



Mesurer les débits de ventilation mécanique

La mesure des débits de ventilation mécanique permet de régler l'installation, mais aussi de démontrer la conformité des débits réellement atteints. Malheureusement, certains instruments de mesure sur le marché ne sont pas suffisamment fiables.

Cet article fait le point sur la mesure des débits de ventilation mécanique dans les applications de type résidentiel et passera d'abord en revue les méthodes de mesures disponibles. Il traitera ensuite des recommandations générales pour une mesure correcte et abordera, enfin, une description plus détaillée des méthodes recommandées et de leurs conditions d'utilisation.

1 Nécessité de mesurer les débits

La mesure des débits de ventilation mécanique constitue une étape capitale de la mise en service d'une installation de ventilation. En effet, cette mesure est nécessaire pour le réglage de l'installation, c.-à-d. le réglage du ventilateur et des bouches d'alimentation ou d'évacuation d'air dans les différents locaux, et ce pour atteindre le bon débit au bon endroit.

Aujourd'hui, les installations de ventilation sont trop souvent mal réglées et les débits réellement atteints sont, parfois, tout à fait insuffisants. Un mauvais réglage peut notamment engendrer une consommation d'énergie excessive et des nuisances sonores, tandis que des débits trop faibles entraînent une qualité de l'air insuffisante.

Les débits mesurés dans l'exemple 1 (voir tableau A) sont typiques d'une installation mal réglée : bien que le débit total soit suffisant, la répartition du débit entre les différentes pièces est inacceptable. Les débits mesurés dans l'exemple 2 (voir tableau A) sont beaucoup trop faibles dans chacun des locaux et le débit total est nettement inférieur au débit total exigé. Dans ce cas, les débits trop faibles étaient dus à une fuite d'air au raccord avec le ventilateur. Seule une mesure effective des débits à la fin du chantier peut démontrer le bon fonctionnement d'un système de ventilation, ce

qui est indispensable à une bonne qualité de l'air. Une telle mesure est nécessaire même lorsqu'une information de débit est obtenue via certains composants du système de ventilation (bouche ou ventilateur, p. ex.) (voir § 2.4, p. 2).

La mesure des débits permet également de gagner de précieux points E ⁽¹⁾ dans le cadre de la réglementation PEB (résidentiel uniquement). On peut ainsi gagner entre deux et cinq points, selon le type de système, lorsque l'on peut démontrer que les débits sont conformes aux exigences (voir § 5, p. 8).

2 Principales méthodes de mesure

Pour les applications de type résidentiel, il existe principalement trois grandes familles de méthodes de mesure des débits, telles que décrites dans la norme NBN EN 12599 [2] :

- mesure dans la section droite d'un conduit
- mesure au moyen d'un dispositif déprimogène (qui génère une différence de pression)

- mesure au niveau de la bouche d'air.

Cet article n'a pas pour ambition d'être exhaustif, car il existe une multitude de méthodes et d'instruments pas toujours disponibles facilement ou se trouvant parfois encore à un stade précoce de commercialisation. Seules les méthodes les plus pertinentes pour les applications de type résidentiel en Belgique sont dès lors présentées. Toutefois, la norme NBN EN 12599 décrit également d'autres méthodes moins courantes.

2.1 Méthodes de mesure dans la section droite d'un conduit

La mesure dans la section droite d'un conduit peut être réalisée grâce à une petite sonde (anémomètre thermique ou anémomètre à hélice de petite dimension, p. ex.) qui mesure la vitesse du flux d'air dans le conduit. Le diamètre de ce conduit permet de déduire le débit d'air. Bien que relativement fiable et économique, cette méthode présente néanmoins des inconvénients

A | Débits mesurés dans deux mauvais exemples d'habitations.

Débit	Cuisine ouverte	WC	Salle de bain	Buanderie	Débarras	Total
Débit minimum exigé [m ³ /h]	75	25	50	50	–	200
Débit mesuré : exemple 1 [m ³ /h] ⁽¹⁾	60	2	54	10	82	208
Débit mesuré : exemple 2 [m ³ /h] ⁽²⁾	9	3	13	11	4	40

⁽¹⁾ Très mauvais réglage.
⁽²⁾ Débits insuffisants.

⁽¹⁾ On parle en Région wallonne de niveau E_w et de niveaux E dans les deux autres Régions. Par souci de simplification, ce niveau sera désigné sous l'appellation E dans cet article.

majeurs : une partie du réseau doit rester accessible, un calcul supplémentaire est nécessaire, ... (voir § 4.3, p. 6).

La méthode s'avère toutefois utile dans certains cas (pour la mesure du débit total dans le conduit principal ou pour la mesure du débit d'une branche dont la bouche n'est plus accessible (voir § 4.3)). Cette méthode peut également être appliquée au niveau des bouches à certaines conditions (voir § 4.4, p. 8).

2.2 Méthodes de mesure au moyen d'un dispositif déprimogène

La mesure au moyen d'un dispositif déprimogène est basée sur la différence de pression de part et d'autre d'un dispositif étalonné à cet effet et intégré dans le système de ventilation lui-même. Ce dispositif peut être un diaphragme, un échangeur de chaleur, un atténuateur acoustique, ou même la bouche elle-même. Très prometteuse sur le principe, cette méthode nécessite néanmoins des données fiables sur l'étalonnage du dispositif déprimogène qui joue un rôle tout aussi important que l'instrument de mesure (manomètre). Actuellement, la disponibilité de données suffisamment fiables n'est pas toujours garantie. Cette méthode n'est pas développée davantage dans cet article, mais pourrait devenir une piste intéressante dans le futur, à condition qu'un cadre garantissant la fiabilité de ces données soit établi.

2.3 Méthodes de mesure au niveau de la bouche d'air

La mesure au niveau de la bouche d'air est la famille de méthodes la plus répandue et la plus pratique pour les applications de type résidentiel. Il existe néanmoins une multi-

tude de méthodes et d'instruments disponibles dont certains ne sont pas toujours suffisamment fiables.

Les méthodes de mesure au niveau de la bouche analysées dans cet article sont les suivantes :

- **appareil à compensation de pression** : un ventilateur intégré à l'appareil compense la perte de pression de l'appareil lui-même, permettant l'utilisation de dispositifs supplémentaires pour stabiliser le flux (grille, p. ex.) (voir § 4.1, p. 5)
- **anémomètre à hélice de grande taille (100 mm de diamètre) associé à un cône** : l'hélice mesure la vitesse moyenne de l'air au niveau de toute la section (voir § 4.2, p. 5)
- **petite sonde (anémomètre thermique ou à hélice de petite dimension), associée à un cône spécifique** : comme pour la mesure en conduit, la sonde de petite dimension mesure la vitesse de l'air au centre de la section.

D'autres méthodes possibles au niveau de la bouche sont moins courantes et ne sont pas détaillées dans cet article (par exemple, la méthode du sac, où on mesure le temps nécessaire pour remplir un sac d'un volume connu).

2.4 'Indication' de débit n'est pas mesure de débit

Outre la mesure à l'aide d'un instrument spécifique (mesure de pression, de vitesse ou de débit), une information de débit est parfois également obtenue grâce à certains composants du système de ventilation lui-même (ventilateur et bouche, p. ex.). Ce type d'information doit néanmoins être considéré avec une grande précaution :

- certains ventilateurs EC (à commutation

électronique) peuvent fournir une information de débit (sur un petit écran de contrôle, p. ex.). Ce débit est calculé sur la base des courbes caractéristiques du ventilateur, de la vitesse de rotation et de la puissance électrique absorbée. La fiabilité de ce type d'information est néanmoins rarement garantie

- certaines bouches, dites autorégulantes ou à débit constant (voir figure 2), sont équipées d'un clapet dont l'ouverture varie en fonction de la pression, de façon à maintenir un débit aussi constant que possible dans une certaine plage de pression. Ces bouches et/ou ces clapets sont conçus pour un débit fixe, généralement indiqué sur la bouche elle-même. Cette information à elle seule n'est pas suffisante dans le cadre de la mesure du débit. Une mesure de la pression au droit d'une telle bouche peut permettre de vérifier le respect de la plage de pression prévue. La justesse de la valeur de débit indiquée sur le composant dépend aussi de la qualité de l'étalonnage du dispositif, comme pour tous les dispositifs déprimogènes (voir § 2.2).

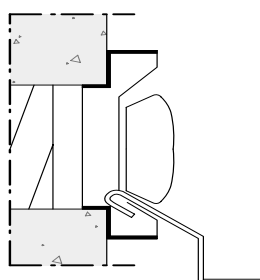
Ce type de dispositifs nécessite toutefois une mesure de débit au moyen de l'une des méthodes recommandées ci-après.

3 Recommandations générales

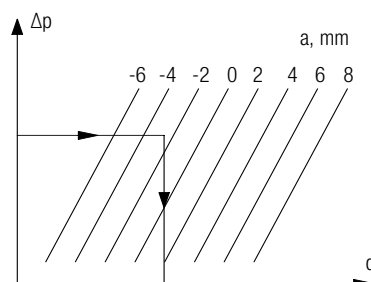
3.1 Erreur de mesure

Pour limiter l'erreur systématique (voir encadré), on veillera notamment à :

- faire régulièrement étalonner les instruments de mesure (selon les prescriptions du fabricant : une fois par an, p. ex.), auprès du fabricant ou d'un laboratoire spécialisé. La fréquence d'étalonnage peut également varier en fonction de l'appli-



1 | Abaque pour la détermination du débit à partir d'un dispositif déprimogène (dans ce cas, une bouche).



2 | Bouche autorégulante ou à débit constant.



- protéger les instruments de mesure contre les dégradations : chocs, poussière, ... En cas de doute, par exemple après un choc accidentel, il vaut mieux faire vérifier l'instrument auprès du fabricant
- respecter scrupuleusement les consignes de mesure du fabricant de l'instrument, ainsi que les recommandations données dans le présent article. Il convient d'être particulièrement vigilant à la plage d'utilisation (débit minimum et maximum) mentionnée dans le manuel d'utilisation
- effectuer la mesure dans une position relativement confortable afin de pouvoir positionner l'instrument et lire le résultat correctement. Par exemple, pour la mesure au niveau des bouches, utiliser un escabeau si nécessaire

- maintenir fermement l'instrument pendant toute la durée de la mesure.

Pour limiter l'erreur aléatoire (voir encadré), on veillera notamment à :

- augmenter le nombre de mesures successives (deux ou trois, p. ex.) : la moyenne des résultats obtenus sera plus fiable qu'une mesure unique
- augmenter le temps de la prise de mesure avec certains instruments (de cinq ou dix secondes, p. ex.). L'appareil fait ensuite automatiquement une moyenne des résultats mesurés durant ce laps de temps (à régler sur l'appareil lui-même). Les conditions de mesure doivent rester identiques au cours de cette période (ne pas bouger l'instrument, ...). Il est également plus facile de noter cette valeur moyenne

plutôt que les mesures instantanées affichées par l'instrument qui peuvent parfois fluctuer de manière importante.

3.2 Dès la conception et l'installation

La mesure des débits peut être facilitée dès la conception et l'installation du système de ventilation.

Les bouches seront installées de façon à permettre une mesure à leur niveau. Les bouches d'alimentation et d'évacuation mécanique seront placées dans le plan d'une surface plane et à une distance suffisante des parois adjacentes afin de pouvoir positionner un instrument de mesure (voir figure 4, p. 4).

Plus d'informations sur les erreurs de mesure

On ne peut évidemment parler de mesure sans parler d'erreur de mesure. Toute mesure est délicate par nature, que ce soit une simple mesure de température à la maison, ou une mesure complexe en laboratoire. Plusieurs éléments peuvent influencer le résultat d'une mesure, notamment :

- la méthode de mesure utilisée
- l'instrument de mesure
- les conditions de la mesure, l'environnement
- l'opérateur de mesure.

Deux types d'erreurs peuvent principalement être observés : l'erreur aléatoire et l'erreur systématique. Bien comprendre ces deux types d'erreurs peut largement aider à en limiter l'impact. Elles sont illustrées à la figure 3 (p. 4) représentant la valeur vraie d'une même grandeur (carré rouge) et quelques points de mesure de cette même grandeur (losanges bleus).

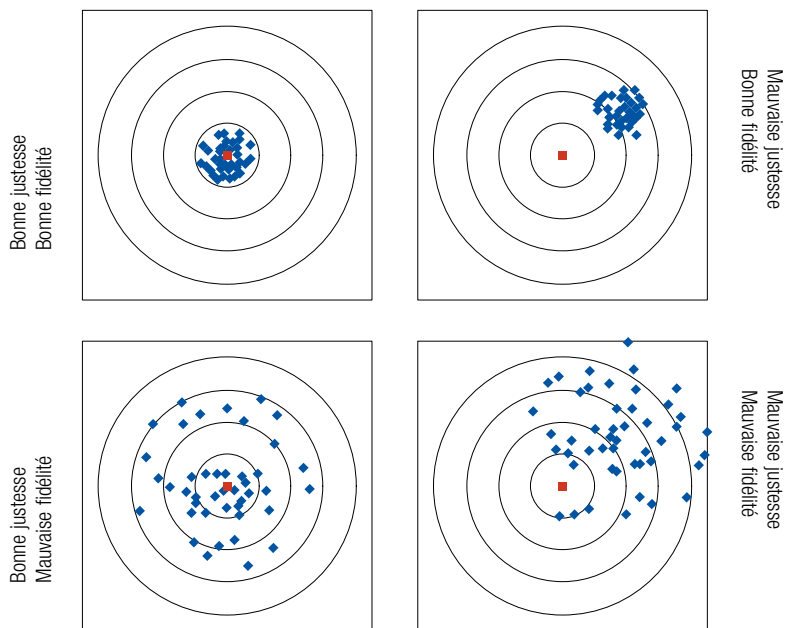
L'erreur aléatoire (**erreur de fidélité**), comme son nom l'indique, concerne des événements qui se produisent au hasard. Elle est liée à l'écart entre les valeurs mesurées d'une même grandeur. Dans la figure 3, l'écart entre les points de mesure est plus faible en haut qu'en bas : la fidélité de la mesure est donc meilleure pour les deux figures supérieures. Toutefois, la fidélité dépend du nombre de points de mesure : plus le nombre de points est élevé, plus leur moyenne sera représentative de la réalité.

L'erreur systématique (**erreur de justesse**) concerne des événements qui se reproduisent systématiquement. Elle est liée à l'écart entre la moyenne des valeurs mesurées et la valeur vraie d'une grandeur. Dans la figure 3, l'écart entre la moyenne des points de mesure et la valeur vraie est plus élevé à droite qu'à gauche : la justesse de la mesure est donc meilleure pour les deux figures de gauche. Une mauvaise justesse peut être due, par exemple, à un instrument défectueux qui surestime systématiquement la mesure d'une certaine valeur. Même avec un très grand nombre de répétitions de la mesure, la moyenne aura toujours un écart systématique par rapport à la valeur vraie de la grandeur.

Le plus important à retenir est qu'une erreur systématique est généralement invisible à l'opérateur puisque la valeur vraie de la grandeur est inconnue. Le seul moyen de vérifier la justesse d'une mesure est de comparer le résultat avec une mesure de référence. Il convient donc d'être très prudent pour éviter un maximum ce type d'erreur.

Par contre, la fidélité d'une mesure (erreur aléatoire) peut être évaluée par l'opérateur. En cas de doute, répéter plusieurs fois la même mesure permet de vérifier si la variabilité des résultats obtenus est habituelle ou non.

Pour plus d'informations à ce sujet, nous renvoyons au GUM et au VIM [4, 5].



3 | Différences entre l'erreur aléatoire et l'erreur systématique.

Pour la mesure au niveau de la bouche, certaines méthodes de mesure sont fortement influencées par le type de bouche (voir § 4, p. 5).

Parfois, pour des raisons esthétiques notamment, il peut être prescrit d'utiliser des bouches spéciales (sous forme de grille, p. ex.) de formes ou de dimensions particulières. Il conviendra dès lors d'utiliser une autre méthode de mesure ou, éventuellement, des cônes de mesure spécifiques (de plus grande dimension, p. ex.). Certaines bouches peuvent également être équipées d'un dispositif de mesure intégré qu'il y aura lieu d'utiliser avec grande précaution (voir § 2.2, p. 2).

Enfin, un réseau correctement dimensionné

et, si possible, naturellement équilibré ⁽²⁾, sera non seulement plus facile à régler, mais aussi plus facile à mesurer. Certaines méthodes de mesure sont en effet sensibles aux bouches en position très fermée.

3.3 Préparation du bâtiment et du système de ventilation

Pour la mesure des débits de ventilation, **le bâtiment sera préparé** comme suit :

- toutes les portes et fenêtres extérieures sont placées et sont fermées
- les portes intérieures seront fermées, y compris la porte du local en cours de mesure. Il convient de noter que si les portes intérieures ne sont pas présentes au moment de la mesure, leur placement

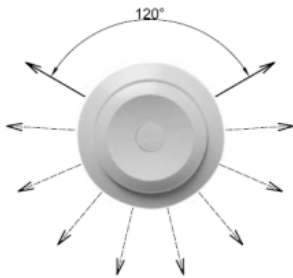
ultérieur peut avoir une influence sur le fonctionnement du système de ventilation

- les ouvertures d'alimentation et d'évacuation naturelles (systèmes de ventilation de type B et C) sont, le cas échéant, placées en position complètement ouverte
 - le logement est suffisamment exempt de poussière, afin d'éviter la contamination du système de distribution d'air
 - les ventilateurs sont placés sur la position à mesurer (position 'nominale' pour une mesure de conformité avec la réglementation PEB, p. ex.). Il peut néanmoins être utile d'également mesurer les débits pour les autres positions des ventilateurs également utilisées en pratique, afin, par exemple, de régler les ventilateurs au débit souhaité pour chacune de ces positions
 - en cas de ventilation à la demande, il peut être nécessaire de bloquer certains composants dans leur position nominale selon les prescriptions du fabricant. Il s'agit, par exemple, des ouvertures naturelles, des bouches ou des ventilateurs, réglés en fonction notamment du CO₂ ou de l'humidité ou de la présence notamment
 - les filtres peuvent être remplacés par des filtres neufs
 - toutes les autres installations qui font rentrer de l'air extérieur ou qui envoient de l'air intérieur vers l'extérieur doivent être mises à l'arrêt pour la mesure (il n'est pas nécessaire de les sceller). Il s'agit, par exemple, des systèmes suivants :
 - appareils à combustion ouverte (non étanche) avec évacuation vers l'extérieur : chaudière, boilers, poêles et autres
 - hottes qui rejettent de l'air à l'extérieur
 - séchoirs qui rejettent de l'air à l'extérieur.
- Des conditions météorologiques extrêmes (vent très fort, p. ex.) peuvent avoir une influence sur le fonctionnement du système.



4 | Mauvais positionnement des bouches (à gauche et au milieu) et placement permettant une mesure (à droite).

⁽²⁾ Dans un réseau naturellement équilibré, les pertes de pression calculées pour les différents trajets du réseau, pour les débits de conception et pour des bouches en position complètement ouverte sont proches les unes des autres.



5 | Bouches à flux asymétrique (ou à secteur propre).

On évitera donc de mesurer et surtout de régler l'installation de ventilation dans de telles conditions.

4 Méthodes recommandées

Il existe une multitude d'instruments disponibles actuellement pour les méthodes précédemment décrites. Une campagne d'essais a été réalisée au CSTC afin d'évaluer les principales méthodes de mesure, ce qui a permis d'identifier clairement des méthodes particulièrement fiables et d'autres nettement moins. Certaines nécessitent, par exemple, des conditions d'utilisation strictes pour limiter l'erreur de mesure. Sur la base des informations actuelles, les paragraphes suivants décrivent plus en détail les conditions d'utilisation des méthodes les plus pertinentes pour la mesure des débits dans les applications de type résidentiel. Les numéros de ces méthodes font référence au tableau B (p. 9).

Les particularités des bouches dont il faut tenir compte lors du choix de la méthode de mesure sont les suivantes :

- bouches à flux asymétrique (bouches dites 'à secteur propre') (voir figure 5)
- bouches à flux principalement latéral (voir figure 6).

Certains instruments entraînent également d'importantes erreurs lorsque la bouche est



6 | Bouches à flux principalement latéral.

très fermée (voir figure 7), et ce quel que soit le type de bouche.

Dans certaines conditions, la mesure est également sensible au centrage de l'appareil de mesure par rapport à la bouche.

4.1 Compensation de pression avec grille, au niveau de la bouche

Une mesure au niveau de la bouche à l'aide d'un **appareil à compensation de pression muni d'une grille stabilisatrice (1)** est assurément la méthode recommandée. Elle offre d'excellents résultats, tant au niveau de la fiabilité de la mesure (erreur de l'ordre de 10 % maximum) que de la facilité d'utilisation. Elle est très peu sensible aux différentes conditions de mesure (type et ouverture de la bouche, centrage de l'appareil par rapport à la bouche, ...). Ce type d'instrument représente un certain investissement, mais il permet aussi un gain de temps non négligeable dans la pratique (facilité d'utilisation, un seul appareil pour tous les types de bouche, moins de discussions éventuelles sur les résultats, ...).

Recommandations particulières :

- placer l'instrument sur une surface plane continue (mur, plafond, ...), et non sur le contour de la bouche, par exemple. Des cônes spécifiques supplémentaires sont parfois disponibles auprès du fabricant ou peuvent éventuellement être fabriqués sur mesure
- maintenir fermement l'instrument pendant toute la durée de la mesure pouvant prendre un certain temps jusqu'à stabilisation de la compensation de pression.



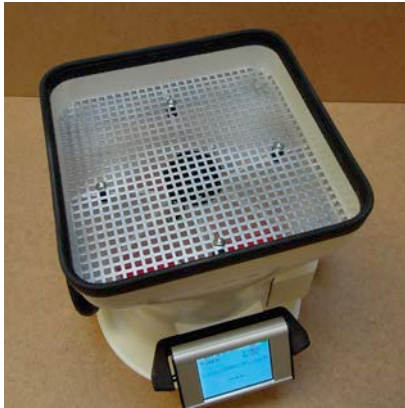
7 | Bouche très fermée.

Dès que la compensation de pression est stabilisée, certains instruments effectuent une mesure moyenne calculée sur un certain laps de temps.

Remarque importante : dans ce cas, la **grille stabilisatrice** est un élément capital : elle permet de stabiliser le flux d'air et de donner de bons résultats, et ce même si le flux est perturbé (flux asymétrique avec, par exemple, une bouche dite à secteur propre, une vitesse d'air localement très élevée, ...). Le ventilateur intégré à cet instrument de mesure permet, quant à lui, de compenser la perte de pression créée par la grille et l'appareil lui-même. La compensation de pression ne garantit toutefois pas la fiabilité de la mesure. Certaines variantes de cette méthode, **avec compensation de pression, mais sans grille stabilisatrice (2)**, fournissent en effet de moins bons résultats dans certaines conditions précisément en raison de la non-stabilisation du flux d'air. Ceci se manifeste en particulier lorsque la bouche d'alimentation ou d'évacuation est anormalement fermée ou lorsque le flux au niveau de la bouche d'alimentation est asymétrique. Celles-ci étant généralement aussi chères que les variantes avec grille et présentant une erreur de mesure du même ordre de grandeur que d'autres méthodes de mesure moins chères, leur intérêt est relativement limité. La figure 8 (p. 6) montre la différence entre une grille stabilisatrice, composée, par exemple, d'une plaque perforée de petits trous, et un simple dispositif de sécurité qui empêche l'accès au ventilateur, mais qui n'a pas un effet suffisant sur la stabilisation du flux d'air.

4.2 Anémomètre avec cône, au niveau de la bouche

La méthode de l'anémomètre associé à un



8 | Grille stabilisatrice et compensation de pression. En haut : instrument équipé d'une grille stabilisatrice. En bas : instrument seulement équipé d'un dispositif de sécurité.



cône (3) et pourvu d'une hélice (typiquement 10 cm de diamètre, voir figure 9) qui couvre toute la section de mesure à la sortie du cône, est très répandue, mais peut être à l'origine d'erreurs très importantes. En effet, cette méthode est à proscrire absolument dans les conditions suivantes :

- en alimentation :
 - avec des bouches à flux asymétrique ou à flux latéral (voir § 4, p. 5)
 - si l'instrument n'est pas centré par rapport à la bouche, quel que soit le type de bouche
 - lorsque la bouche est très fermée
- en évacuation :
 - lorsque la bouche est très fermée.

Remarque : la position de fermeture à partir de laquelle des problèmes peuvent se poser varie d'une bouche à l'autre. Des problèmes ont par exemple été rencontrés avec une bouche fermée au 3/4 de sa plage de réglage.

Recommandations particulières :

- placer l'instrument sur une surface plane continue (mur, plafond, ...), et non sur le contour de la bouche, par exemple. Des cônes spécifiques supplémentaires sont



9 | Anémomètre à hélice associé à un cône.



10 | Petite sonde associée à un cône spécifique.

parfois disponibles auprès du fabricant ou peuvent éventuellement être fabriqués sur mesure

- maintenir fermement l'instrument pendant toute la durée de la mesure
- centrer l'instrument par rapport à la bouche à mesurer
- choisir, si possible, le cône le plus grand, à condition toutefois de pouvoir parfaitement le centrer par rapport à la bouche.

Remarque importante : l'utilisation d'une **petite sonde (anémomètre thermique ou anémomètre à hélice de petite dimension, typiquement 10 à 20 mm de diamètre, comme pour la mesure en conduit), associée à un cône spécifique (4)** (voir figure 10) est déconseillée. On a mesuré en laboratoire des erreurs de mesure de plus de 60 %. La mesure en un point au centre du cône n'est probablement pas suffisamment représentative de la vitesse moyenne de l'air au niveau de toute la section.

4.3 Petite sonde, dans un conduit

L'utilisation d'une **petite sonde dans un conduit circulaire (anémomètre thermique ou à hélice de petite dimension)**, typiquement 10 à 20 mm de diamètre) (6) est envisageable (voir figure 11), mais moins pratique.



11 | Utilisation d'une petite sonde dans un conduit circulaire.

Une partie du réseau doit rester accessible pour la mesure, ce qui est rarement le cas dans la pratique.

Recommandations particulières :

- le choix du type de sonde dépend de la vitesse à mesurer et des spécifications du fabricant. Généralement :
 - la sonde thermique (voir figure 12) convient particulièrement pour des vitesses d'air faibles (plage idéale de 0,2 à 3 m/s [2])
 - l'anémomètre à hélice (voir figure 13)



12 | Sonde thermique.



13 | Sonde à hélice.



Anémomètre à hélice avec dispositif stabilisateur du flux

Très récemment, un fabricant a apporté une importante innovation à la méthode de l'anémomètre avec grande hélice. A la suite des premiers résultats obtenus par le CSTC dans le cadre de cette étude, ce fabricant a mis au point un dispositif de stabilisation du flux d'air pour limiter les erreurs importantes qui surviennent avec un tel anémomètre dans certaines conditions (voir plus haut). Ce dispositif est un court tronçon de conduit droit (environ 40 cm) qui se place entre le cône et l'anémomètre proprement dit (voir figures 14 et 15).

Des essais réalisés en laboratoire montrent que ce dispositif supplémentaire est particulièrement efficace pour stabiliser le flux dans les différentes conditions de mesure testées (type et ouverture de la bouche, centrage de l'appareil par rapport à la bouche, ...).

La combinaison de l'anémomètre à hélice et de ce dispositif stabilisateur offre de bons résultats au niveau de la fiabilité de la mesure (erreur de l'ordre de 15 % maximum). De plus, ce dispositif est relativement bon marché et peut être adapté sur les cônes et anémomètres existants du même fabricant.

Il s'agit donc d'une solution très intéressante tant pour les installateurs déjà équipés d'un tel anémomètre que pour ceux qui souhaitent acquérir un nouvel instrument avec un excellent compromis coût/fiabilité.

Il est néanmoins déconseillé d'utiliser cette solution pour mesurer des débits supérieurs à 90 m³/h, car le dispositif de stabilisation occasionne une perte de pression environ 1,5 fois plus élevée que le cône et l'anémomètre seuls. A cause de cette perte de pression supplémentaire, le débit mesuré peut, à débit élevé et dans certaines conditions, être significativement réduit comparé au débit réellement délivré au niveau de la bouche en l'absence de l'instrument de mesure.

Enfin, cette innovation intéressante montre également que des solutions techniques sont possibles pour améliorer significativement la fiabilité des méthodes de mesure des débits.

de petite dimension nécessite une vitesse d'air minimum (min 1 m/s [2])

- en principe, le tube de Pitot (ou tube de Prandtl) peut également être utilisé. La vitesse minimale mesurable dépend toutefois de la résolution du manomètre utilisé en combinaison avec le tube. En pratique, une vitesse minimale de l'ordre de 2,5 à 3 m/s est généralement nécessaire, ce qui exclut son utilisation pour la mesure en conduit terminal d'une installation de ventilation
- nombre de points de mesure dans la section du flux :
 - pour un diamètre de conduits supérieur à 160 mm, plusieurs points sont nécessaires [2]
 - pour un diamètre égal ou inférieur à 160 mm, la mesure est possible avec un seul point au centre de la section du flux et un facteur de correction pour tenir compte du profil de vitesses (*pipe factor*) [1, 6] (voir figure 16, p. 8)
- tronçon droit suffisamment long entre la section de mesure et les perturbations les

plus proches (ventilateur, silencieux, Té, coude, réduction, clapet, bouche, ...) :

- avant la section de mesure (en amont du flux) : au moins dix fois le diamètre du conduit
- après la section de mesure (en aval du flux) : au moins trois fois le diamètre du conduit

- calcul du débit sur base de la vitesse mesurée, à partir de la formule suivante :

$$q = \frac{1}{3600} \times \frac{\pi \times D^2}{4} \times C \times v_{\text{meas}}$$

Avec

q : débit [m³/h]

D : diamètre du conduit [m]

C : facteur de correction du profil de vitesses (*pipe factor*)

v_{meas} : vitesse mesurée au centre de la section du flux [m/s]

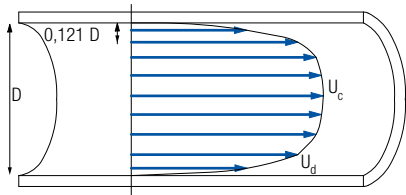
Pour le facteur de correction du profil de vitesses, une valeur de 0,9 peut être utilisée pour les conditions de mesure recomman-



14 | Dispositif innovant permettant de stabiliser le flux avec la méthode de l'anémomètre à grande hélice.



15 | Méthode combinant l'anémomètre à hélice à un dispositif stabilisateur du flux.



16 | Profil de vitesse dans un conduit circulaire.

dées ci-dessus (tronçon droit de dix fois le diamètre avant la section de mesure, diamètre inférieur à 160 mm)

- sur la mesure proprement dite :
 - réaliser le trou d'accès au conduit le plus délicatement possible et éviter les bavures sur la paroi intérieure (il existe des mèches prévues à cet effet)
 - respecter le sens du flux par rapport à la sonde tel que prévu par le fabricant
 - positionner correctement la sonde dans le conduit : bien centrée et bien orientée dans l'axe du flux
 - veiller à limiter les fuites d'air au niveau du trou d'accès au conduit, entre la sonde et la paroi du conduit
 - maintenir fermement l'instrument pendant toute la durée de la mesure
 - après les mesures, reboucher le trou d'accès au conduit de manière étanche (à l'aide de ruban adhésif, p. ex.).

4.4 Petite sonde, dans un conduit supplémentaire au niveau de la bouche

Une petite sonde peut également être utilisée, à certaines conditions, directement au niveau des bouches (5), à l'aide d'un tronçon de conduit supplémentaire. Cette méthode peut constituer une solution aux limites d'utilisation de certains instruments de mesure en alimentation. Elle est néanmoins moins pratique.

Le principe est illustré étape par étape comme suit :

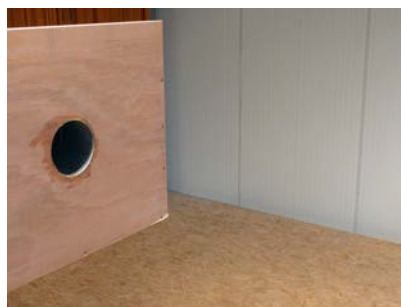
1. la bouche à mesurer est retirée de son emplacement (en prenant garde à ne pas modifier son réglage, vérifier le blocage du réglage le cas échéant) (voir figure 17)
2. un tronçon de conduit droit de longueur suffisante est connecté à l'emplacement de la bouche. La section de mesure doit être située à une lon-

gueur droite de dix fois le diamètre en amont et trois fois en aval. Une solution pratique et efficace est de recourir à un conduit d'un diamètre inférieur (80 mm de diamètre, p. ex.) et à des réductions correspondantes. La longueur minimale d'un conduit de 80 mm de diamètre sera de 104 cm, c.-à-d. 10 + 3 fois le diamètre (voir figure 18)

3. la bouche est ensuite placée à l'autre extrémité de ce tronçon de conduit sans modifier son réglage (voir figure 19)
4. enfin, la mesure est réalisée de la même manière que la mesure en conduit précédemment décrite (voir figure 20).

Recommandations particulières :

- les recommandations pour la méthode avec une petite sonde en conduit



17 | La bouche à mesurer est retirée de son emplacement.

(voir § 4.3, p. 6) s'appliquent dans ce cas également

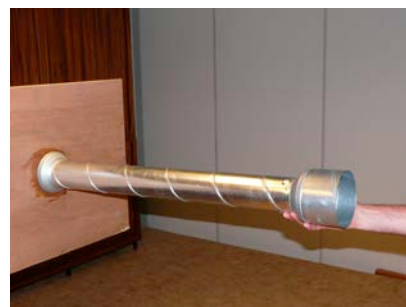
- la mesure de débits supérieurs à 90 m³/h n'est pas recommandée (en utilisant un conduit de 80 mm), car la perte de pression occasionnée par le tronçon supplémentaire devient non négligeable.

Le tableau B (p. 9) donne une vue d'ensemble des méthodes précédemment décrites ainsi qu'un certain nombre de critères permettant d'en apprécier au mieux les avantages et les inconvénients.

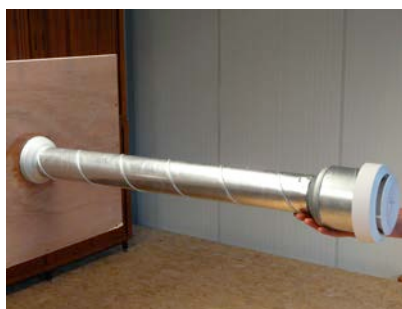
5 Valorisation dans la PEB

Une mesure correcte des débits de ventilation mécanique nécessite un peu de temps et quelques investissements, mais, outre les raisons évoquées précédemment, cette mesure peut également être valorisée dans la PEB, avec, à la clé, un gain de quelques points E (résidentiel uniquement). Les différents paramètres du calcul du niveau E pouvant valoriser la mesure des débits mécaniques sont expliqués en détail dans l'Infofiche 42.3 [3].

A noter également que la Région flamande a récemment introduit quelques exigences



18 | Un tronçon de conduit droit de longueur suffisante est connecté à l'emplacement de la bouche.



19 | La bouche est placée à l'autre extrémité du tronçon de conduit.



20 | La mesure est réalisée de la même manière que la mesure en conduit.



supplémentaires portant sur les rapports de mesure et leur contenu (voir annexe 6 de l'arrêté ministériel de la communauté flamande du 30 novembre 2012, publié au Moniteur le 17 décembre 2012 ⁽³⁾), intitulée 'Mesure des débits de ventilation mécanique – exigences sur le rapport de mesure').

Un formulaire type (fichier xls) pour le rapport de mesure des débits de ventilation mécanique peut également être utilisé sur base volontaire. Il est disponible à l'adresse suivante : www.energiesparen.be/epb/prof/ventilatiesysteem

6 Conclusion

La mesure des débits de ventilation mécanique peut être délicate et nécessite un peu de temps ainsi qu'un certain investissement. Elle constitue néanmoins une garantie du bon fonctionnement du système de ventilation. La valorisation de la mesure dans la PEB peut aussi apporter un certain avantage pour le client. Il est donc possible de rentabiliser indirectement l'investissement dans une mesure de qualité.

Si possible, il est recommandé d'opter pour

la méthode de compensation de pression avec grille stabilisatrice. Cette méthode de mesure donne en effet d'excellents résultats dans toutes les conditions habituellement rencontrées dans les applications de type résidentiel. ■

S. Caillou, dr. ir., chef adjoint du laboratoire Qualité de l'air et ventilation, CSTC

Article rédigé dans le cadre du projet OPTIVENT financé par l'IWT.

B | Vue d'ensemble et évaluation des principales méthodes de mesure pour les applications de type résidentiel.

Méthode de mesure	Évacuation		Alimentation			Prix indicatif [€] hors tva	Facilité d'utilisation
	Bouche suffisamment ouverte + instrument centré ou non	Bouche très fermée	Bouche à flux symétrique, suffisamment ouverte + instrument centré	Bouche à flux symétrique + instrument non centré	Bouche à flux asymétrique ou latéral ou bouche très fermée		
Mesure au niveau de la bouche d'air							
(1) Compensation <u>avec</u> grille	v	v	v	v	v	2500 à 3500	Facile et rapide
(2) Compensation <u>sans</u> grille	v	x	v	v	x	2500 à 3500	Facile et rapide
(3) Anémomètre avec cône	v	x	v	x	x	< 1000	Facile et rapide
(4) Petite sonde avec cône	x	x	x	x	x	< 1000	Moins facile
(5) Petite sonde en conduit	v	v	v	Sans objet	v	< 1000	Moins pratique + calcul requis
Mesure dans la section droite d'un conduit							
(6) Petite sonde en conduit	v	v	v	Sans objet	v	< 1000	Réseau apparent nécessaire + calcul requis

⁽³⁾ Titre complet : 'Ministerieel besluit houdende wijziging van het ministerieel besluit van 13 januari 2006 betreffende de vorm en inhoud van de startverklaring, het ministerieel besluit van 2 april 2007 betreffende de vastlegging van de vorm en de inhoud van de EPB-aangifte en het model van het energieprestatiecertificaat bij de bouw en het ministerieel besluit van 15 september 2009 betreffende de vaststelling van de gelijkwaardigheid van innovatieve systemen, bouwconcepten of technologieën in het kader van de energieprestatiegeveling'



BIBLIOGRAPHIE

1. Bonthoux F. et Fontaine J.R.
Mesure des débits d'air en conduit. Incertitude liée au nombre et à la position des points de mesures. Institut national de recherche et de sécurité. Paris, Institut national de recherche et de sécurité, Hygiène et sécurité au travail, 2012.
2. Bureau de Normalisation
NBN EN 12599 Ventilation des bâtiments - Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de conditionnement d'air et de ventilation. Bruxelles, NBN, 2012.
3. Centre scientifique et technique de la construction
Ventilation des bâtiments. Possibilités de diminution du niveau E. Bruxelles, CSTC, Infofiche, n° 42.3, 2010.
4. Joint Committee for Guides in Metrology
Évaluation des données de mesure. Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM). Sèvres (France), Bureau international des poids et mesures, 2008.
5. Joint Committee for Guides in Metrology
Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM). Sèvres (France), Bureau international des poids et mesures, 2008.
6. Kennisinstituut voor de installatiesector
Publicatie 52 Luchtzijdig inregelen van klimaatinstallaties. Rotterdam, ISSO, 2009.