

# Où placer un capteur de CO<sub>2</sub> ? Comment améliorer la ventilation ?

Benoît Semin

Bertrand Maury (Dpt. Maths ENS)

Sylvain Faure (LMO)

Laboratoire PMMH, CNRS, ESPCI, Sorbonne Université, Université de Paris

Webinaire CO<sub>2</sub>, 18 février 2021



# Où placer un capteur de CO<sub>2</sub> ?

- Hauteur : 1 m à 2 m
- Pas à proximité des fenêtres, portes, bouches d'aération
- Pas à proximité de la bouche d'une personne

## Table



<https://aranet4.com/>

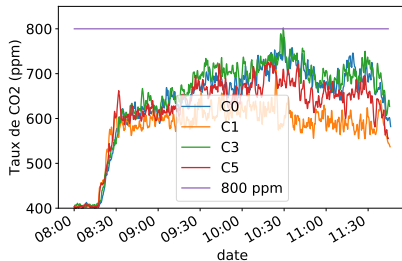
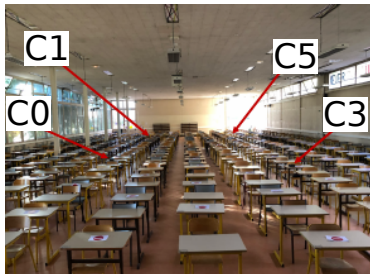
## Mur



<https://www.co2meter.com/collections/desktop/products/co2-monitor-data-logger-iaq-max>

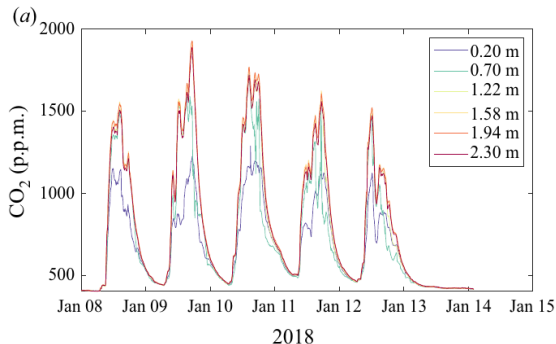
## Variation de la concentration avec la position

- 167 personnes, fenêtres ouvertes, porte du fond ouverte



Concentration relativement homogène

## Concentration en fonction de la hauteur

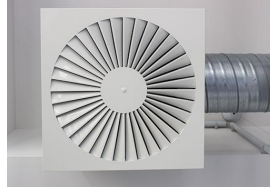


"Effects of ventilation on the indoor spread of COVID-19", R Bhagat et al. Journal of Fluid Mechanics, 2020

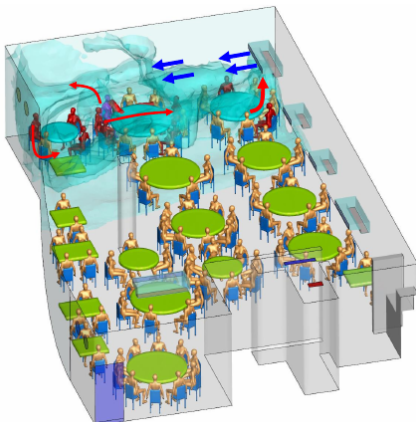
- La concentration dans les pièces est souvent homogène vers 1,5 m
- Mesurer le CO<sub>2</sub> en plusieurs points permet de s'en assurer si nécessaire (attention au temps de réponse du capteur)

# Ventilation

- **Ventiler** : aérer, **renouveler l'air** de (Larousse)
- **Ventilateur** : appareil transformant l'énergie cinétique qui lui est fournie par un moteur en un **déplacement d'air** ou d'un gaz quelconque sous faible pression (Larousse)
- Utiliser un **ventilateur** dans une pièce avec fenêtres et portes fermées, ce **n'est pas ventiler**
  
- Ventiler a 2 effets :
  - modifie les déplacements d'air, défavorable dans quelques configurations, effet mineur
  - **dilue les aérosols**, toujours favorable, effet dominant
- Très peu de contaminations à l'extérieur  
"Indoor transmission of SARS-CoV-2" H. Qian et al.,  
April 2020, medRxiv preprint



## Ventilation insuffisante : danger !



- Restaurant à Canton (Chine), 24 janvier 2020.
- 1 personne index, 9 contaminées
- Climatiseur sans filtre ni entrée d'air extérieur
- Faible ventilation par la porte :  $3,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{personne}^{-1}$  maximum, soit 5 200 ppm
- "Preuve d'une probable contamination par aérosols dans un restaurant mal ventilé"  
"Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant", Li et al, preprint MedRxiv, April 2020

## Installation d'une ventilation contrôlée

- Court-terme : ajout d'aérateurs
- Long terme : ventilation mécanique contrôlée (VMC)
- Nécessite des professionnels
- Attention aux spécifications. 800 ppm :  $45 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{personne}^{-1}$ .

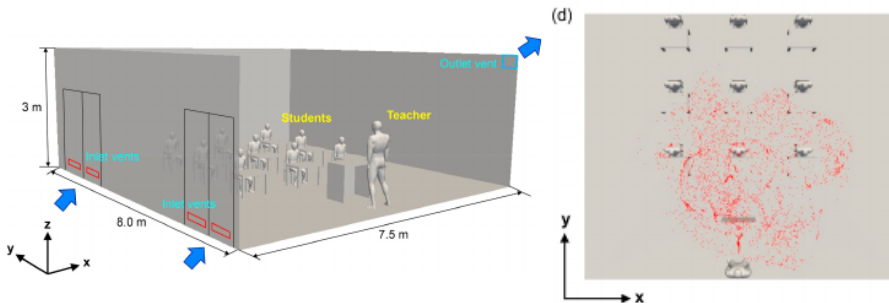


**CSTB**  
*le futur en construction*



[https://www.arec-idf.fr/fileadmin/  
Dat aStorageKit/AREC/Etudes/pdf/guide\\_bio\\_tech\\_  
ventilation\\_naturelle\\_et\\_mecanique.pdf](https://www.arec-idf.fr/fileadmin/Dat aStorageKit/AREC/Etudes/pdf/guide_bio_tech_ventilation_naturelle_et_mecanique.pdf)

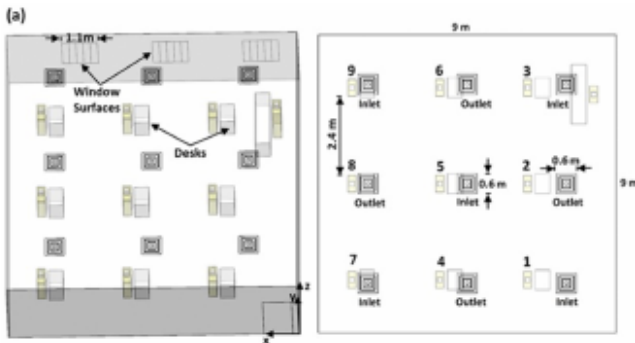
## Augmentation du débit d'air



- 1 enseignant infecté, 9 élèves
- Ventilation faible :  $18 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  à  $36 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  (10 400 ppm à 5 400 ppm)
- Les élèves sont exposés à **moins d'aérosols** chargés de virus **si le débit d'air augmente**
- "Computational investigation of prolonged airborne dispersion of novel coronavirus-laden droplets", Masashi Yamakawa et al, Journal of Aerosol Science (2021)
- Conseil : augmenter le débit des ventilations, allumer les hottes aspirantes



## Ouverture des fenêtres



- 1 enseignant, 9 élèves dont élève n° 5 infecté
- Ventilation mécanique forte :  $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  ( $< 500 \text{ ppm}$ ). Ouverture des fenêtres non recommandé a priori
- Mais, en moyenne, ouvrir les fenêtres réduit la transmission entre élèves de 80%
- "Numerical investigation of aerosol transport in a classroom with relevance to COVID-19", Mohamed Abuhegazy et al., Phys. Fluids (2020)

## Conclusion sur l'ouverture des fenêtres

"Ouvrez les fenêtres régulièrement (même dans les bâtiments ventilés mécaniquement)"

"Plus de ventilation c'est toujours mieux"

"Pendant les heures de présence, laissez les fenêtres partiellement ouvertes"

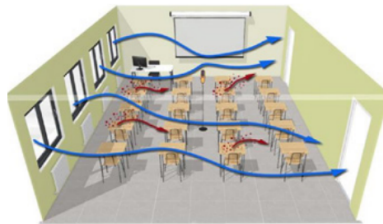
"Les purificateurs d'air enlèvent les particules de l'air"

"REHVA COVID-19 guidance document", November 17, 2020,

<https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance>



École en Nouvelle-Angleterre, début du XX<sup>e</sup> siècle, épidémie de tuberculose  
<https://www.washingtonpost.com/history/2020/09/14/>



"La ventilation doit être de préférence croisée, distribuée et constante."

"Guía práctica para ventilar manualmente la escuela",  
Red Argentina de Investigadoras e Investigadores de  
Salud