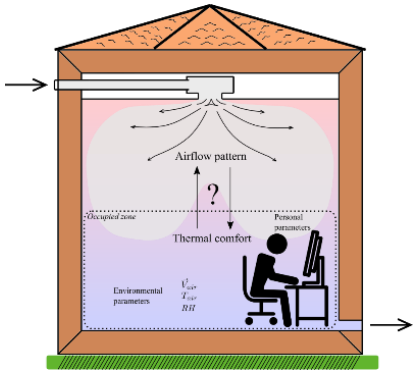
Ventilation et qualité des ambiances intérieures

Amina Meslem

LGCGM, Université de Rennes

Cycle de rencontres sur les matériaux de construction
« Santé, bien-être et construction »
29 mars 2018



Plan de l'exposé

I. Contexte

II. Quels diffuseurs d'air pour les bâtiments de demain?

III. Mises en situations à l'échelle 1

IV. Extension de l'innovation à la ventilation des habitacles

V. Conclusions et Projet immédiat

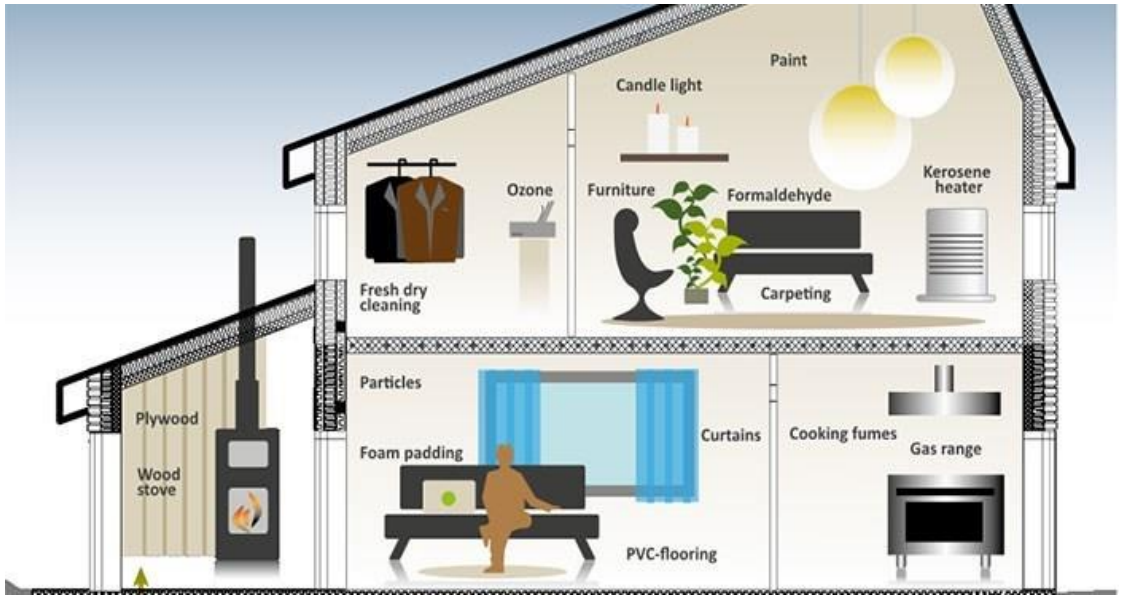
I. Contexte

Vers des bâtiments à énergie positive - Les enjeux de la ventilation

- ✓ La ventilation se trouve à la croisée de deux enjeux majeurs de l'univers du bâtiment:
  - ➢ l'indispensable amélioration de la performance thermique du bâtiment
  - ➢ la préoccupation grandissante concernant la qualité de l'air intérieur et la santé
- ✓ Le poids de la ventilation dans les besoins de chauffage est de plus en plus pesant:
  - ➢ les déperditions par renouvellement d'air deviennent équivalentes aux déperditions par l'enveloppe du bâti
  - ➢ jusqu'à 80 % dans certains locaux en tertiaire à forts besoins d'air neuf lié à l'occupation (salles de réunion, salles de classe…)
- ✓ Peut-on répondre à cette préoccupation et comment?
- ✓ Pas de solution unique. Contribution de plusieurs paramètres, l'efficacité du système de ventilation entre autres

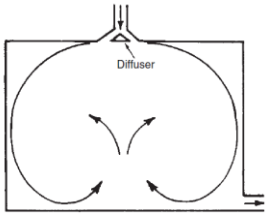
Quelques sources de pollution dans le bâtiment…

http://www.iea-ebc-annex68.org/About_Annex-68



Caricature des retombées sur la vie des occupants de la mauvaise qualité de l'air intérieur

La ventilation des Bâtiments tertiaires

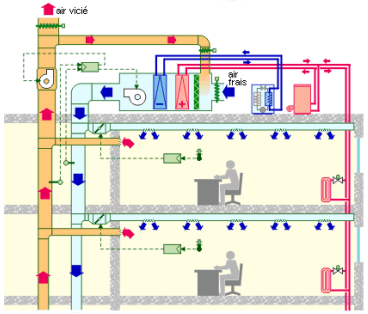


Ventilation par mélange

L'air conditionné est utilisé pour diluer les polluants et diffuser l'énergie dans la pièce

Le conditionnement d'air

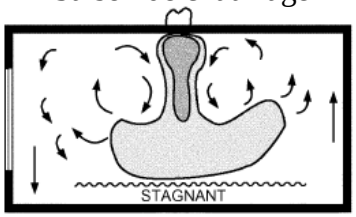
CTA



Dilution et diffusion

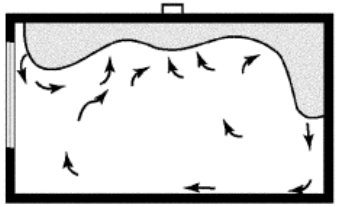
Par diffuseurs plafonniers

Saison de chauffage



Diffusion verticale

Saison de refroidissement



Diffusion radiale

De bonnes propriétés de mélange sont nécessaires

II. Quels diffuseurs d'air pour les bâtiments de demain?

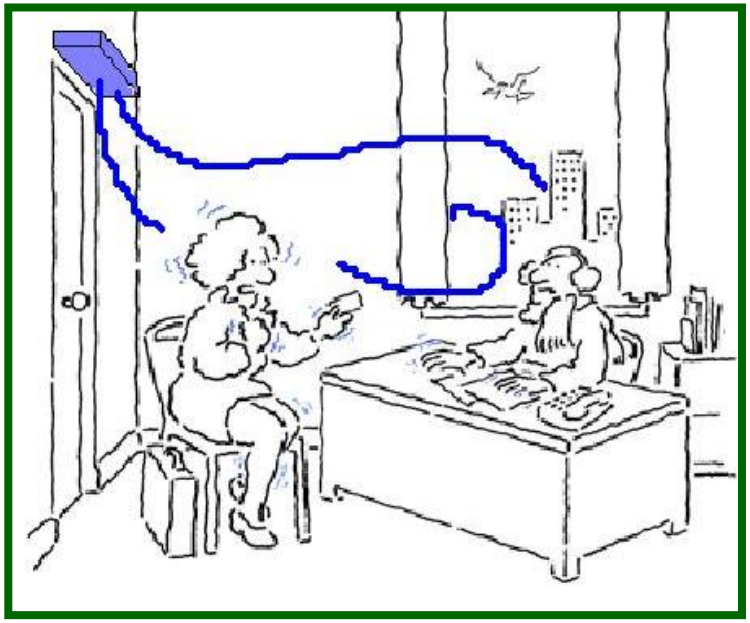
Notre source d'inspiration pour répondre à la problématique du bon mélange des jets de ventilation à l'air ambiant…

Aéronautique & combustion

→ Contrôle actif : Excitation acoustique ou mécanique

→ Contrôle passif, de mise en œuvre pratique et moins coûteuse:

Soufflage par des diffuseurs lobés



Pour une intégration dans le bâtiment, il fallait adapter, caractériser, comprendre, optimiser, intégrer puis optimiser

II. Quels diffuseurs d'air pour les bâtiments de demain?

Notre source d'inspiration pour répondre à la problématique du bon mélange des jets de ventilation à l'air ambiant…

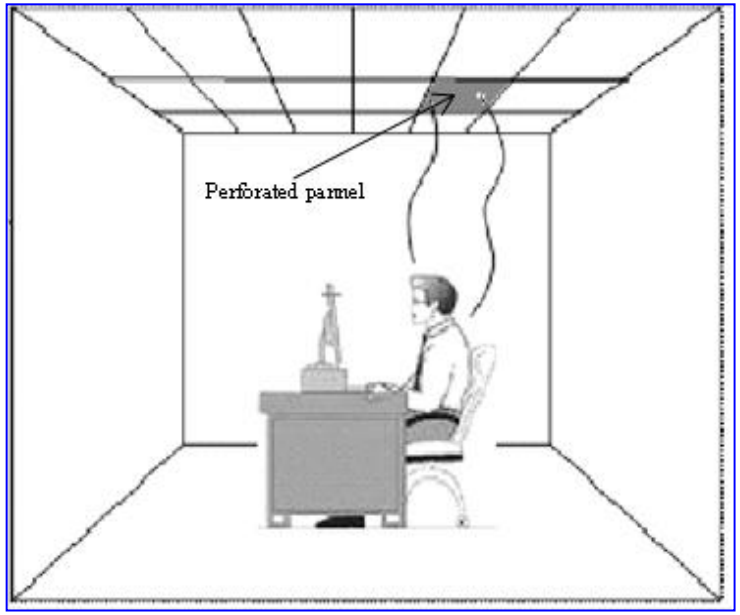
Aéronautique & combustion

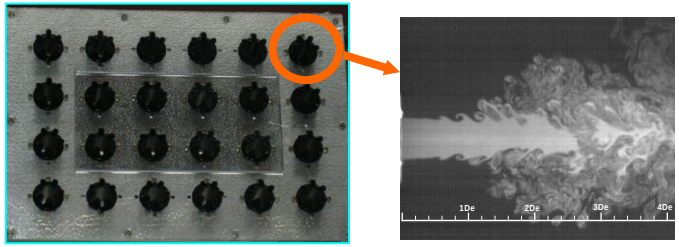
Moteur MTR-390 équipant l'hélicoptère d'attaque TIGRE.

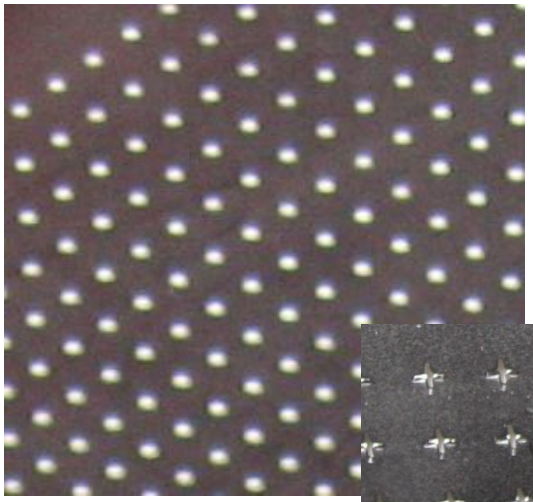
Pour une intégration dans le bâtiment, il fallait adapter, caractériser, comprendre, optimiser, intégrer puis optimiser

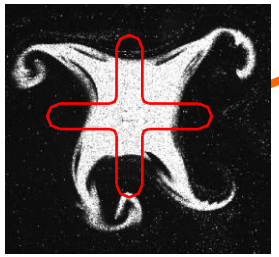
Projet ANR INDUBAT

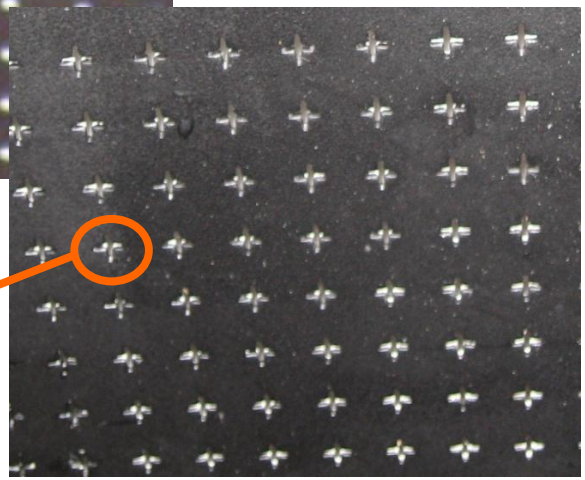
Travaux sélectionnés en 2008 dans la catégorie « *Meilleure action de Recherche* » et primés par le Ministère de l'Enseignement et la Recherche





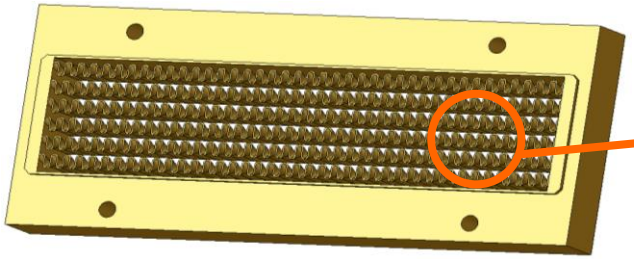


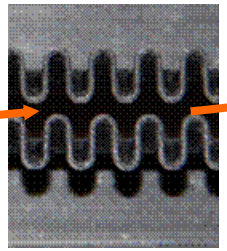


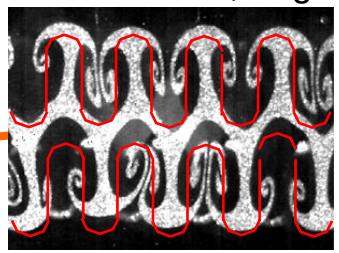


Thèse d'Ilinca Nastase - 2007

Passive mixing control for innovative air diffusion terminal devices for buildings, Amina Meslem, Ilinca Nastase, Francis Allard, Building and Environment, Volume 45, Issue 12, December 2010, Pages 2679-2688

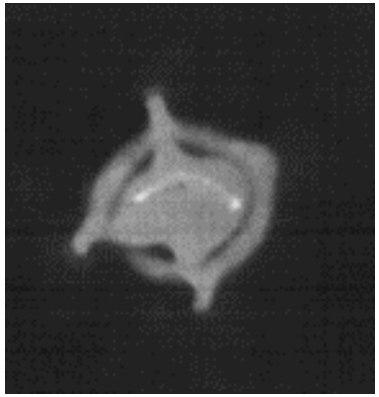


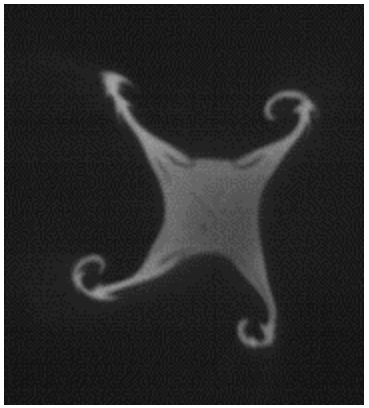




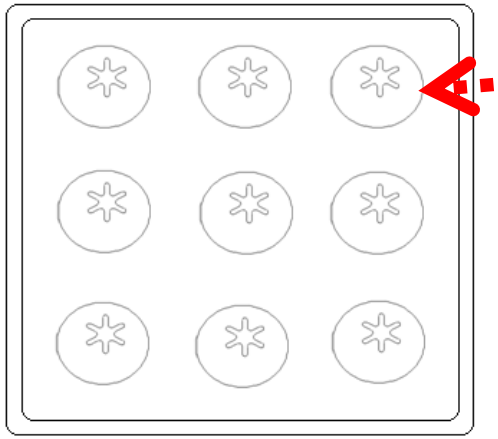
Lobed grilles for high mixing ventilation-An experimental analysis in a full scale model room, Ilinca Nastase, Amina Meslem, Iordache Vlad, Iolanda Colda, Building and Environment, 46 (3), pp. 547-555 2011. ***Best Paper Awards 2011***

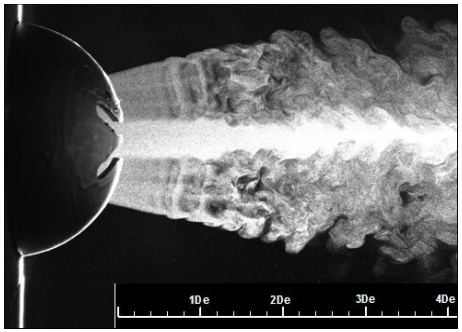
Deux petits films pour comprendre…

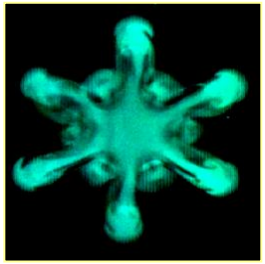




Quels diffuseurs d'air pour les bâtiments de demain?

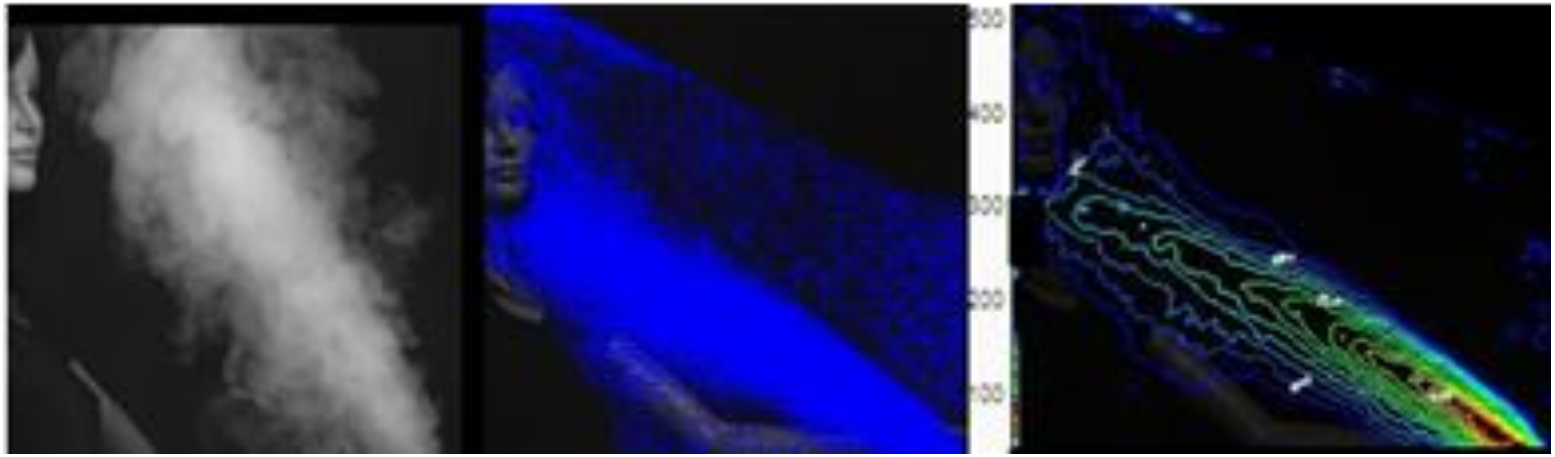






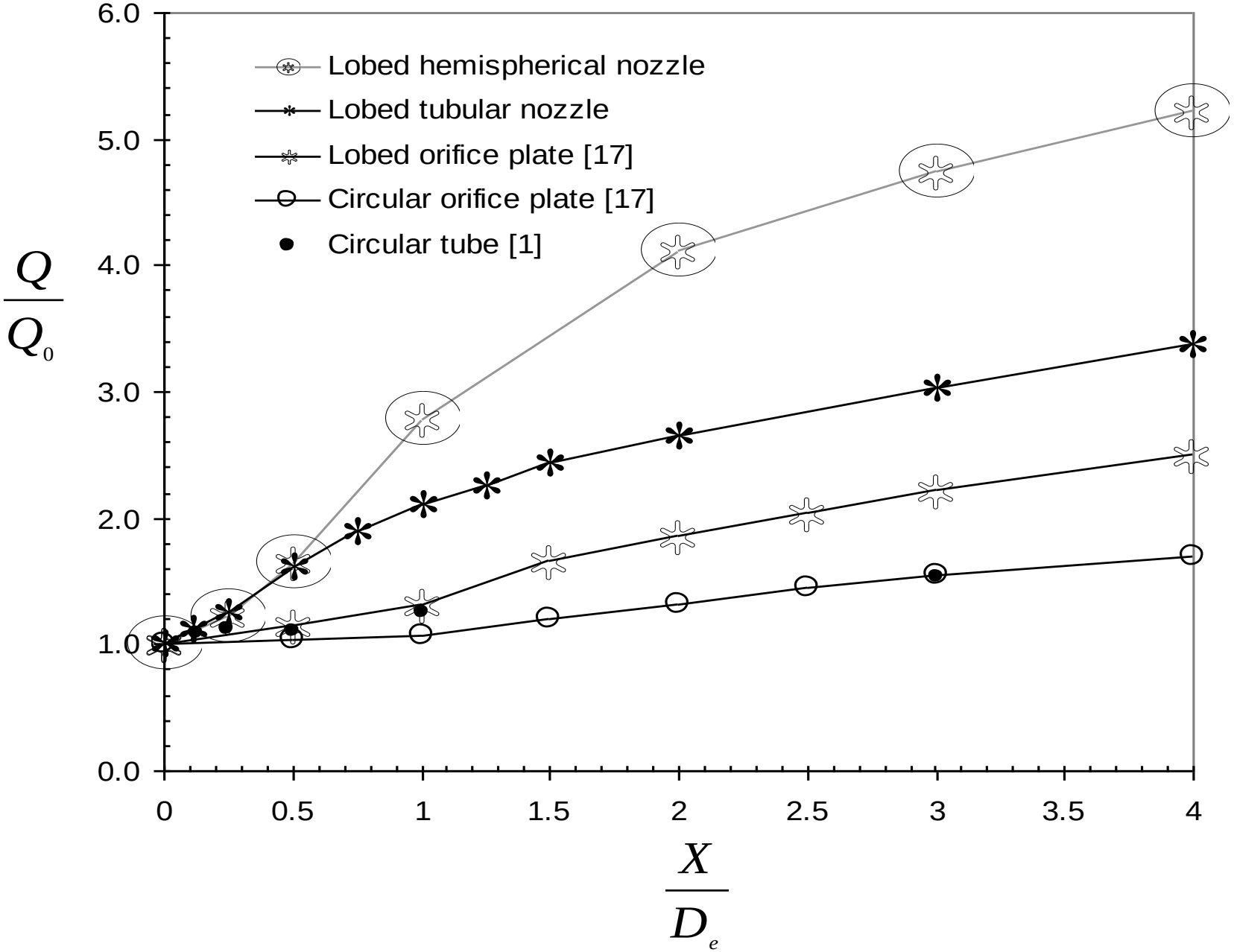
Exemple de diffuseur à flux d'air orientable pour la ventilation par mélange

Intégration dans la ventilation personalisée



Quels diffuseurs d'air pour les bâtiments de demain?

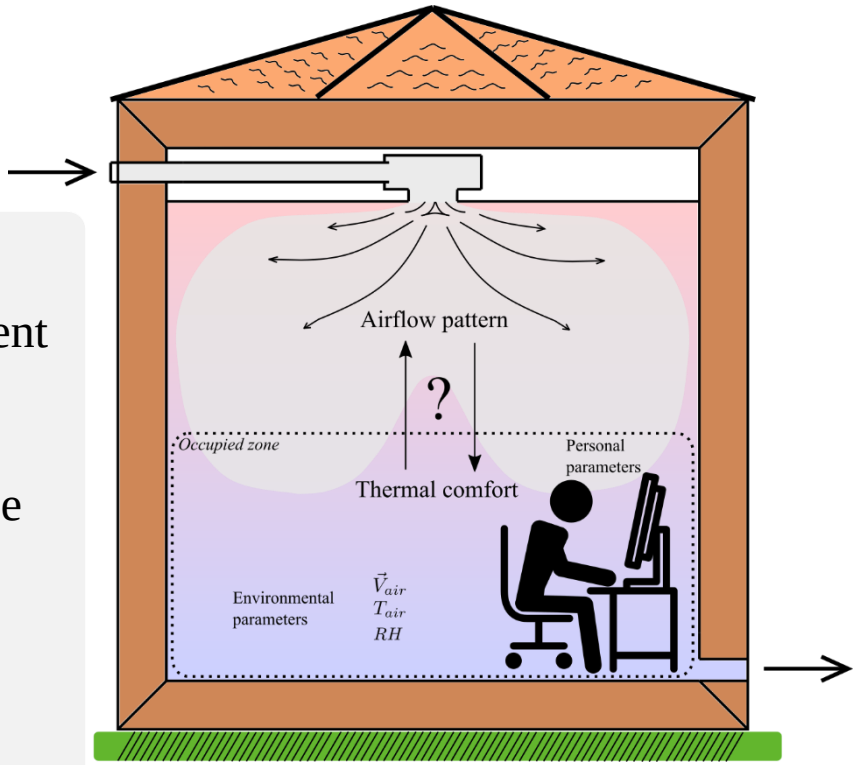
Ex
or
pa



II. Quels diffuseurs d'air pour les bâtiments de demain?

Exemple d'intégration de l'innovation sans modification intrinsèque du diffuseur

- Diffuseurs multi-cônes
  - ⇨ Génération radiale en mode rafraichissement
  - ⇨ Génération vertical en mode chauffage
- La haute induction du jet de ventilation est visée pour assurer en zone d'occupation
  - ⇨ une distribution uniforme de l'énergie
  - ⇨ un bon confort thermique
  - ⇨ une bonne qualité de l'air

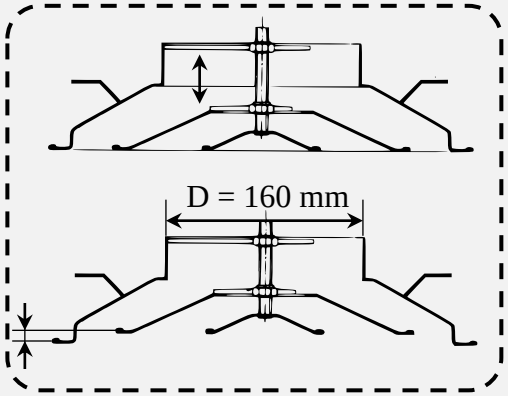


Thèse de Pierre Bragança- 2017

Concept d'inserts lobés

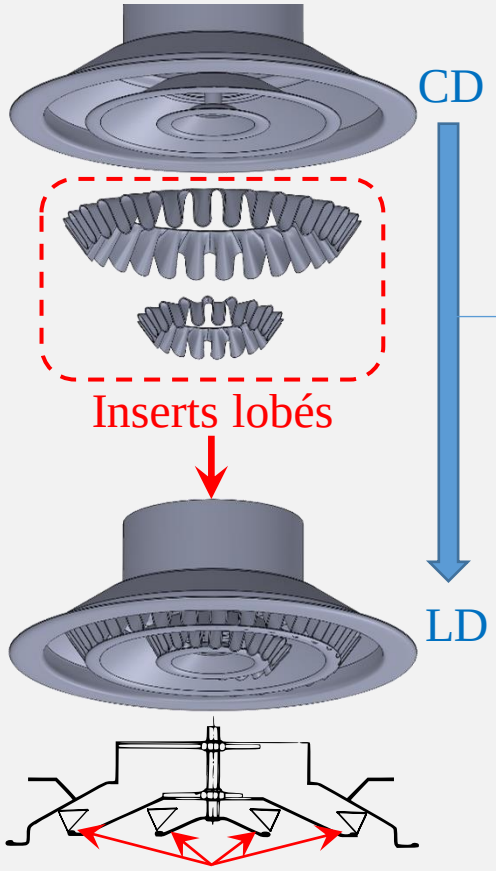
Diffuseur Conventionnel (CD)

- *3 Cones*
- *2 Vanes*



Ajustement des cônes pour une génération vertical (mode de chauffage) ou une génération radial (mode de rafraichissement)

Diffuseur Lobé (LD)



Thèse de Pierre Bragança- 2017

de CD à LD
pas de modification intrinsèque du diffuseur

European Patent

EP2933575 - 2015

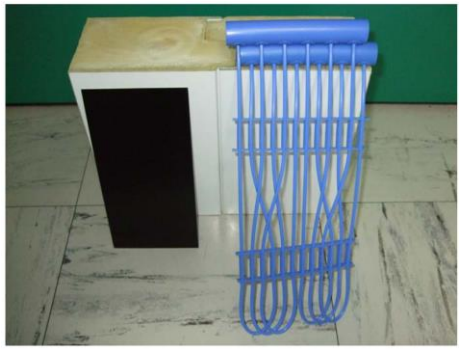
Vialle, P.J., Leroy, E., Meslem, A.,

Diffusion device with lobe inserts and fan coil comprising such a device

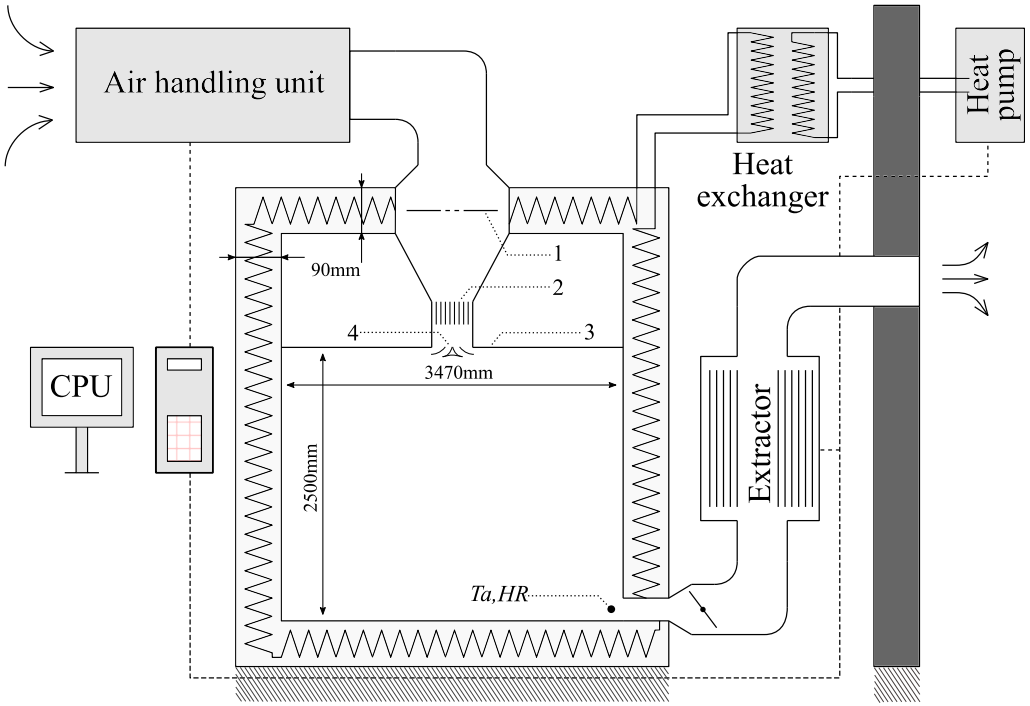
Chambre climatique à parois actives pour le contrôle des conditions limites

Tout récemment à l'Université de La Rochelle

Tubes insérés dans les parois



Conditions d'essais



- 6 faces thermiquement contrôlées
- 12 m² de plancher, HSP 2.5 m
- CTA pour la génération du jet

Conditions d'essais en mode de chauffage

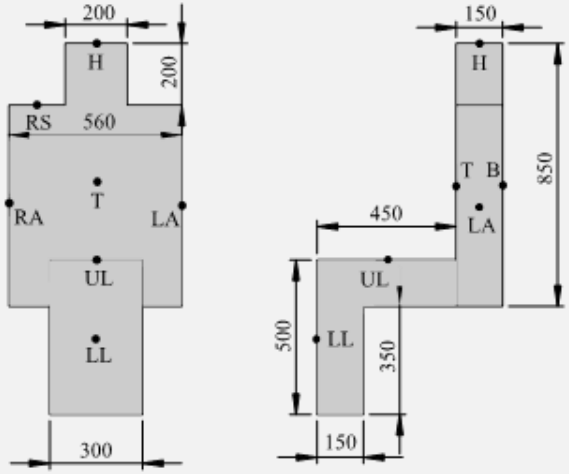
Flow rate	Ts[1]	Ta[2]	ΔT
200 m³/h	35 °C	22 °C	13
275 m³/h	31 °C	22 °C	9

Conditions d'essais en mode de rafraichissement

Flow rate	Ts[1]	Ta[2]	ΔT
200 m³/h	13.4 °C	24.5 °C	11.1
300 m³/h	13.4 °C	24.5 °C	11.1

[1]: Température de soufflage
[2]: Température ambiante

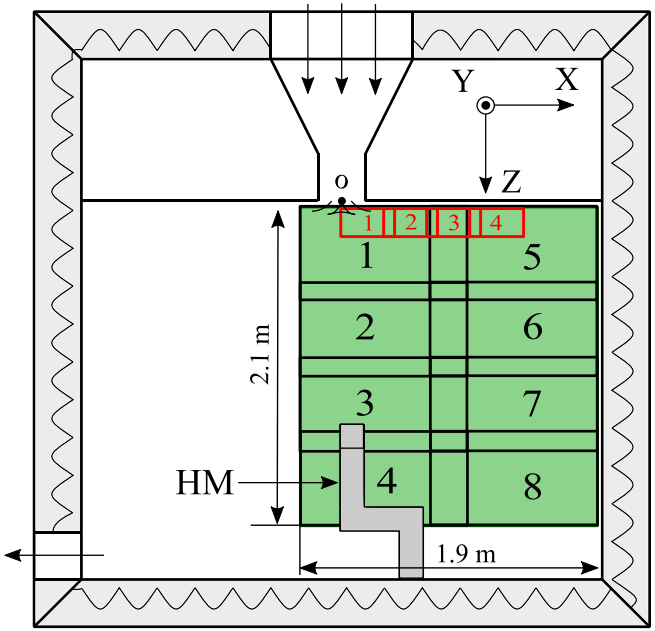
Square-shaped heated manikin



III. Mises en situations à l'échelle 1

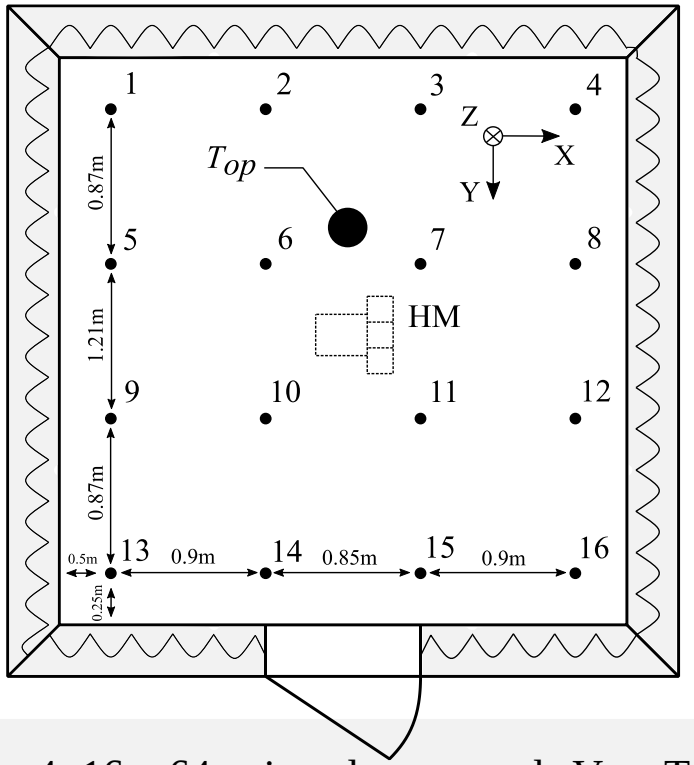
Méthodes

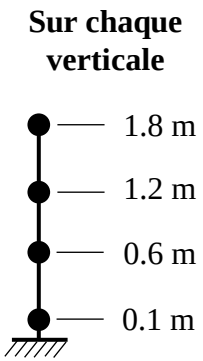
Mesures PIV (diagnostic du jet d'air)



In cooling mode

Mesures ponctuelles (diagnostic du confort thermique)

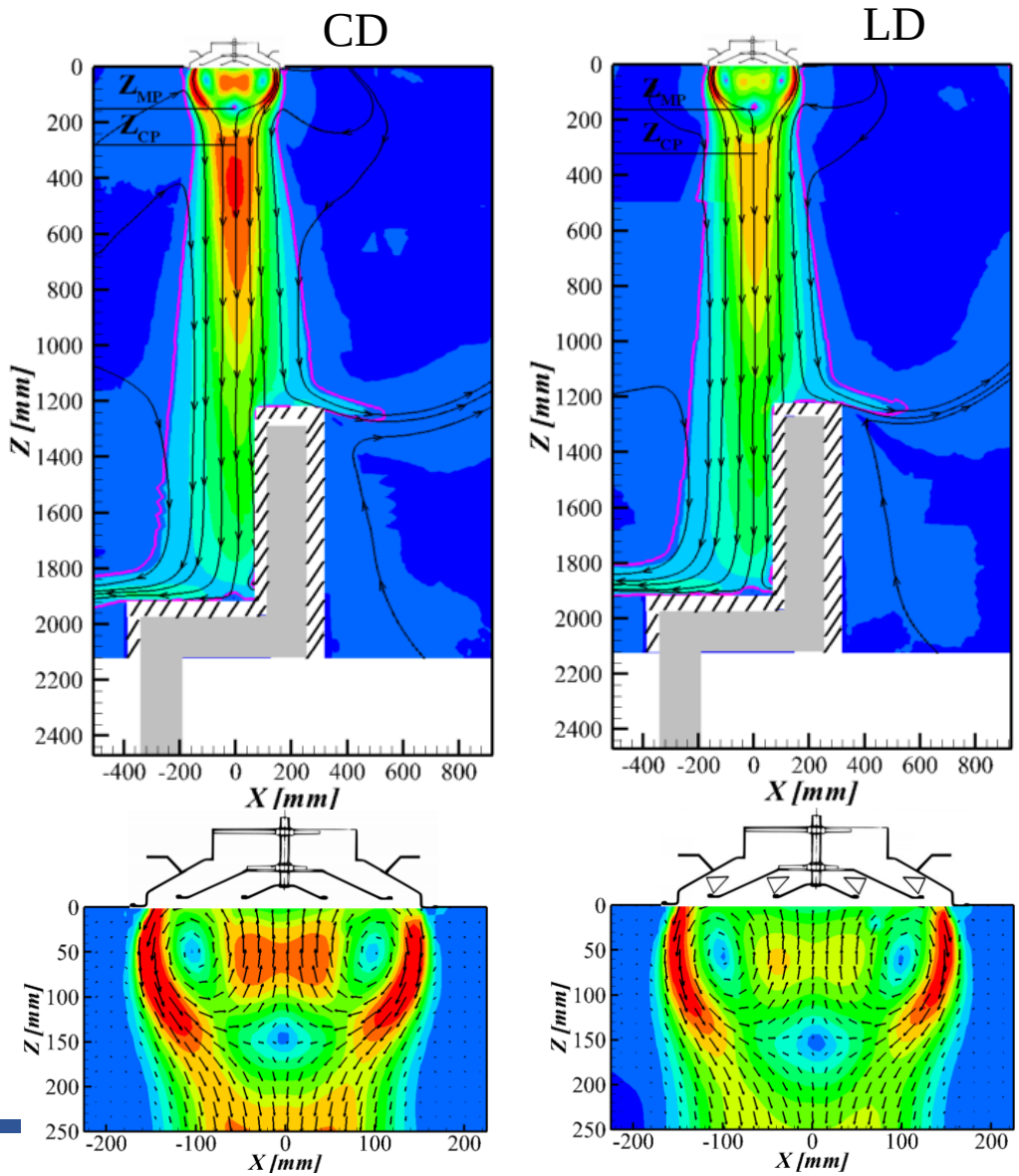




- Double cavité laser Nd-Yag Laser de 200 mJ
- Camera 11 M de 4000×2672 pixels
- Générateur de particules d'huile d'olive (~2µm)
- 8 champs PIV de 1000×670 mm chacun

- 4×16 = 64 points de mesure de V et T (sphères chaudes et thermocouples) dans la zone d'occupation
- 1 globe noir pour la mesure de la température opérative T_{OP}
- 6×4 = 24 thermocouples pour la mesure des températures des surfaces intérieures

Analyse de l'écoulement moteur



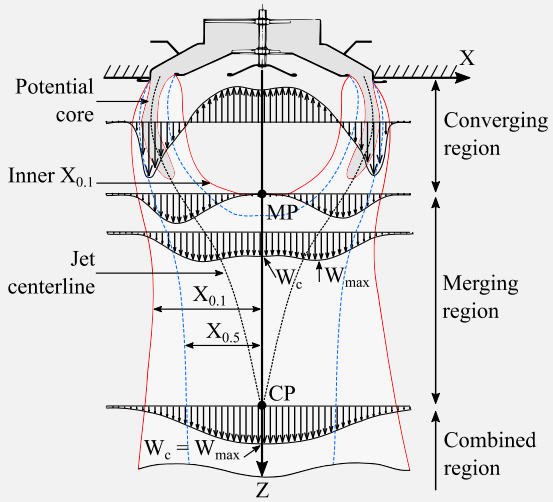
Ecoulement global en mode de chauffage

Similaires pour CD et LD

- ⇨ Jet vertical
- ⇨ Impact sur le mannequin

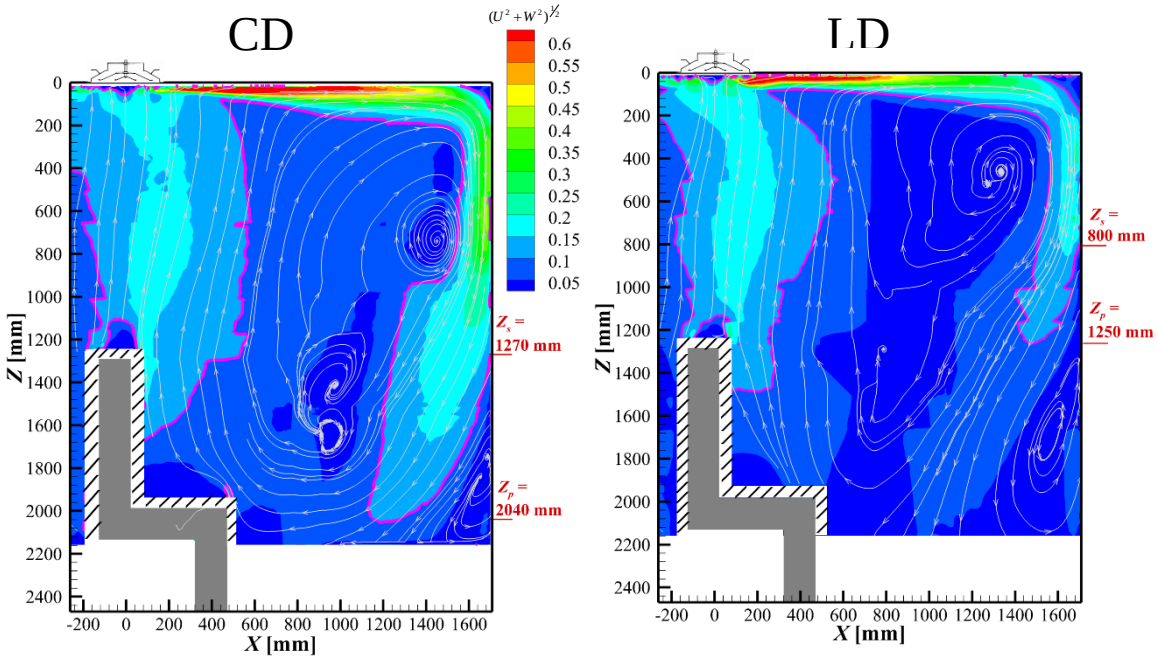
Ecoulement en proche soufflage

Comportement similaire à celui de jets annulaires académiques



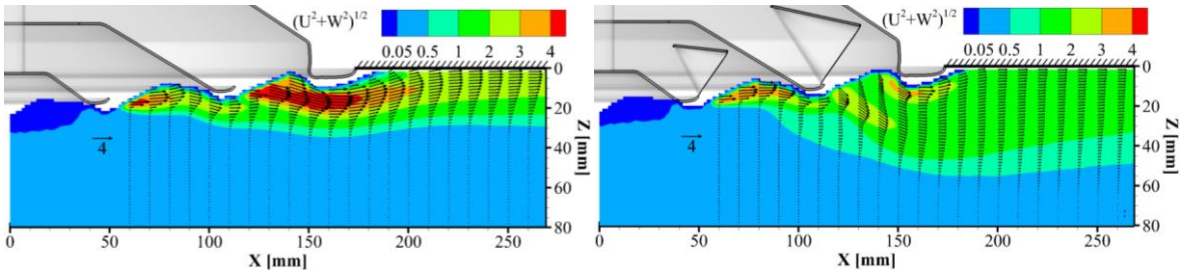
Bragança et al., Passive control strategy for mixing ventilation in heating mode using lobed inserts, Energy & Buildings 133 (2016) 512–528

Analyse de l'écoulement moteur



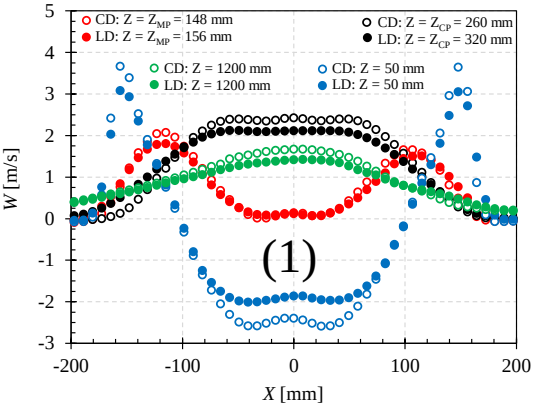
Ecoulement global en mode de rafraichissent

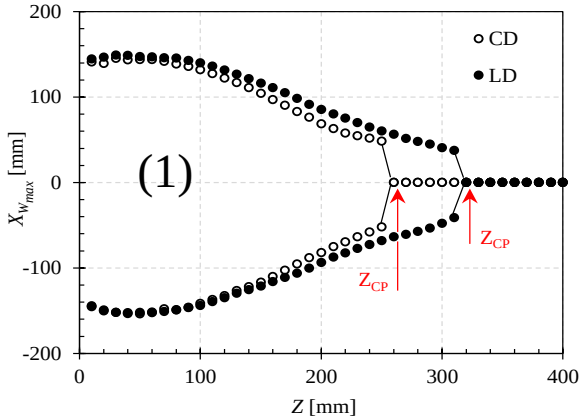
- ⇨ Jet horizontal de plafond
- ⇨ Jet vertical de paroi après impact au coin
- ⇨ Panache thermique au dessus du mannequin
- ⇨ Plus forte expansion et décroissance de la vitesse plus rapide en LD par rapport à CD

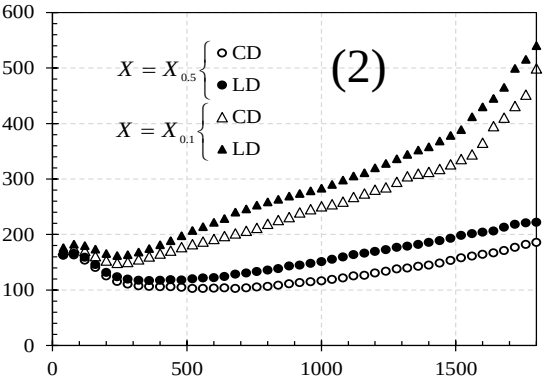


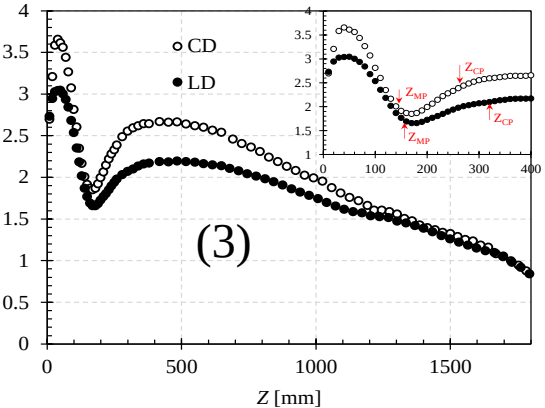
Bragança et al., Airflow characteristics and thermal comfort generated by a multi-cone ceiling diffuser with and without inserted lobes, Building and Environment 108 (2016) 143-158

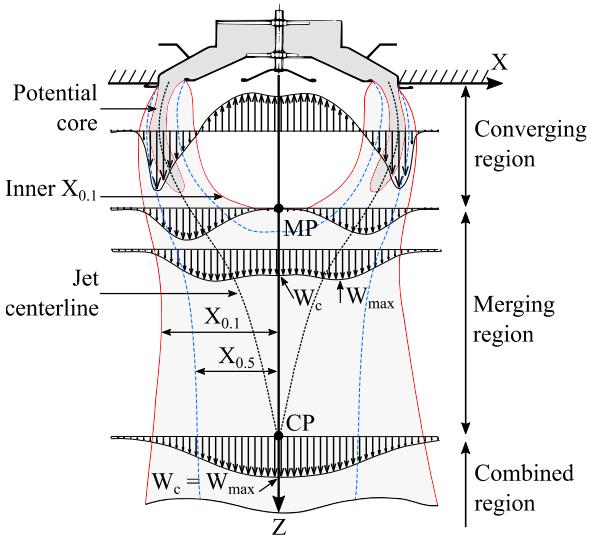
Analyse de l'écoulement moteur









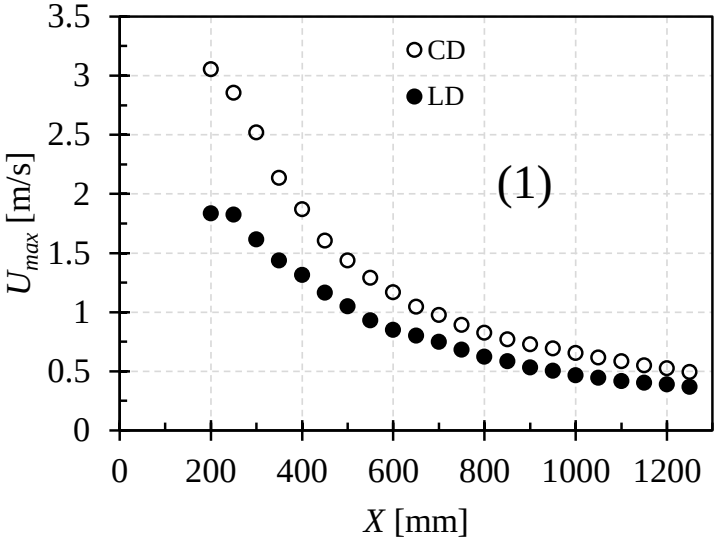


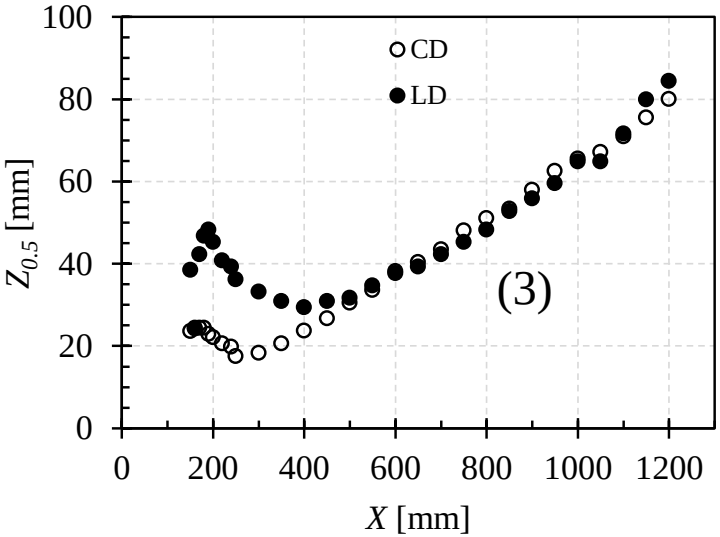
Les inserts lobés en mode de chauffage :

- (1) réduisent la dépression en zone de recirculation ⇨ distance de combinaison (Z_{CP}) s'allongent de 23%
- (2) augmentent l'expansion du jet
- (3) augmentent le taux de décroissance de la vitesse axiale

Les inserts lobés améliorent le mélange du jet de ventilation à l'air ambiant à traiter

Analyse de l'écoulement moteur





$$\frac{U_{\max}}{U_{neck}} = K_v\left(\frac{\sqrt{A_{neck}}}{X}\right) \qquad (2)$$

Diffuseur	Kv	R^2
CD	1.66	0.986
LD	1.22	0.982

Les inserts lobés en mode de rafraichissement:

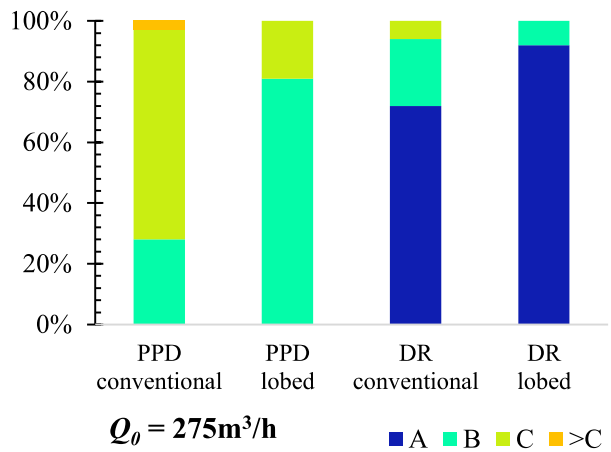
- (1&2) augmentent le taux de décroissance de la vitesse axiale
- (3) Augmentent l'expansion du jet en proche soufflage, ce qui permet de stabiliser le jet froid

Les inserts lobés améliorent le mélange du jet de ventilation à l'air ambiant à traiter

Analyse du confort thermique et de l'effet de courant d'air

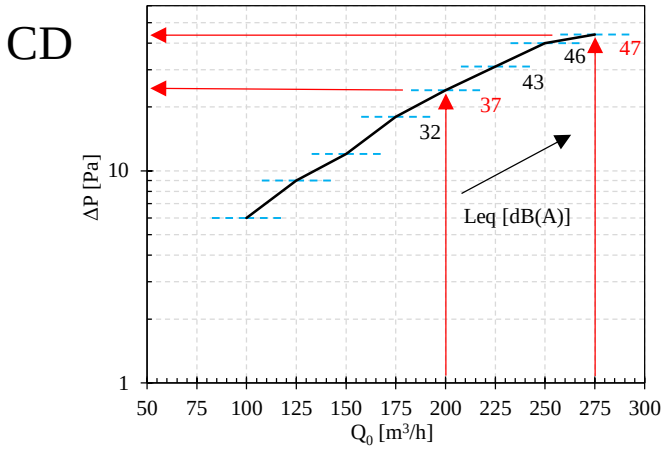
Confort thermique suivant la norme ISO 7730

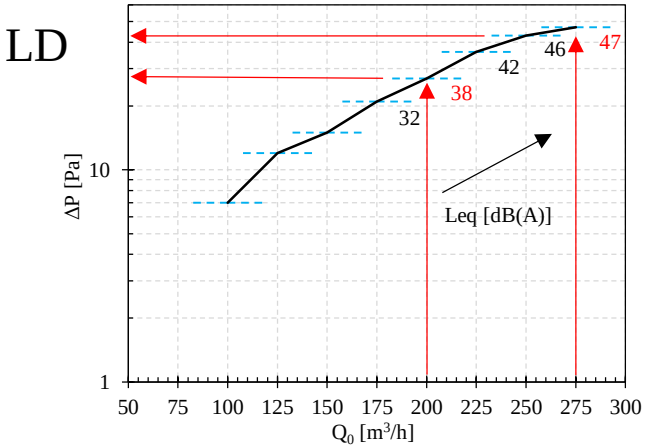
Comfort level	PPD (%)	PMV	DR (%)
A (high standing)	< 6	-0.2 < PMV < +0.2	< 10
B (mean)	< 10	-0.5 < PMV < +0.5	< 20
C (acceptable)	< 15	-0.7 < PMV < +0.7	< 30
>C (unacceptable)	≥ 15	| PMV | ≥ 0.7	≥ 30



En mode de chauffage

Pertes de charges et niveaux de pressions acoustiques en fonction du débit du jet



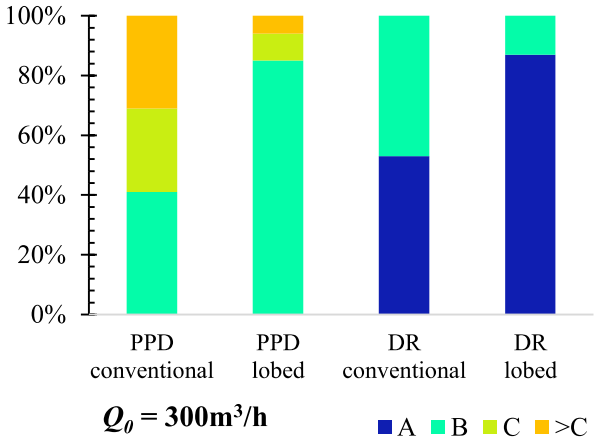


Les inserts lobés réduisent significativement l'inconfort thermique et l'effet de courant d'air en zone d'occupation, sans augmentation de la perte de charge et du bruit

Analyse du confort thermique et de l'effet de courant d'air

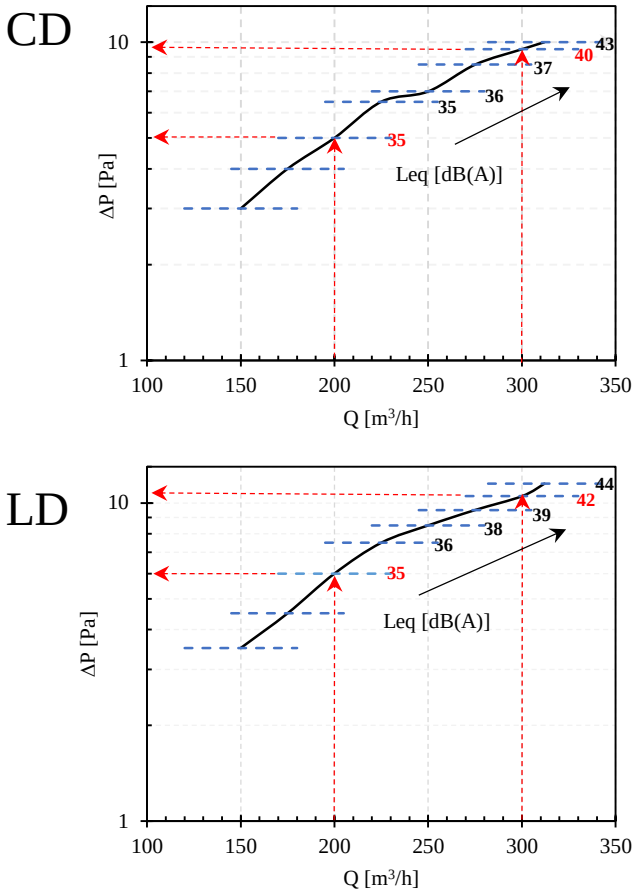
Confort thermique suivant la norme ISO 7730

Comfort level	PPD (%)	PMV	DR (%)
A (high standing)	< 6	-0.2 < PMV < +0.2	< 10
B (mean)	< 10	-0.5 < PMV < +0.5	< 20
C (acceptable)	< 15	-0.7 < PMV < +0.7	< 30
>C (unacceptable)	≥ 15	| PMV | ≥ 0.7	≥ 30



En mode de rafraichissement

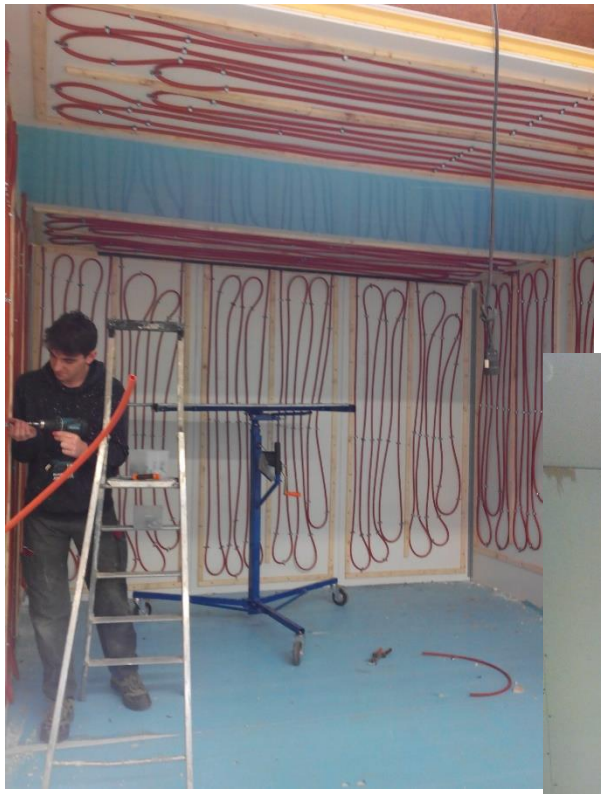
Pertes de charges et niveaux de pressions acoustiques en fonction du débit du jet



Les inserts lobés réduisent significativement l'inconfort thermique et l'effet de courant d'air en zone d'occupation, sans augmentation de la perte de charge et du bruit

Chambre climatique à parois actives pour le contrôle des conditions limites

Aujourd'hui à l'Université de Rennes1



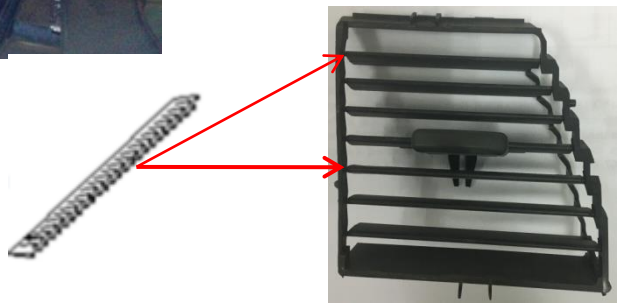
Financée par:

- **Projet AIS – Rennes Métropole**
- **CPER**

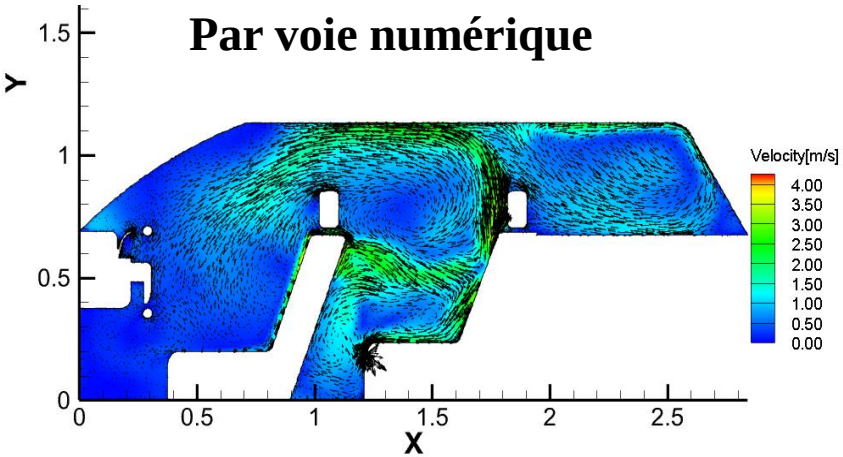
IV. Extension de l'innovation à la ventilation des habitacles

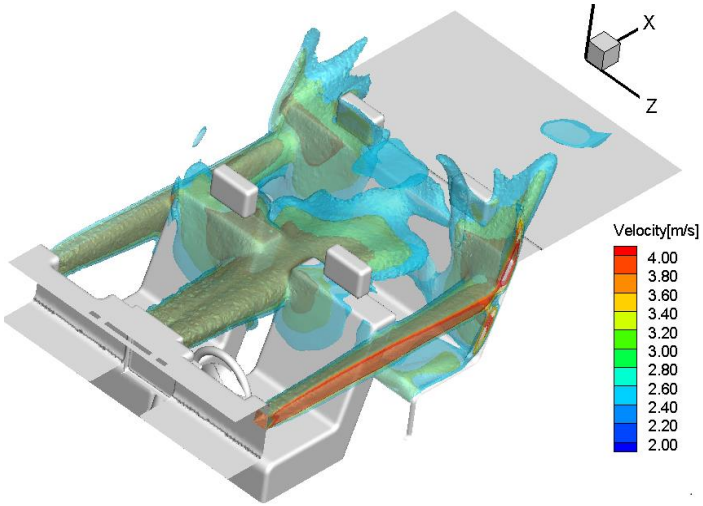
Thèse de Paul DANCA – Cotutelle UR1 – bourse ARED/UTCB

Par voie expérimentale



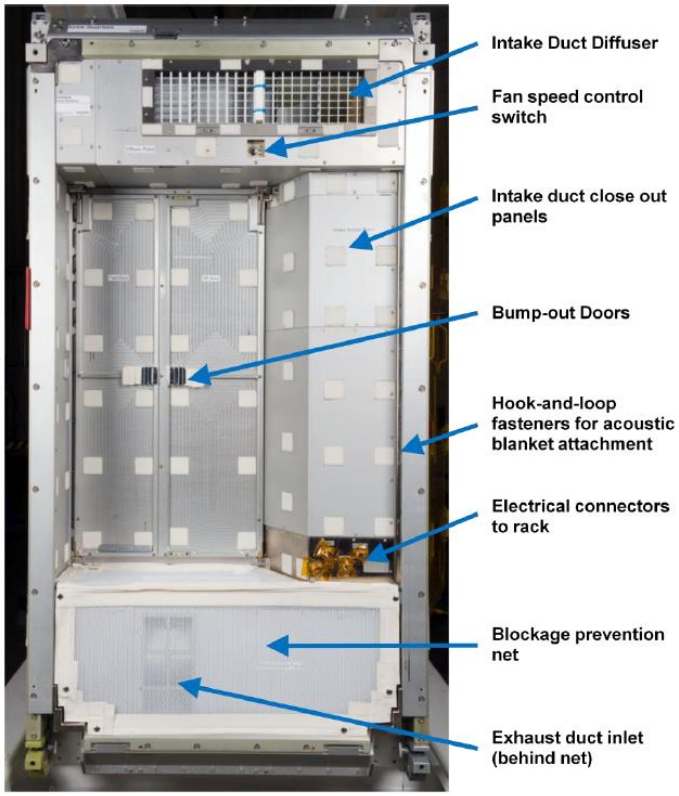
Par voie numérique

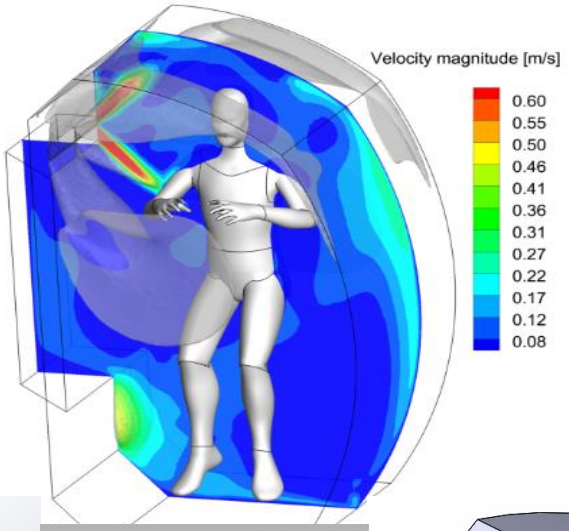


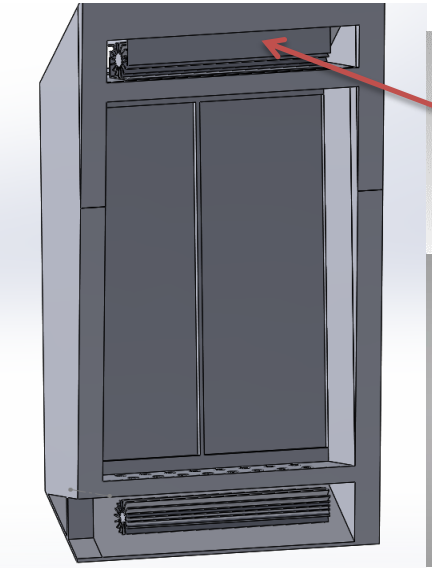


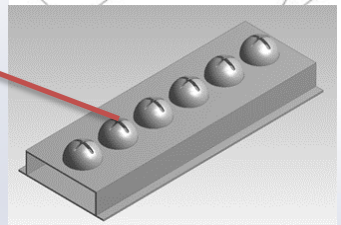
IV. Extension de l'innovation à la ventilation des habitacles

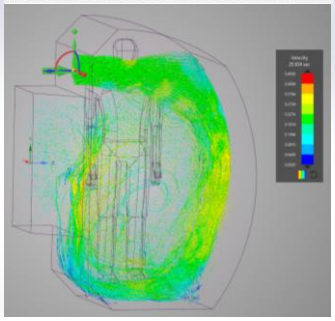
Thèse de Matei GEORGESCU– Cotutelle UR1 / UTCB - bourse Présidence UR1

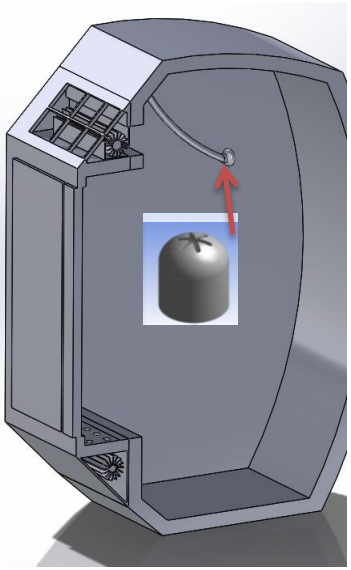












Introduction de la géométrie lobée dans le SolarWall…

Une baisse des dépenses de chauffage comprise entre 20 et 50 % selon les statistiques de SolarWall, avec un retour sur investissement allant de deux à sept ans.

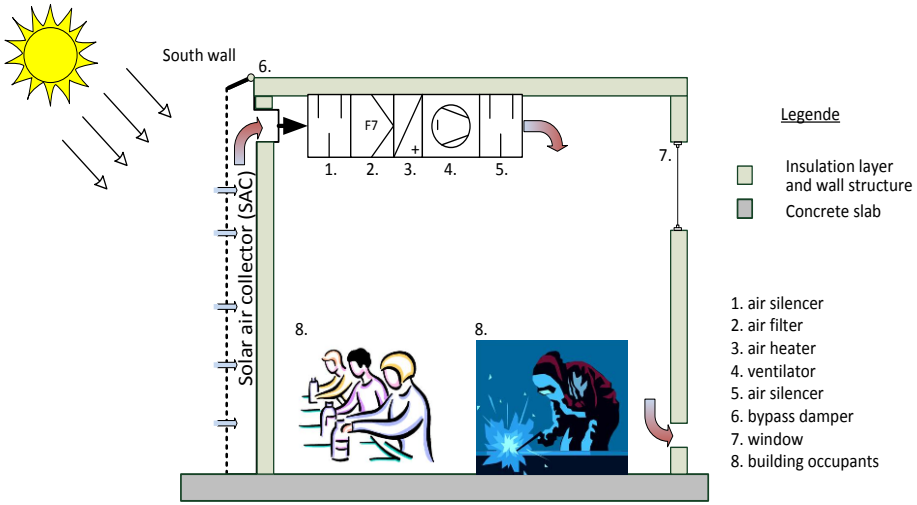
SolarWall Europe en Bref

•**Création** : Mars 2009

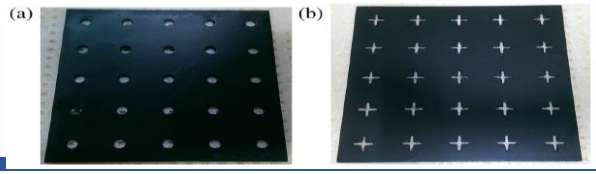
•**Lieux de fabrication** : Allemagne, France et Angleterre

•**Clients en France** : Mairie de Fontainebleau, Centre de tri de La Poste…

•**Tarifs SolarWall** : entre 150 et 200 euros /m² fourni et installé



Essais préliminaires



Introduction de la géométrie lobée dans le SolarWall…

Une baisse des dépenses de chauffage comprise entre 20 et 50 % selon les statistiques de SolarWall, avec un retour sur investissement allant de deux à sept ans.

CapSol_Air
PRCI – projet de recherche collaborative international

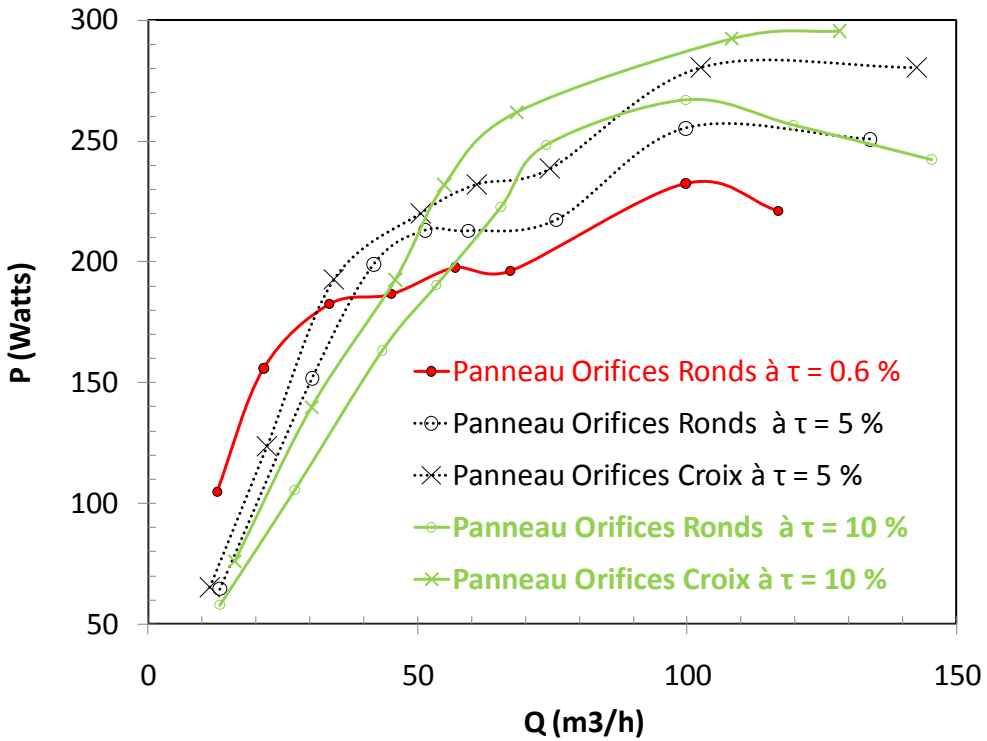
AAPG ANR 2017

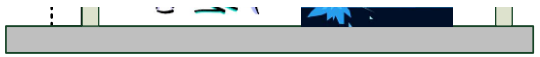
Capteur solaire à circulation d'air à haute efficacité pour la ventilation dans les bâtiments à basses consommations
(High-efficient unglazed transpired solar air collector in low-energy buildings)

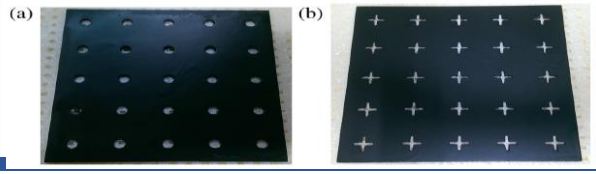
TABLE OF CONTENTS

I. PROPOSAL'S CONTEXT, POSITIONING AND OBJECTIVE(S) 2
I.1. OBJECTIVES AND SCIENTIFIC HYPOTHESES 2
I.2. ORIGINALITY AND RELEVANCE IN RELATION TO THE STATE OF THE ART 7
I.3. RISK MANAGEMENT AND METHODOLOGY 9
II. PROJECT ORGANISATION AND MEANS IMPLEMENTED 10
II.1. SCIENTIFIC COORDINATOR 10
II.2. CONSORTIUM 12
II.3. MEANS OF ACHIEVING THE OBJECTIVES 14

Partenariat international:
University of Rennes 1 (UR1)
Hochschule Luzern (HSLU).







V. Conclusions et Projet immédiat

Le concept innovant d'inserts lobés, permet

- ⇨ un meilleur mélange du jet de ventilation à l'air ambiant
- ⇨ une réduction significative de l'inconfort thermique et de l'effet de courant d'air en zone d'occupation

et ce,

- ⇨ sans pertes de charges supplémentaires
- ⇨ sans augmentation du niveau de bruit
- ⇨ sans modification intrinsèque de la géométrie du diffuseur

Ainsi, le concept d'inserts lobés est une solution non coûteuse pour améliorer la performance des systèmes de ventilation

Il est envisagé d'intégrer les aspects QAI dans les futurs travaux qui seront réalisés dans notre nouvelle cellule climatique à UR1