

© INIVE EEIG
Operating Agent
and Management
Boulevard Poincaré 79
B-1060 Brussels – Belgium
inive@bbri.be - www.inive.org

International Energy Agency's
Energy in Buildings and Communities
Programme



Air Infiltration and Ventilation Centre

Qu'est-ce que la ventilation intelligente (smart ventilation)?

François Durier, CETIAT, France
Rémi Carrié, ICEE, France
Max Sherman, LBNL, USA

(Traduit de l'anglais par François Durier)

1 Introduction

En mars 2017, l'AIVC a identifié la ventilation intelligente des bâtiments (smart ventilation) comme un sujet nouveau et qu'il était important de traiter.

L'AIVC Board a alors défini plusieurs actions dans le but d'échanger et de diffuser des informations sur le sujet. Un groupe de travail d'experts de l'AIVC issus de plusieurs pays a été créé. L'une de ses tâches a consisté à élaborer une définition de la ventilation intelligente.

L'objectif de ce document est de présenter et d'illustrer cette définition.

2 Qu'est-ce que la ventilation intelligente ?

2.1 Définition

La définition donnée par l'AIVC pour la ventilation intelligente des bâtiments est la suivante :

« La ventilation intelligente est un processus d'ajustement permanent du système de ventilation au cours du temps, et éventuellement selon l'emplacement, pour fournir la qualité d'air intérieur (QAI) souhaitée tout en minimisant la consommation d'énergie et la

facture énergétique, ainsi que d'autres inconvénients non liés à la QAI, comme par exemple l'inconfort thermique ou le bruit.

Un système de ventilation intelligente ajuste les débits de ventilation d'un bâtiment dans le temps ou selon l'emplacement en réagissant à un ou plusieurs des éléments suivants : présence d'occupants, conditions thermiques et qualité d'air extérieures, besoins du réseau électrique, détection directe de polluants, fonctionnement d'autres systèmes de mise en mouvement de l'air et d'épuration de l'air.

De plus, les systèmes de ventilation intelligente peuvent fournir des informations aux propriétaires du bâtiment, aux occupants et aux exploitants sur la consommation d'énergie effective et sur la qualité de l'air intérieur, et signaler quand les systèmes ont besoin de maintenance ou de réparation.

Réagir à la présence d'occupants signifie que le système de ventilation intelligente peut ajuster la ventilation en fonction de la demande, par exemple en réduire la ventilation si le bâtiment est inoccupé.

Une ventilation intelligente peut différer son fonctionnement : a) à des périodes où la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur est plus faible (et éloignée des pics

de température et d'humidité extérieures), b) à des périodes où les températures intérieures et extérieures sont adaptées au rafraîchissement par la ventilation (ventilative cooling), c) à des périodes où la qualité de l'air extérieure est acceptable.

Réagir aux besoins du réseau électrique signifie contribuer à la flexibilité de la demande en électricité (y compris en prenant en compte des signaux directs reçus des réseaux) et pouvoir s'intégrer à des stratégies de contrôle du réseau électrique.

Les systèmes de ventilation intelligente peuvent comporter des capteurs pour détecter le débit d'air, les pressions ou la consommation d'énergie des ventilateurs, de façon à ce que les défaillances soient identifiées et réparées, ou que les besoins de maintenance, comme par exemple le remplacement des filtres, soient signalés. »

2.2 Explications et exemples

La définition donnée en 2.1 a été rédigée de manière à être facilement comprise par les non-spécialistes. Cependant, cette définition est longue et fait référence à plusieurs autres notions. Il semble donc utile de fournir des explications complémentaires au lecteur intéressé, illustrées par des exemples.

C'est l'objet des tableaux 1 à 3 et des figures 1 et 2. Ils correspondent aux 3 premiers paragraphes de la définition ; les 4 derniers paragraphes de la définition ne sont là que pour fournir des détails.

Le premier paragraphe de la définition donne une description synthétique de la ventilation intelligente. Il est résumé et illustré par le tableau 1 et la figure 1.

Le deuxième paragraphe de la définition de la ventilation intelligente (voir 2.1) décrit les paramètres auxquels un système de ventilation intelligente peut réagir. Ceci fait l'objet du tableau 2 et de la figure 2.

Afin de répondre aux paramètres listés dans le tableau 2, les systèmes de ventilation intelligente utilisent les informations reçues de capteurs intégrés au système ou installés de manière indépendante de celui-ci.

En outre, les systèmes de ventilation intelligente peuvent comporter, pour leur propre régulation, des capteurs de pression, de vitesse d'air, de débit d'air.

Dans la plupart des cas, ces capteurs émettent un signal électrique qui est reçu, traité et utilisé par le système pour sa régulation. Il est alors souvent possible de mettre les informations contenues dans ces signaux à la disposition des personnes qui en ont besoin, soit localement, soit via Internet et des smartphones.

Le troisième paragraphe de la définition de la ventilation intelligente (voir 2.1) décrit les informations pouvant être fournies par une ventilation intelligente aux personnes qui en ont besoin ou sont intéressées par ces informations. Ceci est résumé dans le tableau 3.

Qu'est-ce que la ventilation intelligente ? (1^{er} paragraphe de la définition)		
Texte de la définition	Explications complémentaires	Exemples/Commentaires
<i>La ventilation intelligente est un processus d'ajustement permanent du système de ventilation au cours du temps, et éventuellement selon l'emplacement, pour fournir la qualité d'air intérieur (QAI) souhaitée tout en minimisant la consommation d'énergie et la facture énergétique, ainsi que d'autres inconvénients non liés à la QAI, comme par exemple l'inconfort thermique ou le bruit.</i>	La <u>ventilation</u> est le processus selon lequel de l'air "neuf" (habituellement l'air extérieur) est introduit de façon intentionnelle dans un espace intérieur dont l'air vicié est extrait.	Ceci peut être réalisé par des moyens naturels ou mécaniques.
	La ventilation intelligente est un <u>processus</u> : cela signifie que la ventilation intelligente n'est pas liée à un système particulier. Un système de ventilation n'est pas en lui-même intelligent. La ventilation intelligente intervient lorsqu'un processus est mis en place selon lequel la ventilation est en permanence ajustée au cours du temps, et éventuellement selon l'emplacement, quel que soit le système de ventilation.	Un système de ventilation naturelle ne comportant qu'un contrôle manuel par les occupants ne correspond pas à une ventilation intelligente car il n'est pas ajusté en permanence.
	L'ajustement <u>au cours du temps</u> signifie que le débit de ventilation ne reste pas constant (sauf s'il est vérifié en permanence qu'il doit rester constant).	Une ventilation à débit constant ne peut pas être considérée comme intelligente.
	L'ajustement <u>selon l'emplacement</u> veut dire que le débit de ventilation peut être ajusté selon les différentes pièces, les différentes zones, ou selon les entrées d'air et extractions d'air du bâtiment.	Une ventilation dans laquelle la détection de la présence d'occupants est utilisée pour ajuster les débits de ventilation de chacune des salles d'un centre de réunions est considéré comme intelligente.
	La ventilation intelligente ajuste <u>en permanence</u> le système de ventilation. Cela veut dire que le système reçoit et analyse instantanément tous les événements ou paramètres identifiés comme nécessitant son ajustement.	Un processus selon lequel le débit de ventilation n'est contrôlé que par une horloge qui change une valeur de consigne à quelques reprises dans la journée ne peut pas être considéré comme intelligent.
	La ventilation intelligente doit fournir la <u>qualité d'air intérieur</u> (QAI) souhaitée.	Un ajustement en permanence du système de ventilation ne doit en aucun cas conduire à un niveau de qualité d'air intérieur moins bon que la valeur visée lors de la conception.
	La ventilation intelligente doit minimiser la <u>consommation d'énergie</u> , liée soit au renouvellement d'air (chauffage ou rafraîchissement de l'air neuf) soit à la consommation d'énergie des équipements (ventilateurs, système de régulation, etc.).	L'ajustement en permanence du système de ventilation ne doit en aucun cas conduire à une consommation d'énergie plus élevée que la valeur visée lors de la conception.
	La ventilation intelligente doit améliorer le <u>confort thermique et le niveau de bruit</u> dans le bâtiment.	L'ajustement en permanence du système de ventilation ne doit en aucun cas conduire à un inconfort ou à un bruit inacceptables.

Tableau 1 : Explications complémentaires et exemples/commentaires concernant le 1^{er} paragraphe de la définition de la ventilation intelligente

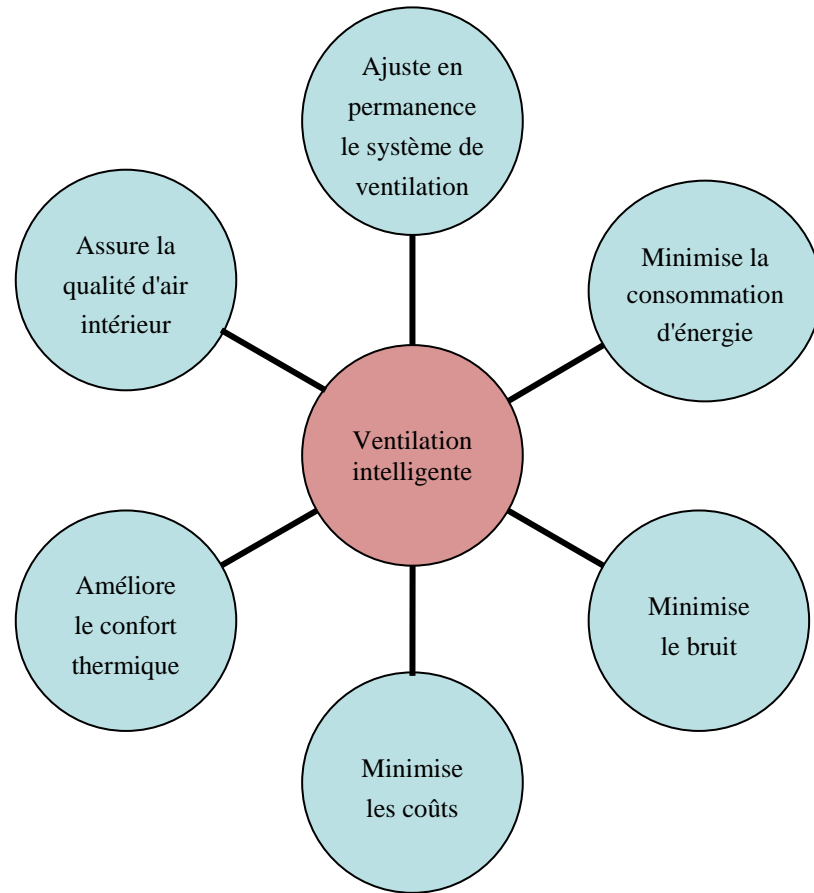


Figure 1: Caractéristiques principales de la ventilation intelligente (Voir aussi le tableau 1)

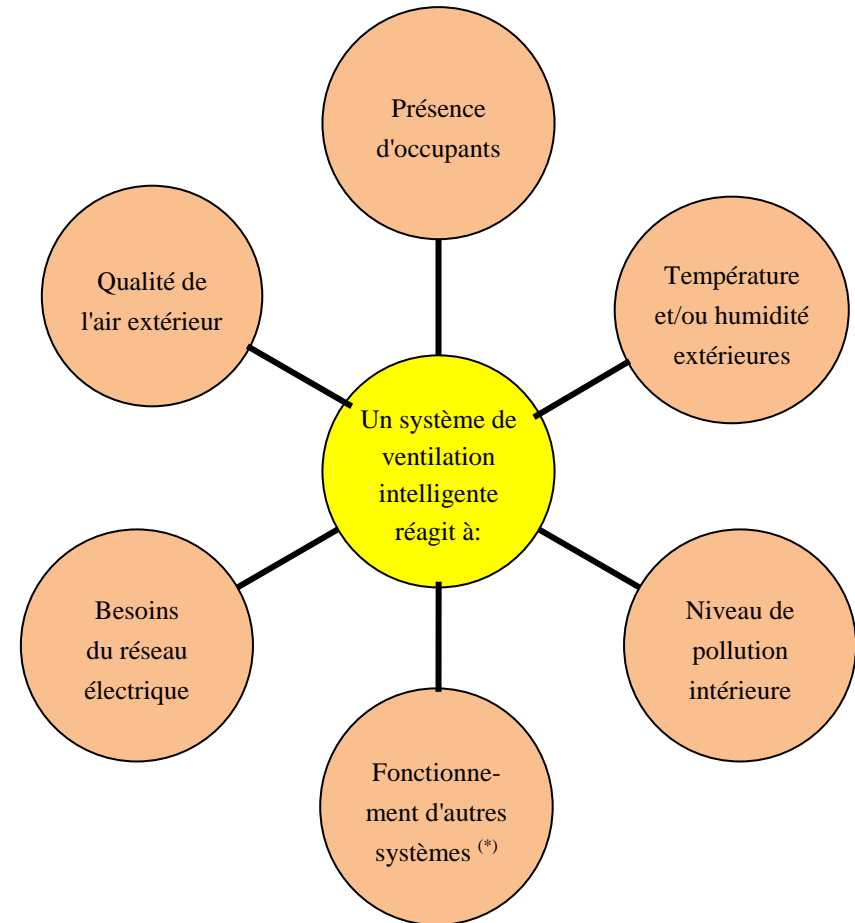


Figure 2: Paramètres auxquels un système de ventilation intelligente peut réagir (voir aussi tableau 2)
 (*) Autres systèmes de mise en mouvement de l'air ou d'épuration de l'air

Paramètres auxquels un système de ventilation intelligente peut réagir (2^{ème} paragraphe de la définition)		
Texte de la définition	Explications complémentaires	Exemples/Commentaires
<p>Un système de ventilation intelligente ajuste les débits de ventilation d'un bâtiment dans le temps ou selon l'emplacement en réagissant à un ou plusieurs des éléments suivants :</p> <p>présence d'occupants, conditions thermiques et qualité d'air extérieures, besoins du réseau électrique, détection directe de polluants, fonctionnement d'autres systèmes de mise en mouvement de l'air et d'épuration de l'air.</p>	<p>La présence d'occupants peut être détectée et le signal correspondant utilisé pour ajuster le débit de ventilation.</p>	<p>Le 4^{ème} paragraphe de la définition fournit des détails supplémentaires : <i>Réagir à la présence d'occupants signifie que le système de ventilation intelligente peut ajuster la ventilation en fonction de la demande et réduire la ventilation si le bâtiment est inoccupé.</i></p>
	<p>Les conditions thermiques extérieures (température et/ou humidité) peuvent être mesurées et utilisées pour ajuster les débits de ventilation.</p>	<p>Le 5^{ème} paragraphe de la définition fournit des détails supplémentaires : <i>Une ventilation intelligente peut différer son fonctionnement à des périodes où la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur est plus faible, à des périodes éloignées des pics de température et d'humidité extérieures ou lorsque les températures intérieures et extérieures conviennent au rafraîchissement du bâtiment par le système de ventilation (ventilative cooling).</i> Ce décalage dans le temps peut économiser de l'énergie de chauffage ou de rafraîchissement. En saison chaude, l'air extérieur, s'il est plus frais que l'air intérieur, peut être utilisé pour réduire le besoin de rafraîchissement (ventilative cooling).</p>
	<p>Les débits d'air neuf peuvent être réduits si la qualité d'air extérieure n'est pas bonne.</p>	<p>Ceci est détaillé dans le 5^{ème} paragraphe de la définition : <i>Une ventilation intelligente peut décaler la ventilation à des périodes [... où] la qualité de l'air extérieure est acceptable.</i> Ceci peut améliorer la QAI.</p>
	<p>La ventilation intelligente peut répondre aux <u>besoins du réseau d'alimentation électrique</u> (réduction de charge, écrêtage des pics, réponse à la demande, etc.)</p>	<p>Le 6^{ème} paragraphe de la définition fournit des détails supplémentaires : <i>Réagir aux besoins du réseau électrique signifie contribuer à la flexibilité de la demande d'électricité (y compris en prenant en compte les signaux directs reçus des réseaux) et pouvoir s'intégrer aux stratégies de contrôle du réseau électrique.</i> Ceci peut réduire la facture énergétique et contribuer à la durabilité (sustainability) du réseau électrique.</p>
	<p>La ventilation intelligente peut réagir à la détection directe de polluants de l'air intérieur.</p>	<p>Comme pour la réaction à la présence d'occupants, ceci correspond à une forme de ventilation pilotée par le besoin.</p>
	<p>Le signal que <u>d'autres systèmes de mise en mouvement de l'air</u> sont en fonctionnement peut être utilisé pour ajuster le système de ventilation, dans le but d'éviter une redondance et/ou de réduire la perturbation mutuelle des deux systèmes.</p>	<p>Exemples: fonctionnement d'une hotte de cuisine, d'un extracteur dans les toilettes ou la salle de bains, sèche-linge à évacuation d'air, système de récupération de chaleur, système de rafraîchissement nocturne, système de rafraîchissement évaporatif direct, ventilateur de rafraîchissement.</p>
	<p>Le signal qu'un <u>système d'épuration de l'air</u> est en fonctionnement peut être utilisé pour ajuster le système de ventilation, dans le but d'éviter une redondance des deux systèmes.</p>	<p>Des précautions doivent être prises concernant les sous-produits de l'épuration de l'air, dont la présence peut nécessiter un renouvellement de l'air afin de les évacuer vers l'extérieur du bâtiment. La réduction des débits de ventilation quand l'épuration de l'air est utilisée peut être ou non autorisée.</p>

Tableau 2 : Explications complémentaires et exemples/commentaires concernant le 2^{ème} paragraphe de la définition de la ventilation intelligente

Informations pouvant être fournies par un système de ventilation intelligente (3^{ème} paragraphe de la définition)					
Texte de la définition	Information pouvant être collectée par des capteurs	Information pouvant être déduite de l'information collectée par les capteurs	Utilisateurs potentiels de cette information		
			Propriétaires du bâtiment	Occupants du bâtiment	Exploitants du bâtiment
<i>Les systèmes de ventilation intelligente peuvent fournir des informations aux propriétaires du bâtiment, aux occupants et aux exploitants sur la consommation d'énergie effective et sur la qualité de l'air intérieur, et signaler quand les systèmes ont besoin de maintenance ou de réparation.</i>	Présence d'occupants Nombre d'occupants	Besoins de ventilation	Pour connaître l'occupation et l'usage du bâtiment, de ses zones, de ses pièces		
	Température extérieure Humidité extérieure	Besoins de rafraîchissement, possibilités de rafraîchissement par la ventilation (<i>ventilative cooling</i>), besoins de chauffage	Pour information et actions éventuelles de réduction des besoins en chauffage/rafraîchissement		Pour piloter le chauffage et le rafraîchissement, y compris le rafraîchissement par la ventilation (<i>ventilative cooling</i>)
	Concentrations en polluants extérieurs	Indice de qualité d'air extérieure	Pour information et actions éventuelles de réduction des transferts vers l'intérieur de polluants extérieurs		
	Conditions de fonctionnement des ventilateurs	Consommation électrique, débit de ventilation	Pour information		Le dernier paragraphe de la définition fournit des détails complémentaires : <i>Les systèmes de ventilation intelligente peuvent comporter des capteurs pour détecter le débit d'air, les pressions ou la consommation d'énergie des ventilateurs, de façon à ce que les défaillances soient identifiées et réparées, ou que les besoins de maintenance, comme par exemple le remplacement des filtres, soient signalés.</i>
	Concentrations en polluants intérieurs	Qualité d'air intérieur	Pour information et actions éventuelles pour limiter l'exposition aux polluants intérieurs		
	Conditions de fonctionnement du système de ventilation (pressions, débits, vitesses) et des autres d'autres systèmes de mise en mouvement et d'épuration de l'air.	Consommation d'énergie, débit de ventilation, besoins de maintenance ou de réparation	Pour information et actions éventuelles d'amélioration de l'efficacité du système		

Tableau 3 : Explications complémentaires et exemples/commentaires concernant le 3^{ème} paragraphe de la définition de la ventilation intelligente

3 Perspectives

3.1 La ventilation intelligente est-elle synonyme de systèmes complexes?

La ventilation intelligente fait appel à un système plus complexe que par exemple un système de ventilation naturelle sans aucune régulation.

Cette complexité accrue est nécessaire pour obtenir une ventilation intelligente, y compris avec des fonctionnalités comme l'interaction avec le réseau électrique ou un pilotage en fonction des conditions extérieures, et ainsi optimiser la consommation énergétique sans compromettre la QAI.

Cette intégration accrue de l'environnement du système de ventilation dans sa stratégie de régulation s'inscrit dans la tendance vers des bâtiments intelligents. Elle est rendue possible par les progrès réalisés sur les capteurs d'une part et sur les technologies de l'information et de la communication d'autre part.

3.2 La ventilation intelligente contribue aux bâtiments intelligents

Dans sa proposition de révision de la directive sur la performance énergétique des bâtiments (novembre 2016) [1], la Commission européenne, à propos de la nécessité de définir un indicateur d'intelligence, explique que l'intelligence d'un bâtiment couvre "*les caractéristiques en matière de flexibilité, les fonctionnalités avancées et les capacités découlant de l'intégration, dans les systèmes techniques de bâtiment conventionnels, de davantage de dispositifs intelligents interconnectés et intégrés. Cet ensemble d'éléments améliore la capacité des occupants et du bâtiment lui-même de s'adapter aux impératifs de confort ou de fonctionnement, contribue à répondre à la demande et participe au fonctionnement optimal, sûr et sans heurts des différents systèmes énergétiques et infrastructures municipales auxquels est relié le bâtiment*".

Même si cette définition des bâtiments intelligents se réfère principalement à des

aspects énergétiques, il est clair que la ventilation intelligente est un contributeur-clé à l'intelligence d'un bâtiment, non seulement en termes d'impact énergétique mais aussi de QAI.

3.3 Ventilation intelligente dans les normes et les règlements

En Europe:

Dans l'ensemble des normes liées à la Directive sur la performance énergétique des bâtiments, la ventilation intelligente peut être prise en compte en utilisant le paramètre de contrôle f_{ctrl} défini dans la norme européenne EN 16798-7 : 2017 [2]. Cependant, cette norme fournit peu d'informations sur la façon de déterminer cette caractéristique pour des systèmes spécifiques. En fait, f_{ctrl} est un facteur de pondération affectant le débit d'air réellement fourni par rapport au débit d'air que le système doit pouvoir fournir (débit d'air de conception selon FprEN 16798-1 : 2017 [3]), et donc l'évaluation de la performance énergétique. C'est une caractéristique du système qui dépend de la stratégie de contrôle (y compris la qualité des capteurs), mais aussi du scénario d'occupation, du climat ou du pas de temps de calcul. En Europe, il n'y a actuellement aucune norme pour caractériser le paramètre f_{ctrl} pour de tels systèmes, mais plusieurs pays (par exemple la Belgique et la France) disposent de procédures, pour le moment limitées à la ventilation contrôlée par la demande (demand-controlled ventilation).

Le règlement européen 1253/2014 [4] mettant en œuvre la directive sur les produits liés à l'énergie inclut également un facteur de contrôle de ventilation CTRL pour les unités de ventilation résidentielles. Il influence la consommation d'énergie spécifique de l'unité, qui doit être déclarée par le fabricant ou l'importateur. Le règlement définit dans son Annexe VIII le facteur de contrôle pour deux types de systèmes qui peuvent être qualifiés d'intelligents:

- «*Régulation modulée centrale*»: *régulation modulée d'une unité de ventilation centralisée qui régule en continu la ou les vitesses du ventilateur et le débit à partir d'un seul capteur pour l'ensemble ou une partie du bâtiment ventilé au niveau central;*

- «*Régulation modulée locale*»: *régulation modulée d'une unité de ventilation centralisée qui régule en continu la ou les vitesses du ventilateur et le débit à partir d'au moins deux capteurs pour une unité centralisée ou à partir d'un seul capteur pour une unité décentralisée.*

Aux États-Unis:

La version actuelle de la norme ASHRAE 62.2 [5] couvre la ventilation résidentielle et la QAI ; elle prend en compte la ventilation intelligente. En effet, elle comporte des exigences de débit pour une ventilation constante, mais elle comprend aussi un chapitre "Ventilation équivalente" qui indique que tout système est conforme s'il conduit à une exposition aux polluants identique ou plus faible, les calculs étant réalisés sur une seule zone et avec une émission de polluants constante ; l'exposition doit être calculée seulement pour la période de temps pendant laquelle le bâtiment est occupé. D'un point de vue philosophique, cela fait de la norme ASHRAE 62.2 une norme d'exposition aux polluants et non une norme de ventilation. Comme l'état des connaissances n'est pas encore assez bon pour connaître les détails des polluants préoccupants, la norme suppose l'émission continue d'un polluant non spécifié pour évaluer l'équivalence avec la ventilation constante au débit exigé.

D'un point de vue pratique, la norme décrit la méthode pour déterminer le débit de ventilation équivalent, permettant de démontrer la conformité. Ce calcul peut être utilisé pour deux types de systèmes de ventilation intelligente. Le premier système consiste en une planification des débits de ventilation. Cette approche est préférable lorsqu'on connaît à l'avance les besoins de ventilation liés à l'occupation, aux tarifs de l'énergie, à la météo ou à la qualité de l'air extérieur. La norme demande de montrer que l'exposition annuelle durant la période d'occupation est équivalente à celle obtenue avec une ventilation constante. Le second système met en œuvre un contrôle en temps réel. Il nécessite davantage de technologie de détection et de contrôle mais permet au système de ventilation de répondre aux conditions évolutives. Ces dernières peuvent inclure l'occupation, la qualité de l'air extérieur ou les coûts énergétiques. La norme

demande de montrer que l'exposition sur une période écoulée (typiquement un jour) est équivalente à celle obtenue avec la ventilation continue.

Les systèmes traditionnels de ventilation pilotée par la demande (*demand-controlled ventilation*) ne sont pas utilisés dans les habitations aux États-Unis, mais se rencontrent parfois dans les bâtiments tertiaires. À ce jour, il n'y a pas de norme pour les bâtiments non résidentiels aux États-Unis qui permet des systèmes de ventilation intelligente allant au-delà de ceux pilotés par la demande.

4 Références

- [1] Commission Européenne, 2016. Proposition de Directive du Parlement Européen et du Conseil modifiant la Directive 2010/31/EU sur la performance énergétique des bâtiments. Document 2016/0381 (COD).
- [2] Norme européenne EN 16798-7:2017. Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 7 : méthodes de calcul pour la détermination des débits d'air dans les bâtiments y compris les infiltrations (Module M5-5)
- [3] Projet de norme européenne FprEN 16798-1:2017. Performance énergétique des bâtiments - Partie 1 : critères d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, l'ambiance thermique, l'éclairage et l'acoustique - Module M1-6
- [4] Commission Européenne. Règlement (UE) n°1253/2014 du 7 juillet 2014 portant mise en œuvre de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception pour les unités de ventilation.
- [5] ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2016. Ventilation and acceptable indoor air quality in low-rise residential buildings.

5 Remerciements

Les auteurs remercient les personnes suivantes qui ont contribué à établir la définition de la ventilation intelligente:

Iain Walker (LBNL, USA), Pawel Wargocki (DTU, Danemark), Willem De Gids (VentGuide, Pays-Bas), Wouter Borsboom (TNO, Pays-Bas), Steven Emmerich (NIST, USA), Andrew Persily (NIST, USA), Carsten Rode (DTU, Danemark), Benjamin Jones (Nottingham University, Royaume-Uni), Karel Kabele (Czech Technical University Prague, République Tchèque), Peter Wouters (INIVE, Belgique), Maria Kapsalaki (INIVE, Grèce).



L'AIVC (Air Infiltration and Ventilation Centre) a été créé dans le cadre de l'Agence Internationale de l'Energie et est financé par les pays suivants: Belgique, Chine, Danemark, Espagne, France, Italie, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, République de Corée, Royaume-Uni, Suède et USA.

L'AIVC fournit un support technique à la recherche et aux applications de la ventilation et de l'étanchéité à l'air des bâtiments. L'objectif est de promouvoir la compréhension du comportement complexe des écoulements d'air dans les bâtiments et de faire progresser la mise en œuvre effective des mesures d'économie d'énergie associées, dans la conception de nouveaux bâtiments et l'amélioration du parc de bâtiments existant.