



PROJET CO₂
Mesurer le CO₂ pour mieux aérer

Aération et COVID19

Pourquoi utiliser un détecteur de CO₂ ?

Module pédagogique

cycle 2, cycle 3 et cycle 4

(activités en physique, biologie et technologie)

Version 1.0 (20 mai 2021)

Introduction	3
Arrière-plan scientifique.....	3
Matériel.....	3
Activité 1 : Pourquoi mesurer le CO ₂ ?.....	4
1 — Déroulé possible	4
Phase 1 : La Contamination par l'air	4
Phase 2 : Où se trouve le virus quand il est dans l'air ?	5
Phase 3 : Distinction entre les postillons et les aérosols	5
Phase 4 : Comment se protéger des gouttes qui sont dans l'air si quelqu'un est malade ?.....	6
Phase 5 : Lien avec le CO ₂	6
Phase 6 : activité pour comprendre la notion de « marqueur ».....	6
Activité 2 : se familiariser avec un capteur de CO ₂	8
Phase 1 : Faire des mesures à des endroits différents.....	8
Phase 2 : mettre le détecteur dans un environnement enrichi en CO ₂	9
Phase 3 : (optionnelle) réaliser une expérience qui produit du CO ₂	10
Phase 4 : Mesurer le taux de CO ₂ dans une pièce à différentes hauteurs	10
Phase 5 : (optionnelle, cycle 3 ou 4) Etudier le temps de réponse de l'appareil de mesure.	11
Activité 3 (cycles 2 et 3) : Bien aérer en mesurant le taux de CO ₂ dans une classe.....	12
Activité 4 (cycle 3 ou 4) : Bien aérer en mesurant le taux de CO ₂ dans une classe.	15

Introduction

La ventilation des salles de classe est un élément majeur de la sécurité et du confort des élèves et des professeurs. D'un point de vue prophylactique, la présence d'agents pathogènes dans l'air est un vecteur de propagation de maladies (virus, polluants etc.). D'un point de vue du confort, l'augmentation du CO₂ est un facteur clé de la perte d'attention ou de gêne (maux de têtes...). Le CO₂ présent dans l'air d'un local ou d'une salle est un bon marqueur de l'état de confinement d'un lieu. Plus le taux de CO₂ est élevé, plus le lieu est confiné et plus, potentiellement, l'éventuelle charge virale produite par ses occupants est importante. Pour limiter les risques, il faut éviter de rester dans un lieu trop confiné et il faut donc aérer, en grand, régulièrement. C'est l'un des gestes "barrières" importants. Mesurer le taux de CO₂ est donc un moyen d'améliorer le confort et la sécurité des pièces et permet de suivre le niveau d'aération des locaux en indiquant quand cela doit être réalisé.

Ce module a comme objectif de :

- sensibiliser et éduquer les élèves à la question de l'aération des locaux,
- identifier le rôle de l'aération comme moyen de lutte contre la dissémination de la COVID19 par voie aérosol,
- proposer des activités de classe liées aux domaines de la physique, de la biologie de la technologie en lien avec les programmes,

Thématiques traitées	Respiration – contamination par un virus – gouttelettes d'eau dans l'air – aération - mesure
Résumé et objectifs	Comprendre la contamination par aérosols. Faire le lien entre qualité de l'air et concentration en CO ₂ . Se familiariser avec un détecteur de CO ₂ . Utiliser un détecteur de CO ₂ pour bien aérer.
Disciplines engagées	Physique – Biologie - Technologie
Durée	A déterminer

Arrière-plan scientifique

Tous les points scientifiques abordés dans cette séquence sont expliqués et détaillés dans le dossier pédagogique.
[https://projetco2.fr/sites/default/files/2021-04/dossier_co2_v1\(4\).pdf](https://projetco2.fr/sites/default/files/2021-04/dossier_co2_v1(4).pdf)

Matériel

Choix et utilisation du capteur CO₂ en classe

Voir <https://projetco2.fr/protocoleetablissement>

Acheter <https://projetco2.fr/capteurs>

Fabriquer : <https://projetco2.fr/node/75>

Activité 1 : Pourquoi mesurer le CO₂ ?

Objectif général : comprendre la voie de contamination de la Covid par les aérosols, l'importance de la ventilation et le lien entre la qualité de l'air et la concentration de CO₂

1 — Déroulé possible

Phase 1 : La Contamination par l'air

Discuter quelles peuvent être les voies de transmission d'agents pathogènes et en particulier du virus SARS-CoV-2

Contextualisation : Depuis le début de l'épidémie, nous devons tous respecter des mesures sanitaires. Ces mesures ont été complétées au cours du temps. À l'école, nous avons aussi dû mettre en place des règles pour éviter la propagation de l'épidémie de covid-19.

Chacune de ces règles a pour but d'empêcher le virus de passer d'une personne à l'autre.

Problématique : Quelles sont ces règles mises en œuvre pour éviter la transmission du virus SARS-CoV-2? Quels sont les chemins de passage entre une personne contaminée et une personne saine bloqués par ces règles ?

Réponses attendues :

Attention : bien faire remarquer ici qu'aucune de ces mesures n'est efficace à 100%. Ce sont toutes des mesures de réduction et pas de suppression. Pour avoir une bonne protection il faut donc toutes les mettre en pratique.

- L'utilisation de masques : Réduire la transmission du virus par les gouttelettes que nous émettons dans l'air. En bloquant un grand nombre de particules qu'une personne contaminée peut émettre dans l'air. En réduisant le nombre de particules contaminées qu'une personne saine va respirer.
- Respecter une distanciation entre les personnes : Réduire la contamination par les gouttelettes émises par une personne contaminée, c'est à dire les gouttes (petites et grosses) qui sont projetées directement.
- Le nettoyage des mains et des objets que l'on manipule avec du savon ou du gel hydroalcoolique : détruire les virus qui pourraient être sur les mains et que l'on apporte ensuite à son visage.
- Aérer régulièrement les salles de cours : faire partir l'air contenant des petites gouttes qui flottent dans l'air et qui peuvent contenir des virus et le remplacer par de l'air sain.

Hypothèses : Laisser les élèves émettre leurs hypothèses. Il y a un virus et il faut le détruire ou empêcher qu'il circule d'une personne malade vers une autre.

- Après une phase d'échanges, si toutes les mesures n'ont pas été trouvées montrer une affiche avec les pictogrammes correspondant aux diverses règles.



Demander ensuite aux élèves comment le virus peut passer d'une personne à l'autre. Trouver la règle qui permet d'éviter ce passage. Déduire de cet échange les chemins les plus susceptibles d'être suivis par le virus.

Difficulté à anticiper : les élèves ne se rendent pas forcément compte que quand on parle on déplace de l'air voire on postillonne (qui est plutôt lié à crier). Pour les aider, proposer quelques petites manips simples :

- Pour l'air : faire mettre la main devant la bouche puis faire parler. Sentir les coups d'air sur la main.
- Pour les postillons : échanger avec eux sur des situations où ils ont reçu ou envoyé des postillons.

Conclusion et trace écrite :

Les maladies se transmettent de différentes façons, notamment par les mains et les objets que l'on manipule (on se lave donc les mains avec soin) mais aussi par l'air.

Les masques, la distanciation et l'aération réduisent fortement la transmission du virus par l'air.

Phase 2 : Où se trouve le virus quand il est dans l'air ?

Problématique : Comment le virus arrive-t-il dans l'air ? Où se trouve le virus quand il est dans l'air ? Comment peut-il rester dans l'air ?

Hypothèses : Laisser les élèves émettre leurs hypothèses.

Une personne contaminée émet des gouttes et gouttelettes d'eau : en criant, en chantant, en parlant, en respirant.

On insistera sur la taille des gouttes : postillons ou autre chose (petites gouttes, aérosols). Les petites gouttes peuvent rester longtemps dans l'air (exemple du brouillard ou des nuages, constitués d'une multitude de petites gouttelettes).

La personne projette les gouttes dans l'air, on peut donc recevoir directement une goutte si on est trop près. Les mouvements d'air transportent ces gouttes.

Remarques : Lors de la formulation d'hypothèses, l'enseignant doit amener les élèves à réinvestir ce qu'ils ont appris lors de la précédente séance à savoir que lorsque nous parlons, nous expulsions de l'air et des postillons. D'où les hypothèses suivantes :

- 1-Le virus se trouve directement dans l'air
- 2-Le virus se trouve dans les postillons

L'hypothèse 1 peut être facilement réfutée dans la mesure où le port du masque ne serait d'aucune utilité car il laisse passer l'air contenant le virus. Les élèves peuvent le vérifier et constater qu'on peut expirer de l'air en plaquant le masque contre notre visage.

L'hypothèse 2 peut être vérifiée en demandant aux élèves de toucher l'extérieur de leur masque et constater qu'il est humide. Ils déduiront que le masque arrête les postillons donc le virus.

Conclusion et trace écrite :

Le virus est contenu dans des petites gouttes d'eau que l'on envoie dans la pièce quand on respire, parle, crie. Le masque permet d'arrêter les gouttes rejetées par la bouche et le nez. Il permet également de nous protéger, de ne pas être contaminé par la bouche ou le nez.

Phase 3 : Distinction entre les postillons et les aérosols

Problématique : Combien de temps les gouttes rejetées restent-elles dans l'air selon leur taille. Est ce que les grosses gouttes et les petites restent longtemps dans l'air ?

Réponse attendue : Les grosses gouttes vont tomber, les petites flottent longtemps dans l'air.

C'est comme la pluie et les nuages ou le brouillard. Les petites gouttes des nuages ne tombent pas, les gouttes de pluie tombent.

Les nuages sont emportés par le vent, mais la pluie tombe presque verticalement.

Expérimentation : On prend un brumisateur, idéalement avec lequel on peut faire varier la taille des gouttes.

(cycle 3 ou plus). Les grosses tombent à proximité et on peut discuter du lien entre la distance parcourue, la vitesse d'émission (ou la force avec laquelle on appuie sur le brumisateur) et la hauteur où on émet.

Les toutes petites gouttes disparaissent en s'évaporant et on ne les voit pas tomber, que devient ce qui les constituait ?

Conclusion et trace écrite :

Les gouttes d'eau que nous émettons tombent si elles sont grosses (postillons). Les petites restent dans l'air et ce qu'elles contiennent va se disperser dans la pièce (aérosols).

Phase 4 : Comment se protéger des gouttes qui sont dans l'air si quelqu'un est malade ?

Problématique : Quels gestes permettent de ne pas être contaminé par le virus qui peut être dans les gouttelettes ?

Réponses attendues : Masque, distanciation et aération. Pour les aérosols, si cela n'émerge pas de la part des élèves, on pourra poser la question de savoir comment faire pour faire partir les petites gouttelettes de la salle de classe. Il est fort probable qu'ouvrir la fenêtre sera proposé par les élèves, ce qui orientera vers l'aération.

Conclusion et trace écrite :

Il existe plusieurs gestes qui permettent de lutter contre les contaminations.

Si on présente un des symptômes, il faut se faire tester et ne voir des gens qu'après le résultat du test.

- Il faut mettre un masque.
- Il faut rester à distance quand on mange, car on n'a pas de masque.
- Il faut aérer.

Phase 5 : Lien avec le CO₂

Deux problématiques possibles selon le temps et le matériel disponible

Problématique 1: Comment faire pour savoir quand il faut changer l'air d'une pièce ?

Réponse possible : lorsque l'air de la pièce n'est plus « bon » ou trop différent de l'air extérieur.

Enchaînement : Pour savoir cela, on va s'intéresser à un gaz dans l'air qui nous indique sa qualité : le CO₂.

Quand on expire, on envoie dans l'air en même temps un gaz invisible, le CO₂.

(Cf l'importance d'aérer sa chambre, pour renouveler la présence de dioxygène mais aussi de diminuer le CO₂)

On va donc s'intéresser à la quantité de CO₂ dans l'air pour estimer sa qualité. Plus le taux de CO₂ dans l'air d'une pièce est important, moins il a été renouvelé avec l'extérieur.

Le taux de CO₂ dans l'air d'une pièce peut donc nous indiquer la quantité de gouttes de virus dans l'air de la pièce. Plus le taux de CO₂ dans l'air est grand par rapport au taux de CO₂ à l'extérieur moins l'air a été renouvelé et dont plus il y a de gouttes de virus possible en suspension dans l'air de la pièce.

Problématique 2: proposer aux élèves un court texte qui explique la nature des gaz émis lors de l'expiration ou un texte expliquant que l'eau de chaux devient trouble en présence de CO₂ suivi d'une manipulation en soufflant avec une paille dans de l'eau de chaux.

A l'issue de cette lecture les échanges doivent conduire à remarquer que plus il y a de personnes dans une salle :

- plus la quantité de CO₂ dans l'air sera élevée ;
- plus il y aura de gouttelettes fines dans l'air ;
- plus il y aura de virus associé à ces gouttelettes fines lorsqu'il y a des personnes contaminées

Phase 6 : activité pour comprendre la notion de « marqueur »

Il s'agit de comprendre comment on peut déduire la présence d'une substance en détectant une autre substance lors que l'on sait que les deux sont présentes ensemble.

Attention si dans cette activité on fait goûter aux élèves, dire dès le début aux élèves qu'on va goûter parce que on sait que c'est comestible parce qu'on l'a préparé soi-même comme à la maison

Présentation : dans cette expérience, on modélise le CO₂ par du colorant rouge et les virus par du sucre. Cela correspond à la situation d'une personne qui est contaminée et qui émet en même temps du CO₂ et des particules contenant des virus. Les personnes qui ne sont pas contaminées émettent juste du CO₂ et pas de virus. Donc air émis par une personne contaminée : sirop. Air émis par une personne non contaminée : eau pure + colorant alimentaire rouge (mais pas de sucre)

Expérience 1 :

L'enseignant pourra proposer 4 verres :

- Eau du robinet
- Eau sucrée avec 1 morceau de sucre
- Eau sucrée avec 2 morceaux de sucre
- Eau sucrée avec 3 morceaux de sucre

Il demande aux élèves par la suite comment ranger les 4 verres du plus moins au plus sucré sans les goûter ? Les élèves se rendront compte qu'à l'œil nu ce sera impossible.

Il pourra leur dire que le sucre est présent dans 3 verres pourtant on ne le voit pas. C'est pareil pour le virus, il peut être présent sans qu'on s'en rende compte.

Expérience 2 :

Même chose mais en remplaçant le morceau de sucre par une cuillère à café de sirop de grenadine

Dans ce cas on peut déterminer le goût à l'œil parce que l'on sait que plus il y a de colorant plus il y a de sucre.

Expérience : Préparer à l'avance plusieurs verres de sirop de grenadine avec des concentrations différentes. Demander aux élèves s'ils peuvent « à vue d'œil (sans goûter) » désigner quel verre est le plus sucré, lequel est le moins sucré, et enfin les classer. En principe et sauf exception, les élèves savent que plus il y a de sirop plus la couleur est foncée et plus il y a de sucre...

Leur demander ensuite comment ils ont fait. Est-ce qu'ils ont vu le sucre qui est dans les verres ?

En fait ce qu'ils voient c'est le colorant, qui n'a pas de goût sucré. Dans le sirop il y a à la fois du colorant et du sucre. Donc quand on met du sirop dans un verre, plus on met de sucre, plus on met de colorant. Et ensuite, quand on mélange, les deux se mélangent pareil dans l'eau. Donc la couleur du colorant nous informe sur la présence de sucre.

C'est pareil pour le CO₂ et les virus avec quelqu'un qui est malade. En soufflant, il émet en même temps du CO₂ et des gouttelettes avec des virus. Et quand ça se mélange dans l'air de la pièce, ça se mélange de manière similaire.

Activité 2 : se familiariser avec un capteur de CO₂



Crédit photo : François Pétrélis

Objectif général : Se familiariser avec le fonctionnement d'un détecteur de CO₂ et l'utiliser dans différentes situations

Phase 1 : Faire des mesures à des endroits différents

Mesurer le taux de CO₂ dehors, dans plusieurs pièces différentes, à différents endroits d'une même pièce.

Pré-requis : savoir ce qu'est un gaz / avoir des notions sur les échanges gazeux au niveau des poumons et savoir qu'on expire du CO₂ / Etre sensibilisé aux effets néfastes du CO₂ sur la santé

Contextualisation : Nous savons que nous rejetons du CO₂ dans l'atmosphère quand nous expirons. Nous savons aussi que la CO₂ est néfaste pour notre santé s'il est en grande quantité.

Problématique : Comment peut-on savoir s'il y a beaucoup de CO₂ autour de nous, dans la classe ou ailleurs ?

Hypothèses : Laisser les élèves émettre leurs hypothèses. Parmi les réponses attendues, sans doute sortira celle d'utiliser un appareil pour mesurer (Sinon l'enseignant fera un parallèle avec des activités faisant intervenir des mesures de distances par ex)

=> présentation du capteur de CO₂ par l'enseignant / explication sur son utilisation

Note : Pour les élèves de cycle 2, selon l'âge des élèves, si le fait de réaliser des mesures n'est pas approprié, on pourra utiliser un capteur avec code couleur (vert : bon air / orange : air de qualité moyenne / rouge : air de mauvaise qualité = trop chargé en CO₂).

Néanmoins, si l'enseignant le souhaite, une approche des grandeurs et mesures pourra être amorcée, d'une part en couplant avec les séances du module ESEC (De l'impression à la mesure + Mesurer des feuilles d'arbres) et

d'autre part en utilisant un capteur qui fournit des valeurs numériques (par exemple en empruntant à une classe qui en disposerait d'un).

Revenir sur la problématique et demander aux élèves ce qu'ils feraient pour répondre à la problématique grâce au capteur. Insister sur "dans la classe ou ailleurs".

Expérimentations :

Il faudra penser à distribuer aux élèves un tableau à deux colonnes : sur la première figure les lieux où seront effectuées les mesures et dans la seconde la valeur mesurée. On peut également avant d'effectuer ces mesures leur demander de préciser le lieu où ils pensent trouver la valeur la plus élevée et celui où elle sera la plus faible. Une fois qu'ils ont noté cela sur leur feuille ou leur cahier d'expériences, ils pourront procéder aux mesures et comparer par la suite leurs hypothèses avec les mesures relevées. Les résultats peuvent également par la suite être discutés pour comprendre le lien entre des valeurs élevées et la présence de plusieurs personnes dans une salle mal aérée.

Les élèves mesurent le taux de CO₂ à différents endroits (dans la cour; dans la salle de classe fenêtres fermées sans les élèves et en présence des élèves; au niveau du bureau de l'enseignant, au fond de la classe; au réfectoire (avant et après le repas), dans la salle des maîtres, dans le préau.....). Ils prennent des traces écrites des mesures relevées.

Mise en commun :

1- Comment a-t-on fait pour mesurer le taux (la quantité) de CO₂ ? Les élèves expliquent où ils ont placé le capteur et comment ils s'en sont servis.

2- Que nous disent les résultats obtenus ? Les élèves analysent les relevés qu'ils ont fait dans les différents endroits : chaque groupe d'élèves explique à l'oral où il a fait la mesure et ce qu'il a trouvé. L'enseignant peut préparer un tableau (au tableau noir) dans lequel chaque groupe écrira sa mesure. Une comparaison des mesures à différents endroits pourra alors être réalisée. L'enseignant pourra alors mettre en exergue la mesure du CO₂ à l'extérieur qui deviendra la mesure de référence pour toutes les comparaisons.

Conclusion et trace écrite

Un capteur de CO₂ est un appareil qui permet de mesurer le taux (la quantité) de CO₂ dans un endroit.

A l'extérieur, le taux de CO₂ est de Dans la classe, fenêtres fermées et avec tous les élèves de la classe, le taux de CO₂ est de.... ; dans la cantine vide (avant le repas), le taux de CO₂ est de, après le repas de; etc.

Pour savoir si le taux de CO₂ dans une pièce est élevé, on le compare au taux de CO₂ à l'extérieur. On dit que le taux de CO₂ à l'extérieur est la valeur de référence.

Phase 2 : mettre le détecteur dans un environnement enrichi en CO₂.

En extérieur (pour bien suivre les gestes barrière), on peut souffler sur le capteur et observer l'évolution de la valeur mesurée. On peut aussi souffler dans une boîte puis placer le détecteur dans cette boîte.



Crédit photo : François Pétrélis

Phase 3 : (optionnelle) réaliser une expérience qui produit du CO₂.

Par exemple : récupérer dans un sac le gaz qui sort de la bouteille d'une boisson gazeuse, ou faire réagir du vinaigre avec du bicarbonate de soude. On peut aussi se procurer un siphon utilisé pour la pâtisserie. Si l'on a du CO₂ pur (boisson effervescente, gaz de siphon, ...) on peut effectuer des mélanges entre un volume connu de CO₂ et de l'air ambiant et ainsi vérifier que l'augmentation du taux correspond bien à la quantité de CO₂ apporté.

Phase 4 : Mesurer le taux de CO₂ dans une pièce à différentes hauteurs

Pour aller vite, on peut faire : au niveau du sol, à un mètre de hauteur, au niveau du plafond. Pour faire une étude plus précise, mesurer tous les 50 centimètres.

On peut associer ces mesures à des mesures de température.

Complément d'information scientifique pour l'enseignant : L'air expiré est plus chaud que l'air ambiant, il est donc moins dense et a tendance à monter. C'est pour cela qu'en général le taux de CO₂ est plus important en haut d'une pièce qu'en bas. De plus, l'air qui entre dans la pièce est en général plus froid, il ira donc en bas. A ces effets, s'oppose le mélange créé par les circulations d'air dans la pièce qui vont avoir tendance à rendre homogène la concentration. Par ailleurs, on gardera en tête la limitation liée à la précision du capteur.

Pré-requis : savoir qu'on expire du CO₂ et que celui-ci est un gaz / connaître les propriétés des gaz (en particulier un gaz occupe tout l'espace, et l'air chaud est moins dense donc il monte) / Savoir que l'on peut mesurer la quantité de CO₂ grâce à un capteur / Savoir utiliser le capteur de CO₂

Contextualisation : Quand nous sommes dans la classe, fenêtres fermées, et que nous expirons, le CO₂ se concentre dans la classe. Mais nous sommes tous à des endroits différents de la salle, certains d'entre nous sont plus grands (ou plus petits) que d'autres.

Problématique : Où se trouve maintenant le CO₂ que vous avez rejeté dans la classe en respirant ?

Hypothèses : laisser les élèves émettre des hypothèses. Ayant déjà fait une première séance avec le capteur, ils devraient proposer de faire des mesures à des endroits différents, voire des hauteurs différentes. Si non, faire reformuler le fait que les élèves et les adultes ont des tailles différentes pour faire émerger les mesures en hauteur.

En amont de l'expérimentation, la classe se met d'accord pour définir les hauteurs auxquelles les élèves vont placer le capteur.

Expérimentations : Les élèves travaillent par groupe. Chaque groupe place un capteur à un endroit et à une hauteur différente dans la classe puis réalise des mesures de CO₂. Les élèves prennent note des mesures pour pouvoir les comparer ensuite.

Attention, ne faire les mesures qu'à des endroits accessibles sans danger par les élèves. Pour une hauteur importante, l'enseignant peut proposer de tenir lui-même le capteur à bout de bras.

Mise en commun : les résultats sont présentés groupe par groupe. Un tableau peut être fait au tableau noir pour regrouper les résultats de toutes les mesures et faciliter la comparaison. Une courbe peut également être réalisée (lien avec les maths).

Conclusion et trace écrite :

Conclusion : Le taux (quantité) de CO₂ est plus élevé en haut qu'en bas de la classe.

Explication : Quand nous expirons du CO₂, il sort de notre corps à une température de quelques degrés inférieure à 37°C. Il est donc plus chaud que l'air ambiant et donc moins dense (moins lourd). Tout comme l'air chaud, le CO₂ expiré chaud monte dans la salle de classe alors que l'air ambiant plus froid reste en bas.

Phase 5 : (optionnelle, cycle 3 ou 4) Etudier le temps de réponse de l'appareil de mesure.

Cette activité peut être reportée à la toute fin de la séquence (c'est même souvent préférable). Elle est toutefois indiquée à cet endroit du document car il s'agit d'améliorer la familiarisation avec le capteur.

Le but de cette activité est de déterminer le temps de réponse. Elle nécessite un capteur dont le temps de rafraîchissement de l'affichage ou le temps d'enregistrement est plus petit que le temps de réponse. Le principe est de déplacer rapidement le détecteur dans un endroit où le taux de CO₂ est différent et constant en temps : autre pièce, extérieur (à privilégier). Il faut noter les valeurs au cours du temps (avec un chronomètre) si le détecteur n'enregistre pas. Ensuite on trace le taux de CO₂ au cours du temps.

Cette activité peut mener à une réflexion élaborée sur la définition du temps de réponse, sur les facteurs qui le déterminent (électronique, courant d'air sur le capteur) et sur les comparaisons entre les différents temps caractéristiques du système (temps de réponse, temps de rafraîchissement, temps de variation typique du CO₂ dans une pièce).

Activité 3 (cycles 2 et 3) : Bien aérer en mesurant le taux de CO₂ dans une classe.



Crédit photo : François Pétrélis

Objectif : Comprendre et mesurer l'effet de l'aération d'une salle sur la concentration en CO₂ et en aérosols (niveau : école élémentaire)

Cette activité peut être proposée aux élèves de cycle 3 sous forme d'une notice d'utilisation rédigée à destination d'enfants de leur âge. Cette fiche pourra être distribuée à la classe à l'issue de la problématisation : Comment savoir combien de temps il nous faut garder les fenêtres ouvertes pour bien aérer la classe ?

Notes pour l'enseignant :

Ce protocole permet de déterminer combien de temps et à quelle fréquence ouvrir les portes et fenêtres, pour un nombre d'occupants donné.

- *Diminuer le temps de rafraîchissement de l'affichage du capteur si c'est possible.*
- *Aérer la pièce au maximum en ouvrant les portes et les fenêtres. Cette opération peut se faire en l'absence des élèves. Le mieux est de partir d'une valeur faible en CO₂, par exemple 500 ppm.*
- *Placer le capteur et noter l'heure et les minutes correspondants à cet instant h1. Fermer les portes et fenêtres.*
- *Observer que la valeur augmente. Elle peut fluctuer un peu, à cause des mouvements d'air de la pièce et des composants électroniques du capteur.*

- *Noter l'heure et les minutes correspondants à l'instant h2 pour lequel la valeur affichée par le capteur dépasse 800 ppm. En déduire la durée maximale d1 entre deux aérations, qui est la différence entre les instants h2 et h1.*
- *Ouvrir à nouveau les portes et fenêtres. Noter l'heure et les minutes correspondants à l'instant h3 pour lequel la valeur affichée par le capteur est inférieure à 500 ppm (par exemple). La durée d2 entre les instants h3 et h2 donne le temps d'aération nécessaire.*

Remarque : ce protocole peut ensuite être appliqué même sans capteur, si on ne peut pas ouvrir les fenêtres en permanence. Il suffit d'ouvrir les portes et fenêtres pendant une durée d2, puis de les fermer pendant une durée d1, et de recommencer. En général, d1 est de l'ordre de 20-30 minutes, et d2 de l'ordre de 5 minutes.

Les durées dépendent de la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur, ainsi que du niveau de vent. Il faut donc choisir un jour <<normal>>. Il est important de refaire l'expérience pendant une autre saison. En général, la durée d'aération nécessaire d2 est plus faible en hiver qu'en été. En effet, l'écart de température est le "moteur" de l'écoulement d'air, et cet écart est plus grand en hiver.

Dans le cas où les mesures s'avèrent non appropriées pour l'âge des élèves, l'enseignant préférera utiliser un capteur avec code couleur (vert : niveau de CO2 faible et air de bonne qualité / Orange : niveau de CO2 moyen et air de qualité moyenne / Rouge : niveau de CO2 élevé et air de mauvaise qualité)

Contextualisation : Nous savons que nous expirons du CO2, que celui-ci se concentre dans la classe et qu'il est nocif pour notre santé. A votre avis, que se passerait-il si nous travaillions en classe dans une atmosphère très ou trop chargée en CO2 ?

=> recueil des idées des élèves

=> Que pourrions-nous faire pour être dans les meilleures conditions possibles en classe? Réponses attendues : éliminer le CO2 de la pièce, ouvrir les fenêtres pour aérer la pièce afin de faire baisser le niveau de CO2

Problématique : Comment savoir combien de temps il nous faut garder les fenêtres ouvertes pour bien aérer la classe ?

Réponses attendues : mesurer le CO2 avec le capteur quand on ouvre la fenêtre, avant et après avoir ouvert la fenêtre, calculer en combien de temps le taux de CO2 dans la classe est trop élevé.

Expérimentation : Laisser les élèves réfléchir en groupe pour trouver un protocole. Chaque groupe proposera son protocole et une discussion de classe sera initiée afin de comparer les diverses propositions. L'enseignant portera une attention particulière sur le témoin de l'expérience (à quoi va-t-on comparer les mesures faites dans la classe au cours du temps).

Les élèves réalisent les expériences et prennent des notes (couleurs ou mesures observées avec le capteur) en fonction du temps.

Note : Dans cette configuration, la notion de témoin nécessaire pour faire la comparaison des mesures ressortira. Quel témoin : l'air extérieur, l'air ambiant de base de la classe (en début de journée avant que les élèves n'y soient entrés) ?

Mise en commun : les élèves comparent leurs données, font une analyse critique de leurs expériences et résultats et tirent des conclusions.

Note : *Il est possible que les mesures réalisées à différents moments varient. En effet, de nombreux facteurs ne sont pas contrôlables :*

- *les conditions météorologiques (humidité, température...) : avec la même configuration d'aération, l'absence de vent diminue le renouvellement d'air et donc limitera l'effet de l'aération. Inversement une forte différence de température entre intérieur et extérieur favorise la convection naturelle et donc le renouvellement de l'air.*
- *les conditions de ventilation du bâtiment : lors d'un test en classe, le cas a été rencontré d'un premier protocole d'aération, qui, à conditions météo équivalentes, ne fonctionnait plus quelques jours plus tard. La raison en était que les collègues des salles de classe voisine avaient fermé leurs fenêtres. Après investigations, il a également été constaté que l'ouverture des portes du bâtiment (un étage plus bas) avait un effet également.*

Conclusion et trace écrite.



Crédit photo : François Pétrélis

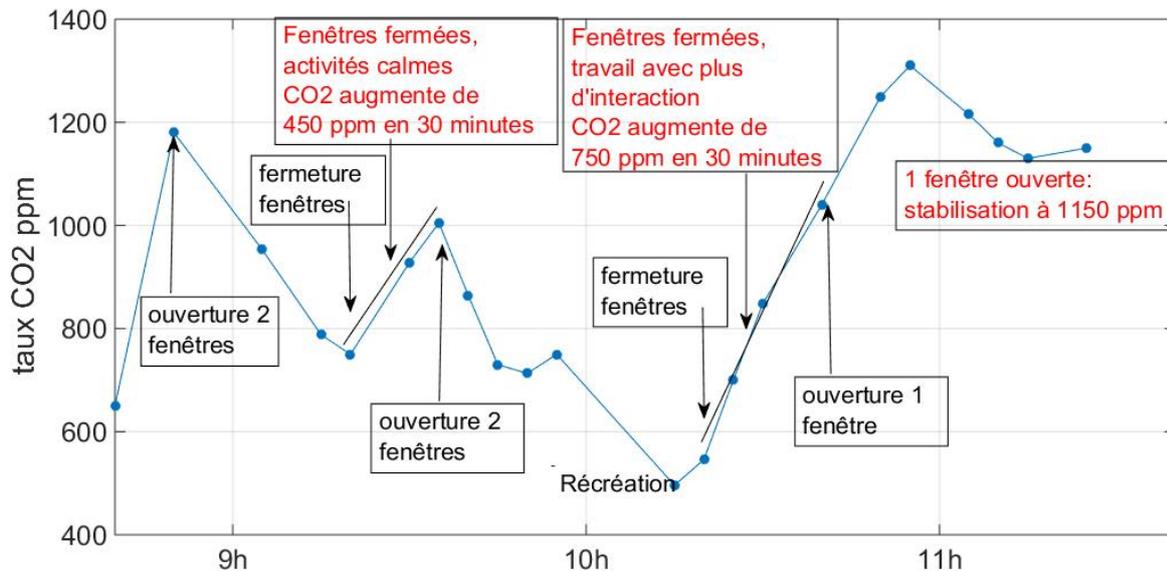
Activité 4 (cycle 3 ou 4) : Bien aérer en mesurant le taux de CO₂ dans une classe.

Objectif : Comprendre et mesurer l'effet de l'aération d'une salle sur la concentration en CO₂ et en aérosols (niveau : collège)

Notes pour l'enseignant :

Ce protocole permet de déterminer combien de temps et à quelle fréquence ouvrir les portes et fenêtres, pour un nombre donné d'occupants. Il s'agit d'une variante du protocole précédent qui implique le tracé d'un graphique.

- Diminuer le temps de rafraîchissement de l'affichage du capteur si c'est possible.
- Aérer la pièce au maximum en ouvrant les portes et les fenêtres. Cette opération peut se faire en l'absence des élèves. Le mieux est de partir d'une valeur faible en CO₂, par exemple 500 ppm.
- Placer le capteur et noter l'heure et les minutes correspondants à cet instant h1. Fermer les portes et fenêtres.
- Observer que la valeur augmente. Elle peut fluctuer un peu, à cause des mouvements d'air de la pièce et des composants électroniques du capteur.
- Relever de temps en temps les valeurs du CO₂ et l'heure et les minutes correspondantes. Noter la configuration ouverte ou fermée des fenêtres ou des portes, ainsi que le nombre et l'activité des élèves. Tracer une courbe avec les résultats, identifier les valeurs importantes et les moments où les fenêtres et portes ont été ouvertes/fermées.
- Noter l'heure et les minutes correspondants à l'instant h2 pour lequel la valeur affichée par le capteur dépasse 800 ppm. En déduire la durée maximale d1 entre deux aérations, qui est la différence entre les instants h2 et h1.
- Ouvrir à nouveau les portes et fenêtres. Noter l'heure et les minutes correspondants à l'instant h3 pour lequel la valeur affichée par le capteur est inférieure à 500 ppm (par exemple). La durée d2 entre les instants h3 et h2 donne le temps d'aération nécessaire.



Remarque : ce protocole peut ensuite être appliqué même sans capteur, si on ne peut pas ouvrir les fenêtres en permanence. Il suffit d'ouvrir les portes et fenêtres pendant une durée d₂, puis de les fermer pendant une durée d₁, et de recommencer. En général, d₁ est de l'ordre de 20-30 minutes, et d₂ de l'ordre de 5 minutes. Les durées dépendent de la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur, ainsi que du niveau de vent. Il faut donc choisir un jour «normal». Il est important de refaire l'expérience pendant une autre saison. En général, la durée d'aération nécessaire d₂ est plus faible en hiver qu'en été. En effet, l'écart de température est le «moteur» de l'écoulement d'air, et cet écart est plus grand en hiver.

Contextualisation : Nous savons que nous expirons du CO₂, que celui-ci se concentre dans la classe et qu'il est nocif pour notre santé. A votre avis, que se passerait-il si nous travaillions en classe dans une atmosphère très ou trop chargée en CO₂ ?

=> recueil des idées des élèves

=> Que pourrions-nous faire pour être dans les meilleures conditions possibles en classe ?

Réponses attendues : éliminer le CO₂ de la pièce, ouvrir les fenêtres pour aérer la pièce afin de faire baisser le niveau de CO₂

Problématique : Comment savoir combien de temps il nous faut garder les fenêtres ouvertes pour bien aérer la classe ?

Réponses attendues : mesurer le CO₂ avec le capteur quand on ouvre la fenêtre, avant et après avoir ouvert la fenêtre, calculer en combien de temps la classe atteint un taux de CO₂ très élevé.

Expérimentation : Laisser les élèves réfléchir en groupe pour trouver un protocole. Chaque groupe proposera son protocole et une discussion de classe sera initiée afin de comparer les diverses propositions. L'enseignant portera une attention particulière sur le témoin de l'expérience (à quoi va-t-on comparer les mesures faites dans la classe au cours du temps).

Les élèves réalisent les expériences et prennent des notes (mesures observées avec le capteur) en fonction du temps.

Note : dans cette configuration, la notion de témoin nécessaire pour faire la comparaison des mesures ressortira. Quel témoin : l'air extérieur, l'air ambiant de base de la classe (en début de journée avant que les élèves n'y soient entrés) ?

Mise en commun : les élèves comparent leurs données, font une analyse critique de leurs expériences et résultats et tirent des conclusions.

Note :

Il est possible que les mesures réalisées à différents moments varient. En effet, de nombreux facteurs ne sont pas contrôlables :

- les conditions météorologiques (humidité, température...) : avec la même configuration d'aération, l'absence de vent diminue le renouvellement d'air et donc limitera l'effet de l'aération. Inversement, une forte différence de température entre intérieur et extérieur favorise la convection naturelle et donc le renouvellement de l'air.
- les conditions de ventilation du bâtiment : lors d'un test en classe, le cas a été rencontré d'un premier protocole d'aération, qui, à conditions météo équivalentes, ne fonctionnait plus quelques jours plus tard. La raison en était que les collègues des salles de classe voisine avaient fermé leurs fenêtres. Après investigations, il a également été constaté que l'ouverture des portes du bâtiment (un étage plus bas) avait un effet également."

L'enseignant rebondira ensuite sur les données recueillies pour faire un lien avec les mathématiques et demander de :

- calculer la durée d'aération (d'ouverture des fenêtres) pour rétablir un taux correct de CO₂
- calculer le temps entre les deux ouvertures de fenêtres.

Prolongements :

Pour aller plus loin (lien avec la résolution de problèmes en maths) : Combien de fois faut-il ouvrir les fenêtres par jour pour être dans les meilleures conditions si nous sommes tout le temps en classe ?

Il pourrait être intéressant d'ajouter une réflexion sur les configurations d'aération qui peuvent varier d'une classe à l'autre (tout en faisant travailler d'autre compétence des maths) :

- surface/volume de la classe ;
- nombre de personne ;
- nombre d'aération ;
- position des aérations (réflexion sur la création de courants d'air) ;
- surface d'aération ;
- type d'activité dans la classe.

On pourra aussi discuter d'un protocole de mesure permettant de mener des investigations sur les paramètres susceptibles d'intervenir dans les mesures.

Produit et réalisé par le groupe ProjetCO2 :



Auteurs

Jean-Michel COURTY, Michelina NASCIMBENI, Benoît SEMIN, François PETRELIS

Remerciements

Les autres membres du projetCO2 : Florence Elias, Bertrand Maury, Pascal Morenton, Jean-Louis Roubaty et Fabien Squinazi ainsi que les relecteurs Said Baouch, Thomas Chancerel, David Jasmin, Jean-Paul Rossignon, Didier Roux et Béatrice Salviat.

En partenariat avec la fondation La main à la pâte



Date de publication

20 Mai 2021

Licence

Ce document a été publié par *le projet CO2* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation La main à la pâte

43 rue de Rennes
75 006 Paris
01 85 08 71 79
contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

