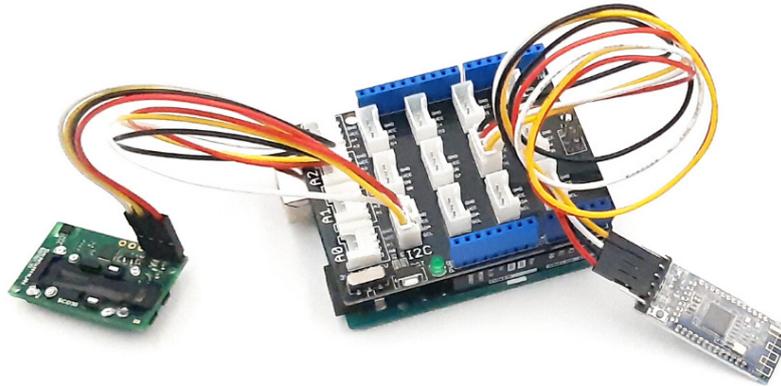
Les smartphones possèdent de nombreux capteurs (accéléromètre, boussole, microphone, etc) et des outils de communication comme le bluetooth.

L'application Fizziq® permet d'exploiter ces fonctionnalités pour réaliser et/ou pour exploiter des mesures.

Pour cet atelier, il est nécessaire de télécharger l'application Fizziq® depuis le site <https://www.fizziq.org/> ou depuis Google Store ou Apple Store.

• Étape 2 : Le montage

Voici le montage à réaliser :

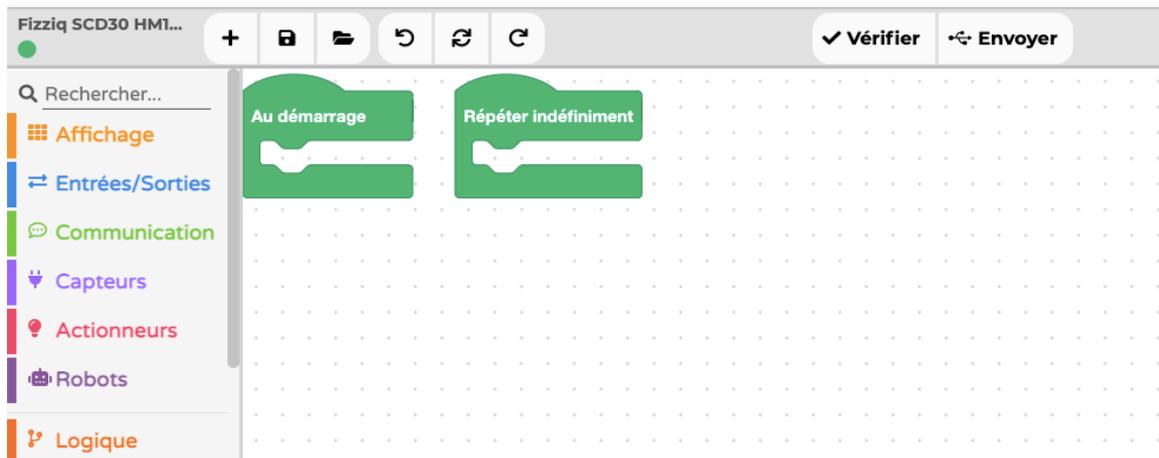


Le capteur SCD30 est branché sur le port I2C et le module Bluetooth HM10 est branché sur le port D6.

• Étape 3 : Le programme

Le programme se décompose de la manière suivante :

1) Ouvrir l'interface d'accueil :



2) Dans la rubrique “Communication”, choisir (dans la section “Communication sans fil”) le bloc :



puis, l'insérer dans le bloc vert “Répéter indéfiniment”



3) Dans la rubrique "Texte", choisir le bloc "Créer le texte + -" :



Insérer ce bloc dans dans le "Message" " " du bloc précédent :



Par défaut, le bloc propose trois champs à remplir : cliquer sur le "-" pour enlever un champ (ou sur le + pour en ajouter un supplémentaire). Ici, seuls deux champs sont nécessaires.

Dans le premier champ, ajouter un texte "CO2". Pour cela, dans la rubrique "Texte", choisir le premier bloc " " :



et ajouter le texte "CO2" :



4) Dans la rubrique Capteurs, choisir (dans la section "Capteurs de gaz") le bloc

CO2 LCD Grove

Rechercher...

Affichage

Entrées/Sorties

Communication

Capteurs

Actionneurs

Robots

Logique

Boucles

Capteurs de gaz

[Capteur SGP30] gaz Dioxyde de carbone (CO2) (ppm) ▾

[Capteur de gaz multicanal] gaz Monoxyde de carbone (CO) ▾ (ppm)

[Capteur de gaz multicanal v2] gaz Dioxyde d'azote (NO2) ▾ (V)

[Capteur de dioxygène] O2 concentration (%) ▾ sur la broche A0 ▾

[Capteur SCD30] dioxyde de carbone (CO2) (ppm) ▾

[Capteur MQ135] CO2 (ppm) ▾ sur la broche A0 ▾

En attente du capteur sur 30...
Connexion fermée
Programme compilé et transféré sur la carte avec succès
Ouverture du port série...
Port ouvert avec succès
Port série activé. Baudrate: 9600

Retourne la concentration de CO2 dans l'air (en ppm), l'humidité (en %) ou la température en Celsius (°C), Fahrenheit (°F) ou Kelvin (K) from the grove SCD30 sensor. Brancher le capteur sur un port I2C.

5) Faire glisser ce bloc dans le deuxième champ du message à envoyer :

Répéter indéfiniment

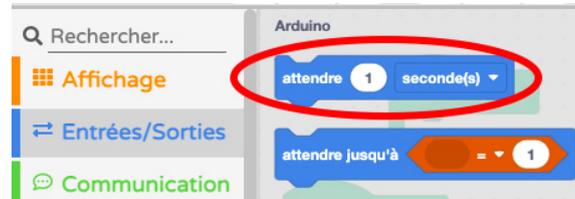
[HM10 BT] envoyer sur les broches RX D7 ▾ TX D6 ▾ message créer le texte + - " CO2 " [Capteur SCD30] dioxyde de carbone (CO2) (ppm) ▾

6) Ajouter une pause de 250 ms entre chaque envoi de valeur pour éviter un flux de données trop rapide à gérer.

Pour cela, dans la rubrique "Entrées/Sorties", choisir le bloc

attendre 1 seconde(s) ▾

, l'insérer sous le dernier bloc du programme.



Régler ensuite sa valeur sur 250 millisecondes :



Les valeurs du taux de dioxyde de carbone mesurées par le capteur SCD30 sont émises via le module Bluetooth HM10.

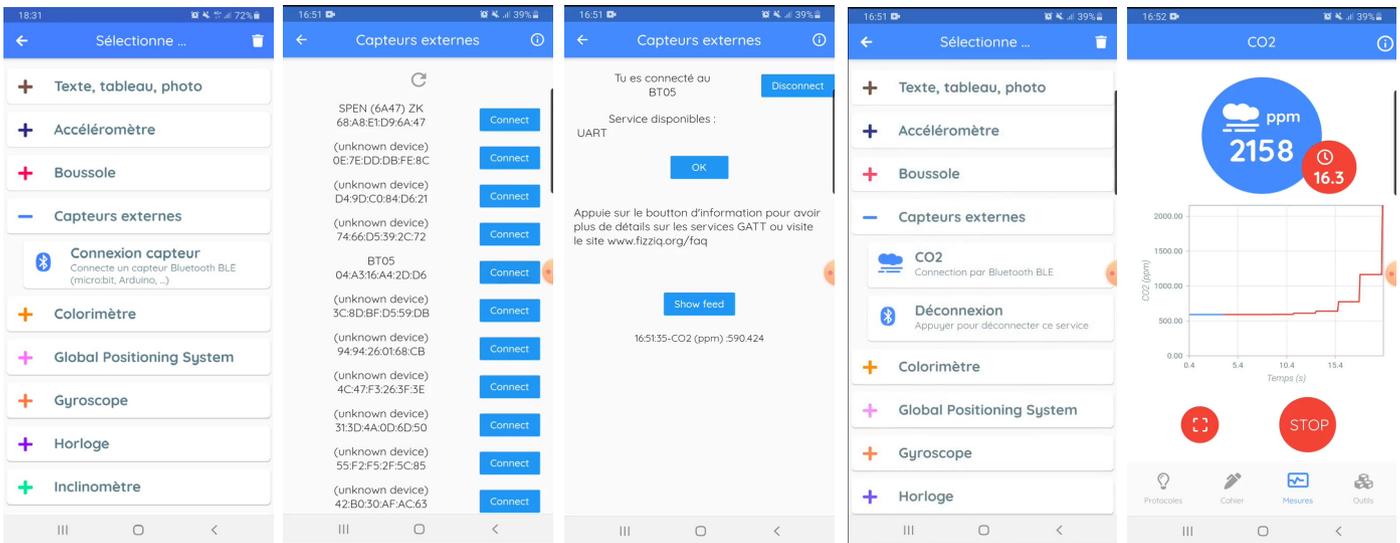
7) Dans le menu supérieur, cliquer sur le bouton "Vérifier" pour vérifier qu'il n'y a pas d'erreur de syntaxe puis cliquer sur "Envoyer" pour que le programme soit directement téléverser dans la carte Arduino Uno.



• Étape 4 : Récupération des valeurs mesurées sur le smartphone

Une fois le programme téléversé dans la carte Arduino Uno, les valeurs du taux de dioxyde de carbone mesurées via le capteur SCD30 sont émises par l'intermédiaire du module Bluetooth HM10.

- 1) Depuis l'application Fizziq®, choisir la section "Mesures" (en bas de l'interface), appuyer sur le bouton "+" pour ouvrir la section Capteurs externes puis connexion capteur.
- 2) Le capteur utilisé s'appelle BT05. Cliquer sur "Connect" afin de connecter le capteur au téléphone.
- 3) Une fois la connexion effectuée, cliquer sur "Show feed" pour vérifier que les valeurs sont correctement récupérées et affichées.
- 4) Cliquer sur "OK" puis sur la ligne "CO₂" qui est apparue dans "Capteurs externes".
- 5) Les données apparaissent en temps réel dans le rond bleu au-dessus du graphique. Appuyer sur "REC" pour enregistrer les valeurs et afficher le graphique.



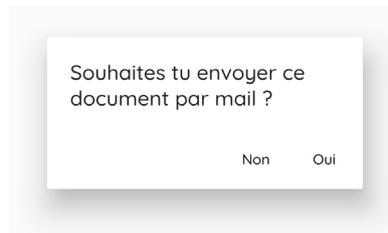
• Étape 5 : Traitement possible des données récupérées sur l'application Fizziq®

Il est possible d'exporter les données mesurées en format .csv exploitables par un tableur-grapheur.

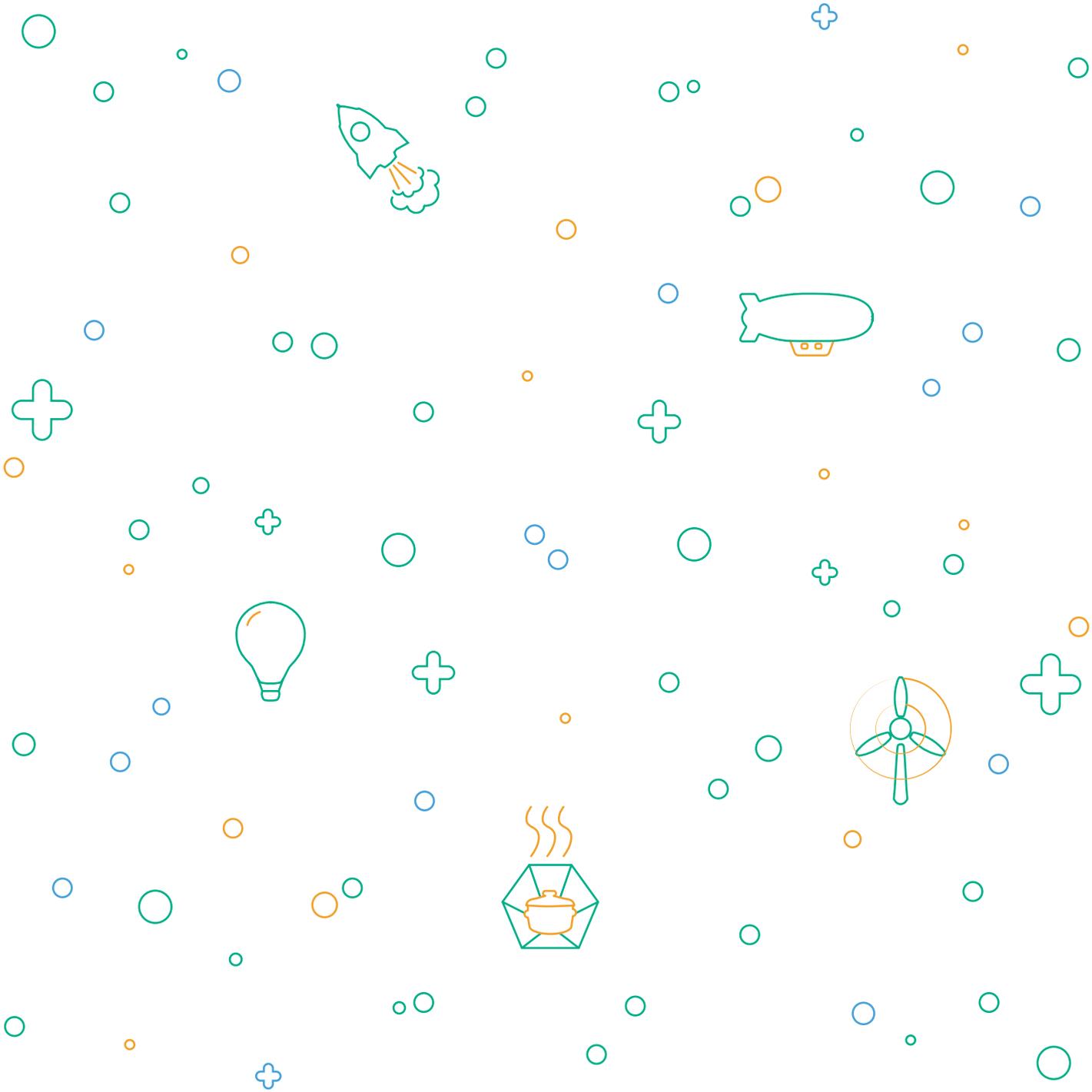
Pour cela, cliquer sur l'icône d'export  en haut à droite du cahier dans lequel sont stockées les mesures et choisir l'option "Créer un fichier CSV" :

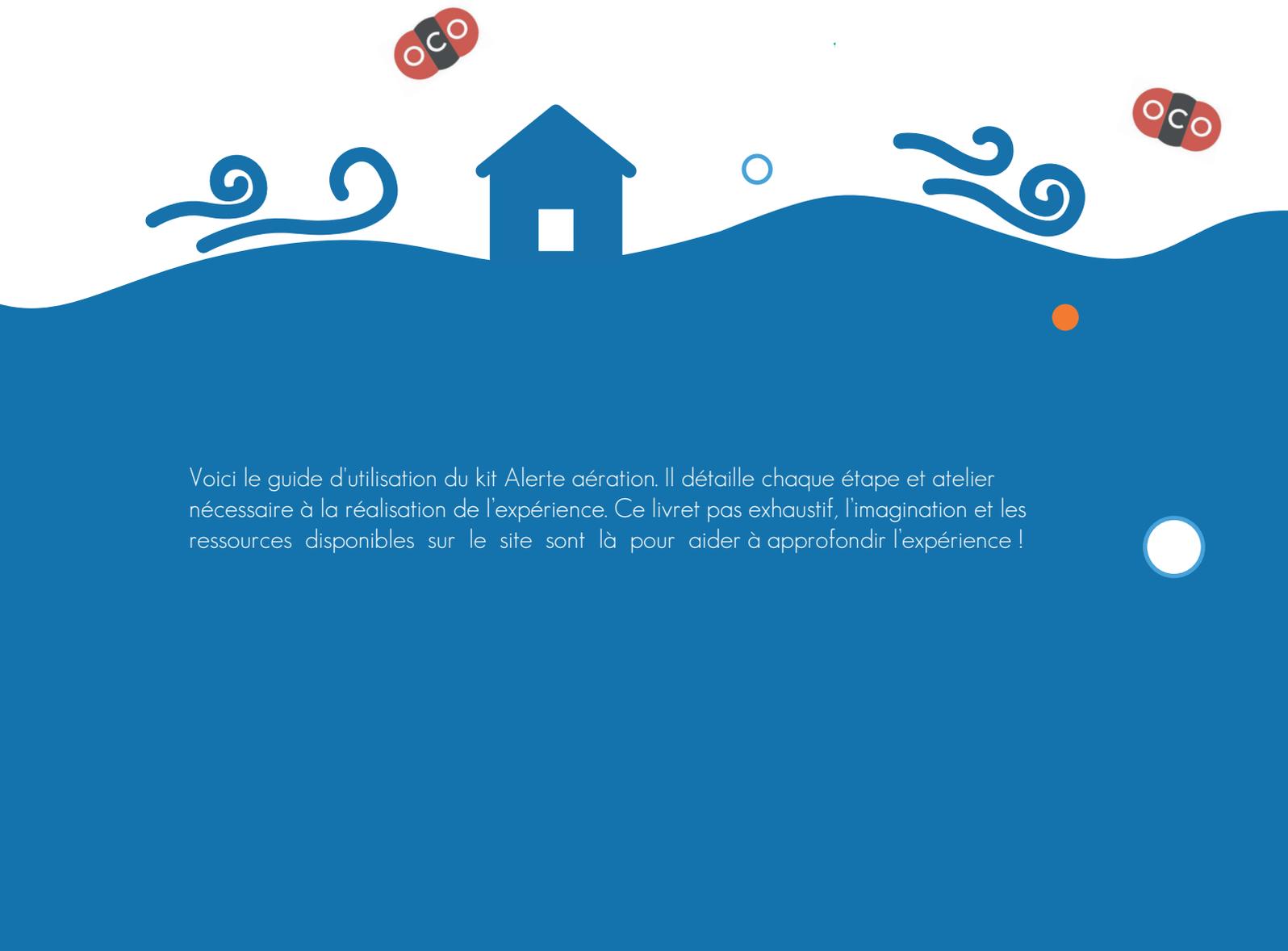


Après avoir précisé le type de séparateur décimal choisi (point ou virgule), le fichier est enregistré sur le smartphone et il est possible de le partager par mail directement:



Il peut être par exemple envisagé de noter les horaires d'ouverture/fermeture de fenêtre, de pauses/récréations, d'entrée en classe, etc et de comparer ces moments clés aux conséquences sur l'évolution du taux de dioxyde de carbone mesuré. Il est ainsi possible de mettre en évidence de manière quantitative l'utilité et l'efficacité de l'aération d'une pièce.





Voici le guide d'utilisation du kit Alerte aération. Il détaille chaque étape et atelier nécessaire à la réalisation de l'expérience. Ce livret pas exhaustif, l'imagination et les ressources disponibles sur le site sont là pour aider à approfondir l'expérience !

vitta
science