
**Performance thermique des bâtiments
et des matériaux — Détermination
du débit d'air spécifique dans les
bâtiments — Méthode de dilution de
gaz traceurs**

*Thermal performance of buildings and materials — Determination of
specific airflow rate in buildings — Tracer gas dilution method*

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Choix de la méthode de mesure	2
4.1 Généralités	2
4.2 Méthode par décroissance de la concentration	4
4.2.1 Principe	4
4.2.2 Méthode par décroissance à deux points	5
4.2.3 Méthode par décroissance multipoint	6
4.2.4 Méthode par concentration dégressive du gaz d'évacuation	6
4.2.5 Méthode par impulsions	7
4.3 Méthode par dose continue	7
4.3.1 Principe	7
4.3.2 Méthode par moyenne de la concentration inverse	8
4.3.3 Méthode par concentration moyenne	9
4.3.4 Méthode par concentration stationnaire	9
4.4 Méthode par concentration constante	10
4.5 Type de gaz traceur	10
4.6 Appareillage de mesure	11
4.6.1 Généralités	11
4.6.2 Dispositif de dosage du gaz traceur	13
4.6.3 Appareillage d'échantillonnage de gaz traceur	13
4.6.4 Analyseur de gaz	13
5 Mode opératoire	14
5.1 Préparation du bâtiment	14
5.2 Mesurages complémentaires	14
5.3 Méthode par décroissance de la concentration	14
5.3.1 Calcul pour les méthodes à deux points et multipoint	14
5.3.2 Mode opératoire pour les méthodes à deux points et multipoint	15
5.3.3 Calcul pour la méthode par concentration dégressive du gaz d'évacuation et pour la méthode par impulsions	16
5.3.4 Mode opératoire de la méthode par concentration dégressive du gaz d'évacuation et de la méthode par impulsions	17
5.4 Méthode par dose continue	22
5.4.1 Calcul pour la méthode par moyenne de la concentration inverse	22
5.4.2 Mode opératoire de la méthode par moyenne de la concentration inverse	22
5.4.3 Calcul pour la méthode par concentration moyenne	23
5.4.4 Mode opératoire de la méthode par concentration moyenne	25
5.4.5 Calcul pour la méthode par concentration stationnaire	25
5.4.6 Mode opératoire de la méthode par concentration stationnaire	26
5.5 Méthode par concentration constante	27
5.5.1 Calcul pour la méthode par concentration constante	27
5.5.2 Mode opératoire pour la méthode par concentration constante	28
6 Précision	29
6.1 Généralités	29
6.2 Mode opératoire du dosage du gaz traceur et répartition de la concentration dans la pièce	30
6.3 Méthode d'échantillonnage et de stockage du gaz traceur	30
6.4 Instruments de mesure de la concentration en gaz traceur	30
6.4.1 Généralités	30

6.4.2	Résolution.....	30
6.4.3	Dérive de l'analyseur de gaz traceur.....	30
6.4.4	Précision de l'analyseur de gaz traceur.....	30
6.4.5	Étalonnage de l'analyseur de gaz traceur.....	30
6.4.6	Concentration du gaz étalon.....	31
6.5	Variations du vent et de la température de l'air extérieur, et programmation du système de conditionnement de l'air.....	31
7	Rapport d'essai.....	31
7.1	Généralités.....	31
7.2	Détails nécessaires à l'identification de la simulation de l'essai.....	32
7.3	Détails des systèmes de chauffage et de ventilation.....	32
7.4	Conditions d'essai et appareillage.....	32
7.5	Données recueillies et résultats.....	32
7.6	Date de l'essai.....	33
Annexe A (normative) Intervalles de confiance.....		34
Annexe B (normative) Méthode pour l'estimation simultanée du taux de ventilation Q_v et du volume de la zone de mélange réelle V_{emz}[3][4].....		38
Annexe C (informative) Considérations lors du mesurage du taux de ventilation de grands espaces.....		43
Annexe D (informative) Effets d'une différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, variation de température et variation de la concentration de l'air extérieur pendant la période de mesure.....		44
Annexe E (informative) Méthodes de minimisation de l'erreur d'estimation pour la mesure de la décroissance à deux points et multipoint.....		48
Annexe F (informative) Analyse de la propagation des erreurs.....		53
Bibliographie.....		55

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html

Le présent document a été élaboré par le Comité technique ISO/TC 163, *Performance thermique et utilisation de l'énergie en environnement bâti*, sous-comité SC 1, *Méthodes d'essais et de mesurage*.

La présente troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 12569:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Introduction

L'objectif de la ventilation est de maintenir un état d'hygiène convenable dans une pièce en introduisant de l'air extérieur et en diluant ainsi les contaminants, la chaleur, l'humidité ou l'odeur produite dans la pièce, et en les évacuant. En termes d'économies d'énergie, il est également important de maintenir la ventilation au taux exigé, afin de réduire autant que possible la perte et le gain de chaleur dans le cadre du conditionnement de l'air. Il est souvent nécessaire de mesurer les débits d'air, par exemple, pour vérifier si la performance d'un système de ventilation correspond aux prévisions, pour évaluer l'intensité de la source des contaminants, pour s'assurer que les contaminants sont bien éliminés, etc. Les méthodes décrites ici peuvent être utilisées pour mesurer le taux de ventilation ou le débit d'air spécifique.

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Performance thermique des bâtiments et des matériaux — Détermination du débit d'air spécifique dans les bâtiments — Méthode de dilution de gaz traceurs

1 Domaine d'application

Le présent document établit des méthodes permettant d'obtenir le taux de ventilation ou le débit d'air spécifique dans un espace intérieur d'un bâtiment (considéré comme ne comprenant qu'une seule zone) à l'aide d'un gaz traceur.

Les méthodes de mesure s'appliquent aux espaces où les conditions combinées relatives à l'uniformité de la concentration du gaz traceur, le mesurage de la concentration du gaz, la zone de mélange réelle et/ou la fluctuation de la ventilation sont satisfaites.

Le présent document donne trois méthodes de mesure à l'aide d'un gaz traceur: la méthode par décroissance de la concentration, la méthode par dose continue et la méthode par concentration constante.

NOTE Les conditions de mesurage spécifiques sont indiquées dans le [Tableau 1](#).

2 Références normatives

Ce document ne contient pas de références normatives.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent des bases de données terminologiques pour une utilisation dans le contexte de la normalisation aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible sur <http://www.electropedia.org/>.
- plate-forme de navigation en ligne de l'ISO: disponible sur <http://www.iso.org/obp>.

3.1

zone unique

V

espace qui échange de l'air uniquement avec l'extérieur

3.2

zone de mélange réelle

V_{emz}

espace dans une *zone unique* ([3.1](#)), à l'exclusion des meubles hermétiques ou des espaces de stockage, dans lequel le *gaz traceur* ([3.6](#)) injecté dans la zone est considéré uniformément réparti

Note 1 à l'article: Mesuré en mètres cubes.

Note 2 à l'article: Un mélange forcé de l'air dans la zone est souvent nécessaire pour maintenir la concentration en gaz traceur uniforme.

3.3

taux de ventilation

Q_v

volume d'air total traversant la zone jusqu'à l'extérieur par unité de temps

Note 1 à l'article: Mesuré en m³/s ou en m³/h.

3.4

débit d'air spécifique

N

rapport du *taux de ventilation* (3.3) d'une zone sur le volume de la *zone de mélange réelle* (3.2), par seconde ou par heure

3.5

enveloppe du bâtiment

limite ou barrière séparant le volume intérieur d'un bâtiment de l'environnement extérieur

3.6

gaz traceur

gaz susceptible de se mélanger à l'air et d'être mesuré en concentrations très faibles afin d'étudier le débit d'air

3.7

méthode par décroissance de la concentration

méthode par laquelle le *débit d'air spécifique* (3.4) est obtenu grâce à la courbe de décroissance de la concentration observée après la fin de l'injection du *gaz traceur* (3.6)

3.8

méthode par dose continue

méthode par laquelle le *taux de ventilation* (3.3) est obtenu à partir de la concentration résultant d'une production ou d'une injection continue du *gaz traceur* (3.6)

3.9

méthode par concentration constante

méthode par laquelle le *taux de ventilation* (3.3) est obtenu à partir du taux d'injection du *gaz traceur* (3.6) dosé pour conserver une concentration constante dans l'espace

4 Choix de la méthode de mesure

4.1 Généralités

Le choix d'une méthode de mesure et le traitement des données dépendent de la structure du bâtiment, du système de ventilation et de l'instrument de mesure utilisé. L'une des trois méthodes de mesure (méthode par décroissance de la concentration, méthode par dose continue et méthode par concentration constante) est utilisée pour estimer le taux de ventilation ou le débit d'air spécifique. La méthode par décroissance de la concentration demande une durée de mesurage limitée, de plusieurs heures, tandis que les méthodes par dose continue et par concentration constante peuvent nécessiter des durées de mesurage plus longues, pouvant aller jusqu'à plusieurs semaines. La ligne directrice pour le choix de la méthode et de ce qu'elle mesure sont indiqués dans le [Tableau 1](#).

Afin d'améliorer la précision de l'obtention du taux de ventilation ou du débit d'air spécifique, il est parfois nécessaire d'élaborer des mesures approchant des conditions prérequis pour les méthodes de mesure. En particulier, si une méthode de mesure exigeant l'uniformité de la concentration dans la zone de mélange réelle est utilisée, il est préférable de forcer le mélangeage de l'air intérieur. En général, le mélange forcé de l'air intérieur a peu d'effet sur le taux de ventilation ou le débit d'air spécifique, mais il existe un risque qu'il affecte le taux de ventilation mesuré si une ventilation naturelle due à des différences de température prédomine et si la température à l'intérieur de la pièce est distribuée de manière significative (si la distribution de température dans la pièce est non homogène), ou si le débit d'air émis par un ventilateur pour les besoins du mélangeage de l'air affecte directement les zones

de fuite dans les bâtiments. Dans de tels cas, le système de mélangeage doit être amélioré ou il est recommandé de choisir une méthode de mesure pouvant garantir l'uniformité de la concentration sans mélangeage.

Dans le [Tableau 1](#), les spécifications des diverses applications sont décrites de la manière suivante:

- «la concentration dans la pièce peut n'être maintenue uniforme que pour la phase initiale» signifie l'uniformisation de la concentration dans la zone de mélange réelle par une méthode telle que le mélange forcé lors de l'alimentation en gaz traceur dans la zone, mais autorise en principe la distribution de la concentration pendant le mesurage;
- s'il est spécifié que «la concentration dans la pièce peut être maintenue uniforme à tout instant», un mélangeage forcé continu de l'air dans la zone de mélange réelle est préférable. Cependant, si la méthode par concentration constante est utilisée, et si la concentration est contrôlée en injectant le gaz traceur à plusieurs endroits et que l'air est prélevé à plusieurs endroits, il est possible de supposer que la concentration est uniforme sans mélangeage;
- «la concentration moyenne du gaz d'évacuation peut être mesurée» peut désigner des situations dans lesquelles la concentration dans une zone de mélange réelle est uniformisée par mélangeage, ou des situations où la pression à l'intérieur d'une zone est maintenue inférieure à celle de l'extérieur en utilisant le système de ventilation (ou d'extraction), ou des situations où la surface de fuite est extrêmement faible, de sorte que le taux d'exfiltration peut être ignoré et que les voies d'évacuation peuvent être spécifiées au préalable;
- lorsque les méthodes de mesure utilisées exigent que le «volume d'une zone de mélange réelle soit connu», le volume de la zone de mélange réelle peut être estimé en utilisant les dimensions de la pièce. Toutefois, dans le cas de la méthode par moyenne de la concentration inverse et de la méthode par concentration moyenne, une précision importante n'est pas nécessaire pour l'évaluation du volume de la zone de mélange réelle si une période suffisamment longue est utilisée pour évaluer le taux de ventilation;
- les méthodes de mesure pouvant être appliquées dans les situations où «la fluctuation du taux de ventilation peut être ignorée» s'appuient sur l'hypothèse que le taux de ventilation ou le débit d'air spécifique ne change pas au cours du temps;
- le volume du gaz traceur est défini comme la valeur de la température d'évacuation convertie en densité. Lorsque l'air de la pièce est bien mélangé, la température de la pièce correspond approximativement à la température d'évacuation;
- outre les méthodes de mesure du [Tableau 1](#), il existe la méthode de la dose intermittente qui permet de mesurer le volume d'une zone de mélange réelle et le taux de ventilation en même temps;
- pour le mesurage du taux de ventilation parmi les autres mesurages, si le volume d'une zone de mélange réelle est connu, le taux de ventilation peut être obtenu en multipliant le volume de la zone de mélange réelle par le débit d'air spécifique, puis en effectuant la conversion du taux de ventilation.

Tableau 1 — Relation entre la méthode, l'application et les quantités estimées

Méthode		Application et quantités mesurées						
		Application					Quantités mesurées	
		La concentration dans la pièce peut n'être maintenue uniforme que pour la phase initiale	La concentration dans la pièce peut être maintenue uniforme à tout instant	La concentration moyenne du gaz d'évacuation peut être mesurée	Le volume de la zone de mélange réelle est connu	La fluctuation du taux de ventilation peut être ignorée	Taux de ventilation ou débit d'air spécifique	Flexibilité vis-à-vis d'un taux de ventilation transitoire significatif
Méthode par décroissance de la concentration	Méthode par décroissance à deux points	—	•	—	—	—	Débit d'air spécifique	Δ
	Méthode par décroissance multipoint	—	•	—	—	•	Débit d'air spécifique	□
	Méthode par concentration dégressive du gaz d'évacuation	•	—	•	—	•	Débit d'air spécifique	□
	Méthode par impulsions	—	—	•	—	•	Taux de ventilation	□
Méthode par dose continue	Méthode par moyenne de la concentration inverse	—	•	—	•	—	Taux de ventilation	Δ
	Méthode par concentration moyenne	—	•	—	•	•	Taux de ventilation	□
	Méthode par concentration stationnaire	—	—	•	—	•	Taux de ventilation	□
Méthode par concentration constante		—	•	—	—	—	Taux de ventilation	Δ
«•» indique la condition nécessaire pour que l'application mesure la grandeur conformément à chaque méthode.								
«—» indique qu'il ne s'agit pas d'une condition nécessaire pour l'application de chaque méthode.								
«Δ» indique une applicabilité raisonnable, car l'équation de base pour l'obtention de la méthode de mesure permet une modification dans le temps du taux de ventilation.								
«□» indique une difficulté, car l'équation de base pour l'obtention de la méthode de mesure suppose un taux de ventilation constant.								

4.2 Méthode par décroissance de la concentration

4.2.1 Principe

Au début de l'essai, le gaz traceur est introduit dans la zone où le taux de ventilation doit être évalué en s'appuyant sur les données de décroissance de la concentration obtenues. Dans le cas d'un mélangeage forcé pour l'obtention d'une répartition uniforme ou si la concentration moyenne de l'évacuation peut être mesurée, il peut n'y avoir qu'un point de mesure. La quantité de gaz traceur nécessaire est très faible pour un mesurage et il n'est pas exigé de mesurer la quantité de gaz injecté, sauf pour la méthode par impulsions.

L'équation de base qui peut être communément appliquée aux méthodes est telle qu'indiquée dans la [Formule \(1\)](#), exprimée en m³/h ou en m³/s:

$$\frac{dV_{\text{gaz}}(t)}{dt} = -C_E(t)Q_v(t) \quad (1)$$

où

t est le temps, en h ou en s;

$V_{\text{gaz}}(t)$ est le volume total de gaz traceur dans une zone à l'instant t $\left[= \iiint_V C(x,t) dV \right]$, en m³;

x est l'endroit dans une zone;

$C(x, t)$ est la concentration à t, x dans une zone, en m³/m³;

$Q_v(t)$ est le taux de ventilation à t , en m³/h;

$C_E(t)$ est la concentration moyenne de l'évacuation à « t », en m³/m³.

NOTE La [Formule \(1\)](#) suppose que la différence entre les densités d'air intérieur et extérieur, résultant principalement de la différence de température, peut être négligée.

4.2.2 Méthode par décroissance à deux points

Avec la concentration dans une zone de mélange réelle continuellement uniformisée, le taux de renouvellement d'air moyen de la période de mesure est calculé du premier point de mesure au dernier point de mesure. Il n'est pas nécessaire que le débit d'air spécifique soit constant pendant le mesurage.

La [Formule \(2\)](#) est établie à partir des conditions ci-dessus:

$$\begin{aligned} V_{\text{gaz}}(t) &= V_{\text{emz}} \cdot C(t) \\ C_E(t) &= C(t) \end{aligned} \quad (2)$$

où

$C(t)$ est la concentration dans une zone de mélange réelle (répartition uniforme) à t , en m³/m³;

V_{emz} est le volume d'une zone de mélange réelle (il est supposé qu'aucune modification n'a lieu au cours du temps) $\left[= \iiint_V C(x,t) dV / C_E(t) \right]$, en m³.

La [Formule \(1\)](#) et la [Formule \(2\)](#) permettent d'obtenir la [Formule \(3\)](#) pour arriver à la [Formule \(4\)](#):

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{dC}{C(t)} = - \int_{t_1}^{t_2} \frac{Q(t)}{V_{\text{emz}}} dt \quad (3)$$

$$\bar{N} = \frac{1}{t_2 - t_1} \log_e \frac{C(t_1)}{C(t_2)} \quad (4)$$

où

t est le temps, en h;

t_1 est le premier point de mesure, en h;

t_2 est le dernier point de mesure, en h;

$\bar{N}$ est le débit d'air spécifique moyen $\left[= \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{Q(t)}{V_{\text{emz}}} dt \right]$, en 1/h.

Sur la base des données de concentration mesurées en deux instants différents, le débit d'air spécifique moyen pendant la période de mesure est calculé sur cette période. Pendant la période de mesurage, la concentration doit être maintenue dans la zone de mélange réelle uniforme. Il est nécessaire pour une mesure précise du débit d'air spécifique que la différence de concentration entre le premier point et le dernier point de mesure soit largement supérieure à l'erreur de mesure de la concentration.

4.2.3 Méthode par décroissance multipoint

Le débit d'air spécifique est calculé lorsque la répartition de la concentration dans une zone de mélange réelle est maintenue uniforme et que le taux de ventilation ne fluctue pas au cours du temps.

La [Formule \(5\)](#) est obtenue à partir de la [Formule \(3\)](#) avec un taux de ventilation constant:

$$\log_e C(t) = \log_e C(t_1) - N(t - t_1) \quad (5)$$

où, N est le débit d'air spécifique, en h.

Le débit d'air spécifique est calculé en appliquant les données mesurées de la concentration à l'aide de la méthode linéaire des moindres carrés, dans la [Formule \(5\)](#). La condition préalable de non-fluctuation du débit d'air spécifique au cours du temps est confirmée lorsque $\log_e C(t)$ est tracé en fonction de t et qu'il existe une relation linéaire. L'absence de relation linéaire indique que le taux de ventilation n'est pas constant, et que le débit d'air spécifique obtenu à l'aide de cette méthode n'est pas le débit d'air spécifique moyen. Dans cette situation, il convient d'appliquer la méthode par décroissance à deux points.

4.2.4 Méthode par concentration dégressive du gaz d'évacuation

Le débit d'air spécifique est calculé lorsque la concentration moyenne du gaz d'évacuation est mesurable, la répartition de la concentration dans une zone de mélange réelle au premier point de mesure est uniforme, et le taux de ventilation ne fluctue pas au cours du temps. Cette méthode peut également être appliquée lorsque la concentration est répartie après le début du mesurage. Le mesurage simultané de l'âge moyen de distribution d'air est possible.

Lorsque le temps est intégré jusqu'à ∞ en appliquant un taux de ventilation constant dans la [Formule \(1\)](#), la [Formule \(6\)](#) est obtenue:

$$\int_{t_1}^{\infty} dV_{\text{gaz}}(t) = Q_v \int_{t_1}^{\infty} C_E(t) dt \quad (6)$$

Si la concentration dans une zone de mélange réelle est rendue uniforme au premier point de mesure, le résultat est:

$$V_{\text{gaz}}(t_1) = V_{\text{emz}} \cdot C(t_1)$$

et lorsque suffisamment de temps s'est écoulé, le résultat est:

$$V_{\text{gaz}}(\infty) = 0$$

ce qui donne la [Formule \(7\)](#):

$$N = \frac{c(t_1)}{\int_{t_1}^{\infty} C_E(t) dt} \quad (7)$$

Cela signifie que la valeur réciproque de l'âge local moyen de l'air dans la bouche d'évacuation devient le débit d'air spécifique dans la pièce. S'il existe plusieurs bouches d'évacuation, la concentration moyenne de l'évacuation pondérée par le débit d'air évacué à chaque bouche d'évacuation est utilisée.

NOTE Se reporter à l'[Annexe F](#) si la différence de température entre l'évacuation et la pièce ne peut pas être ignorée.

4.2.5 Méthode par impulsions

Le taux de ventilation est calculé lorsque la concentration moyenne de l'évacuation est mesurable et que le taux de ventilation ne fluctue pas au cours du temps. Le volume de gaz traceur fourni au premier point de mesure doit être évalué avec précision, mais il n'est pas nécessaire que la répartition de la concentration dans une zone soit uniforme.

Dans cette situation, dans la [Formule \(6\)](#), $V_{\text{gaz}}(t_1)$ est déjà connu, et lorsque suffisamment de temps s'est écoulé, le résultat est:

$$V_{\text{gaz}}(\infty) = 0$$

ce qui donne la [Formule \(8\)](#):

$$Q_v = \frac{V_{\text{gaz}}(t_1)}{\int_{t_1}^{\infty} C_E(t) dt} \quad (8)$$

où, $V_{\text{gaz}}(t)$ est le volume de gaz traceur (= volume de gaz traceur fourni) retenu dans la pièce à l'instant de début du mesurage t_1 , en m^3 .

NOTE Pour le volume du gaz traceur, une valeur de la température d'évacuation convertie en densité est utilisée.

4.3 Méthode par dose continue

4.3.1 Principe

Avec une alimentation continue en gaz traceur dans la zone, le taux de ventilation est mesuré par la quantité de gaz fourni et les données de mesure de la concentration. En cas d'utilisation d'une méthode

de mesure exigeant une concentration répartie uniformément à travers la zone de mélange réelle avec le gaz traceur fourni, plusieurs points de contrôle de la concentration sont normalement exigés pour vérifier la répartition uniforme de la concentration. La quantité de gaz traceur fourni augmente avec la durée du mesurage; cependant la méthode peut être appliquée à un mesurage s'étendant sur une longue période. Le mesurage passif utilisant du dioxyde de carbone généré par l'expiration des occupants comme gaz traceur est également l'une des méthodes par concentration continue.

La formule de base pouvant être associée à l'ensemble des méthodes est telle qu'indiquée dans la [Formule \(9\)](#):

$$\frac{dV_{\text{gaz}}(t)}{dt} = m(t) - C_E(t)Q_v(t) \quad (9)$$

où, $m(t)$ est la dose de gaz traceur à t , en m^3/h .

4.3.2 Méthode par moyenne de la concentration inverse

Le débit d'air spécifique moyen est calculé du début à la fin du mesurage, lorsque la répartition de la concentration dans une zone de mélange réelle est maintenue uniforme. Il n'est pas nécessaire que le taux de ventilation soit constant pendant le mesurage, mais la concentration instantanée, le dosage instantané de gaz traceur et le volume de la zone de mélange réelle sont exigés.

La [Formule \(10\)](#) est établie à partir des conditions supposées:

$$\begin{aligned} V_{\text{gaz}}(t) &= V_{\text{emz}} \cdot C(t) \\ C_E(t) &= C(t) \end{aligned} \quad (10)$$

où

$C(t)$ est la concentration dans une zone de mélange réelle (répartition uniforme) à t , en m^3/m^3 ;

V_{emz} est le volume d'une zone de mélange réelle, en m^3 .

La [Formule \(9\)](#) et la [Formule \(10\)](#) permettent d'obtenir la [Formule \(11\)](#) pour arriver à la [Formule \(12\)](#):

$$V_{\text{emz}} \int_{t_1}^{t_2} \frac{dC}{C(t)} = \int_{t_1}^{t_2} \frac{m(t)}{C(t)} dt - \int_{t_1}^{t_2} Q_v(t) dt \quad (11)$$

$$\overline{Q_v} = \left[\frac{m}{C} \right] + \frac{V_{\text{emz}}}{t_2 - t_1} \log_e \frac{C(t_1)}{C(t_2)} \quad (12)$$

où

t est le temps, en h;

t_1 est le premier point de mesure, en h;

t_2 est le dernier point de mesure, en h;

$\overline{Q_v}$ est le débit d'air spécifique moyen $\left[= \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} Q_v(t) dt \right]$ en m^3/h ;

$$\left[\frac{m}{C} \right] = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{m(t)}{C(t)} dt, \text{ en } \text{m}^3/\text{h}.$$

$\overline{(m/C)}$ est généralement différent de $(\bar{m}/\bar{C})$. Lorsque la dose de gaz traceur pendant le mesurage est constante et est égale à $\bar{m}$, $\overline{(m/C)}$ est remplacé par $(\bar{1}/\bar{C})$. Lorsque la durée de mesure est suffisante, l'effet du second terme du côté droit de la [Formule \(12\)](#) est amoindri; dans de telles circonstances, cette méthode peut donc être appliquée également lorsqu'une précision suffisante n'est pas atteinte pour l'estimation du volume de la zone de mélange réelle. Immédiatement après le début du dosage du gaz traceur, la concentration est en général faible, ce qui tend à retarder fortement la réponse du système de mesurage de la concentration, système d'échantillonnage inclus, et qui crée des erreurs de la valeur mesurée de la concentration; à ce point, les données ne doivent pas être utilisées pour le calcul du taux de ventilation.

4.3.3 Méthode par concentration moyenne

Lorsque la répartition de la concentration dans une zone de mélange réelle a été rendue constamment uniforme, le taux de ventilation qui ne fluctue pas au cours du temps est calculé. Lorsque la durée de mesure est suffisante, il est possible d'effectuer le calcul en n'utilisant que la dose de gaz traceur moyenne et la concentration moyenne pendant le mesurage.

Une fois que la [Formule \(10\)](#) est supposée pour la [Formule \(9\)](#), l'intégration dans le temps de mesure fournit la [Formule \(13\)](#):

$$\int_{t_1}^{t_2} C(t)Q(t)dt = \int_{t_1}^{t_2} m(t)dt - V_{\text{emz}} \int_{t_1}^{t_2} dC \quad (13)$$

Si $Q_v(t) = Q_v$ sans modification du taux de ventilation au cours du temps, la [Formule \(14\)](#) est obtenue:

$$Q = \frac{\bar{m}}{\bar{C}} - \frac{V_{\text{emz}}}{t_2 - t_1} \left[\frac{C(t_2) - C(t_1)}{\bar{C}} \right] \quad (14)$$

où

$$\bar{m} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} m(t) dt, \text{ en m}^3/\text{h};$$

$$\bar{C} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt, \text{ en m}^3/\text{m}^3$$

Lorsque la durée de mesure est suffisante, l'effet du second terme de la [Formule \(14\)](#) est relativement faible et peut être ignoré. Cependant, en cas de changements de taux de ventilation au cours du temps, si le théorème de la valeur moyenne est appliqué dans la [Formule \(13\)](#), la [Formule \(15\)](#) est obtenue:

$$Q_v(\xi) = \frac{\bar{m}}{\bar{C}} - \frac{V_{\text{emz}}}{t_2 - t_1} \left[\frac{C(t_2) - C(t_1)}{\bar{C}} \right], \quad t_1 \leq \xi \leq t_2 \quad (15)$$

Le taux de ventilation obtenu avec la [Formule \(15\)](#) n'est valable qu'à un instant donné pendant le mesurage, il ne correspond pas au taux de ventilation moyen. Le taux de ventilation obtenu avec la [Formule \(15\)](#) est valable dans les cas où l'objectif est de simuler la production de la substance contaminante dans la pièce à l'aide du dosage d'un gaz traceur et d'estimer la concentration moyenne à laquelle l'occupant est exposé. Ainsi, lorsqu'il est possible de mesurer la concentration et le dosage instantanés du gaz traceur pour les besoins du mesurage du taux de ventilation moyen, il convient d'utiliser la méthode par concentration inverse.

4.3.4 Méthode par concentration stationnaire

Le taux de ventilation est calculé lorsqu'il ne fluctue pas au cours du temps, dans des conditions où la concentration moyenne de l'évacuation est mesurable. Cette méthode peut aussi être appliquée lorsque la concentration est répartie dans une zone.