



MESURE DE CO2 EN INTÉRIEUR

thématique : environnement, bien-être et santé publique



Introduction

Il est recommandé d'aérer régulièrement les locaux afin de réduire la concentration de particules en suspension dans l'air et ainsi limiter la propagation des virus. Bien qu'il ne soit pas possible de mesurer les virus, plusieurs études ont démontré la relation entre la concentration de CO2 dans une pièce et la concentration de virus. Lorsque la concentration de CO2 devient trop élevée, c'est le signe qu'une ventilation est nécessaire.

Cette expérience permet de réaliser un détecteur de dioxyde de carbone.

Une fois assemblé et programmé, le détecteur peut être utilisé pour mesurer le taux de dioxyde de carbone dans une pièce. Il peut être utilisé pour montrer aux élèves comment mettre en place une chaîne de mesures, surveiller les changements de niveau au fil du temps et évaluer de manière critique la corrélation entre les changements de taux de CO2 et la ventilation.

Avertissement : Cette expérience donne une valeur indicative de l'évolution du taux de dioxyde de carbone (CO2) dans le milieu dans lequel se trouve le capteur. Elle ne peut être utilisée qu'à des fins pédagogiques et ne saurait se substituer à un appareil étalonné et certifié.

Disciplines



biologie

physique

Objectifs de développement durable

3

BONNE SANTÉ
ET BIEN-ÊTRE



9

INDUSTRIE,
INNOVATION ET
INFRASTRUCTURE



4

ÉDUCATION
DE QUALITÉ



L'activité en bref

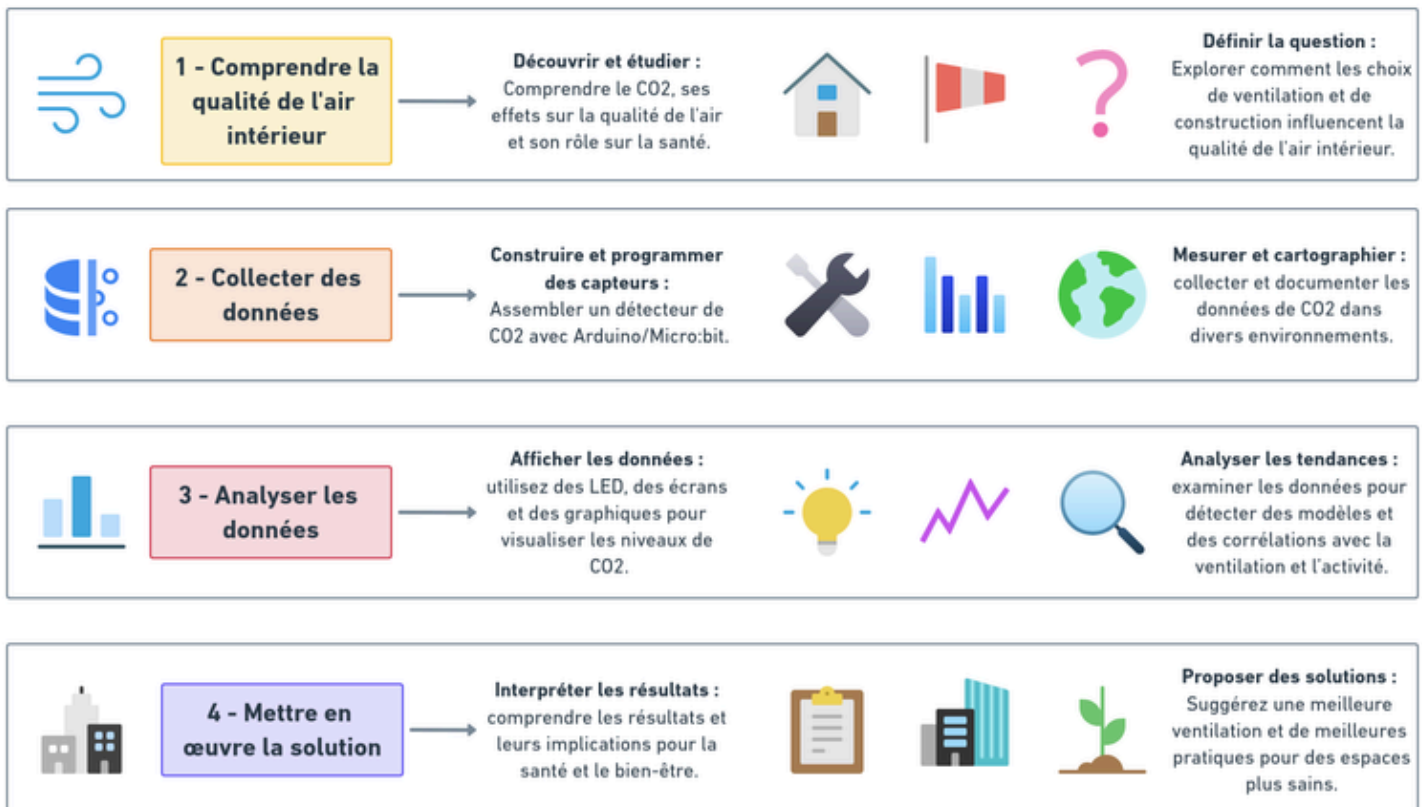
Structure de l'activité

Étape 1 - Collecter des données. L'étape 1 a permis aux élèves de découvrir les principes fondamentaux de la détection du CO2 au moyen d'activités de programmation pratiques. En construisant un détecteur de CO2 à l'aide d'un capteur SCD30 et d'un système d'affichage à LED, les élèves ont acquis des compétences essentielles en matière de surveillance environnementale et de concepts de programmation de base. Cette première étape a mis en place les bases de la compréhension de la collecte de données environnementales et de leur interprétation au moyen d'indicateurs visuels.

Étape 2 - Afficher les données pour obtenir les informations nécessaires. L'étape 2 vise à développer les compétences de visualisation des données en enseignant aux élèves comment modifier leur programme de détection de CO2 pour afficher les mesures sous forme graphique. Cette activité s'appuie sur la programmation du capteur de l'étape 1, en présentant aux élèves des techniques de représentation des données plus avancées. En utilisant [l'interface Vittascience](#) pour créer des affichages graphiques et exporter des données, les élèves acquièrent de précieuses compétences en matière de visualisation et d'analyse des données. Cette étape constitue un pont entre la collecte et l'interprétation des données, préparant les élèves au travail d'analyse plus approfondi qui suit dans les étapes suivantes.

Étape 3 - Analyser les données et en tirer des enseignements. L'étape 3 est une phase cruciale du protocole de surveillance du CO2, au cours de laquelle les élèves passent de la collecte de données à une analyse significative. En 60 minutes, les élèves apprennent à identifier les tendances des niveaux de CO2 et à les corrélérer avec des événements ou des comportements spécifiques dans leur environnement. En enregistrant des facteurs tels que les ouvertures de fenêtres, l'occupation des pièces et les schémas de ventilation, les élèves développent des compétences analytiques tout en comprenant les implications pratiques de la gestion de la qualité de l'air. Cette étape comble le fossé entre la collecte de données brutes et les informations exploitables, préparant les élèves à prendre des décisions éclairées sur les pratiques de ventilation. Elle est particulièrement utile pour l'enseignement de la méthodologie scientifique, l'interprétation des données et l'application concrète de la surveillance environnementale.

Étape 4 - Utilisez les données pour modifier votre comportement/améliorer la situation de départ. L'étape 4 est le point culminant du protocole de surveillance du CO2, où les élèves transforment leur analyse de données en solutions exploitables. Cette phase de 40 minutes se concentre sur les applications pratiques des données collectées, encourageant les élèves à développer des solutions concrètes pour améliorer la qualité de l'air. Les élèves apprennent à appliquer des techniques d'analyse statistique, à partager leurs résultats via des plateformes mondiales comme Vittamap et à élaborer des recommandations concrètes pour des changements de comportement. Cette étape est cruciale car elle fait le lien entre l'observation scientifique et la mise en œuvre pratique, en enseignant aux élèves comment utiliser les données pour prendre des décisions éclairées sur les pratiques de ventilation et la gestion de l'environnement. Elle souligne l'importance de la collaboration scientifique mondiale tout en maintenant une focalisation locale sur les améliorations environnementales immédiates.



Pour bien démarrer

Durée: 180 minutes ou 3 leçons (première pour l'étape 1, deuxième pour l'étape 2 et le début de l'étape 3, et troisième pour la fin de l'étape 3 et l'étape 4)

Niveau de difficulté :



Facile (adaptable du collège au lycée)

Matériel nécessaire: 1 carte programmable (NUCLEO-L476RG, Arduino ou Micro:bit) ; 1 shield Grove ; 1 led RGB Neopixel ; 1 écran LCD ; 1 capteur Sensirion SCD30 ; 1 module Bluetooth HM10 BLE ; 1 batterie ; 1 connecteur de batterie ; 1 câble USB

Glossaire

Mots-clés/Concepts	Definitions
Dioxyde de carbone	<p>Le dioxyde de carbone est un gaz inodore, incolore et sans goût. Il est donc difficile de détecter sa présence où que ce soit. Une molécule de dioxyde de carbone est composée d'un atome de carbone (C) et de deux atomes d'oxygène (O). Mais d'où vient-il ? Lorsque nous inspirons, nous inhalons du dioxygène (O₂) de l'air et expirons du dioxyde de carbone (CO₂). L'activité humaine produit également du dioxyde de carbone, notamment lors de la combustion d'hydrocarbures (chauffage au bois, combustion de carburants, centrales à charbon, etc.). Dans une pièce fermée, on peut considérer que le dioxyde de carbone provient uniquement de la respiration des personnes présentes à l'intérieur.</p>
Unité PPM	<p>PPM signifie Parts Per Million (parties par million). Cette unité de mesure est souvent utilisée par les scientifiques, notamment pour mesurer le niveau de pollution. Comme son nom l'indique, cette unité indique combien de molécules polluantes il y a dans un million de molécules d'air. À titre de comparaison, 1 % correspond à 1 million/100 = 10 000 ppm. Par exemple, 800 ppm de CO₂ signifie que sur 1 million de molécules dans l'air, 800 sont des molécules de dioxyde de carbone. Autrement dit, le pourcentage est de 800/10000 = 0,08 %.</p>
Taux de dioxyde de carbone en ppm	<p>Il est utile de connaître le taux de dioxyde de carbone dans une pièce, par exemple pour déterminer si un seuil a été franchi et qu'une pièce doit être ventilée. Ce taux se mesure en ppm (voir définition ci-dessus). Le taux moyen de CO₂ en extérieur est d'environ 400 ppm, hors pics de pollution et dans les zones peu polluées. Ce taux moyen peut être plus élevé, par exemple à l'extérieur près d'un échangeur autoroutier. La valeur de référence du taux moyen en extérieur est fixée par des mesures effectuées à l'observatoire de Mauna Loa à Hawaï. Ce site est considéré comme idéal, car situé en hauteur au-dessus d'un volcan. Ces mesures sont effectuées depuis 1958. Ce taux moyen est en augmentation depuis des décennies. Vous pouvez consulter le taux moyen « en direct » sur le site du Global Monitoring Laboratory.</p>
LoRa	<p>La technologie LoRaWan est un protocole de communication radio (fréquence 868 MHz en France) qui permet l'échange de données entre objets connectés. Le signal est émis sur une large gamme spectrale, limitant les risques d'interférences et permettant l'envoi de données depuis l'extérieur ou l'intérieur sur de longues distances (1km en zone urbaine - jusqu'à 20km en zone rurale). L'envoi de messages est illimité. Cependant, contrairement aux réseaux 4G et 5G, les débits de données LoRaWan sont très faibles, quelques kilobits par seconde seulement. Ce type de réseau est donc utilisé pour l'Internet des Objets (IoT), c'est-à-dire les capteurs fixes (ex : température, humidité, etc.). Les capteurs utilisant la technologie LoRa (modulation des ondes radio) se connectent à Internet via des passerelles. Il peut s'agir d'antennes (comme en France avec Orange) ou de boîtiers à connecter à votre réseau personnel fibre/ADSL. Cette technologie est compatible avec les cartes programmables NUCLEO-L476RG ; Arduino et Micro:bit.</p>



Protocole

Étapes 1 - Collecter des données



Contexte et description du problème à résoudre à cette étape : Cette première étape permet de familiariser les élèves avec les concepts et outils clés (interfaces et matériels). Elle peut être réalisée en classe. L'idée est d'afficher la valeur du taux de dioxyde de carbone sur un écran LCD ou d'ordinateur, et d'alerter l'utilisateur de la valeur du taux atteint, en fonction de la couleur d'une diode électroluminescente (DEL).

Objectifs d'apprentissage : L'objectif de cette étape est d'apprendre à collecter des données à l'aide de la programmation et de capteurs (CO₂), il est primordial de procéder étape par étape, en demandant aux élèves quels sont les fondamentaux (l'impact d'un niveau trop élevé de dioxyde de carbone sur l'homme), puis en déterminant les seuils de données à collecter.

Conceptualisation

Avant de commencer, il est important d'évaluer le niveau de connaissances des élèves et de les amener à réfléchir sur les concepts clés. Pour vous aider, voici quelques questions à travailler avec eux, qui les aideront à trouver des réponses pour les activités futures.

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

Lorsqu'une ou plusieurs personnes sont présentes dans un local, la concentration d'oxygène diminue, tandis que celle de dioxyde de carbone augmente. À forte concentration, le dioxyde de carbone peut devenir asphyxiant. Le manque d'oxygène dû à un taux élevé de dioxyde de carbone peut avoir des conséquences plus ou moins graves pour l'organisme : accélération du rythme cardiaque, fatigue (et donc diminution des capacités intellectuelles, comme la concentration ou la prise de décision), nausées, vomissements, malaise et même, dans des situations extrêmes, coma ou décès. Il est donc important d'aérer une pièce pour éviter la saturation en dioxyde de carbone. Il faut savoir que la concentration en dioxyde de carbone dépend de plusieurs paramètres : le nombre de personnes présentes dans une pièce, le type d'activité qu'elles pratiquent (chant, sport, études, etc.), le volume de la pièce, le nombre de fenêtres ouvertes, la présence d'un système de ventilation, etc.

Indirectement, que peut mesurer le taux de CO₂ ?

Certains virus (comme le coronavirus responsable de la COVID-19) se transmettent par aérosols (suspension de particules dans un gaz). Lorsque les gens parlent ou respirent, ils émettent des aérosols (contaminés ou non) dans l'air ambiant. Ces aérosols sont de très fines gouttelettes, de moins d'un micromètre ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$) de diamètre. Dans le cas de la COVID-19, on distingue trois modes de contamination :

- par projection de gouttelettes tombant rapidement au sol (à une distance allant jusqu'à 2 mètres de l'émetteur)
- par contact direct ou indirect, et par aérosols, qui restent en suspension pendant plusieurs heures (à une distance de plus de 2 mètres de l'émetteur).

Autrement dit, une personne émet des aérosols et du dioxyde de carbone ! Connaître le taux de dioxyde de carbone est un moyen d'obtenir une information indirecte sur la concentration d'aérosols (contaminés ou non) dans une pièce. Le dioxyde de carbone peut être qualifié de « marqueur » d'aérosols. Bien sûr, il existe des capteurs d'aérosols, mais ils sont très coûteux. La mesure du dioxyde de carbone n'indique pas la quantité d'aérosols, mais elle donne une approximation de leur présence dans une pièce. Ainsi, en fonction des seuils de dioxyde de carbone à définir, il peut être possible de décider à quel moment une pièce doit être ventilée.

Comment calibrer un capteur de dioxyde de carbone ?

Il existe de nombreux types de capteurs de dioxyde de carbone, dont la fiabilité dépend de la technique de mesure

utilisée. Le capteur utilisé dans cette expérience est le capteur NDIR SCD30, un capteur infrarouge non dispersif de Sensirion. Cette technologie est plus fiable que les capteurs de type MOX (par exemple le capteur MQ135 utilise du dioxyde d'étain SnO₂, dont la conductivité électrique varie en fonction de la présence de polluants) ou de type MOS comme le SGP30 (donnant une valeur en équivalent CO₂). Pour réaliser des mesures exploitables, le capteur doit être étalonné de la même manière qu'une balance doit être tarée (une balance doit afficher 0 gramme lorsque son plateau est vide) : typiquement, si le capteur est placé à l'extérieur où le taux est (environ) de 400 ppm, la valeur mesurée doit donc être de 400 ppm. Il existe plusieurs façons d'étalonner un capteur :

1. **Étalonnage en usine** : le processus a été effectué en usine et est valable pendant une période indiquée dans le manuel du fabricant ;
2. **Calibrage forcé** : il s'agit de connaître la valeur du taux de dioxyde de carbone au point de calibrage ; cette valeur est considérée comme une valeur de référence. Un programme est inséré dans le capteur, spécifiant que la mesure à effectuer correspondra à la valeur de référence connue ;
3. **Calibrage automatique** : le capteur est placé à l'extérieur pendant une longue période (environ 5 jours) dans un endroit où le taux de dioxyde de carbone est constant et connu. Un programme est importé dans le capteur pour effectuer cet étalonnage sur une longue période. Le capteur mesure régulièrement le taux de dioxyde de carbone, enregistre les valeurs les plus basses et en fait la moyenne pour former une valeur de référence. Pour le capteur utilisé dans cette expérience, l'étalonnage peut être effectué selon la deuxième ou la troisième méthode.

Pour plus de facilité d'utilisation, nous décrivons ici la deuxième méthode, car plus rapide :



1. Reliez la carte à l'ordinateur via le câble USB, avec le capteur SCD30 branché sur la prise I2C.
2. Veillez à placer la carte à l'extérieur.
3. Ouvrez [l'interface Vittascience](#) et sélectionnez l'interface NUCLEO-L476RG ; Micro:bit ou Arduino, selon la carte utilisée.
4. Dans le menu « capteurs » choisir le bloc : [Capteur SCD30] forcer l'étalonnage à (420) (ppm)
5. Faites ensuite glisser ce bloc dans le bloc « Au démarrage ».

Documentation

Selon les scientifiques qui ont contribué au site nousaerons.fr, les seuils suivants devraient être pris en considération :



Taux de CO₂ ~ 410 ppm: il s'agit du taux moyen mesuré en extérieur, hors épisodes de pollution ; plus on se rapproche de ce taux dans une pièce, mieux c'est, car c'est le signe que l'air se renouvelle. A l'inverse, dans un espace confiné, sans renouvellement d'air suffisant, le risque de contamination par les aérosols augmente rapidement, et cela se traduit par l'augmentation du taux de CO₂ dans la pièce.

Taux de CO₂ < 600 ppm: ce taux est recommandé par de nombreux scientifiques pour lutter contre le COVID-19 et d'autres virus aéroportés dans les espaces de restauration où le port du masque n'est pas autorisé. Vous pouvez télécharger les consignes de ventilation mises en place dans les cantines de Nantes Métropole au [format PDF](#) ou au [format ODT modifiable](#) pour les adapter à votre situation.

Taux de CO₂ < 800 ppm: ce taux est préconisé par de nombreux scientifiques pour lutter contre le COVID-19 et d'autres virus aéroportés dans les espaces clos ; il s'agit d'une recommandation du Haut Conseil de la Santé Publique et correspond à un renouvellement d'air satisfaisant dans l'[arrêté du 27 décembre 2022 du Code de l'environnement pour les établissements scolaires](#).

Taux de CO₂ > 1500 ppm: correspond à un seuil d'action immédiate, recommandé par le [Haut Conseil de la Santé Publique](#) et dans l'[arrêté du 27 décembre 2022 du Code de l'environnement](#).

Taux de CO₂ = 5000 ppm: correspond à la limite d'exposition professionnelle (LEP).

Un taux de dioxyde de carbone de 800 ppm est un seuil également mentionné dans les Références pour l'aération et la ventilation des espaces scolaires - Avril 2021 :

Mesure du dioxyde de carbone CO2



Le dioxyde de carbone, aussi appelé dioxyde de carbone ou 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 est donc un moyen simple d'évaluer si le renouvellement de l'air est suffisant ou non. À l'extérieur, la concentration de CO₂ dans l'air est d'environ 0,04 %, soit 400 ppm (parties par million). Idéalement, les concentrations intérieures ne devraient pas dépasser 600 ppm, notamment dans les zones où le port du masque n'est pas autorisé, comme les cantines scolaires. Des concentrations supérieures à 0,08 %, soit 800 ppm, sont révélatrices d'une ventilation inadéquate dans un contexte de COVID-19 (recommandation actuelle du Haut Conseil de la Santé Publique www.hcsp.fr). [Etrait p.2 du document "Repères pour l'aération et la ventilation des espaces scolaires \(Avril 2021\)"](#)

Quelles sont les différentes manières de ventiler une pièce ?

Il existe plusieurs façons de ventiler une pièce, en fonction des besoins, des contraintes architecturales et du niveau de qualité d'air souhaité. Voici les principales façons de ventiler une pièce :

1. **Ventilation manuelle** : Ouvrir les fenêtres et les portes.
2. **Ventilation naturelle** : Grilles de ventilation : installées dans les murs ou les fenêtres, elles assurent une ventilation continue sans intervention humaine. Cheminées ou conduits verticaux : Utilisent l'effet de tirage naturel pour extraire l'air chaud et renouveler l'air de la pièce.
3. **Ventilation mécanique** : Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) : Aspiration de l'air vicié des pièces humides (cuisine, salle de bains) et renouvellement de l'air des autres pièces par des bouches d'aération.
4. **Ventilation forcée** : Systèmes de climatisation avec fonction d'échange d'air : Certains climatiseurs sont équipés de fonctions de ventilation qui amènent de l'air frais de l'extérieur. Purificateurs d'air avec fonction de ventilation : En plus de filtrer l'air, certains modèles peuvent également renouveler l'air intérieur. Ces différentes méthodes peuvent être combinées pour optimiser la qualité de l'air intérieur et répondre aux besoins spécifiques de chaque espace, que ce soit pour réduire l'humidité, éviter la condensation ou simplement assurer une bonne circulation de l'air.

Investigation par les élèves

Activité 1 : Configuration du seuil de CO₂ (10 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant à l'aide du tableau blanc, de papiers ou de feuilles A4. Elle peut être réalisée en groupe ou avec toute la classe.

Consignes pour les élèves: Définissez 4 niveaux d'intervention correspondant à différentes couleurs de LED en fonction du taux de CO₂. Ils peuvent être ajustés en fonction de l'environnement (ville, campagne, pics de pollution, créer une ventilation) et de la qualité de l'étalonnage. Voici la bonne réponse. Vous pouvez distribuer une version vide de ce tableau à vos élèves.

Niveaux de dioxyde de carbone (en ppm)	Couleur LED	Action
moins de 600 ppm	vert	aucune action spécifique
entre 600 et 800 ppm	jaune	le port du masque est fortement recommandé
entre 800 et 1000 ppm	orange	nous recommandons de ventiler la pièce
au-delà de 1000 ppm	rouge	Il est conseillé de quitter la pièce et de l'aérer

Activité 2 : Programmation de l'affichage du CO₂ (10 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant avec le support de [l'interface Vittascience](#) et du capteur SCD30.

Consignes pour les élèves: Créer un programme pour **afficher le taux de CO₂ dans la pièce sur l'écran LCD avec le capteur SCD30**. Utilisez [l'interface Vittascience](#) pour le réaliser, assemblez les composants (NUCLEO-L476RG ; carte

Micro:bit ou programmable Arduino, capteur SCD30, écran LCD, câble usb, compteur), vérifiez qu'il n'y a pas d'erreurs de syntaxe sur le programme puis cliquez sur "Envoyer" pour télécharger le programme directement sur la carte NUCLEO-L476RG ; Micro:bit ou programmable Arduino.

Pour vérifier que le programme fonctionne, vous pouvez souffler dessus pour vérifier que la valeur mesurée augmente. En extérieur, si le capteur est bien calibré, la valeur indiquée est d'environ 400 ppm.



Vous trouverez un exemple de programme de travail pour réaliser cette activité disponible dans la section « Fiche pratique 1 - Afficher le taux de CO2 sur un écran LCD à l'aide du capteur SCD30 ».

Activité 3 : Configuration des couleurs des LED (10 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant avec l'aide de [l'interface Vittascience](#) et du capteur SCD30. Elle peut être réalisée en groupe ou avec toute la classe.

Consignes pour les élèves: Allumez une LED (type Neopixel) de couleur orange. Cette étape vous permet de vous familiariser avec l'étape suivante qui propose un programme plus complet. Utilisez [l'interface Vittascience](#) pour la réaliser.

Bon à savoir: R, V et B signifient respectivement Rouge, Vert et Bleu. La superposition de ces trois lumières colorées, dans des proportions différentes, crée toutes les couleurs selon le principe de synthèse additive. Ces proportions varient entre 0 et 255, correspondant respectivement à 0% et 100% de luminosité. Ainsi, par exemple, si vous souhaitez obtenir :



- Lumière BLANCHE, choisir : R : 255 ; V : 255 ; B : 255.
- Lumière NOIRE, choisir : R : 0 ; V : 0 ; B : 0.
- Feu ROUGE : R : 255 ; V : 0 ; B : 0.
- Lumière ORANGE : R : 255 ; V : 96 ; B : 0.

En combinant ces valeurs, on peut théoriquement obtenir 16 777 216 couleurs (il y a 256 nuances possibles pour chaque couleur, de 0 à 255, soit un total de $256^3 = 16\,777\,216$ couleurs). Il existe un autre bloc permettant de sélectionner la couleur de la lumière émise par la LED. Ce bloc est présenté plus loin dans le livret. Il permet un choix de couleurs plus simple, mais plus limité, à l'aide d'une palette présélectionnée.



Vous trouverez un exemple de programme de travail pour réaliser cette activité disponible dans la section « Fiche pratique 2 - Configuration des couleurs des LED ».

Activité 4 : Indicateur LED CO2 (10 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant avec l'aide de [l'interface Vittascience](#) et du capteur SCD30. Elle peut être réalisée en groupe ou avec toute la classe.

Consignes pour les élèves: Mesurer le taux de CO2 à l'aide du capteur SCD30, afficher les valeurs (exprimées en ppm) sur l'écran LCD et allumer une LED de couleur différente selon le taux mesuré. Se référer à l'activité 1 pour créer un programme permettant de changer la couleur d'une LED en fonction du taux de CO2 détecté par un capteur SCD30. Utiliser [l'interface Vittascience](#) pour réaliser l'opération, prévoir une courte pause entre les envois de données pour éviter les dysfonctionnements d'affichage, vérifier qu'il n'y a pas d'erreurs de syntaxe sur le programme puis cliquer sur "Envoyer" pour télécharger le programme directement sur la carte programmable NUCLEO-L476RG ; Micro:bit ou Arduino.



Vous trouverez un exemple de programme de travail pour réaliser cette activité disponible dans la section « Fiche pratique 3 - Indicateur LED CO2 ».

Restitution et réflexion

L'enseignant peut terminer l'activité en demandant aux élèves de réexpliquer les notions clés qu'ils ont apprises : quels polluants atmosphériques sont nocifs pour la santé, comment les mesurer et quelles données environnementales de construction doivent être prises en compte ? Ces trois notions permettront aux élèves d'étudier les résultats de leurs mesures.



- **Connaissances mobilisées** : les élèves découvrent le CO₂, son impact sur la santé et comment les capteurs peuvent mesurer la qualité de l'air intérieur.
- **Réflexion sur la mise en œuvre en classe** : les élèves programment et assemblent un détecteur de CO₂, en définissant des seuils d'action en fonction des niveaux de CO₂.
- **Résultats d'apprentissage généraux** : Les élèves acquièrent une expérience pratique de l'utilisation de la technologie pour collecter et interpréter des données environnementales.

Étape 2 - Affichez les données pour obtenir les informations nécessaires



Contexte et description du problème à résoudre à cette étape: Cette deuxième étape permet aux élèves d'approfondir leurs compétences en programmation grâce à des outils (interfaces et matériels). Elle peut être réalisée en classe. Il suffit d'allumer une LED de couleur différente en fonction du taux de CO2 mesuré et d'afficher la valeur sur l'écran de l'ordinateur.

Objectifs d'apprentissage: Le but de cette étape est de mesurer le taux de CO2 à l'aide du capteur SCD30 et d'afficher les valeurs (exprimées en ppm) sur l'écran de l'ordinateur, en allumant une LED de couleur différente selon le niveau mesuré.

Conceptualisation

Avant de commencer, il est important d'évaluer le niveau de connaissances des élèves et de les amener à réfléchir sur les concepts clés. Pour vous aider, voici quelques questions à travailler avec eux, qui les aideront à trouver des réponses pour les activités futures.

Comment afficher les valeurs de CO2 à l'écran ?

Le programme précédent peut être modifié pour afficher la valeur de CO2 mesurée sur l'écran de l'ordinateur via [l'interface Vittascience](#). Cela peut être utile, par exemple, si vous souhaitez projeter les valeurs mesurées en vidéo. La configuration est la même que pour l'activité 4 de l'étape 1. Il est toutefois possible de se passer du module LCD dans la configuration si vous ne souhaitez pas d'affichage sur cet écran.

Quelle partie du programme doit être modifiée ?

Les deux blocs faisant référence à l'écran LCD30, ils doivent être supprimés pour être affichés sur l'ordinateur.

En observant l'interface de programmation, quel élément pouvez-vous ajouter à votre programme pour afficher les données dans la console ?

Dans la partie « communication », vous trouverez un bloc d'instructions permettant d'écrire sur la console. Cette instruction permet à la carte d'envoyer les mesures prises (via le capteur de CO2 SCD30) à l'ordinateur via son port série. Cela nécessite que la carte reste connectée en permanence à l'ordinateur. Cet affichage est possible via une zone de [l'interface Vittascience](#) (« la console d'affichage »).

Investigation par les élèves

Activité 1 : Affichage du CO2 (10 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant avec l'aide de [l'interface Vittascience](#) et du capteur SCD30. Les élèves peuvent s'appuyer sur le programme précédent pour créer le nouveau. Elle peut être réalisée en groupe ou avec toute la classe.

Consignes pour les élèves : Mesurer le taux de CO2 à l'aide du capteur SCD30, afficher les valeurs (exprimées en ppm) sur le support choisi (écran d'ordinateur) et allumer une LED de couleur différente en fonction du taux mesuré. Se référer à l'activité 4 de l'étape 1 pour créer un programme permettant de changer la couleur d'une LED en fonction du taux de CO2 détecté par un capteur SCD30. Utiliser [l'interface Vittascience](#) pour le réaliser, vérifier qu'il n'y a pas d'erreurs de syntaxe sur le programme puis cliquer sur "Envoyer" pour télécharger le programme directement sur la carte programmable NUCLEO-L476RG ; Micro:bit ou Arduino.



Vous trouverez un exemple de programme de travail pour réaliser cette activité disponible dans la section « Fiche pratique 4 - Affichage du CO2 ».

Activité 2 : Visualisation des données (10 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant avec l'aide de [l'interface Vittascience](#) et du capteur SCD30. Les élèves peuvent s'appuyer sur le programme précédent pour créer le nouveau. Elle peut être réalisée en groupe ou avec toute la classe.

Consignes pour les élèves : Modifiez légèrement le programme précédent en remplaçant l'affichage de la valeur simple du CO2 dans la console par un affichage graphique de la valeur. Pensez à personnaliser le nom de vos données collectées. Utilisez [l'interface Vittascience](#) pour le réaliser, vérifiez qu'il n'y a pas d'erreurs de syntaxe sur le programme puis cliquez sur "Envoyer" pour télécharger le programme directement sur la carte programmable NUCLEO-L476RG ; Micro:bit ou Arduino.



Vous trouverez un exemple de programme de travail pour réaliser cette activité disponible dans la section « Fiche pratique 5 - Visualisation des données ».

Restitution et réflexion

L'enseignant peut terminer l'activité en demandant aux élèves ce qu'ils ont appris à l'étape 1 et ce qu'ils peuvent faire de plus maintenant qu'ils ont terminé l'étape 2. Ils ont appris à utiliser différentes méthodes de représentation des données et à en comprendre l'importance. Chacune d'entre elles est ensuite utilisée pour analyser les données afin de comprendre l'influence des données sur le résultat.



- **Connaissances mobilisées :** les élèves explorent des méthodes de visualisation des données, comme l'utilisation de LED et d'écrans d'ordinateur.
- **Réflexion sur la mise en œuvre en classe :** les élèves modifient les programmes pour afficher les valeurs de CO2 et observent comment la rétroaction visuelle (DEL) aide à interpréter la qualité de l'air.
- **Résultats d'apprentissage généraux :** Les élèves comprennent comment représenter efficacement les données environnementales pour la prise de décision.

Étape 3 – Analyser les données et en tirer des leçons



Contexte et description du problème à résoudre dans cette étape : Cette étape permet aux élèves de collecter et d'analyser des données pour déterminer les éléments clés qui modifient les niveaux de CO₂ dans une pièce. Elle peut être réalisée dans une salle de classe, dans un bâtiment, dans un restaurant, dans une cafétéria...

Objectifs d'apprentissage : Apprendre à effectuer une analyse approfondie des données brutes pour rechercher des modèles, des tendances et des mesures dans un ensemble de données existant.

Conceptualisation

Avant de commencer, vous devez évaluer le niveau de connaissances des élèves et les amener à réfléchir sur des concepts clés. Pour vous aider à le faire, voici une question à travailler avec eux, qui les aidera à trouver des réponses pour les activités futures.

Quels facteurs doivent être pris en compte lors de l'analyse des données ?

Il est par exemple possible d'enregistrer les heures d'ouverture et de fermeture des fenêtres, les pauses et les récréations, le début des cours, le nombre de personnes dans la salle, la taille de la salle, la présence d'une ventilation, etc. Et de comparer ces moments clés avec les conséquences sur l'évolution des niveaux de dioxyde de carbone mesurés. De cette manière, l'utilité et l'efficacité de la ventilation de la salle peuvent être démontrées quantitativement.

Investigation par les élèves

Activité 1 : Configurer et installer l'appareil (20 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant avec l'aide de [l'interface Vittascience](#) et du capteur SCD30. Elle peut être réalisée en groupe ou avec toute la classe.

Consignes aux élèves : Déterminer la durée nécessaire de mesure dans le lieu choisi pour obtenir suffisamment de données en vue d'une analyse ultérieure. Ensuite, installer l'appareil, pendant le temps choisi, à l'endroit choisi et collecter les données.

Activité 2 : Analyser les données (30 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant avec l'aide de [l'interface Vittascience](#) et du capteur SCD30. Elle peut être réalisée en groupe ou avec toute la classe.

Consignes aux élèves : Analyser les données. Démontrer quantitativement l'utilité et l'efficacité de la ventilation des locaux.

Restitution et réflexion

L'analyse des données est une étape essentielle pour transformer les données brutes en informations, permettant aux élèves d'apprendre à tirer des conclusions. Demandez aux élèves de tirer des conclusions entre l'environnement d'analyse et la qualité de vie. **Comment la ventilation d'un bâtiment peut-elle influencer le bien-être de ses occupants ?**



- **Connaissances mobilisées :** les élèves analysent les données collectées pour identifier les modèles et comprendre les facteurs affectant les niveaux de CO₂.
- **Réflexion sur la mise en œuvre en classe :** les élèves comparent les tendances du CO₂ avec des activités telles que la ventilation, l'occupation et la taille de la pièce pour tirer des conclusions.
- **Résultats d'apprentissage généraux :** Les élèves développent des compétences de pensée critique et apprennent à utiliser l'analyse des données pour évaluer la santé environnementale.

Étape 4 – Utilisez les données pour modifier votre comportement/améliorer la situation de départ



Contexte et description du problème à résoudre dans cette étape : La dernière étape, permet aux élèves de tirer des conclusions de l'analyse des données, d'identifier les faiblesses du système actuel et d'identifier les domaines à améliorer dans la vie quotidienne.

Objectifs d'apprentissage : Analyse avancée des données, raisonnement statistique, idée d'amélioration

Conceptualisation

Avant de commencer, l'enseignant encourage les élèves à considérer d'autres facteurs que la simple valeur du CO2 dans l'air. Aidez-les à explorer la corrélation entre des activités humaines spécifiques, des variables temporelles et des variations des niveaux de CO2. Formulez des hypothèses sur les facteurs potentiels influençant les tendances observées.

Investigation par les élèves

Activité 1 : Analyse statistique des données (20 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant à l'aide des données collectées par les élèves avec le capteur SCD30. Elle peut être réalisée en groupe ou avec toute la classe.

Consignes aux élèves : Guidez les élèves dans l'utilisation de techniques statistiques telles que l'analyse de corrélation et la régression pour identifier les relations entre les variables. Encouragez la réflexion critique sur les facteurs de confusion potentiels et les moyens de les contrôler dans leur analyse.

Activité 2 : Activité de partage et de comparaison de données (10 minutes). L'activité est lancée par l'enseignant à l'aide des données collectées par les élèves avec le capteur SCD30. Elle peut être réalisée en groupe ou avec toute la classe.

Consignes pour les élèves : Maintenant que les données ont été enregistrées, il peut être intéressant de les comparer avec d'autres données du monde entier grâce à la technologie LoRa. Téléchargez les données que vous avez collectées (grâce à la technologie LoRa, [ici - https://en.vittascience.com/learn/tutorial.php?id=547/activity-no-11-send-the-data-on-the-lora-network-and-display-it-on-the-vittamap-interface-iot-sensors-kit](https://en.vittascience.com/learn/tutorial.php?id=547/activity-no-11-send-the-data-on-the-lora-network-and-display-it-on-the-vittamap-interface-iot-sensors-kit)) et mettez-les à disposition pour consultation sur le site de l'école ou sur le site de Vittascience. Vous pouvez publier les données collectées en temps réel sur Internet via un serveur. Par exemple, la qualité de l'air locale peut être affichée sur un site Web ou un réseau social. Attention cependant, la mise en place d'un tel projet est réservée aux utilisateurs expérimentés !



Connectez-vous sur le site Vittascience et accédez à la carte Vittamap : vittascience.com/vittamap. Cliquez sur le bouton « + » → « **Ajouter une expérience** ». Sur le formulaire, **remplissez les informations suivantes** : Nom du projet ; Type de kit : kit station de mesure ; Comment s'est déroulé le projet ? (décrivez ici votre protocole de mesure) ; Lieu ; Dates de mesure ; Données (pour ajouter des données, vous pouvez inclure plusieurs séries de mesures. Vous pouvez saisir des données directement dans le tableau "Champ de données", et/ou ajouter votre propre fichier .csv depuis votre carte SD) ; Photos/Vidéos ; Langue. Une fois tous les champs remplis, il ne vous reste plus qu'à cliquer sur le bouton "**Ajouter une expérience**". Vos données sont désormais disponibles pour la communauté d'utilisateurs de Vittascience sur la carte Vittamap. Les élèves peuvent ensuite les comparer avec d'autres expériences similaires. Filtrez les expériences par type de "**Kit station de mesure**". Cliquez ensuite sur une expérience et sur le bouton "**comparer**". Cliquez à nouveau sur une autre expérience et sur le bouton "**comparer avec l'expérience sélectionnée**".

Restitution et réflexion

L'enseignant encourage les élèves à partager des idées pour améliorer le taux de CO2 dans le lieu choisi tout au long de la semaine. Résumer les idées sous forme d'un résumé des bonnes pratiques à mettre en œuvre.



- **Connaissances mobilisées** : Les élèves appliquent le raisonnement statistique pour proposer des solutions visant à améliorer la qualité de l'air en fonction de leurs données.
- **Réflexion sur la mise en œuvre en classe** : les élèves créent des recommandations pour de meilleures pratiques de ventilation et partagent leurs résultats à l'échelle mondiale via Vittamap.
- **Résultats d'apprentissage généraux** : Les élèves relient les informations fondées sur les données à des actions concrètes, favorisant ainsi un sens des responsabilités pour un mode de vie durable.

Fiche pratique 1.



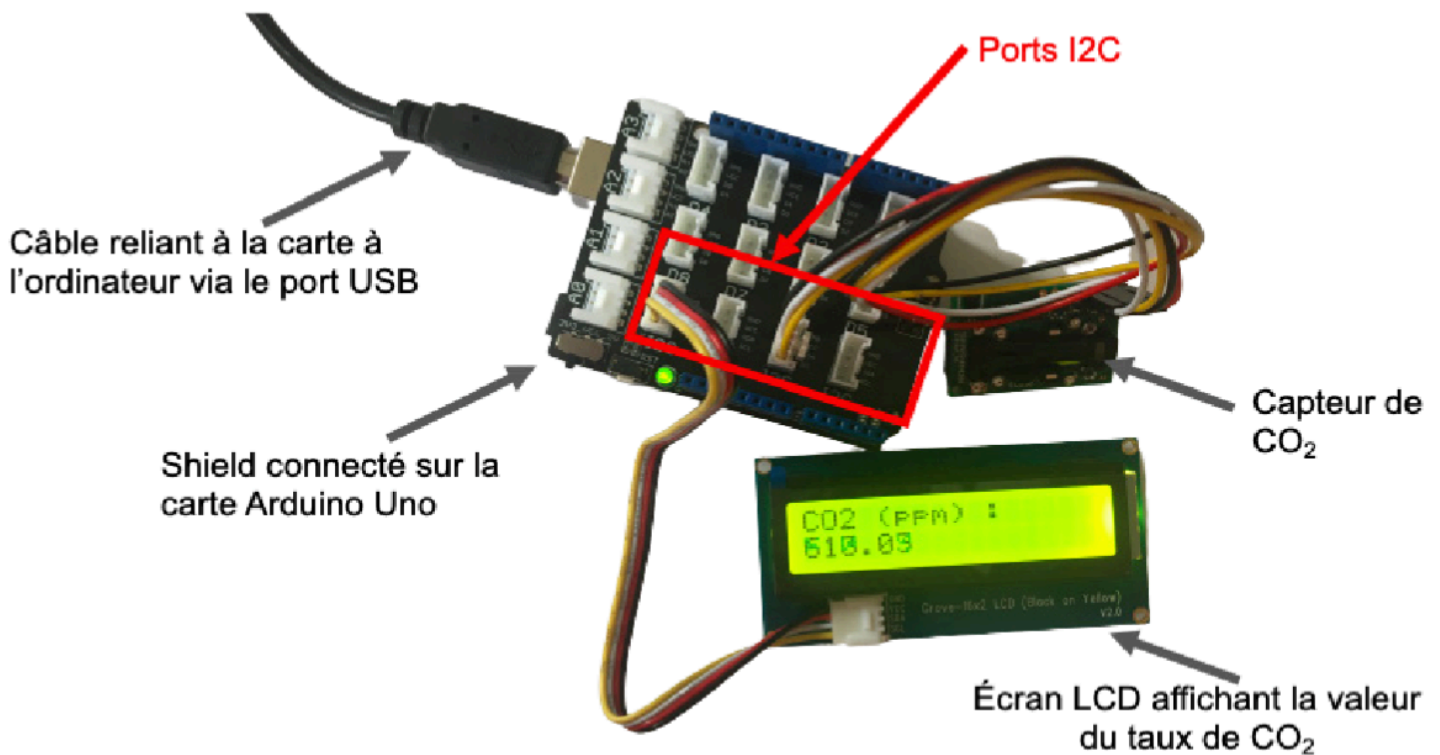
Afficher le taux de CO₂ sur un écran LCD à l'aide du capteur SCD30

Éditeur utilisé : vittascience.com/l476 ; vittascience.com/Arduino or vittascience.com/microbit

On start

[LCD] address 0x3e (Grove) show text " CO2 level (ppm) " on line 0 position 0

[LCD] address 0x3e (Grove) show text [SCD30 Sensor] carbon dioxide (CO₂) (ppm) on line 0 position 0



Code à copier dans l'éditeur

```
#include <Wire.h>
#include <rgb_lcd.h>
#include <SCD30.h>

rgb_lcd lcdRgb;

float t_scd;
float scd30_co2 = 0;
float scd30_t = 0;
```

```
float scd30_h = 0;
```

```
void serial_setupConnection(int baudrate) {  
    Serial.begin(baudrate);  
    while (!Serial) {  
        Serial.println("En attente de l'ouverture du port série...");  
        delay(1000);  
    }  
    Serial.println("Port série activé. Baudrate: " + String(baudrate));  
    delay(50);  
}
```

```
float scd30_read(uint8_t dataSelect) {  
    t_scd = millis() - t_scd; if (t_scd > 1000 && scd30.isAvailable()) {  
        float result[3] = {0};  
        scd30.getCarbonDioxideConcentration(result);  
        scd30_co2 = result[0];  
        scd30_t = result[1];  
        scd30_h = result[2];  
    }  
    switch (dataSelect) {  
        case 0: return scd30_co2;  
        case 1: return scd30_t;  
        case 2: return scd30_h;  
    }  
}
```

```
void setup() {  
    lcdRgb.begin(16, 2);  
    serial_setupConnection(9600);  
    Wire.begin();  
    scd30.initialize();  
    t_scd = millis();  
    lcdRgb.setCursor(0, 0);  
    lcdRgb.print(String("CO2 level (ppm)"));  
    lcdRgb.setCursor(0, 0);  
    lcdRgb.print(String(scd30_read(0)));  
}
```

```
void loop() {}
```

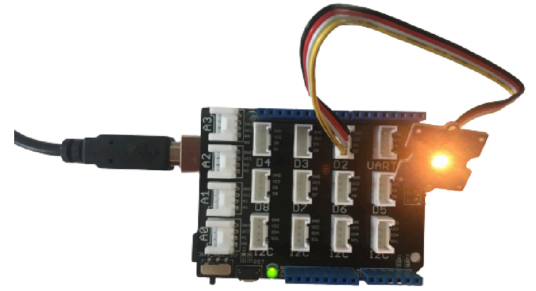
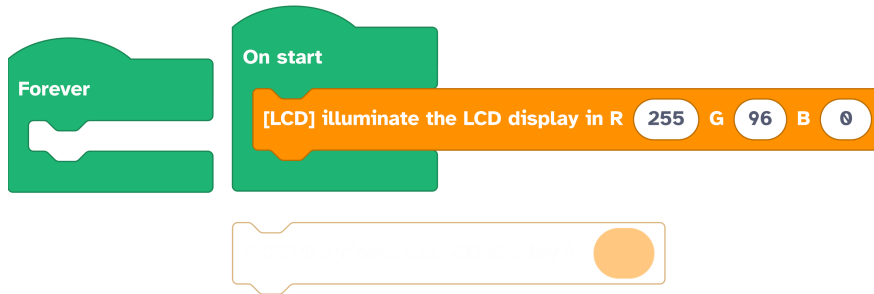


Fiche pratique 2.

Configuration des couleurs des LED

Éditeur utilisé: vittascience.com/l476 ; vittascience.com/Arduino or vittascience.com/microbit

Aperçu des blocs



Code à copier dans l'éditeur

```
#include <Wire.h>
#include <rgb_lcd.h>

rgb_lcd lcdRgb;

void setup() {
  lcdRgb.begin(16, 2);
  lcdRgb.setRGB(255, 96, 0);
}

void loop() { }
```



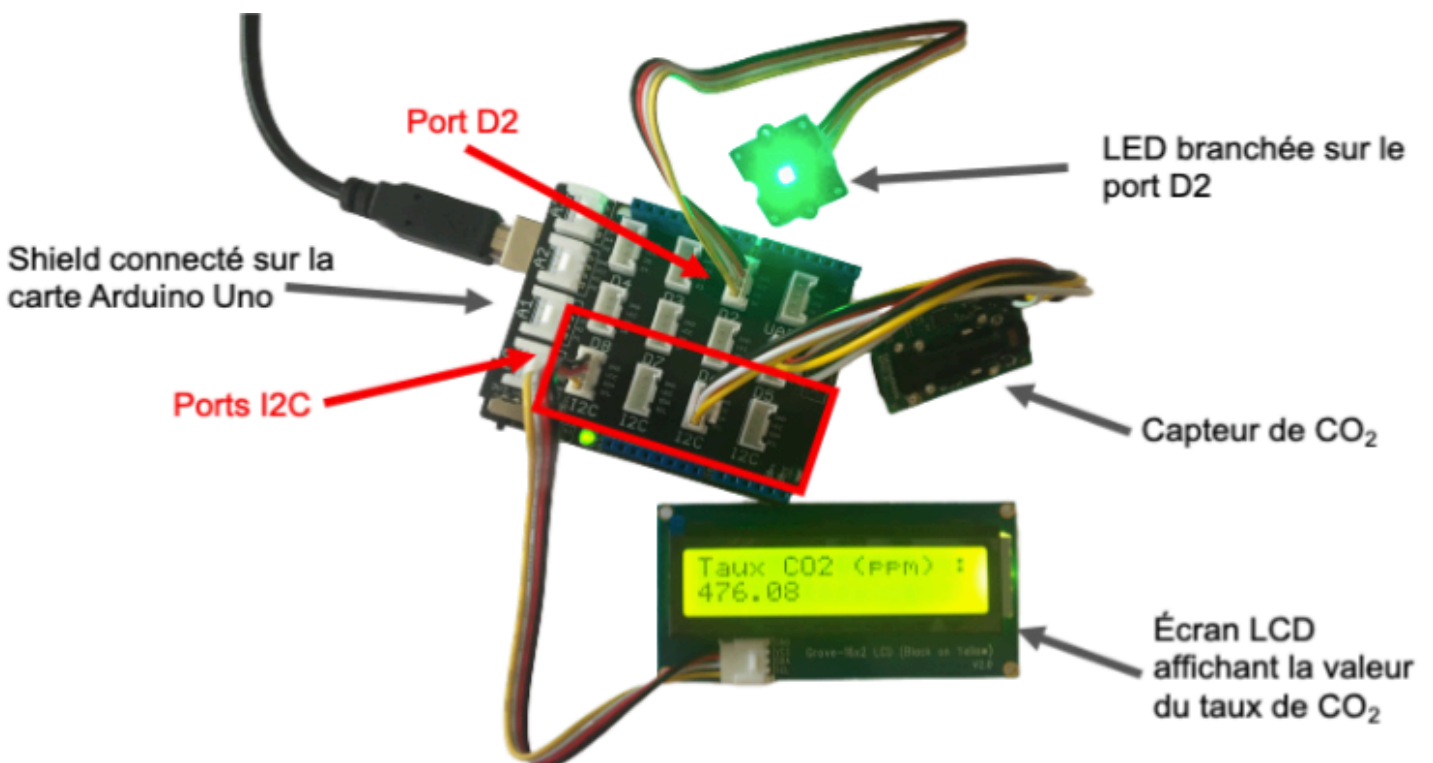
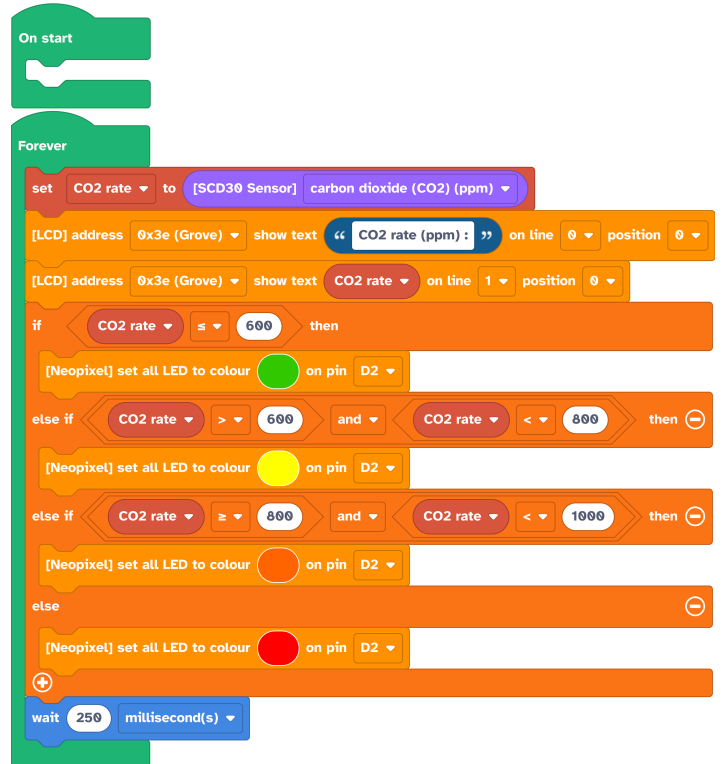
Fiche pratique 3. Indicateur LED CO2

Éditeur utilisé: vittascience.com/l476 ; vittascience.com/Arduino or vittascience.com/microbit

Dans le programme, il faut ensuite ajouter des blocs de "structure conditionnelle". Ces blocs ont une nomenclature telle que : si cette condition est remplie, alors exécuter une instruction sinon exécuter une autre instruction. Dans ce cas, il y a quatre conditions à anticiper, car il y a quatre intervalles de taux de CO2. Ce programme combine les programmes créés aux étapes 1 et 2, avec l'ajout d'un bloc de structure conditionnelle.

Dans ce programme, la valeur du dioxyde de carbone est comparée à différents seuils. Afin d'éviter d'avoir à effectuer plusieurs mesures du taux, qui seront ensuite comparées aux différents seuils, il est possible de stocker la valeur mesurée dans une variable. Nous vous suggérons de nommer cette variable "Taux de CO2". Pour créer cette variable, cliquez sur la rubrique Variables.

Un panneau latéral s'ouvre : cliquez sur « Créer une variable ». Nommez la variable « Taux de CO2 » par exemple, puis cliquez sur OK. Des blocs spécifiques à cette nouvelle variable sont créés et accessibles depuis la rubrique Variables. Pour utiliser cette variable, cliquez sur la rubrique Variables.





Code à copier dans l'éditeur

```
#include <Wire.h>
#include <SCD30.h>
#include <rgb_lcd.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>

#define NP_LED_COUNT_2 30

rgb_lcd lcdRgb;
Adafruit_NeoPixel Neopixel_2(NP_LED_COUNT_2, 2, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

float t_scd;
float scd30_co2 = 0;
float scd30_t = 0;
float scd30_h = 0;
float CO2_rate;

void serial_setupConnection(int baudrate) {
  Serial.begin(baudrate);
  while (!Serial) {
    Serial.println("En attente de l'ouverture du port série...");
    delay(1000);
  }
  Serial.println("Port série activé. Baudrate: " + String(baudrate));
  delay(50);
}

float scd30_read(uint8_t dataSelect) {
  t_scd = millis() - t_scd; if (t_scd > 1000 && scd30.isAvailable()) {
    float result[3] = {0};
    scd30.getCarbonDioxideConcentration(result);
    scd30_co2 = result[0];
    scd30_t = result[1];
    scd30_h = result[2];
  }
  switch (dataSelect) {
    case 0: return scd30_co2;
    case 1: return scd30_t;
    case 2: return scd30_h;
  }
}
```

```

void neopixel_showAllLed(Adafruit_NeoPixel *neoPx, uint8_t ledCount, uint8_t
r, uint8_t g, uint8_t b) {
    for (int i=0; i<ledCount; i++) {
        neoPx->setPixelColor(i, neoPx->Color(r, g, b));
    }
    neoPx->show();
}

void setup() {
    serial_setupConnection(9600);
    Wire.begin();
    scd30.initialize();
    t_scd = millis();
    lcdRgb.begin(16, 2);
    Neopixel_2.begin();
}

void loop() {
    CO2_rate = scd30_read(0);
    lcdRgb.setCursor(0, 0);
    lcdRgb.print(String("CO2 rate (ppm) :"));
    lcdRgb.setCursor(0, 1);
    lcdRgb.print(String(CO2_rate));
    if (CO2_rate <= 600) {
        neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 51, 204, 0);
    }
    else if (CO2_rate > 600 && CO2_rate < 800) {
        neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 255, 255, 0);
    }
    else if (CO2_rate >= 800 && CO2_rate < 1000) {
        neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 255, 102, 0);
    }
    else {
        neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 255, 0, 0);
    }
    delay(250);
}

```



Mise en œuvre pratique 4. Affichage du CO2

Éditeur utilisé: vittascience.com/l476 ; vittascience.com/Arduino or vittascience.com/microbit

```
On start
Forever
  set CO2 rate to [SCD30 Sensor] carbon dioxide (CO2) (ppm)
  wait 1 second.s
  write on serial port CO2 rate
  if CO2 rate ≤ 600 then
    [Neopixel] set all LED to colour green on pin P0
  else if CO2 rate > 600 and CO2 rate < 800 then
    [Neopixel] set all LED to colour yellow on pin P0
  else if CO2 rate ≥ 800 and CO2 rate < 1000 then
    [Neopixel] set all LED to colour orange on pin P0
  else
    [Neopixel] set all LED to colour red on pin P0
  wait 250 millisecond.s
```

N'oubliez pas d'ajouter une pause d'une seconde pour limiter la fréquence d'affichage des valeurs sur l'écran de l'ordinateur. Cela facilite la lecture des valeurs mesurées.



Code à copier dans l'éditeur

```
#include <Wire.h>
#include <SCD30.h>
#include <rgb_lcd.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>

#define NP_LED_COUNT_2 30

rgb_lcd lcdRgb;
Adafruit_NeoPixel Neopixel_2(NP_LED_COUNT_2, 2, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

float t_scd;
float scd30_co2 = 0;
float scd30_t = 0;
float scd30_h = 0;
```

```

float CO2_rate;

void serial_setupConnection(int baudrate) {
    Serial.begin(baudrate);
    while (!Serial) {
        Serial.println("En attente de l'ouverture du port série...");
        delay(1000);
    }
    Serial.println("Port série activé. Baudrate: " + String(baudrate));
    delay(50);
}

float scd30_read(uint8_t dataSelect) {
    t_scd = millis() - t_scd; if (t_scd > 1000 && scd30.isAvailable()) {
        float result[3] = {0};
        scd30.getCarbonDioxideConcentration(result);
        scd30_co2 = result[0];
        scd30_t = result[1];
        scd30_h = result[2];
    }
    switch (dataSelect) {
        case 0: return scd30_co2;
        case 1: return scd30_t;
        case 2: return scd30_h;
    }
}

void neopixel_showAllLed(Adafruit_NeoPixel *neoPx, uint8_t ledCount,
uint8_t r, uint8_t g, uint8_t b) { for (int i=0; i<ledCount; i++)
    {
        neoPx->setPixelColor(i, neoPx->Color(r, g, b));
    } neoPx->show();
}

void setup() {
    serial_setupConnection(9600);
    Wire.begin();
    scd30.initialize();
    t_scd = millis();
    lcdRgb.begin(16, 2);
    Neopixel_2.begin();
    CO2_rate = scd30_read(0);
    delay(1000*1);
    Serial.println(String(CO2_rate));
}

```

```
lcdRgb.setCursor(0, 0);
lcdRgb.print(String("CO2 rate (ppm)"));
lcdRgb.setCursor(0, 1);
lcdRgb.print(String(CO2_rate));
if (CO2_rate <= 600) {
    neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 51, 204, 0);
} else if (CO2_rate > 600 && CO2_rate < 800) {
    neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 255, 255, 0);
} else if (CO2_rate >= 800 && CO2_rate < 1000) {
    neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 255, 102, 0);
} else {
    neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 255, 0, 0); }
delay(250); }

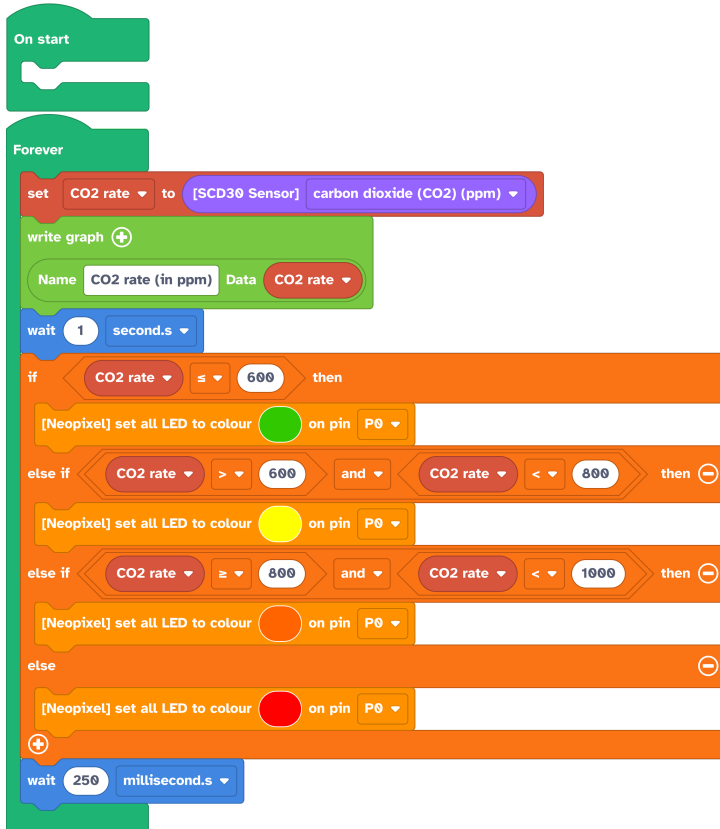
void loop() { }
```



Fiche pratique 5.

Visualisation des données

Éditeur utilisé: vittascience.com/l476 ; vittascience.com/Arduino or vittascience.com/microbit



1. Pour visualiser le graphique, dans la console d'affichage, sélectionnez « Mode graphique » à droite.
2. A partir de cette représentation graphique, il est possible d'exporter l'ensemble des données sous forme de fichier .csv (lisible par des tableurs tels qu'Excel, Libre Office Calc, GoogleSheet, Numbers, etc.). Pour cela, il suffit de cliquer sur le bouton Exporter en bas de la fenêtre. Les données seront alors accessibles depuis le tableur utilisé par défaut sur l'ordinateur. La fonction "graphing" du tableur permet de tracer un graphique montrant l'évolution des niveaux de dioxyde de carbone au cours du temps, qui pourra ensuite être imprimé.



Code à copier dans l'éditeur

```
#include <Wire.h>
#include <SCD30.h>
#include <rgb_lcd.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>

#define NP_LED_COUNT_2 30

rgb_lcd lcdRgb;
Adafruit_NeoPixel Neopixel_2(NP_LED_COUNT_2, 2, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

float t_scd;
float scd30_co2 = 0;
float scd30_t = 0;
float scd30_h = 0;
float CO2_rate;
```

```

void serial_setupConnection(int baudrate) {
    Serial.begin(baudrate);
    while (!Serial) {
        Serial.println("En attente de l'ouverture du port série...");
        delay(1000);
    }
    Serial.println("Port série activé. Baudrate: " + String(baudrate));
    delay(50);
}

float scd30_read(uint8_t dataSelect) {
    t_scd = millis() - t_scd;
    if (t_scd > 1000 && scd30.isAvailable()) {
        float result[3] = {0};
        scd30.getCarbonDioxideConcentration(result);
        scd30_co2 = result[0];
        scd30_t = result[1];
        scd30_h = result[2];
    }
    switch (dataSelect) {
        case 0: return scd30_co2;
        case 1: return scd30_t;
        case 2: return scd30_h;
    }
}

void neopixel_showAllLed(Adafruit_NeoPixel *neoPx, uint8_t ledCount, uint8_t
r, uint8_t g, uint8_t b) {
    for (int i=0; i<ledCount; i++) {
        neoPx->setPixelColor(i, neoPx->Color(r, g, b));
    } neoPx->show();
}

void setup() {
    serial_setupConnection(9600);
    Wire.begin();
    scd30.initialize();
    t_scd = millis();
    lcdRgb.begin(16, 2);
    Neopixel_2.begin();
    CO2_rate = scd30_read(0);
    delay(1000*1);
    Serial.print("@Graph:");
    Serial.print("CO2 rate (in ppm):");

```

```
Serial.print(CO2_rate); Serial.print("|");
Serial.print("\n");
delay(50);
lcdRgb.setCursor(0, 0);
lcdRgb.print(String("CO2 rate (ppm)"));
lcdRgb.setCursor(0, 1);
lcdRgb.print(String(CO2_rate));
if (CO2_rate <= 600) {
    neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 51, 204, 0);
}
else if (CO2_rate > 600 && CO2_rate < 800) {
    neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 255, 255, 0);
} else if (CO2_rate >= 800 && CO2_rate < 1000) {
    neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 255, 102, 0);
} else {
    neopixel_showAllLed(&Neopixel_2, NP_LED_COUNT_2, 255, 0, 0);
}
delay(250);
}

void loop() { }
```



Approfondir et aller plus loin

Exploration de la problématique au travers d'autres initiatives

Exploration de la qualité de l'air intérieur à la maison



Dans cette extension, les élèves surveilleront la qualité de l'air de leurs chambres à l'aide de capteurs de CO₂, renforçant ainsi leur compréhension de l'impact de la ventilation sur la santé et le bien-être. En observant et en enregistrant les niveaux de CO₂ à différents moments de la journée, ils peuvent identifier les schémas influencés par des activités comme le sommeil, les études ou le nombre d'occupants dans la pièce.

Établir des liens



En recueillant des données, les élèves établiront un lien entre les principes scientifiques abordés en classe et leurs expériences vécues. Cette activité les encourage à réfléchir à la façon dont la circulation de l'air, la taille de la pièce et les méthodes de ventilation contribuent à la qualité de l'air. En comprenant ces dynamiques, les élèves peuvent faire des choix éclairés pour améliorer leur environnement immédiat, comme ajuster les fenêtres ou utiliser des techniques de ventilation simples.

Appliquer les connaissances pour un impact quotidien



Les élèves peuvent également étudier l'efficacité de changements spécifiques dans l'environnement de leur salle. Par exemple, ils peuvent comparer les niveaux de CO₂ avec des fenêtres fermées ou partiellement ouvertes ou expérimenter le flux d'air à l'aide de ventilateurs. Ces observations aident à traduire des concepts abstraits en actions concrètes.

Engager l'entourage



Encourager la participation des familles peut amplifier l'impact de l'activité. En partageant leurs découvertes avec d'autres membres du foyer, les élèves peuvent défendre des pratiques qui favorisent une meilleure qualité de l'air, favorisant ainsi une culture de sensibilisation à l'environnement au sein de leur communauté.

Du suivi au plaidoyer

Cette expérience pratique transforme les élèves en défenseurs d'espaces de vie plus sains. Armés de leurs données et de leurs observations, ils peuvent discuter des implications plus larges de la qualité de l'air, comme son rôle dans la réduction des maladies transmises par l'air, l'amélioration de la concentration et l'amélioration de la qualité du sommeil. L'activité développe ainsi non seulement la culture scientifique, mais aussi le sens des responsabilités envers un mode de vie durable.

Bibliographie

1. Average CO2 Rates (Live Data)

Source: *Global Monitoring Laboratory*

URL: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

Intérêt : Fournit des données en temps réel sur les niveaux de CO2 atmosphérique, essentielles pour comprendre les tendances mondiales du carbone et éclairer l'action climatique.

2. Seuils de CO2 et impact sur la qualité de l'air

Source: *NousAérons.fr*

URL: <http://nousaerons.fr/>

Intérêt : Discute des seuils de CO2 et de l'importance de la qualité de l'air dans les environnements intérieurs, particulièrement en ce qui concerne la santé et la ventilation.

3. Aération et ventilation dans les espaces scolaires

Source : *Ministère de l'Éducation* (Avril 2021)

URL: <https://www.education.gouv.fr/media/88756/download>

Intérêt : Un guide sur les meilleures pratiques en matière de ventilation dans les milieux éducatifs, soulignant son rôle dans la réduction de la transmission des maladies aéroportées.

4. Alerte basée sur Arduino pour l'aération

Source : Vittascience, *Alerte Aération Arduino*

URL: <https://fr.vittascience.com/learn/tutorial.php?id=340/guide-d-utilisation-alerte-aeration-Arduino>

Intérêt : Propose un tutoriel étape par étape pour la mise en œuvre d'un système d'alerte basé sur Arduino pour optimiser la qualité de l'air dans les espaces clos.

5. Alerte basée sur Micro:bit pour l'aération

Source : Vittascience, *Alerte Aération Micro:bit*

URL: <https://fr.vittascience.com/learn/tutorial.php?id=339/guide-d-utilisation-alerte-aeration-micro-bit>

Intérêt : Fournit des instructions pour créer un système d'alerte simple et interactif à l'aide de Micro:bit pour améliorer la qualité de l'air intérieur.