

> convection ascendants et descendants à travers les ouvertures.

Il est cependant beaucoup plus difficile d'estimer les débits correspondants. En égalant la force ascensionnelle qui s'exerce sur l'air chaud et le frottement aérodynamique avec l'air ambiant, on calcule des vitesses de l'ordre de 0,5 mètre par seconde pour des écarts de température de 10 °C. En supposant que la moitié de la surface des fenêtres, disons 4 mètres carrés pour notre salon de 20 mètres carrés, permet de faire rentrer de l'air de l'extérieur tandis que l'autre moitié sert à évacuer l'air vicié, on renouvelerait totalement les 50 mètres cubes d'air du salon en 50 secondes grâce à un débit phénoménal de 3600 mètres cubes par heure.

Cette estimation de débit est un peu trop élevée, et ce temps trop court, mais ces chiffres suggèrent ce que chacun a pu vérifier, à savoir que la convection naturelle parvient à renouveler l'air d'une pièce en quelques minutes. Cette durée est d'ailleurs suffisamment brève pour éviter, l'hiver, de refroidir les meubles et les murs; le confort thermique n'est par conséquent que momentanément perturbé! Mais tout cela suppose que la convection soit possible: sans vent et sans grand écart de température, il faut se résigner, à la mi-saison, à laisser les fenêtres ouvertes en permanence pour aérer.

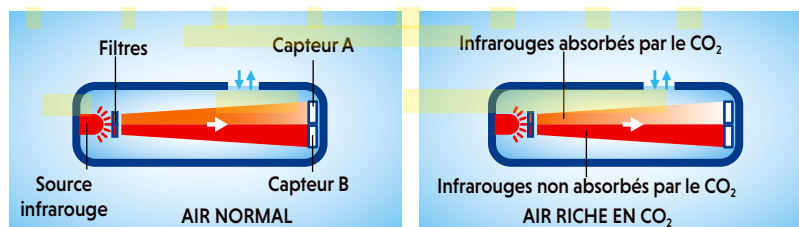
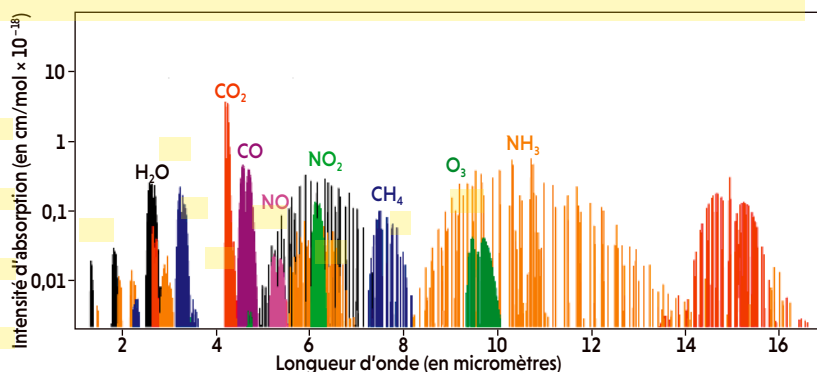
MESURER LA TENUEUR EN CO₂

Comment s'assurer que le renouvellement de l'air est suffisant? Dans l'industrie du bâtiment, un contrôle standard consiste à mesurer le taux de CO₂ de l'air intérieur. S'il existe des appareils à usage professionnel, on trouve désormais dans le commerce des détecteurs peu coûteux que l'on peut piloter avec une carte Arduino. Ces appareils, qualifiés de NDIR (pour *non dispersive infrared spectroscopy*, «spectroscopie infrarouge non dispersive»), mesurent l'absorption de la lumière infrarouge par les molécules de l'air.

En effet, le gaz carbonique absorbe les infrarouges autour d'une longueur d'onde de 4,3 micromètres, qui excite des modes de vibration de ses liaisons carbone-oxygène. Cette valeur est éloignée des bandes spectrales d'absorption des autres molécules de l'air, telles que le dioxygène (O₂), le monoxyde de carbone (CO) et l'eau: la mesure de l'absorption est donc très sélective (voir l'encadré ci-dessus). À 400 ppm de CO₂, l'intensité

DÉTECTER LE CO₂ AVEC DES INFRAROUGES

Le dioxyde de carbone présente un pic d'absorption du rayonnement à 4,3 micromètres de longueur d'onde, dans l'infrarouge. Ce pic d'absorption est bien séparé de ceux des autres gaz présents dans l'atmosphère (voir le graphique) et offre donc un moyen commode de détecter le CO₂ et de mesurer sa concentration. Les détecteurs NDIR comportent ainsi deux capteurs, l'un, A, opérant à la longueur d'onde du pic d'absorption, l'autre, B, opérant à d'autres longueurs d'onde, non absorbées (voir le schéma). Ainsi, le signal du capteur A dépend de la concentration en CO₂ de l'air traversé par le faisceau infrarouge, tandis que le capteur B produit un signal indépendant de cette concentration. Grâce à cette détection différentielle, les appareils NDIR mesurent la concentration de CO₂. Contrairement à d'autres types de détecteurs de CO₂, ils ne nécessitent pas de recalibrage régulier et restent opérationnels pendant plusieurs années.



d'un rayonnement vers 4 micromètres de longueur d'onde diminue de 2 % au bout de 5 centimètres. Cela semble peu, mais il faut s'en contenter si l'on veut un dispositif de mesure de petite taille.

C'est pourquoi les bons détecteurs NDIR effectuent des mesures différentielles. Ils comportent une source émettant dans l'infrarouge et deux capteurs, l'un sensible aux longueurs d'onde non absorbées par le CO₂ et qui sert de référence, l'autre sensible autour de la longueur d'onde de 4,3 micromètres, absorbée par le CO₂. L'intensité reçue par le second capteur varie donc avec la concentration de CO₂, contrairement à celle reçue par le premier, et la différence permet de déterminer la concentration de CO₂. Ainsi, avec un tel appareil que l'on trouve pour quelques dizaines d'euros, chacun peut vérifier si l'air qu'il respire est suffisamment renouvelé. ■

BIBLIOGRAPHIE

R. K. Bhagat et al., **Effects of ventilation on the indoor spread of COVID-19**, *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 903, F1, 2020.

U. Satish et al., **Is CO₂ an indoor pollutant ? [...]**, *Environ. Health Perspect.*, vol. 120(12), pp. 1671-1677, 2012.

J. Hodgkinson et R. P. Tatam, **Optical gas sensing : A review**, *Meas. Sci. Technol.*, vol. 24(1), 012004, 2012.

P. F. Linden, **The fluid mechanics of natural ventilation**, *Annu. Rev. of Fluid Mech.*, vol. 31, pp. 201-238, 1999.

L'UNIVERS AVANT LE BIG BANG

7 dossiers rédigés par des chercheurs
et des experts sur le sujet

Une lecture adaptée sur écrans

3,99 €



Les *Thema* sont une collection de hors-séries numériques.
Chaque numéro contient une sélection des meilleurs articles
publiés dans *Pour la Science* sur une thématique.

Dans la collection *Thema* découvrez aussi



**Commandez et téléchargez
les numéros en pdf**



Pour lire votre numéro, rendez-vous dans votre compte client



boutique.pourlascience.fr/tous-les-numeros/thema.html