

Pour aller plus loin :
Quelques remarques sur le taux de renouvellement horaire

B. Maury, B. Semin, S. Faure

Que représente-t-il ?

Comment l'estimer ?

Comment l'utiliser ?

Taux de renouvellement horaire

Que représente-t-il ?

Il caractérise la qualité de ventilation d'une salle dans des conditions d'utilisation données (fenêtres / portes fermées ou ouvertes, présence d'une VMC active ou pas, ...), indépendamment du nombre d'occupants.

Si Q est le débit d'air extérieur rentrant dans la pièce par heure, et V le volume de la pièce, alors

$$R = Q/V$$

Il est exprimé en h^{-1}

Par exemple $R = 3 h^{-1}$ pour une salle de $100 m^3$ signifie que $300 m^3$ d'air extérieur rentre dans la pièce par heure. La même quantité d'air intérieur est sortie de la pièce dans le même temps.

Attention (principe de dilution) : $R = 1 h^{-1}$ ne signifie pas que l'air a été entièrement renouvelé au bout d'une heure. En réalité il reste autour d'un tiers de l'air initial.

L'inverse de R est un temps caractéristique. Par exemple $R = 3$ signifie qu'au bout d' $1/3$ d'heure (20 mn), l'air a été significativement renouvelé (aux $2/3$).

Pour R entre 10 et 15, tel que recommandé en milieu hospitalier, ce temps descend à ~ 5 mn.

Taux de renouvellement horaire

Comment l'estimer ?



Approche « plateau » : dans des conditions d'utilisation données, pour un nombre de personnes donné, le taux de CO₂ finit par se stabiliser à une certaine valeur C_p. L'écart de C_p au taux extérieur C_{ext} est inversement proportionnel au taux de renouvellement R, plus précisément

$$C_p - C_{ext} = \frac{nF}{RV}$$

Où

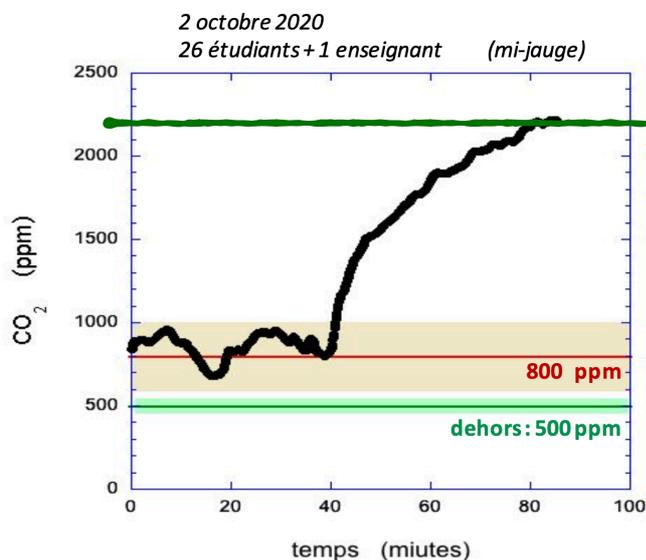
- n est le nombre de personnes présentes,
- F la production individuelle (par heure), de CO₂, exprimée en volume équivalent: F = 20 L h⁻¹ = 0.02 m³ h⁻¹
- V est le volume de la pièce

On en déduit donc l'expression de R en fonction de ces paramètres et de l'écart au taux extérieur (les taux doivent être ici être exprimés en fraction entre 0 et 1, c'est à dire que le nombre de ppm doit être divisé par 1 million)

$$R = \frac{nF}{V(C_p - C_{ext})}$$

Taux de renouvellement horaire

Approche plateau

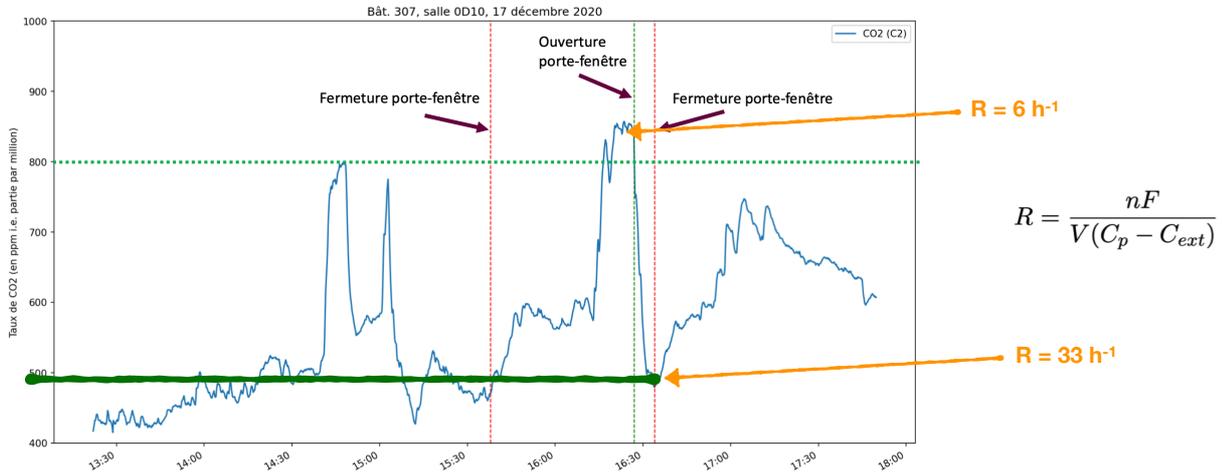


$$R = \frac{nF}{V(C_p - C_{ext})} = \frac{27 \times 0.02}{165 \times 0.0012} \approx 2.7 \text{ h}^{-1}$$

Taux de renouvellement horaire

Approche plateau (forte ventilation)

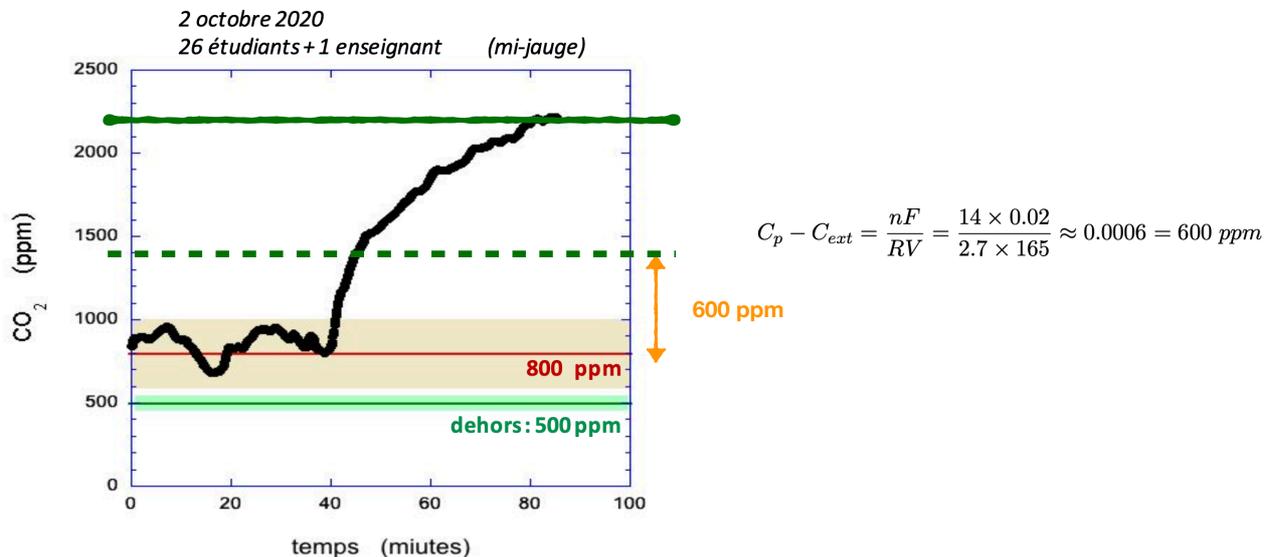
Volume : 200 m3, nombre de personnes : 21 (campus d'Orsay)



Taux de renouvellement horaire

Comment l'utiliser ?

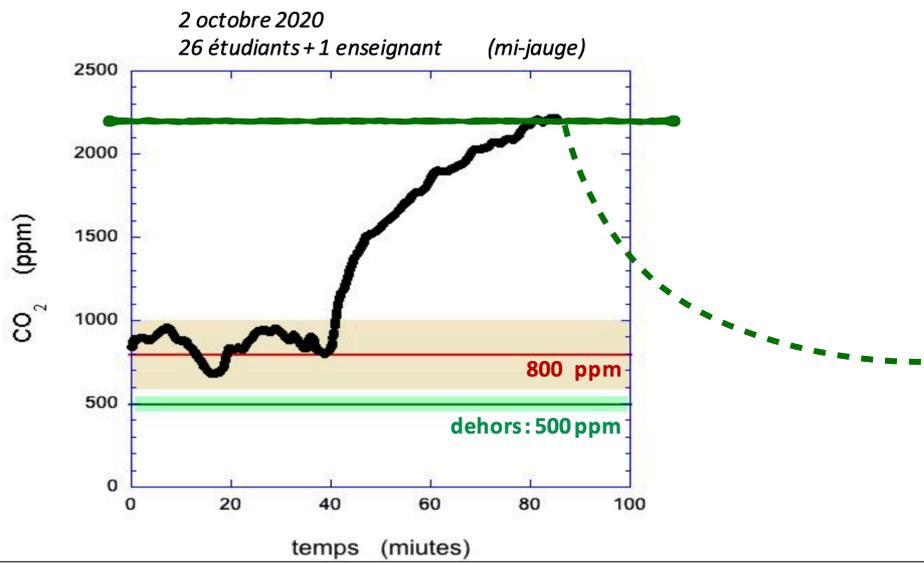
Utilisation 1 : si l'on connaît R, on peut prévoir ce que sera le taux pour un nombre de personnes arbitraire.
Par exemple, pour la même salle, à mi-jauge (13 étudiants), on aura a priori un taux de $800 + 600 = 1400 \text{ ppm}$



Taux de renouvellement horaire

Comment l'utiliser ?

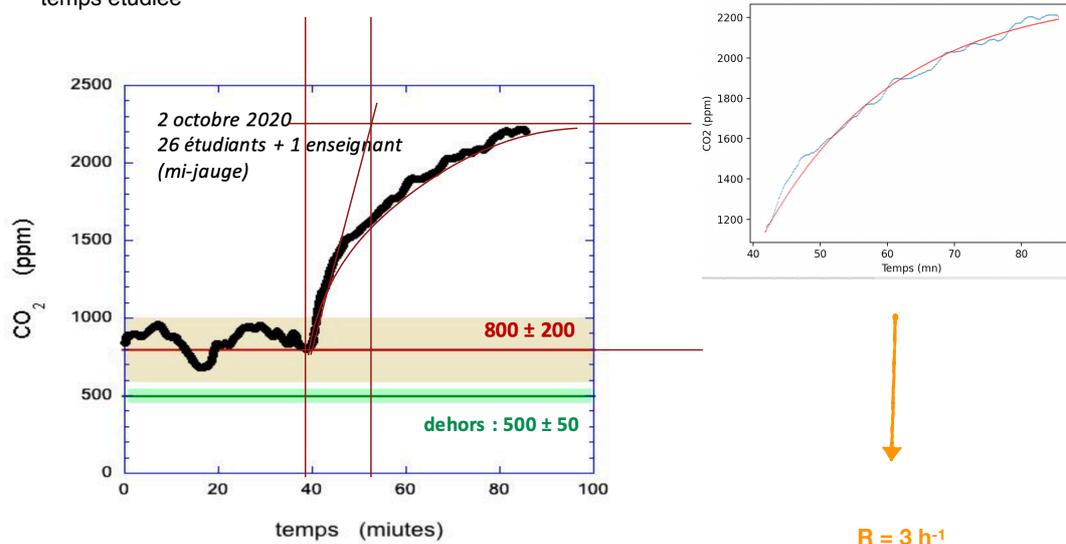
Utilisation 2: si l'on connaît R, on peut estimer le temps de retour à la normale après que la salle a été vidée
Ici : temps = 0.37 h = 22 mn



Taux de renouvellement horaire

Ajustement exponentiel (mode expert)

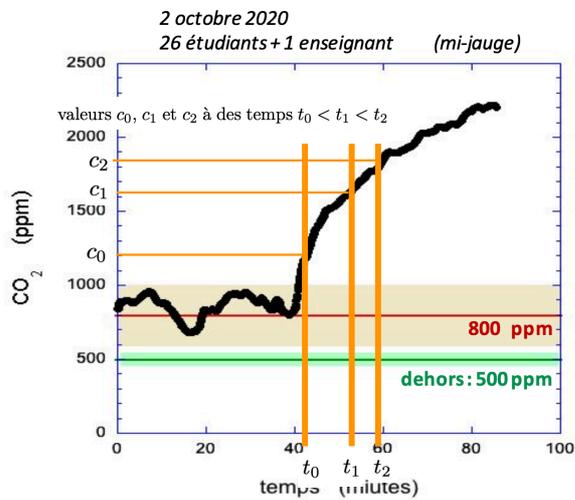
Ne nécessite aucune connaissance sur n ni V. Il faut juste être sûr que les conditions sont inchangées sur la plage de temps étudiée



Taux de renouvellement horaire

Formule à 3 points (mode expert)

Ne nécessite aucune connaissance sur n ni V. Il faut juste être sûr que les conditions sont inchangées sur la plage de temps étudiée



$$\hat{R} = R_{\text{ref}} \frac{\log\left(\frac{c_2 - c_0}{c_1 - c_0} - 1\right) - \log\left(\frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} - 1\right)}{\log\left(\frac{1 - e^{-R_{\text{ref}}(t_2 - t_0)}}{1 - e^{-R_{\text{ref}}(t_1 - t_0)}} - 1\right) - \log\left(\frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} - 1\right)}$$

$R = 2.7 \text{ h}^{-1}$

Taux de renouvellement horaire

Caractérise la qualité de ventilation d'une salle, dans des conditions d'utilisation donnée
(**indépendamment du nombre de personnes présentes**)

Facilement estimable (**une fois pour toute**) à partir de mesures de CO₂, même sans disposer de la courbe

Permet d'estimer à l'**avance** un taux de CO₂ en fonction de l'affluence attendue

