



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RAPPORT

SOLUTIONS DE DIFFUSION D'AIR EN VENTILATION DOUBLE FLUX DANS L'HABITAT

JUIN 2014

ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD

Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT- PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les Recommandations Professionnelles « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les Calepins de chantier « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les Rapports « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les Recommandations Pédagogiques « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>

Sommaire

Introduction	6
1 - État de l'art de la diffusion de l'air	8
1.1. • Type de veine d'air induite	8
1.2. • Définitions des zones d'un jet d'air conique	8
1.3. • Effet d'induction	9
1.4. • Effet Coanda	10
1.5. • Présence d'obstacles le long du jet	11
1.6. • Paramètres de confort.....	11
2 - État de l'offre des bouches de soufflage	13
2.1. • Les caractéristiques techniques des bouches de soufflage	13
2.2. • Les bouches de soufflage proposées en VMC double flux pour l'habitat.....	14
3 - Mise en évidence des phénomènes de diffusion d'air dans une pièce	16
4 - Incidence d'un débit de soufflage faible sur la diffusion d'air	20
5 - Localisation de l'insufflation par rapport à la sortie d'air de la pièce	22
6 - Choix du modèle de bouche de soufflage	25
7 - Présence d'obstacles au plafond.....	28
8 - Cas d'une pièce en forme de L	30

AVERTISSEMENT

Les images présentées dans ce rapport sont issues d'un logiciel de modélisation numérique des écoulements fluides. Les simulations ont été effectuées en mode stationnaire, en conditions stabilisées, à un instant donné et pour des conditions de débit et de température fixées.

Introduction



La Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) double flux permet d'assurer le renouvellement d'air du bâtiment tout en présentant une meilleure performance énergétique que la VMC simple flux. Cependant, les contraintes constructives importantes dans l'habitat peuvent conduire à l'implantation des bouches de soufflage au plus pratique, en diminuant les longueurs de conduits et sans considérer les phénomènes de diffusion d'air.

L'étude menée permet d'enrichir les connaissances actuelles pour aboutir à des règles de bonnes pratiques quant à l'implantation, au choix et au dimensionnement des bouches de soufflage d'une VMC double flux. Sont notamment étudiées dans ce rapport les questions :

- de l'incidence du débit de soufflage ;
- de l'emplacement de la bouche de soufflage par rapport à la sortie d'air de la pièce ;
- du choix du modèle de bouche de soufflage ;
- de la présence d'obstacles au plafond ;
- du cas des pièces en forme de L.

Elle concerne uniquement l'habitat et porte donc sur des bouches de soufflage à ailettes fixes ou mobiles principalement et des débits insufflés inférieurs à 100 m³/h.

Elle ne traite pas du couplage de la VMC double flux avec un système de chauffage ou de rafraîchissement par air.

L'étude repose sur la simulation des phénomènes de diffusion d'air dans une pièce à l'aide du logiciel COMSOL de modélisation numérique des écoulements fluides. Ce rapport est ainsi largement illustré de vues en couleur des répartitions de vitesses d'air, dans un objectif de mise en évidence pédagogique des mouvements d'air.

Ce rapport comprend, dans les premiers chapitres, un rappel des phénomènes de diffusion d'air (effet d'induction et effet Coanda) et un recensement des modèles de bouches de soufflage commercialisés (à ailettes fixes, mobiles, à centre solide) et leurs caractéristiques techniques.

Le respect des règles de bonnes pratiques de conception, de mise en œuvre, de commissionnement et d'entretien permettent d'assurer les performances d'une installation de VMC double flux, aussi bien du point de vue thermique que du point de vue de la qualité d'air intérieure.

Cette étude a été réalisée par le COSTIC (Comité Scientifique et Technique des Industries Climatiques).

État de l'art de la diffusion de l'air

1



Ce chapitre présente les différents types de jet observés en habitat selon les formes de bouches de soufflage. Il rappelle les effets d'induction et Coanda qui permettent d'expliquer les phénomènes de diffusion d'air dans une pièce.

1.1. • Type de veine d'air induite

Les formes de bouches de soufflage disponibles sur le marché pour les débits adaptés à l'habitat (cf. 2) induisent des jets d'air caractéristiques.

Les **bouches à jet conique**, destinées à être installées en mural ou au plafond, sont généralement cylindriques et comportent des ailettes fixes ou mobiles.

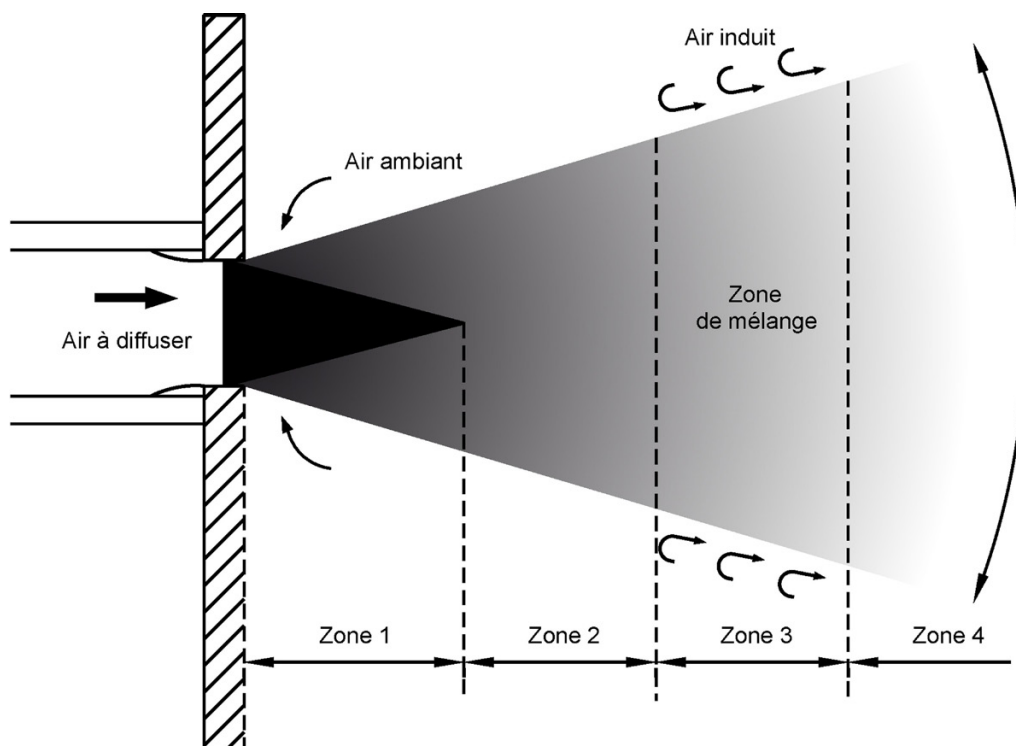
La veine d'air issue de ce type de bouche (dite conique) est de section circulaire axialement symétrique.

Les **bouches à jet radial** sont destinées à être installées au plafond. Elles sont cylindriques et disposent d'un centre solide (ou noyau solide) qui peut être mobile afin d'ajuster le débit.

La veine d'air issue de ce type de bouche est distribuée radialement dans toutes les directions par rapport au jet incident.

1.2. • Définitions des zones d'un jet d'air conique

Le schéma de la (Figure 1) présente la composition d'un jet d'air conique.



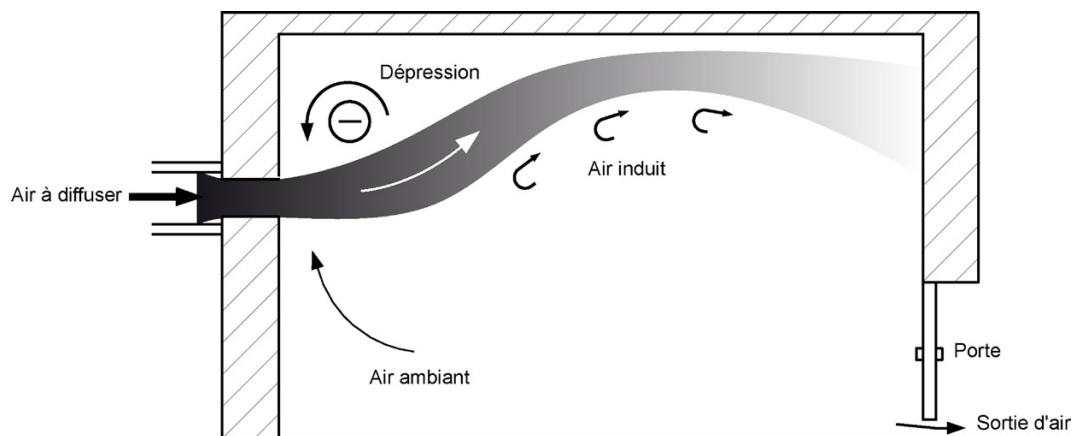
▲ Figure 1 : Différentes zones d'un jet d'air conique issu d'une bouche de soufflage

Un jet d'air peut se décomposer en quatre zones distinctes :

- **zone 1.** Dans cette zone, la vitesse d'air est environ égale à la vitesse de l'air au niveau de la bouche de soufflage ;
- **zone 2.** La seconde zone est une zone de transition. La vitesse du jet commence à chuter faiblement. La diminution de la vitesse dépend du type de bouche (taille et coefficient de vitesse), de la vitesse de l'air au passage de la bouche et de la distance à la bouche ;
- **zone 3.** C'est la zone où le jet est entièrement établi. La vitesse du jet décroît linéairement plus l'on s'éloigne de la bouche de soufflage. Cette zone est importante car, dans la plupart des cas, c'est dans cet espace que le jet commence à entrer dans la zone d'occupation ;
- **zone 4.** Cette zone est communément appelée zone de dégradation du jet d'air. La vitesse du jet d'air décroît rapidement : le jet « décroche ». La vitesse chute rapidement sous 0,25 m/s, ce qui a tendance à laisser place à la convection naturelle.

1.3. • Effet d'induction

Lorsque le jet d'air traverse une bouche de soufflage et entre dans le volume de la pièce, celui-ci se développe sous la forme d'un cône (cf. 1.2). De fait, cela crée une aspiration d'air ambiant au niveau de la bouche de soufflage mais également aux frontières du jet.



▲ Figure 2 : Présentation de l'induction engendrée par un jet d'air

L'induction au niveau de la bouche de soufflage participe, sous certaines conditions, à l'effet Coanda pour la partie du jet située entre la bouche de soufflage et le plafond (cf. 1.4).

Pour la partie inférieure du jet, l'induction va permettre d'accentuer la circulation d'air dans le volume à ventiler. Cet effet a tendance à améliorer l'effet convectif de l'air ambiant. De plus, au fur et à mesure du développement du jet, l'air ambiant est mélangé à l'air insufflé.

1.4. • Effet Coanda

Lorsqu'une bouche de soufflage est installée à proximité d'une paroi, le jet a tendance à adhérer à la paroi : c'est l'effet Coanda.

Le jet traversant la bouche de soufflage provoque un effet d'induction du fait de la diminution de section au passage de la bouche de soufflage : de l'air ambiant est aspiré dans le jet d'air. De fait, un vide d'air est créé entre le jet d'air et la paroi (ici le plafond). Le jet d'air est alors attiré par la paroi située à proximité.

Cet effet conduit à augmenter la portée du jet d'air. Il permet de véhiculer le jet d'air de part et d'autre de la pièce en limitant le débit d'air à insuffler (et donc les vitesses d'air).

Pour que cet effet se manifeste, trois conditions sont à respecter :

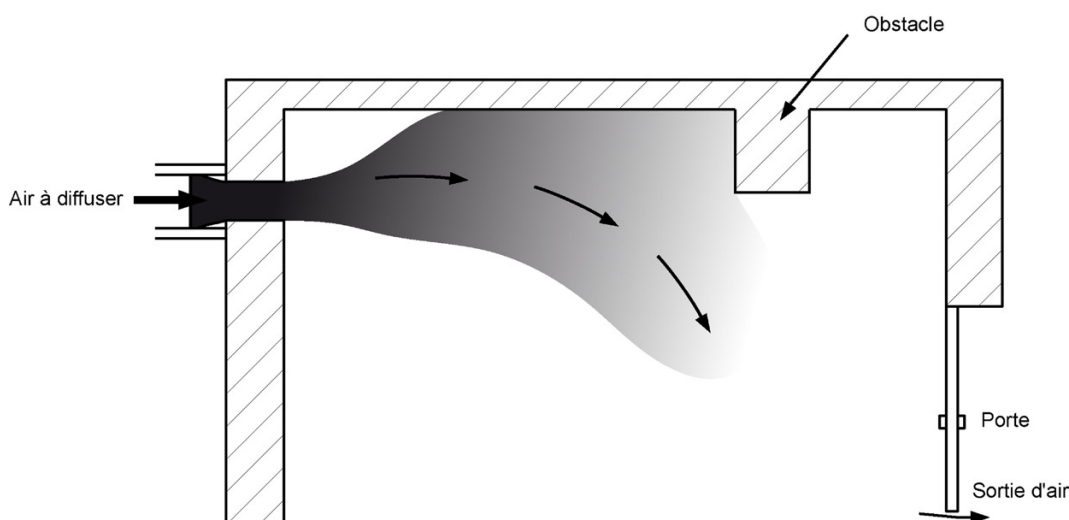
- la vitesse initiale du jet doit être suffisante. D'après la littérature, elle doit être supérieure à 0,75 m/s ;
- la distance entre la bouche et la paroi horizontale ne doit pas dépasser une certaine valeur, de l'ordre de 20 à 30 cm selon les sources ;
- la direction du jet doit être soit parallèle à la paroi, soit légèrement orientée vers la paroi. L'orientation du jet peut être modifiée par la structure de la bouche (orientation des ailettes).

1.5. • Présence d'obstacles le long du jet

La présence d'obstacles le long de la paroi adhérente du jet d'air a pour effet de le dévier ou de le stopper.

Sur site, la présence d'obstacles doit être vérifiée. Il peut s'agir de poutres apparentes au plafond, de luminaires intégrés, d'une séparation artificielle de la pièce...

La (Figure 3) met en évidence la « chute » du jet d'air au sein de la zone d'occupation en présence d'un obstacle. Ce phénomène se traduit par une baisse de l'efficacité de la ventilation et peut occasionner une gêne pour les occupants.



▲ Figure 3 : Présence d'un obstacle le long d'un jet d'air

1.6. • Paramètres de confort

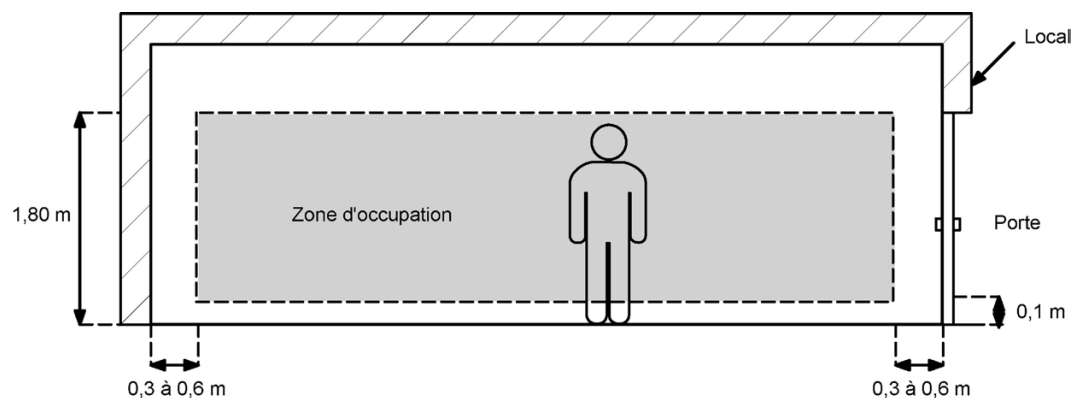
L'étude du confort des occupants est complexe. Il dépend de nombreux paramètres tant physiologiques que psychologiques qui rendent son interprétation subjective. Les indicateurs suivants permettent néanmoins son évaluation :

- le confort thermo-hygrométrique ;
- la qualité d'air intérieure ;
- le confort acoustique.

Le confort doit être assuré dans la **zone d'occupation** qui est le volume dans lequel la présence humaine est régulière. Il existe plusieurs définitions de cette zone. Les dimensions retenues sont les suivantes (Figure 4) :

- distance de 0,30 à 0,60 m des parois verticales de la pièce ;
- hauteur de 1,80 m à partir du sol, avec un espace de 0,10 m en partie basse.

Dans cette zone, conformément à la norme NF EN ISO 7730, pour une personne au repos, la vitesse d'air recommandée ne doit pas dépasser 0,2 m/s.



▲ Figure 4 : Définition de la zone d'occupation

État de l'offre des bouches de soufflage

2



Ce chapitre consiste à recenser les modèles de bouches de soufflage proposés sur le marché pour un usage en habitat ainsi que leurs caractéristiques.

2.1. • Les caractéristiques techniques des bouches de soufflage

Les bouches de soufflage sont caractérisées par les paramètres suivants :

- le débit d'air nominal ;
- la portée de jet libre ;
- la perte de charge ;
- le niveau de puissance acoustique.

Le **débit d'air** nominal de la bouche est exprimé en m^3/h . Il doit correspondre au débit de dimensionnement.

La **portée de jet libre** est la distance entre la bouche de soufflage et le point où le centre du jet d'air est à une vitesse inférieure à la vitesse terminale. Généralement, la vitesse terminale retenue est comprise entre 0,25 et 0,5 m/s.

À noter que la portée du jet d'air est donnée pour un jet libre isotherme c'est-à-dire à la même température que l'ambiance et sans perturbation extérieure (adhérence à une paroi...).

En utilisation réelle, différents facteurs peuvent avoir une influence sur la portée du jet :

- adhérence du jet à une paroi (effet Coanda) ;
- différence de température entre l'air insufflé et l'ambiance ;



- présence d'obstacles sur le parcours du jet d'air ;
- influence d'apports internes (chauffage...) ou externes (température des baies vitrées...).

La **perte de charge** de la bouche de soufflage est utilisée pour le calcul des pertes de charge du réseau et la détermination de la pression disponible du ventilateur de soufflage. Elle est généralement exprimée en Pascal (Pa).

Le **niveau de puissance acoustique pondérée L_w** (en dB(A)) est donné afin de respecter la réglementation sur le bruit généré par l'installation de ventilation.

2.2. • Les bouches de soufflage proposées en VMC double flux pour l'habitat

Le tableau de la (Figure 5) regroupe les principales caractéristiques des bouches de soufflage les plus employées en VMC double flux en habitat. Il s'agit des modèles : à ailettes fixes, à ailettes mobiles et plafonniers à centre solide (fixe ou mobile).

Modèle de bouche	À ailettes fixes	À ailettes mobiles	À centre solide
Présentation			
Plage de débits nominaux (en m³/h)	15 – 150	10 – 150	15 – 350
Portée de jet libre (en m)	1,5 à 9	1,5 à 9	1 à 5
Perte de charge (en Pa)	2 à 50		
Niveau de puissance acoustique L_w (en dB(A))	20 à 40		

▲ Figure 5 : Principales caractéristiques des bouches de soufflage du commerce

Les plages de débits acceptables pour chacun des modèles de bouches sont étendues, voire très étendues. En VMC double flux en habitat, les débits se situant dans la partie basse de cette plage (ils sont généralement inférieurs à 100 m³/h), il convient de sélectionner une bouche adaptée au débit à insuffler.

Les portées de jet libre issues des bouches de soufflage étant relativement faibles (de 1 à 5 m, voire 9 m), il est conseillé d'installer les bouches de soufflage de manière à profiter de l'effet Coanda.

Des simulations ont été réalisées avec différents modèles de bouches de soufflage (cf. 6).

À RETENIR

L'offre proposée en matière de diffusion d'air étant limitée en habitat individuel, il est important de choisir des bouches de soufflage spécifiques à un usage en insufflation.

Il convient de sélectionner des bouches de soufflage dont la plage de débits est adaptée au dimensionnement, tout en étant la plus restreinte possible (et proche des débits souhaités).

Afin de favoriser le brassage du volume, le choix doit se porter vers des bouches de soufflage présentant des portées de jet élevées, dans la limite de la longueur de la pièce.

Mise en évidence des phénomènes de diffusion d'air dans une pièce

3



Afin d'étudier les phénomènes aérauliques se produisant dans une pièce équipée d'une bouche de soufflage, des simulations ont été menées avec l'outil de simulation des écoulements fluides COMSOL.

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- La pièce est de forme parallélépipède rectangle et de dimensions : 3,8 m de longueur, 2,9 m de largeur et 2,5 m de hauteur, soit un volume de 27,5 m³ ;
- La bouche de soufflage à ailettes fixes (cf. 6) est placée à 2,2 m de hauteur, au centre de la largeur du mur ;
- La sortie d'air est située en paroi latérale. Elle correspond au détalonnage d'une porte. Sa hauteur est de 2 cm sur une largeur de 80 cm.

Le jet d'air insufflé est isotherme c'est-à-dire que la température de l'air insufflé est égale à la température de l'air extrait.

Le débit d'air insufflé à la bouche est de 60 m³/h, soit un taux de renouvellement d'air de la pièce de 2,2 volumes par heure. La vitesse dans le conduit d'air de diamètre 80 mm est de 3,3 m/s.

Les figures suivantes présentent les répartitions des vitesses au sein de la pièce dans les conditions mentionnées ci-dessus.

Elles mettent en évidence :

- les valeurs de vitesses d'air ;
- la portée du jet ainsi que la circulation de l'air au sein du volume ;
- l'adhérence du jet au plafond.

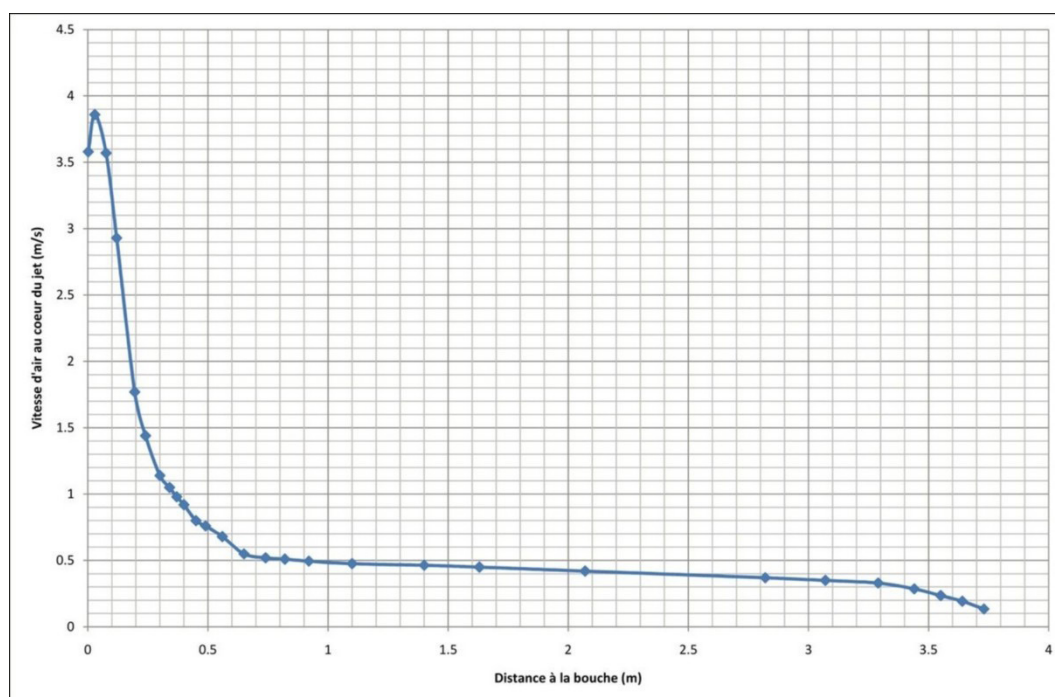
La (Figure 6) montre l'évolution de la vitesse d'air maximale au sein du jet d'air à différentes distances de la bouche de soufflage.

Alors que la vitesse dans le conduit d'air cylindrique présente un profil quasiment uniforme, le rétrécissement de section lié à la présence d'ailettes dans la bouche de soufflage engendre en sortie de bouche une augmentation de la vitesse d'air de 3,3 à 4 m/s.

Différentes zones sont ensuite observées :

- jusqu'à une distance de la bouche de 0,1 m, la vitesse du jet est quasiment constante à la vitesse de soufflage ;
- entre 0,1 et 0,75 m, la vitesse du jet décroît fortement : elle chute de 4 à 0,5 m/s. C'est dans cette zone que le jet d'air est pleinement développé et induit un brassage de l'air ambiant. De l'air ambiant est aspiré au sein du jet ;
- entre 0,75 et 3,3 m, la vitesse du jet décroît linéairement de 0,5 à 0,3 m/s. Dans cette zone, il est possible que le jet chute dans la zone d'occupation ;
- entre 3,3 et 3,8 m, la vitesse du jet d'air chute encore.

Dans ce cas, la portée du jet définie par une vitesse terminale de 0,3 m/s (cf. 2.1) est de 3,3 m. Elle est satisfaisante, elle atteint 87% de la longueur de la pièce.

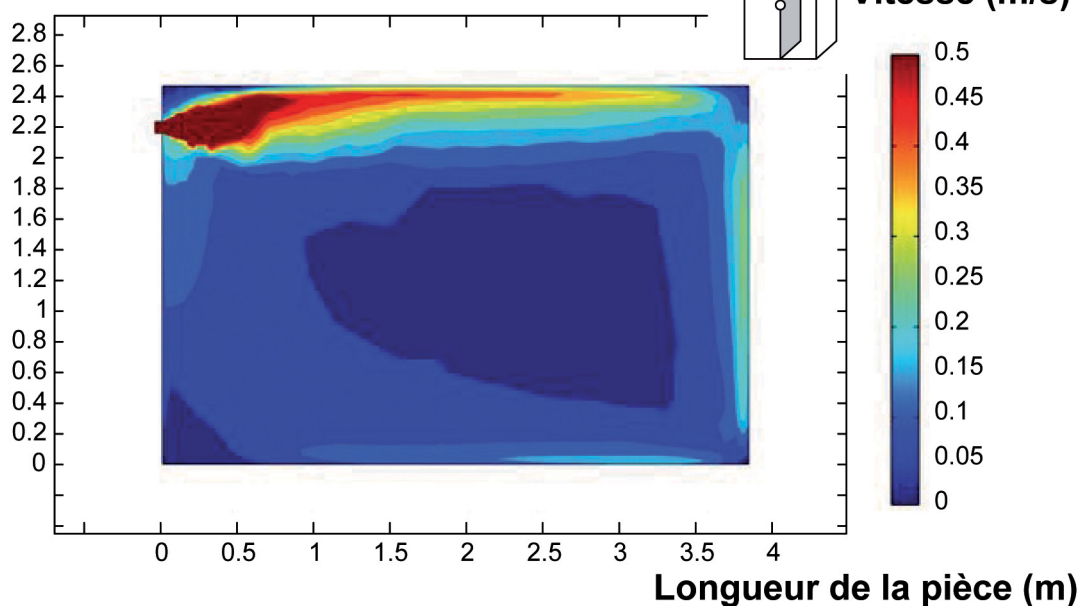


▲ Figure 6 : Vitesses d'air maximales (en m/s) au sein du jet d'air à différentes distances de la bouche de soufflage

La (Figure 7) confirme les observations précédentes. Elle montre l'effet de brassage de la pièce. On constate toutefois au centre de la pièce des vitesses comprises entre 0,05 et 0,1 m/s. Cet espace bénéficie tout de même des effets d'induction du jet et convectif au sein du volume pour assurer une qualité d'air intérieure satisfaisante.

On note que le confort est assuré dans la zone d'occupation, avec des valeurs inférieures à 0,2 m/s (cf. 1.6).

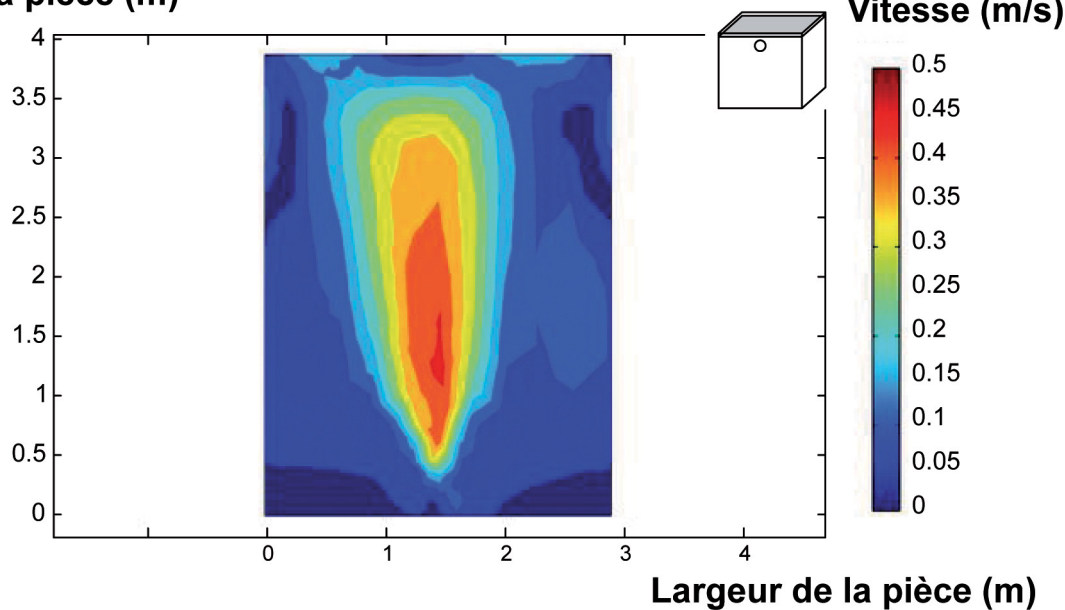
**Hauteur de la
pièce (m)**



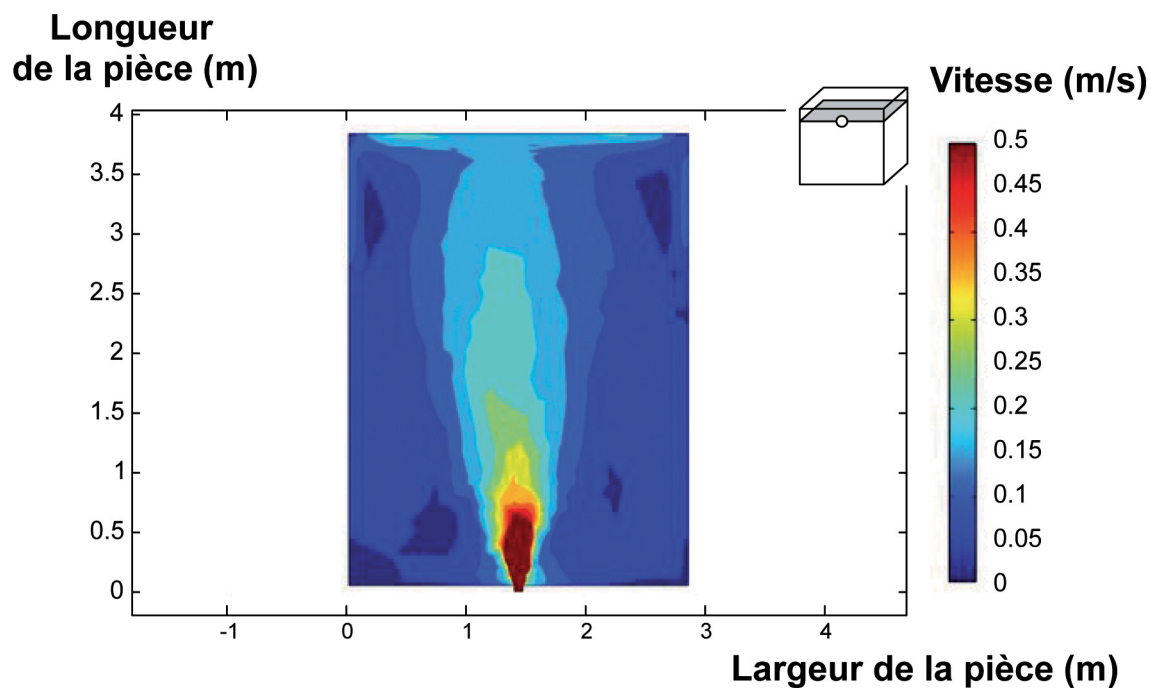
▲ **Figure 7** : Répartition des vitesses (en m/s) dans le plan passant par la bouche de soufflage

Sur les (Figure 8) et (Figure 9), l'effet Coanda est visible. Le jet d'air adhère au plafond (Figure 8). En effet, les vitesses d'air sont plus importantes au niveau du plafond que dans le plan de la bouche de soufflage (Figure 9).

**Longueur
de la pièce (m)**



▲ **Figure 8** : Répartition des vitesses (en m/s) dans le plan horizontal passant à 5 cm du plafond (vue de dessus)



▲ **Figure 9** : Répartition des vitesses (en m/s) dans le plan horizontal passant par la bouche de soufflage, soit à 30 cm du plafond (vue de dessus)

Incidence d'un débit de soufflage faible sur la diffusion d'air

4

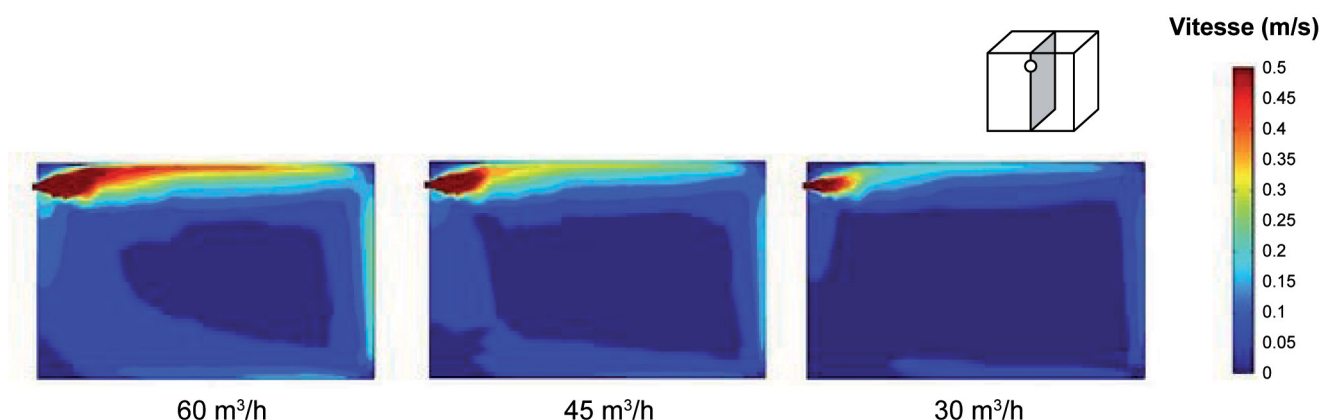


Afin d'étudier l'incidence d'une diminution du débit de soufflage, des simulations ont été menées avec trois valeurs de débit :

- 60 m³/h, soit un taux de renouvellement d'air de 2,2 vol/h ;
- 45 m³/h, soit un taux de renouvellement d'air de 1,6 vol/h ;
- 30 m³/h, soit un taux de renouvellement d'air de 1,1 vol/h.

La configuration de la pièce est identique à celle décrite au chapitre (cf. 3). Les simulations sont réalisées avec des bouches de soufflage à ailettes fixes (cf. 6).

La (Figure 10) montre les vitesses d'air dans le plan central vertical du volume pour les trois valeurs de débit de soufflage.



▲ Figure 10 : Répartition des vitesses (en m/s) dans le plan passant par la bouche de soufflage pour des débits de 60 m³/h, 45 m³/h et 30 m³/h

On constate que la réduction du débit insufflé (et donc de la vitesse de soufflage ainsi que de la turbulence du jet) engendre une diminution de la portée du jet et du brassage du volume :

- **pour un débit de 60 m³/h**, une boucle de circulation sur l'ensemble du volume est aisément identifiable. Les vitesses d'air

dans ce vortex sont supérieures à 0,05 m/s. La portée du jet est de 3,3 m, soit 85% de la longueur de la pièce. Même si le centre du volume apparaît peu brassé, le mélange est effectif ;

- **pour un débit de 45 m³/h**, la portée du jet est réduite à 2,6 m (68% de la longueur de la pièce), soit 24% de moins que pour un débit insufflé de 60 m³/h. De fait, la zone peu brassée située au centre du volume apparaît plus importante. Toutefois, il est encore possible d'observer une boucle de circulation convective sur l'ensemble du volume ;
- **pour un débit de 30 m³/h**, le jet d'air atteint la paroi opposée du fait de son adhérence au plafond. Toutefois, les vitesses d'air au niveau du plafond sont basses, de l'ordre de 0,2 m/s. La portée du jet est réduite à 0,65 m (17% de la longueur de la pièce), soit 80% de moins que pour un débit insufflé de 60 m³/h. La boucle de circulation est peu visible. Les vitesses d'air sont inférieures à 0,05 m/s dans l'angle inférieur gauche de la pièce.

La portée du jet est définie en chapitre (cf. 2.1), elle est établie pour une vitesse terminale de 0,3 m/s.

On observe, pour le cas simulé, que lorsque le débit est divisé par 2, la portée réelle du jet est divisée par 5.

À RETENIR

Afin de disposer d'une bonne circulation convective au sein d'une pièce, il est conseillé de disposer d'une portée de jet égale ou supérieure aux deux tiers de la longueur de la pièce. La portée de jet est un critère de choix de la bouche de soufflage, en lien avec le débit.

Localisation de l'insufflation par rapport à la sortie d'air de la pièce

5



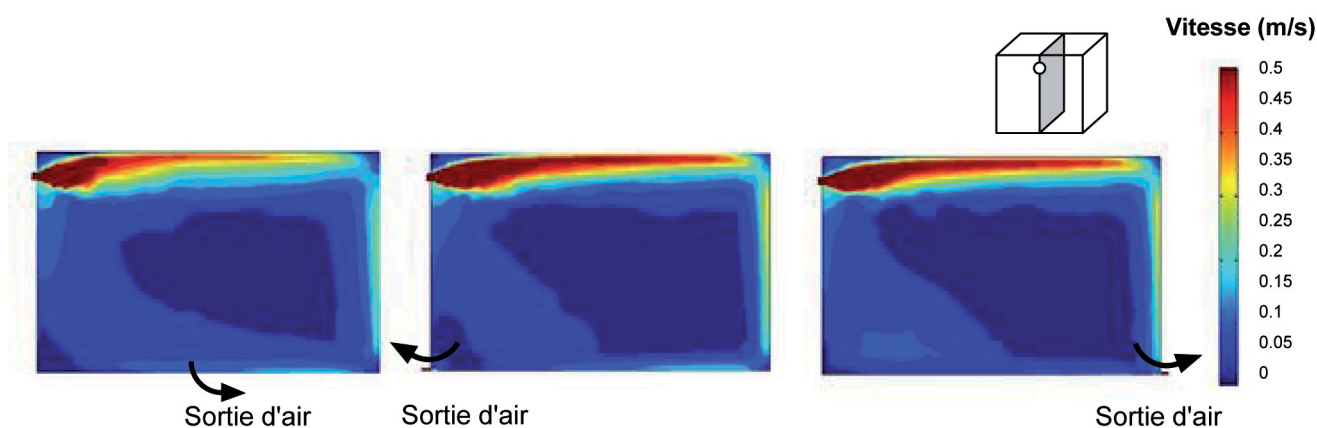
L'une des problématiques rencontrées en habitat est l'implantation de la bouche de soufflage par rapport à la sortie d'air de la pièce. On constate généralement que pour simplifier la pose des conduits la bouche de soufflage est placée sur la même paroi que l'orifice de transfert d'air, c'est-à-dire au dessus de la porte.

Afin d'étudier l'incidence de la localisation de la bouche de soufflage et de la sortie d'air, trois situations sont simulées en plaçant la sortie d'air :

- sur la paroi latérale à celle où se trouve la bouche de soufflage ;
- sur la même paroi que la bouche de soufflage ;
- sur la paroi opposée à la bouche de soufflage.

Dans ces trois cas, la sortie d'air simulée est au niveau du sol, elle correspond à un détalonnage de porte de 2 cm de haut sur la largeur de 80 cm.

Le débit de soufflage retenu pour les simulations est de 60 m³/h. La portée de jet est satisfaisante. La configuration de la pièce est identique à celle décrite au chapitre (cf. 3) Les simulations sont effectuées avec des bouches de soufflage à ailettes fixes (cf. 6).



▲ **Figure 11** : Répartition des vitesses (en m/s) dans le plan passant par la bouche de soufflage pour différentes localisations de la sortie d'air : en paroi latérale (à gauche), en dessous du soufflage (au centre), en paroi opposée à la bouche de soufflage (à droite)

La (Figure 11) permet de constater que le positionnement de la sortie d'air a peu d'impact sur la diffusion de l'air au sein du volume.

Les simulations ne permettent pas de conclure quant au positionnement optimal de la sortie d'air vis-à-vis de la localisation de la bouche de soufflage. La boucle de convection naturelle est visible dans les trois cas et les vitesses d'air sont du même ordre de grandeur.

Lorsque la bouche de soufflage est positionnée au dessus de la sortie d'air (*simulation du centre*), deux effets s'opposent. La sortie d'air tend à « aspirer » l'air sous l'effet de l'extraction dans les pièces de service créant une dépression à cet endroit. Le jet d'air insufflé, quant à lui, crée une dépression puisqu'il passe d'une faible section vers un grand espace : de l'air ambiant est donc « aspiré » dans le jet (effet d'induction, cf. 1.3).

A contrario, lorsque la sortie d'air est située à l'opposé de la bouche de soufflage (*simulation de droite*), les deux effets (dépression à la sortie d'air et effet d'induction à l'insufflation) sont complémentaires. De fait, le brassage est amélioré.

Lorsque la sortie d'air est positionnée sur une paroi latérale à celle du soufflage (*simulation de gauche*), une chute de vitesse du jet en milieu de pièce est observée. On note en effet une déviation du jet d'air adhérant au plafond vers la sortie d'air. Ce phénomène peut avoir un léger impact sur la diffusion d'air mais ne met pas en cause la ventilation du local.

L'effet d'induction et la dépression à la sortie d'air ont tendance à créer des forces perpendiculaires. L'insufflation engendre un mouvement de l'air de bas en haut le long de la paroi sur laquelle est située la bouche de soufflage. La sortie d'air crée un mouvement de l'air perpendiculaire au jet orienté vers la sortie. La déviation du jet vers la paroi où est située la sortie d'air a pour conséquence de réduire la portée du jet d'air. La moitié de la pièce située du côté de la sortie d'air sera mieux brassée que l'autre moitié.

Dans ce cas, la sortie d'air ne s'opposant pas directement à l'induction engendrée par l'insufflation, les vitesses d'air sont plus importantes dans la zone d'occupation que dans le cas où la sortie d'air est située sous le soufflage.

À RETENIR

Les simulations montrent que le positionnement de l'insufflation et de la sortie d'air sur des parois se faisant face n'a pas un impact significatif sur le brassage du volume, en comparaison d'autres implantations, lorsque les préconisations de débit de soufflage et de portée de jet sont respectées.

Choix du modèle de bouche de soufflage

6



Plusieurs modèles de bouches de soufflage sont commercialisés avec les systèmes VMC double flux dédiés à l'habitat (cf. 2) :

- les bouches de soufflage à ailettes fixes ;
- les bouches de soufflage à ailettes mobiles ;
- les bouches plafonnières à centre solide (fixe ou mobile).

Afin d'étudier l'impact de ces bouches de soufflage sur la ventilation de la pièce, les modèles suivants ont été simulés :

- la bouche à ailettes fixes présente un diamètre 80 mm. Elle est composée de 10 ailettes horizontales uniformément réparties sur le diamètre de la bouche. Les ailettes sont des ellipses de 2 mm d'épaisseur et de 50 mm de longueur ;



▲ Figure 12 : Bouche à ailettes fixes

- la bouche à ailettes mobiles, de diamètre 80 mm, est composée de deux ailettes mobiles superposées à 31 et à 55 mm du bas de la bouche. Elles sont orientées vers le plafond de 30° par rapport à l'horizontale ;



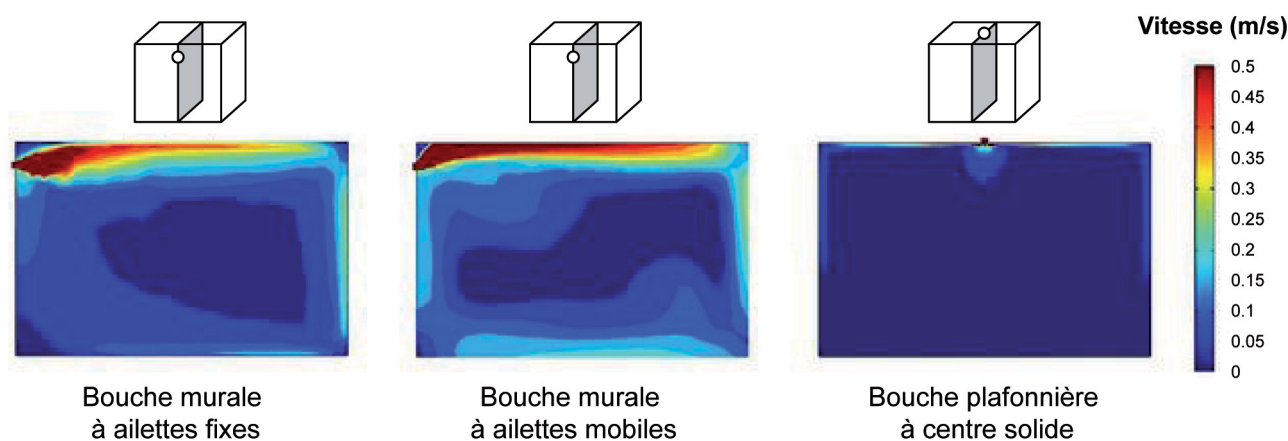
▲ Figure 13 : Bouche à ailettes mobiles

- la bouche de soufflage plafonnière est de diamètre 80 mm. Elle est constituée d'un centre solide plein de même diamètre que la bouche et elle est placée à 20 mm du plafond.



▲ Figure 14 : Bouche à centre solide

Le débit de soufflage retenu pour les simulations est de 60 m³/h. La configuration de la pièce est identique à celle décrite au chapitre (cf. 3).



▲ Figure 15 : Répartition des vitesses (en m/s) pour différents modèles de bouches : à ailettes fixes, à ailettes mobiles et à centre solide

La répartition des vitesses dans la pièce pour chaque modèle de bouche (Figure 15) met en évidence plusieurs constats.

La bouche à ailettes mobiles (*simulation du centre*) permet :

- d'augmenter la vitesse du jet au passage de la bouche car la taille et l'orientation des ailettes engendrent une section de passage du jet d'air plus faible que pour les autres modèles étudiés ;
- de plaquer le jet d'air au plafond plus rapidement du fait de l'orientation des ailettes dans cette direction ;

- d'augmenter l'effet d'induction. En effet, les vitesses d'air le long de la paroi sous la bouche de soufflage sont plus importantes que pour les autres modèles ;
- d'améliorer le brassage du volume.

La bouche à centre solide placée au plafond (*simulation de droite*), au centre de la pièce, ne permet pas de brasser correctement le volume :

- le jet d'air est plaqué au plafond et est dirigé vers les quatre coins de la pièce (jet radial) ;
- le jet d'air chute le long des parois ;
- les vitesses d'air au sol ainsi qu'au centre de la pièce sont très faibles (inférieures à 0,05 m/s).

L'usage de ce modèle en soufflage est déconseillé en habitat dans les pièces de faibles dimensions où seule une bouche est installée car l'homogénéisation du volume est insuffisante. Ce modèle est à réserver à l'extraction d'air.

À RETENIR

En habitat, il est important d'installer des bouches à ailettes mobiles légèrement inclinées (de l'ordre de 30°) vers le plafond.

Ne pas orienter les ailettes vers le sol afin de ne pas créer de gêne pour les occupants et les informer de ne pas modifier le positionnement des ailettes lors d'une éventuelle intervention.

Les bouches à ailettes fixes sont une solution plus simple à mettre en œuvre car elles ne nécessitent aucun réglage particulier.

Présence d'obstacles au plafond

7



La présence d'obstacles au plafond le long du jet d'air peut perturber son développement, comme indiqué en chapitre (cf. 1.5) L'effet Coanda avec le plafond n'est alors plus assuré, la portée de jet s'en trouve diminuée et des perturbations en zone d'occupation sont à craindre.

Toutefois, dans le cas d'un obstacle de faible hauteur, inférieure à une hauteur critique, bien que les vitesses d'air dans le jet soient fortement réduites, on peut penser que le jet adhérerait à nouveau au plafond après passage de l'obstacle.

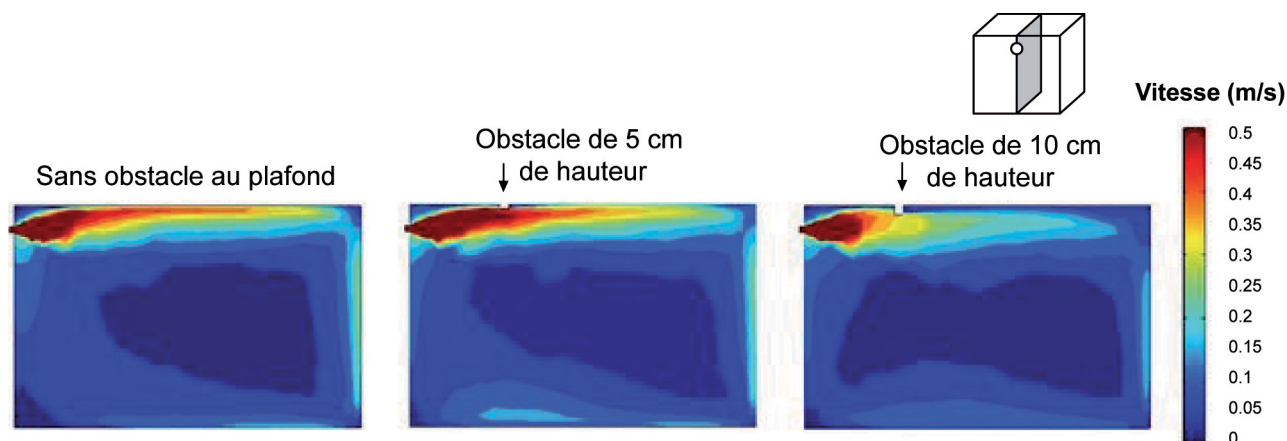
Dans le cas où la hauteur de l'obstacle est supérieure à la hauteur critique, le jet « décroche » et a tendance à se diffuser dans l'ambiance.

Afin d'étudier ces phénomènes, trois simulations ont été effectuées :

- sans obstacle au plafond ;
- avec un obstacle d'une hauteur de 5 cm ;
- avec un obstacle d'une hauteur de 10 cm.

L'obstacle est situé à 1 mètre de la bouche de soufflage.

Le débit de soufflage retenu pour les simulations est de 60 m³/h. La configuration de la pièce est identique à celle décrite au chapitre (cf. 3). Les simulations sont effectuées avec des bouches de soufflage à ailettes fixes (cf. 6).



▲ Figure 16 : Répartition des vitesses (en m/s) en présence ou non d'un obstacle au plafond

On constate qu'en présence d'un obstacle de 5 cm de hauteur situé à 1 m de la bouche de soufflage, le jet adhère à nouveau au plafond et ce malgré un décollement de la paroi suite au passage de l'obstacle.

Lorsque la hauteur de l'obstacle est de 10 cm, le jet est stoppé lorsqu'il arrive en contact avec celui-ci et il n'adhère plus à la paroi après l'obstacle. De fait, l'air insufflé s'accumule en amont de l'obstacle et chute dans la zone d'occupation. En fonction de la vitesse du jet au contact de l'obstacle, cela peut provoquer une sensation d'inconfort dans la zone d'occupation.

À RETENIR

Les simulations montrent que la présence d'obstacles au plafond (poutres apparentes par exemple) le long du développement du jet d'air peut perturber fortement sa propagation et l'effet Coanda d'adhérence à la paroi.

Bien qu'il existe une hauteur critique en dessous de laquelle le phénomène est plus atténué, la ventilation de pièces avec de tels obstacles doit faire l'objet d'une étude spécifique.

Cas d'une pièce en forme de L

8

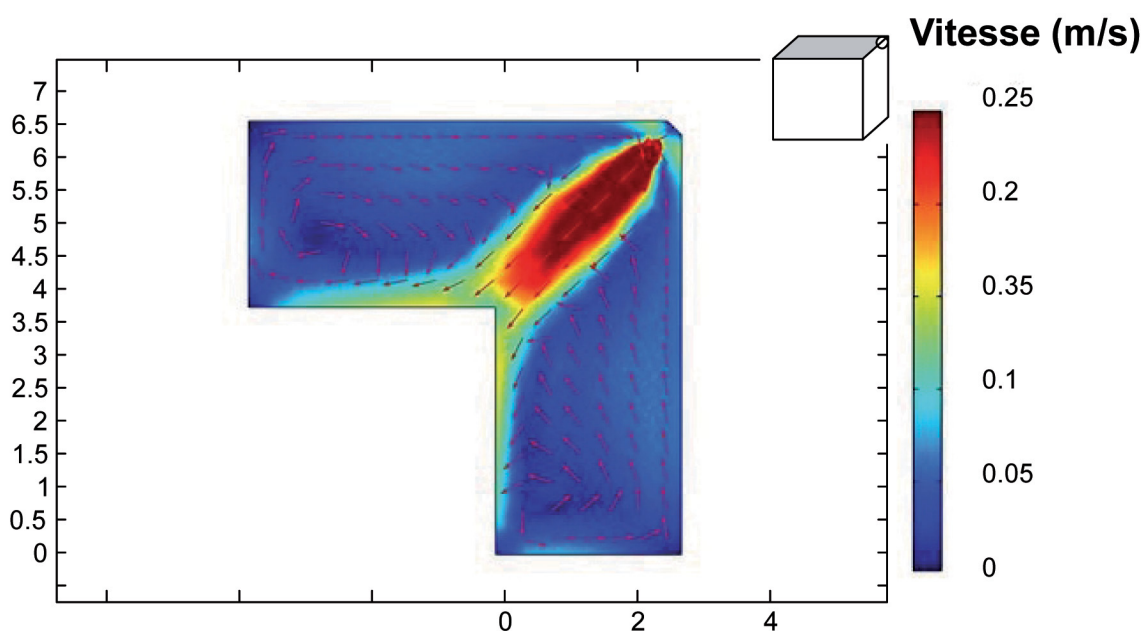


En habitat, les pièces de vie en forme de L sont courantes.

La disposition d'une seule bouche de soufflage sur l'une ou l'autre des branches du L induit un « volume mort ».

Des simulations ont été menées en plaçant une seule bouche de soufflage dans l'angle du L afin d'étudier la pertinence de cette solution.

La configuration de la pièce et ses dimensions sont indiquées en (Figure 17), les deux branches du L sont de même dimension. La simulation est effectuée avec une bouche de soufflage à ailettes fixes (cf. 6). Le taux de renouvellement d'air est de 2,2 vol/h.



▲ Figure 17 : Vitesses (en m/s) et vecteurs vitesses dans le plan horizontal passant à 5 cm du plafond lorsque la bouche de soufflage est placée dans l'angle d'une pièce en L (vue de dessus)

Comme le montre la (Figure 17), lorsque la bouche de soufflage est située dans l'angle de la pièce, le jet d'air se répartit uniformément entre les deux branches du L. Ainsi, la ventilation de l'ensemble du volume est assurée.

Il est également possible de ventiler une pièce en L en positionnant plusieurs bouches de soufflage et en respectant les préconisations des chapitres précédents pour chacune des branches du L : cela revient à ventiler deux pièces rectangulaires.

À RETENIR

L'amenée d'air d'une pièce en L peut être assurée :

- Soit en plaçant une bouche dans l'angle de la pièce, en séparant le jet d'air de façon à ventiler chacune des branches ;
- Soit en plaçant plusieurs bouches de soufflage, chacune permettant la ventilation d'une partie du volume.

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOVA) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.



SOLUTIONS DE DIFFUSION D'AIR EN VENTILATION DOUBLE FLUX DANS L'HABITAT

JUIN 2014

L'étude menée permet d'enrichir les connaissances actuelles pour aboutir à des règles de bonnes pratiques quant à l'implantation, au choix et au dimensionnement des bouches de soufflage d'une VMC double flux dans l'habitat.

Sont notamment étudiées dans ce document les questions :

- de l'incidence du débit de soufflage ;
- de l'emplacement de la bouche de soufflage par rapport à la sortie d'air de la pièce ;
- du choix du modèle de bouche de soufflage ;
- de la présence d'obstacles au plafond ;
- du cas des pièces en forme de L.

Les réponses à ces questions reposent sur des simulations d'écoulement fluide mettant en évidence les mouvements d'air au sein des volumes ventilés par une VMC double flux. Le rapport est largement illustré par des vues en couleur de la répartition des vitesses d'air.