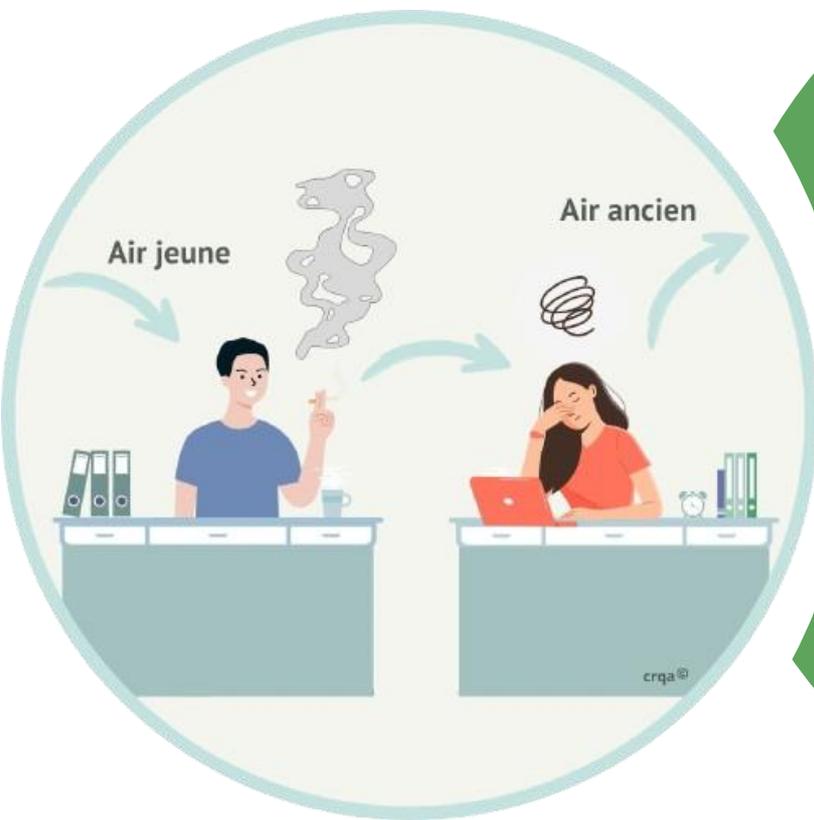


Mai 2025

## NOTE DE RÉFLEXION N°3

# L'ÂGE DE L'AIR



Le CRQA présente sa note de réflexion qui a pour objet de préciser et détailler la notion d'âge de l'air au sein d'un bâtiment, et ce, quelle que soit sa destination. Il est ici présenté en quoi cette prise en compte est un élément important de caractérisation de la qualité de la distribution de l'air au sein d'un local et donc finalement de la qualité de l'air intérieur pour le bien-être et la santé des occupants.

## OBJECTIFS DU CRQA

Le CRQA a pour travaux exclusifs des réflexions d'intérêt général sur des sujets liés à la qualité de l'air extérieur et intérieur, avec des objectifs de progrès pour nos concitoyens en bienveillance envers eux.

Le CRQA a également pour objectif de contribuer à la prise en compte de l'importance de la qualité de l'air et à destination de tous les publics.



## AUTEURS :



**Francis ALLARD**  
Scientifique  
Pr Enseignant (retraité)  
Université de La Rochelle  
AICVF



**Nicolas BLONDET**  
Spécialiste Qualité de l'air  
et CVC  
Animateur médias QA



**Denis CHARPIN**  
Médecin pneumologue  
allergologue  
Pdt APPA



**Sophie COEUDEVEZ**  
Ingénieure en santé dans  
le cadre bâti et urbain



**Christian FELDMANN**  
Scientifique  
REHVA fellow  
Ex directeur COSTIC



**Natacha KINADJIAN-  
CAPLAT**  
Dr. en chimie  
Experte en mesure QA et  
filtration



**Yves NIOCHE**  
Expert judiciaire  
tribunaux/assurances et  
spécialiste CVC



**Priscilla PETINGA**  
Experte judiciaire  
QAE/QAI  
Experte mesures QA



**Fabien SQUINAZI**  
Médecin biologiste  
Membre du HCSP  
Pdt commission risques  
liés à l'environnement



**Etienne WURTZ**  
Scientifique qualité de  
l'air et ventilation  
CEA



## Table des matières

<b>L'ÂGE DE L'AIR .....</b>	<b>1</b>
<b>Notion d'âge de l'air .....</b>	<b>1</b>
<b>Méthodes de mesure de l'âge de l'air :.....</b>	<b>3</b>
Méthode d'injection par impulsion .....	3
Méthode de croissance de la concentration .....	3
Méthode de décroissance de la concentration .....	4
<b>Conclusion : de l'intérêt de la prise en compte de l'âge de l'air .....</b>	<b>4</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>5</b>
<b>Mesure de l'âge local de l'air dans un local :.....</b>	<b>5</b>
Méthode de la décroissance de la concentration .....	5
Méthode à injection constante :.....	6
Méthode à injection pulsée : .....	7
<b>Âge local de l'air .....</b>	<b>8</b>
<b>Mesure de l'âge moyen du local :.....</b>	<b>8</b>
<b>Gaz traceurs .....</b>	<b>11</b>
<b>RÉFÉRENCES :.....</b>	<b>13</b>

## L'ÂGE DE L'AIR

### NOTION D'ÂGE DE L'AIR

**L'âge de l'air dans un local est une mesure de la durée de séjour de l'air jusqu'au point de mesure.**

L'air « le plus jeune » se trouve là où l'air extérieur entre dans la pièce, l'air « le plus ancien » peut être trouvé à tout autre endroit de la pièce en fonction des écoulements rencontrés. L'âge de l'air peut être considéré de deux manières différentes : l'âge local de l'air en un point donné de la pièce, et l'âge moyen de l'air dans le local.

La connaissance de l'âge local de l'air est nécessaire si l'on doit évaluer le renouvellement de l'air au niveau des occupants, des postes de travail, ou encore la répartition de l'air dans les bâtiments ventilés. Il est également utilisé dans la cartographie des flux d'air au sein d'une pièce du bâtiment. Le gros avantage de la connaissance de l'âge local de l'air est que les résultats s'appliquent à des points singuliers dans la pièce. De ce fait, les zones d'air stagnant peuvent être localisées dans la pièce et l'alimentation en air de ventilation, à hauteur de tête aux postes de travail individuels, peut, par exemple, être évaluée.

**L'âge moyen de l'air d'un local** est un nombre qui quantifie la performance d'une stratégie de ventilation qu'elle soit naturelle ou mécanique. Il prend en compte à la fois **la quantité d'air de ventilation fournie au local et l'efficacité avec laquelle l'air de ventilation est distribué au sein de la pièce.**

L'âge moyen de l'air est mesuré soit en moyennant les âges locaux mesurés en différents points d'un local soit dans le conduit d'air extrait. Cette dernière mesure n'est cependant pas toujours fiable dans les cas où une grande partie de l'air quitte la pièce par d'autres orifices, par exemple, par une exfiltration aléatoire.



#### *Notion d'âge de l'air*

L'âge moyen minimum de l'air d'un local se produit lorsqu'on a un écoulement piston parfait (ventilation par déplacement) à travers cette pièce. L'écoulement piston se caractérise par le fait que l'air le plus ancien se trouve naturellement au niveau des bouches d'extraction. Au contraire, si l'air de la pièce est parfaitement mélangé (mélange parfait), l'âge moyen de l'air sera le double de celui rencontré avec un écoulement piston. Dans ce dernier cas d'un mélange parfait, l'âge local de l'air est le même en tout point de la pièce ainsi que dans le conduit d'air extrait.

En résumé, dans une ventilation par déplacement, l'air neuf remplace l'air vicié de manière plus directe et plus rapide, réduisant ainsi l'âge moyen de l'air par rapport à une ventilation par mélange où l'air ancien et le nouvel air s'équilibrent avant d'être évacués. Cela explique pourquoi l'âge moyen de l'air est plus faible avec la ventilation par déplacement. S'il existe dans le local des zones d'air stagnant en raison, par exemple, d'un court-circuit de l'air soufflé, l'âge moyen de l'air dans la pièce sera alors supérieur à celui du mélange parfait. Les zones stagnantes se caractérisent en effet par un air extrait qui devient plus jeune que l'air moyen de la pièce.

Les avantages de la ventilation par déplacement et les inconvénients du court-circuit peuvent être illustrés en considérant une pièce dans laquelle, à la fois, les polluants et la chaleur sont générés uniformément.

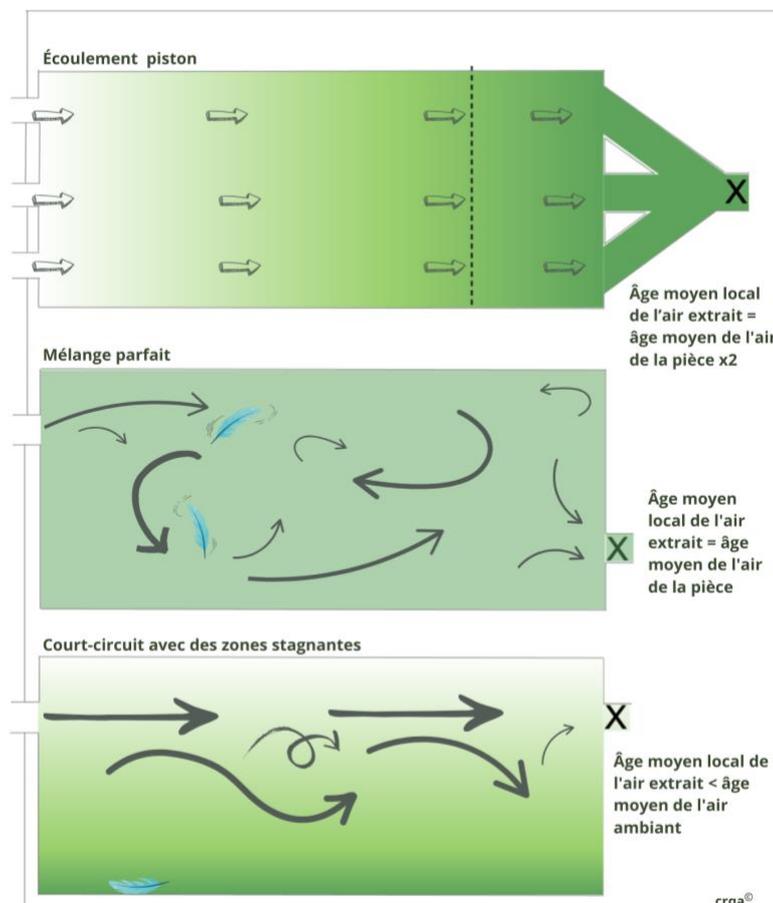
Les avantages de la ventilation :

- Avec l'écoulement piston, l'air, en son point d'extraction, sera plus chaud et contiendra une concentration maximale de polluants supérieure à la moyenne de la pièce.
- A l'inverse, avec un écoulement moins performant comprenant un court-circuit, l'air extrait sera à la fois plus frais et contiendra une concentration de polluants plus faible que la moyenne des concentrations dans la pièce.

L'efficacité avec laquelle le système de ventilation renouvelle l'air intérieur peut être calculée en divisant l'âge moyen de l'air mesuré dans l'air extrait par deux fois l'âge de l'air moyen de la pièce.

L'âge moyen de l'air extrait est égal au volume effectif de la pièce divisé par le débit d'air extrait.

Ainsi, l'écoulement par piston, par hypothèse, fait que l'air passe d'un état de 0 à 1 depuis son entrée à son point d'extraction, alors que dans le cas du mélange parfait c'est la moyenne entre 0 et 1, donc  $\frac{1}{2}$  qui est considérée.



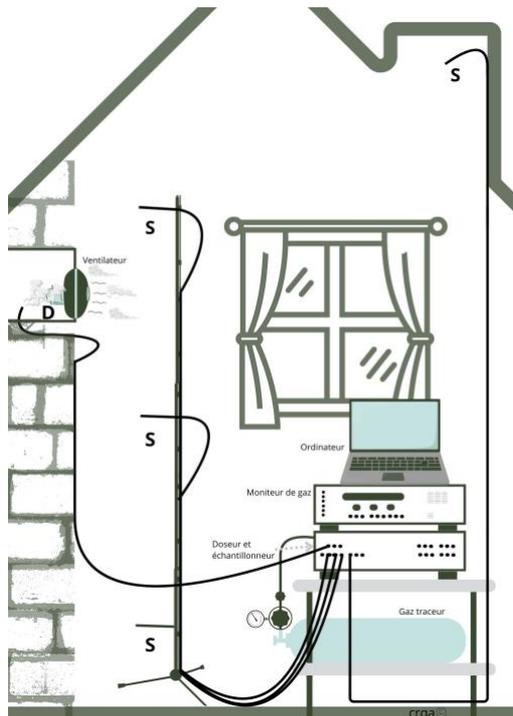
*Influence des écoulements internes sur l'âge de l'air moyen d'un local*

## MÉTHODES DE MESURE DE L'ÂGE DE L'AIR :

Il existe trois méthodes basées sur les gaz traceurs pour mesurer l'âge de l'air :

- **L'injection par impulsion**
- **La croissance de la concentration**
- **La décroissance de la concentration.**

Une annexe technique présente en détail ces 3 méthodes.



### *Dispositif de mesure de l'âge de l'air à l'aide de gaz traceur*

L'équation permettant de calculer l'âge de l'air se trouve également en annexe.

### MÉTHODE D'INJECTION PAR IMPULSION

Avec la **méthode d'injection par impulsion**, l'air de ventilation entrant dans la pièce est marqué par des impulsions de gaz traceur (pt. D dans la figure) à des moments précis et la concentration de gaz traceur dans le conduit d'extraction ainsi qu'à des points d'intérêt dans la pièce est surveillée (pts. S). Les avantages de cette méthode sont qu'elle est rapide et qu'elle nécessite relativement peu de gaz traceur. Le principal inconvénient est qu'il est difficile d'obtenir des mesures suffisamment rapides de la concentration de gaz traceur dans la pièce.

### MÉTHODE DE CROISSANCE DE LA CONCENTRATION

Avec la méthode de **croissance de la concentration** de gaz traceur, l'air de ventilation est introduit dans la pièce en continu et la concentration de gaz traceur est mesurée sur une période donnée. L'augmentation de la concentration de gaz traceur dans l'air de la pièce est suivie jusqu'à atteindre un état d'équilibre. L'âge de l'air est ensuite calculé à partir de la courbe de croissance de la concentration. Cette méthode est avantageuse car elle fournit des données plus simples



à interpréter et permet un suivi continu de la concentration de gaz traceur. Cependant, elle peut nécessiter un temps d'attente plus long pour obtenir des résultats stables et requiert un équipement pour mesurer la concentration de manière précise et continue. Un gros inconvénient de la méthode est que seule la distribution de l'air de soufflage fournie par le système de ventilation est mesurée.

## MÉTHODE DE DÉCROISSANCE DE LA CONCENTRATION

La mesure avec la **méthode de décroissance de la concentration de gaz traceur** est la plus populaire des méthodes pour déterminer l'âge de l'air.

Elle est très similaire à la méthode de décroissance de la concentration basée sur le taux d'échange d'air, à la différence qu'aucun mélange de l'air de la pièce ne se produit après que le gaz traceur a déjà été parfaitement mélangé dans l'air de la pièce.

Les trois méthodes permettant de mesurer l'âge de l'air par utilisation d'un gaz traceur sont discutées plus en détail dans l'annexe technique suivante.

## CONCLUSION : DE L'INTÉRÊT DE LA PRISE EN COMPTE DE L'ÂGE DE L'AIR

Cette notion qui mérite de devenir une pratique usitée largement dans les locaux de tous types et pour tous les publics permet de mettre en évidence de façon rapide et simple le bon fonctionnement de toute stratégie de ventilation, qu'elle soit naturelle ou mécanique.

Dans une première approche la mesure de l'âge moyen de l'air d'un local permet de mettre en évidence l'existence de zones mortes ou de courts circuits.

Dans une approche plus fine, l'âge local de l'air permet de mettre en évidence l'apport d'air de ventilation aux points d'intérêt que sont les postes de travail ou plus généralement de séjour des usagers d'un local.

Des avantages certains sur le plan hygiénique/santé/environnemental et de tous les coûts techniques et sociétaux induits. Une vraie prise en compte performancielle des stratégies de ventilation.

## ANNEXES

### MESURE DE L'ÂGE LOCAL DE L'AIR DANS UN LOCAL :

L'âge local de l'air est mesuré à partir de la distribution en fréquences des âges de l'air en un point de la zone ventilée, et ce, à partir des valeurs de concentrations de gaz traceur [1, 2, 3]. On distingue principalement trois techniques de mesures. Il s'agit d'ailleurs de techniques utilisées aussi pour la mesure des taux de ventilation :

- Décroissance de la concentration
- Injection constante
- Injection pulsée

### MÉTHODE DE LA DÉCROISSANCE DE LA CONCENTRATION

Lorsqu'il s'agit de la technique de décroissance, méthode la plus utilisée, le gaz traceur est injecté dans la bouche de soufflage ou directement dans la zone ventilée tout en assurant le mélange. Sous l'effet de la ventilation, des infiltrations ou de l'aération, la concentration du gaz décroît de manière exponentielle jusqu'à évacuation totale de tout le gaz. Ce qui peut être soit une valeur nulle pour un gaz non présent dans l'air ambiant ( $SF_6$ ) ou en concentration de fond pour un gaz présent dans l'air ambiant ( $CO_2$ ).

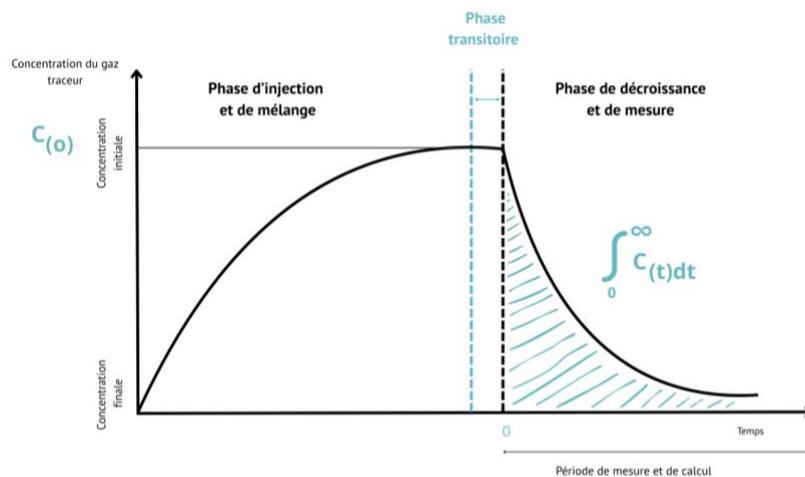


Figure 1 : Schématisation de la technique de décroissance

L'âge moyen local de l'air est alors calculé en fonction des concentrations durant la décroissance et de la concentration initiale (avant le début de la décroissance). La norme internationale NF EN ISO 16000-8 [4] préconise un calcul par intégrale à partir du quotient de l'intégrale de la courbe de concentration et de la concentration initiale.

$$\bar{\tau}_p = \frac{\int_0^{\infty} C(t) dt}{C(0)}$$

Avec :

$\bar{\tau}_p$  = âge moyen local [h]

$C(0)$  = concentration du gaz traceur avant le début de la décroissance [ppm]

L'intégrale est alors résolue numériquement :

$$\int_0^{\infty} C(t) dt = \int_0^e C(t) dt + \int_e^{\infty} C(e) dt \cdot e^{\lambda_{tail}(t-e)} \cdot dt$$

Avec :

$e$  = temps correspondant au début de la courbe exponentielle [h]

$\lambda_{tail}$  = valeur absolue de la pente calculée sur la courbe logarithmique de concentration sur la phase exponentielle ( $h^{-1}$ )

$$\lambda_{tail} = \frac{\ln C(e) - \ln C(t)}{t - e}$$

Il est important de noter que le calcul ne se fait que sur la partie exponentielle de la courbe. Il faut alors dans un premier temps afficher la courbe et choisir la section de courbe correspondante [4].

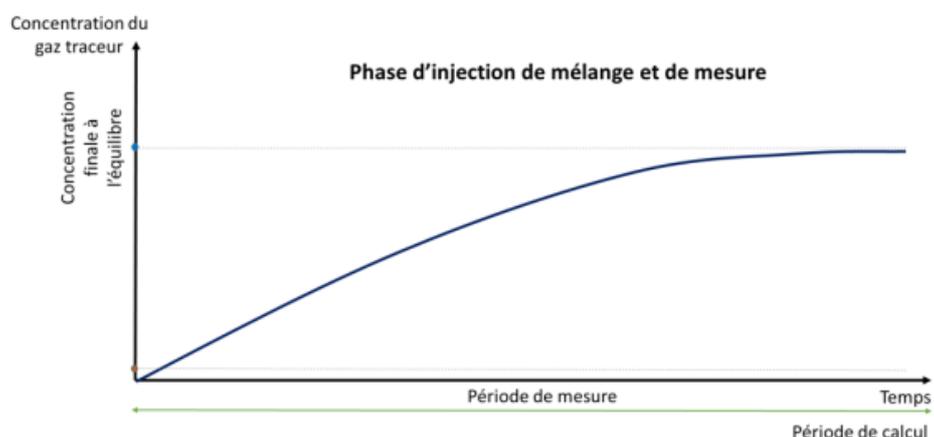
$$\lambda_{tail} = \frac{\ln C(e) - \ln C(t)}{t - e}$$

La particularité de cette technique est qu'elle consiste en une méthode de traçage inverse. C'est-à-dire que l'air est d'abord tracé par le gaz injecté et c'est l'air frais qui est soufflé dans la zone ventilée. D'autre part, cette technique est la seule qui peut être utilisée en ventilation naturelle ou mixte. L'injection au soufflage n'est pas obligatoire ce qui permet de faire abstraction de tout composant mécanique (bouches de soufflage et d'extraction). Enfin, un des avantages les plus conséquents que présente cette technique est le fait qu'elle permette de mesurer l'âge local de l'air en prenant en compte les infiltrations. En effet, contrairement aux autres techniques où le gaz traceur est obligatoirement injecté au soufflage, l'air frais qui peut provenir de la ventilation ou de défauts d'étanchéité à l'air (air non tracé).

### MÉTHODE À INJECTION CONSTANTE :

Lorsqu'il s'agit de la technique d'injection constante, le gaz traceur est injecté dans la bouche de soufflage à débit constant jusqu'à attendre la concentration d'équilibre tout comme la technique d'injection constante stationnaire utilisée pour la mesure du débit de ventilation. L'âge local de l'air est alors calculé en fonction des concentrations de gaz traceur à l'équilibre et du débit de gaz injecté.

Figure 2 : schématisation de la technique à injection constante



La norme NF EN ISO 16000-8 [4] préconise un calcul à l'équilibre selon la formule suivante :

$$\bar{\tau}_p = \frac{C(\text{équilibre})}{QT/V}$$

Avec :

$C(\text{équilibre})$  = concentration du gaz traceur à l'équilibre [ppm]

$QT/V$  = débit de gaz injecté ramené au volume de la zone ventilée [ppm]

L'âge local peut aussi être obtenu par intégrale selon la formule proposée par Roulet [2] :

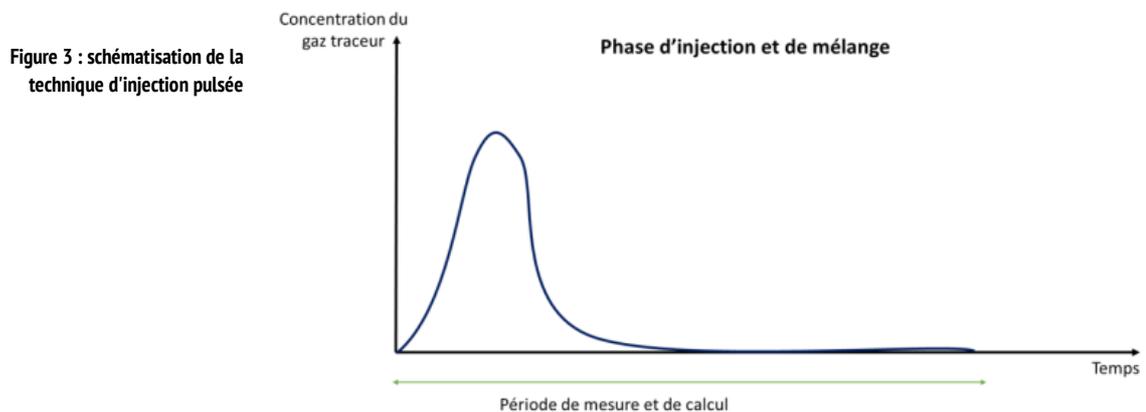
$$\bar{\tau}_p = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{C(t)}{C(\infty)}\right) dt$$

Avec :

$C(\infty)$  = la concentration du gaz traceur à l'équilibre [ppm]

### MÉTHODE À INJECTION PULSÉE :

Enfin pour la méthode à injection pulsée, l'injection est effectuée au soufflage.



Le calcul de l'âge de l'air dans ce cas est effectué selon la formule suivante :

$$\bar{\tau}_p = \frac{\int_0^{\infty} t \cdot C(t) dt}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$$



## ÂGE LOCAL DE L'AIR

Si la notion d'âge de l'air pour un local permet de caractériser l'efficacité de la ventilation pour l'ensemble du volume traité il peut être intéressant d'analyser plus finement certaines zones des pièces d'un logement ou, pour les bâtiments à usage de bureaux, les espaces dédiés aux postes de travail par exemple.

La géométrie générale des lieux, l'emplacement des bouches de soufflage, celui des bouches d'extraction ou les exutoires tels que les passages ménagés par le détalonnage des portes peuvent influencer significativement l'écoulement de l'air dans le volume général d'un local créant ainsi des zones moins irriguées que d'autres en air neuf.

La méthodologie de mesure reste la même que celle présentée plus haut, seul diffère le choix de l'emplacement où se trouvera installé le dispositif de prélèvement de l'air (tête de lit par exemple dans une chambre, positionnement à hauteur de visage du côté du siège occupé par un personnel en poste assis à un bureau dans un bâtiment tertiaire.

## MESURE DE L'ÂGE MOYEN DU LOCAL :

D'un point de vue théorique, l'âge moyen de la zone ventilée est estimé à travers une moyenne spatiale de l'ensemble des âges locaux de la zone en question. En pratique, ce concept est limité par le nombre de points de mesures possibles. Ce qui requiert des hypothèses simplificatrices. Il existe alors trois possibilités pour la mesure de l'âge moyen de la zone ventilée.

La première possibilité et la plus simple est d'appliquer une moyenne sur les âges locaux mesurés. Pour un nombre de points de mesure  $N$ , l'âge moyen de la zone ventilée est une moyenne des  $N$  âges locaux [2] :

$$\langle \tau \rangle = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{N}$$

Avec :

$\langle \tau \rangle$  = âge moyen de la zone ventilée [h]

$\tau_i$  = âge moyen local au point  $i$  [h]

$N$  = nombre de points de mesure

Cependant, il est important de noter que cette méthode peut présenter des imprécisions à cause du nombre limité de points de mesure. A titre d'exemple, si une zone morte présentant un âge élevé n'est pas mesurée, l'âge moyen du local serait biaisé et sous-estimé. Ainsi, la répartition des points de mesure doit être faite pour représenter de façon optimale l'ensemble des sous zones de la zone ventilée. Il serait alors plus judicieux de cartographier la zone ventilée en choisissant des points de mesure représentatifs. Roulet a proposé une méthode pour cartographier une zone ventilée à partir d'un nombre minimum de mesures permettant ainsi d'avoir une mesure plus précise et plus réaliste des âges locaux. Une moyenne est ensuite appliquée sur ces âges locaux pour obtenir l'âge moyen de la zone ventilée.

Si on considère l'âge local comme étant une variable  $(x, y, z)$ , l'interpolation entre chaque point de la zone ventilée permet de donner une carte des âges locaux. Cependant, le nombre de points de mesure limite la faisabilité de ces interpolations. A titre d'exemple si on discrétise chaque axe à 5 points, le nombre de point de mesure s'élèverait à 125. Roulet [3] a alors proposé une méthodologie qui permet de cartographier les âges locaux avec un minimum de mesures en développant la fonction  $v(x, y, z)$  en série de Taylor autour de chaque point de mesure. Pour un modèle linéaire (1



degré), le nombre minimum de point de mesure est de 4. Les coefficients d'interpolation sont alors obtenus par régression linéaire en moindres carrés :

$$v = a + \sum_i b_i x_i$$

Avec :

$x_i$  = coordonnées spatiales (x, y, z)

$a$  et  $b_i$  = coefficients d'interpolation

Pour un modèle quadratique, le nombre minimum de points de mesure s'élève à 10 :

$$v = a + \sum_i b_i x_i + \sum_i b_{ij} x_i x_j + \sum_{i \neq j} b_{ii} x_i^2$$

Un modèle intermédiaire a été proposé par Roulet [3] en appliquant un modèle en interaction avec un nombre minimum de point de mesure de 7 :

$$v = a + \sum_i b_i x_i + \sum_i b_{ij} x_i x_j$$

Ces modèles peuvent aussi être appliqués pour des représentations en deux dimensions, ce qui réduit le nombre de points de mesure. Le tableau 1 dû à Roulet résume le nombre de points de mesure correspondant à chaque modèle pour des représentations en deux et trois dimensions.

**Tableau 1 : nombre minimum de points de mesure pour chaque modèle en 2D et 3D [3]**

Modèle/ Dimensions	Linéaire	Interaction	Quadratique	Cubique	4 ème degré
2 D	3	4	6	10	15
3 D	4	7	10	20	35

D'autre part, le choix des points de mesure dans la zone ventilée peut porter préjudice notamment lorsqu'il s'agit d'un modèle réduit (linéaire). Ainsi, tous les points de mesure près des murs, plafond et du plancher sont exclus puisqu'ils ne sont pas représentatifs de la zone ventilée en termes d'âge de l'air et du fait de la présence d'éventuelles couches limites ou zones mortes. Les modèles imposent alors une distance de sécurité de l'ordre de 0,1 fois la dimension caractéristique de la zone ventilée (maximum des dimensions en longueur, largeur et hauteur). Ce qui fait que la zone cartographiée peut être réduite de près de 20% de la zone réelle en termes de volume.

Le tableau 1 résume les dispositions de points de mesure proposées par Roulet [9] en fonction du modèle et de la dimension. Il s'agit d'une représentation simplifiée par matrice rectangulaire.

Enfin, pour le calcul de l'âge moyen de la zone ventilée, Roulet [3] propose l'utilisation des coefficients d'interpolation. Pour un modèle linéaire, l'âge moyen de la zone sera égal au premier terme :

$$\langle \tau \rangle = a$$



Pour un modèle quadratique, l'âge moyen de la zone ventilée sera égal à la somme du premier terme et de deux tiers des autres coefficients :

$$\langle \tau \rangle = a + \frac{2}{3} \sum_i b_{ii}$$

Enfin, dans le cas d'un système de ventilation avec une bouche d'extraction, il est possible d'obtenir l'âge moyen du local en fonction de l'âge local à l'extraction [2]. Cette méthode part du principe qu'en présence d'une seule extraction, la totalité des polluants est amenée à passer à travers l'extraction. L'âge moyen du local est alors calculé indépendamment de la distribution des âges locaux dans la zone ventilée.

**Pour la technique de décroissance de concentration**, l'âge local peut être moyenné sur l'ensemble de la zone ventilée [2] :

$$\langle \tau \rangle = \frac{\int_0^{\infty} \langle C(t) \rangle dt}{C(0)}$$

Cependant, pour éviter les erreurs produites par une distribution spatiale non adéquate, l'âge moyen du local est de manière très générale exprimé en fonction de l'âge local à l'extraction, et ce, en appliquant le bilan de masse pour estimer la quantité de gaz extrait [2] :

$$\int_0^{\infty} \langle C(t) \rangle dt = \frac{Q}{V} \int_0^{\infty} t C_e(t) dt$$

Avec :

$C_e$  = concentration du gaz traceur à l'extraction [ppm]

L'âge moyen de la zone ventilée est alors donné par la formule suivante [2] :

$$\langle \tau \rangle = \frac{Q}{V} \int_0^{\infty} t \left( \frac{C_e(t)}{C_e(0)} \right) dt$$



Pour la technique, d'injection constante, il s'agit d'appliquer la même procédure. En moyennant l'âge local sur l'ensemble des points de la zone ventilée, l'équation devient [2] :

$$\langle \tau \rangle = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{\langle C(t) \rangle}{C(\infty)}\right) dt$$

En appliquant un bilan de masse, on obtient alors la formule suivante [2] :

$$\int_0^{\infty} \left(1 - \frac{\langle C(t) \rangle}{C(\infty)}\right) dt = \frac{Q}{V} \int_0^{\infty} t \left(1 - \frac{C_e(t)}{C(\infty)}\right) dt$$

L'âge moyen de la zone ventilée est alors calculé selon la formule suivante [2] :

$$\langle \tau \rangle = \frac{Q}{V} \int_0^{\infty} t \left(1 - \frac{C_e(t)}{C_e(\infty)}\right) dt$$

Pour la technique d'injection pulsée, la moyenne spatiale des âges locaux l'équation 72 devient [2] :

$$\langle \tau \rangle = \frac{\int_0^{\infty} t \cdot \langle C(t) \rangle dt}{\int_0^{\infty} \langle C_e(t) \rangle dt}$$

En appliquant un bilan de masse, on obtient alors la formule suivante [2] :

$$\int_0^{\infty} t \cdot \langle C(t) \rangle dt = \frac{Q}{2V} \int_0^{\infty} t^2 C_e(t) dt$$

L'âge moyen de la zone ventilée est alors obtenu selon la formule suivante [25] :

$$\langle \tau \rangle = \frac{Q}{2V} \frac{\int_0^{\infty} t^2 C_e(t) dt}{\int_0^{\infty} C_e(t) dt}$$

## GAZ TRACEURS

La mesure s'effectue à l'aide d'un dispositif incluant un analyseur pour la mesure des concentrations de gaz traceur, un injecteur qui permet de mesurer et de contrôler le débit de gaz injecté. [ ]

Le gaz traceur doit répondre à des critères de sécurité et de mesure. Un gaz traceur idéal devrait avoir les caractéristiques suivantes [6,7] :

- Le gaz traceur ne doit pas être présent en grande quantité (concentration), cela modifie les mesures de concentrations. Ou, s'il est présent, sa concentration doit être constante.



- La densité du gaz traceur doit être proche de la densité de l'air afin de faciliter le brassage.
- Pendant les mesures il ne doit pas y avoir de réactions entre le gaz traceur d'autres substances.
- Le gaz traceur ne doit pas se déposer ou être absorbé par les surfaces ou d'autres objets de la pièce.
- Le gaz traceur doit être facilement disponible et à coût raisonnable. C'est-à-dire, qu'il doit être dans les stocks de plusieurs fournisseurs de gaz.
- Le gaz traceur doit être mesurable par des équipements commerciaux qu'on peut facilement se procurer.
- Il doit être non-toxique, non-inflammable, et écologique.

Une grande variété de gaz est utilisée comme gaz traceur. Les traceurs les plus utilisés sont le CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone), le N<sub>2</sub>O (oxyde nitreux) et SF<sub>6</sub> (hexafluorure de soufre).

- Le CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) est un bon gaz traceur car il a une masse moléculaire similaire à l'air et est facilement mélangé avec de l'air. Toutefois, il a une concentration d'environ 400/450 ppm de fond (naturellement présent dans l'air) et elle est produite par des personnes et par la combustion des combustibles dans des espaces occupés. L'effet de la production devrait être compensé.
- Le SF<sub>6</sub> n'est pas présent dans l'air ambiant normal et peut être utilisé à des concentrations très faibles. Ceci minimise la quantité de gaz traceur nécessaire pour un test. Cependant, il a un poids moléculaire cinq fois supérieure à celui de l'air et doit être dilué et / ou bien mélangé avec l'air environnant lors de l'injection [7].
- Quant au traceur fluoré (IRP) et fréons, ils peuvent être utilisés dans les méthodes passives et multi-traceuses. Certaines propriétés des gaz traceurs les plus couramment utilisés sont données dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Caractéristiques des gaz traceurs les plus utilisés.**

<i>Gaz</i>	<i>Masse moléculaire [kg/mol]</i>	<i>Densité (15°) [kg/m<sup>3</sup>]</i>	<i>Concentration maximale acceptable [ppm]</i>	<i>Concentration en air ambiant [ppm]</i>
Dioxyde de Carbone	44	1.98	4000	400 à 450
Fréon 12	121	5.13	0.05	-
Hélium	4	0.17	-	5.24
Oxyde nitreux	44	1.85	25	0.1
Hexafluorure de soufre	146	6.18	1000	0.1
IRP	200÷400	-	-	0.001 ppb

Pour les mesures de qualité de l'air, le gaz traceur doit être bien mélangé dans l'espace de test. Ceci est habituellement réalisé à l'aide de petits ventilateurs de mélange.



## RÉFÉRENCES :

- [1] Yacine Allab, Évaluation expérimentale des performances des systèmes de ventilation dans le bâtiment : efficacité de ventilation et confort thermique, thèse de doctorat, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 2017.
- [2] Roulet C.A., Vandaele L., Air Infiltration and Ventilation Centre & IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme Annex V Air Infiltration and Ventilation Centre, "Technical note AIVC 34: airflow patterns within buildings measurement techniques". AIVC, IEA, 1991.
- [3] Sutcliffe H., "Technical Note AIVC 28: A Guide to Air Change Efficiency". AIVC-TN28-90, ISSN : 0946075433, 1990.
- [3] Norme EN NF ISO 16000-8 : Air intérieur -- Partie 8 : Détermination des âges moyens locaux de l'air dans des bâtiments pour caractériser les conditions de ventilation, 2007.
- [4] Roulet C. A, in Awbi H., "Ventilation systems: design and performance". Taylor & Francis, ISBN-13: 978-0419217008, ISBN-10: 1420066501, 2007.
- [5] Roulet C. A. in Awbi H., "Ventilation systems: design and performance". Taylor & Francis, ISBN-13: 978-0419217008, ISBN-10: 1420066501, 2007.
- [6] Laussmann D., Helm D., "Air Change Measurements Using Tracer Gases". INTECH, Environmental Sciences, Chemistry, Emission Control, Radioactive Pollution and Indoor Air Quality, book edited by Nicolas Mazzeo, ISBN 978-953-307-316-3, 2011.
- [7] Hwataik H., "Ventilation Effectiveness Measurements Using Tracer Gas Technique". Fluid Dynamics, Computational Modeling and Applications, 41–66, 2012.

**CRQA**  
Cercle de Réflexion sur la Qualité de l'Air

 [crqa.org](http://crqa.org)

 [contact@crqa.org](mailto:contact@crqa.org)

 [CRQA Cercle de Réflexion sur la Qualité de l'Air](#)

