



## OVI SOLVE

# Systemes intelligents d'ouvertures vitrées intégrant protection solaire et ventilation naturelle

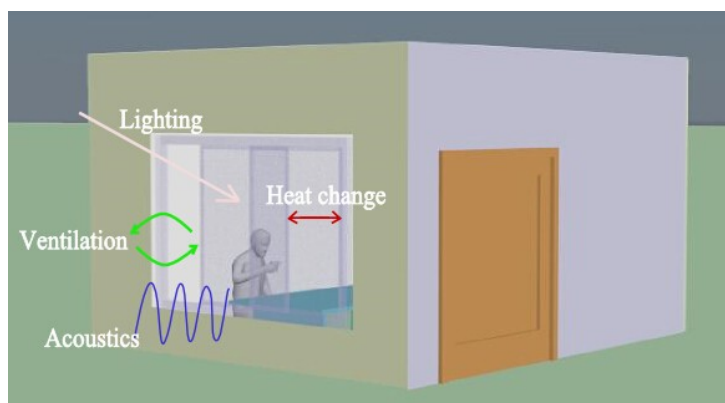
### Objectifs

Le projet OVISOLVE financé par l'ANR consiste à déterminer les conditions pour lesquelles la ventilation naturelle peut maintenir le confort thermique pendant l'été dans des bâtiments tertiaires et résidentiels en prenant en compte des contraintes acoustique et d'éblouissement liées à l'ouverture des baies.

Tous les phénomènes physiques aérauliques, thermiques, acoustiques, lumineux ont été étudiés expérimentalement : **fenêtre ouverte ou fermée, avec ou sans volet, store levés ou baissés**. Des modèles sélectionnés ou développés ont été assemblés constituant un outil à même de déterminer le meilleur dimensionnement des ouvertures en fonction du bâtiment et son climat et de définir un mode de gestion intelligent.

Ce projet coordonné par MINES ParisTech a été mené avec l'ENTPE, le CEA INES et l'INSA de Strasbourg.

Dans cette présentation résumée, nous développons uniquement le cas des immeubles de bureaux pour lequel on recherche une gestion intelligente des ouvrants durant la période d'occupation (ventilation mono-façade), le pré-refroidissement nocturne étant autorisé. Un travail similaire a été mené pour la ventilation nocturne traversante en résidentiel.



Nécessité d'une approche multi-physique des ouvrants

### Caractérisation des performances aérauliques et acoustiques d'ouvertures vitrées et de volets acoustiques

Des essais aérauliques et acoustiques in situ ont été réalisés pour caractériser différents types d'ouvertures. Une méthode originale par gaz traceur (CO<sub>2</sub>) a permis d'évaluer les taux de renouvellement d'air à travers la surface d'ouverture en ventilation mono-façade (selon l'écart de température intérieur/extérieur et le vent) ou traversante selon la vitesse et la direction du vent ;

Des **protections acoustiques** translucides ont été imaginées et conçues par étude CFD et éléments finis. Leur performance acoustique a été évaluée. Une atténuation de 10 dBA a été obtenue, laquelle peut être suffisante pour garantir le confort acoustique des occupants.



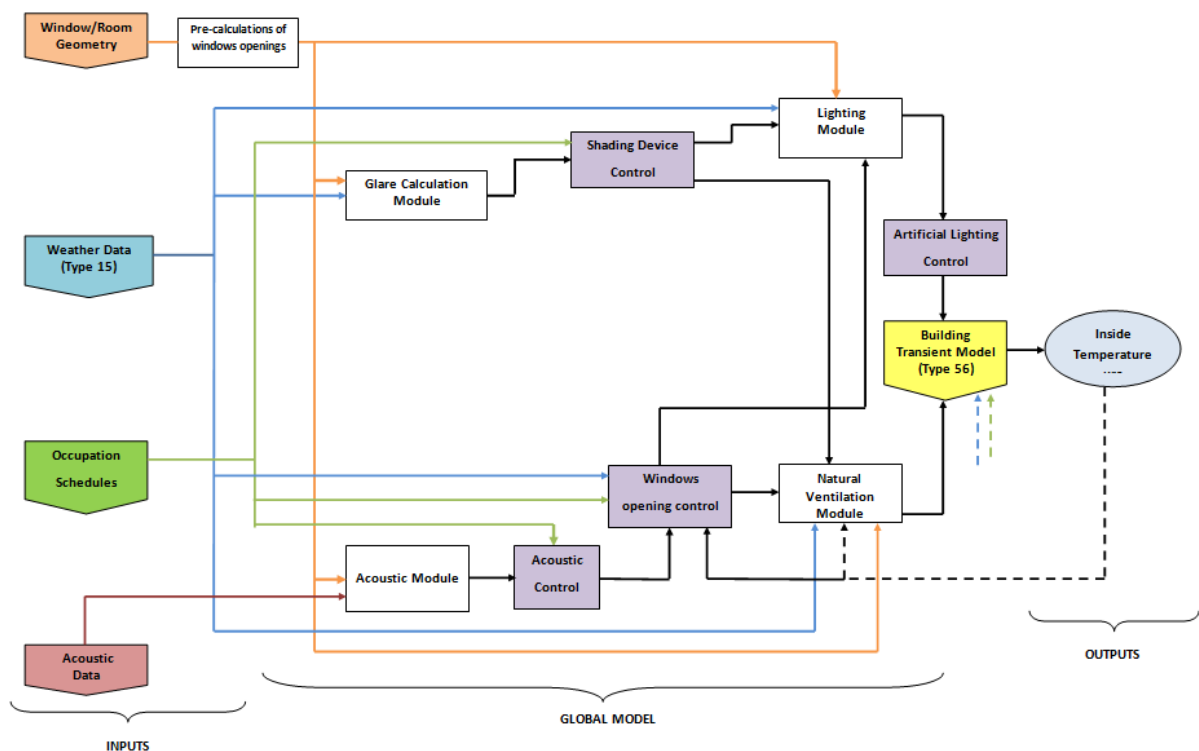
Essais acoustiques des ouvertures vitrées

**Proposition de modèles multi-physiques et de modules de contrôle**

Différents modules concernant les ouvertures vitrées (thermique, aéralique et éclairage) sont chaînés afin de modéliser la régulation des équipements :

- ouverture des fenêtres pour la ventilation naturelle dans le respect des contraintes acoustiques en distinguant 2 occupants : un donnant la priorité au confort thermique, l'autre donnant la priorité au confort acoustique
- manœuvre des stores pour éviter les éblouissements en un point précis du bureau
- éclairage artificiel pour maintenir un niveau acceptable dans des bureaux

Un logigramme global permet de comprendre comment les différents modules physiques dialoguent et comment est déterminé le mode de gestion d'ensemble.



Logigramme présentant l'approche multi-physique des ouvertures vitrées

## Etude paramétrique et optimisation du dimensionnement et du contrôle des ouvertures vitrées

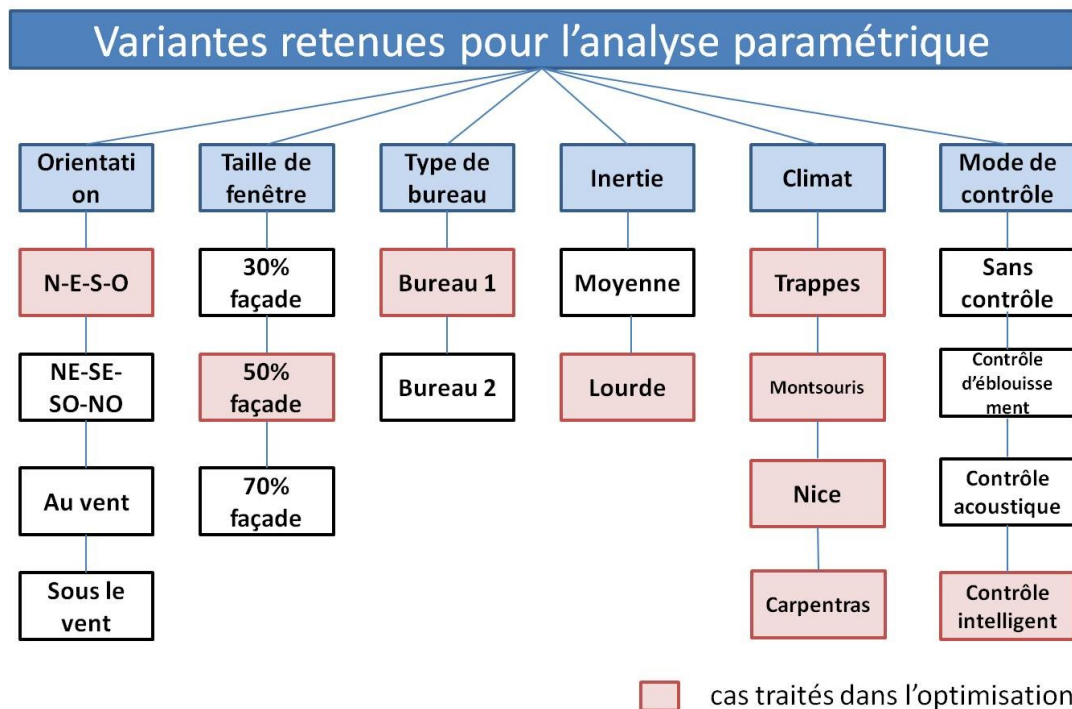
Dans l'étude, sont considérés deux différents types d'ouverture :

- **Fenêtre coulissante horizontale ou verticale** : la baie s'ouvre en glissant sur des rails horizontaux ou verticaux. La surface maximale correspond à la moitié de la surface vitrée et la hauteur correspond soit à la totalité soit à la moitié de la hauteur de la baie.
- **Fenêtre oscillo-battante** : La baie est basculante et s'ouvre autour d'un axe situé en haut de la baie. On suppose un angle maximal d'ouverture de 30 degrés.

Deux types de **protections solaires** sont mises en place dans les bureaux afin de réduire les apports solaires pendant l'été : des stores mobiles et des casquettes fixes sur la fenêtre.

Un **volet acoustique** est mise en place au choix qui réduit le bruit extérieur par 10dB mais 50% de surface vitrée en même temps.

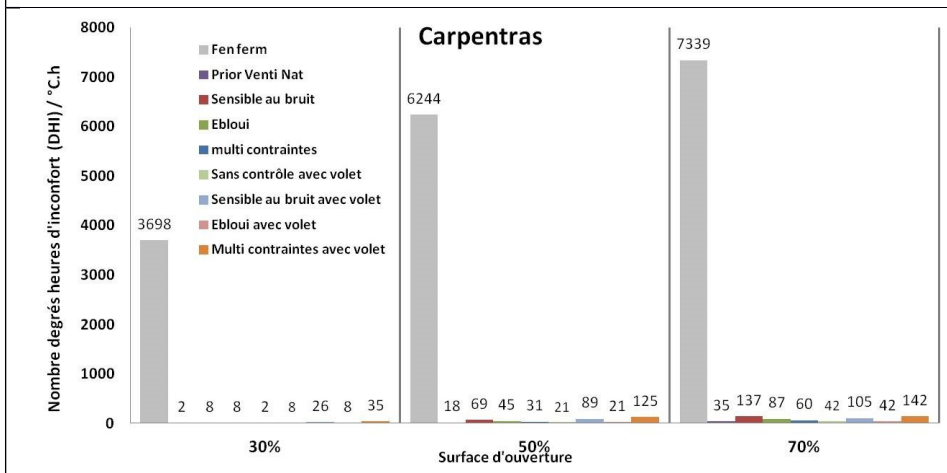
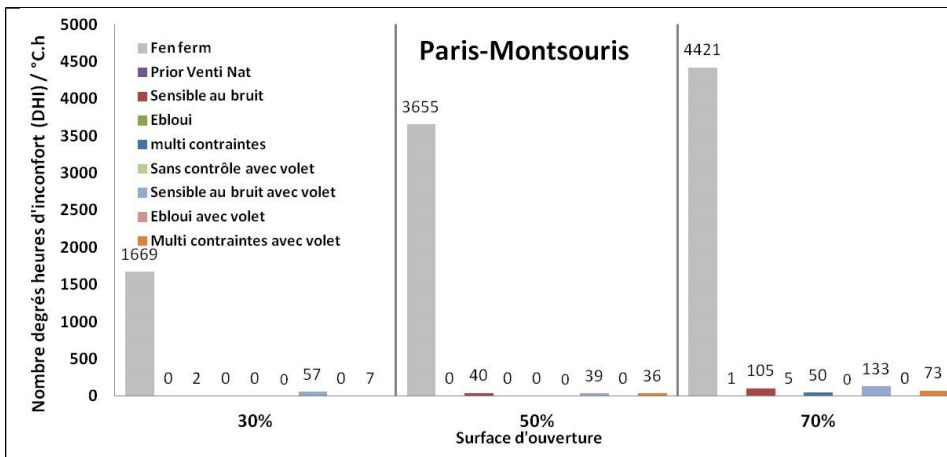
Pour connaître l'efficacité de la ventilation naturelle, une analyse paramétrique a été menée selon l'arborescence suivante :



Du point de vue des modes de gestion, on a comparé :

- Modélisation de référence: Bureau type 1 **sans ventilation naturelle** et sans protections solaires mobiles (stores) mises en place. Ce cas donnera l'inconfort maximal.
- Modélisation avec **protections solaires baissées**: Les stores sont toujours mis en place (période estivale). Cela permet de voir quelle est la conséquence sur la température du bureau d'un relèvement des stores. La ventilation naturelle n'est pas autorisée.
- Modélisation «**priorité ventilation naturelle**» : Les fenêtres sont ouvertes jour et nuit si cela contribue au confort thermique, sans tenir en compte ni des contraintes acoustiques ni de l'éclairage. Il donne le refroidissement maximal qu'on peut obtenir par la ventilation naturelle.
- Modélisation "**gestion multi contraintes**" : pour ce cas, on prend en compte les confort thermique, acoustique et lumineux. L'ouverture des fenêtres est conditionnée par le niveau sonore autorisé selon le type d'occupant, le contrôle des stores évite l'éblouissement, l'allumage des luminaires est asservi au niveau d'éclairage requis sur le plan de travail.
- **Optimisation**: Pour un nombre limité de cas (une taille de fenêtre, inertie lourde et orientation Est ou Ouest), le mode de contrôle "intelligent" est optimisé ; c'est à dire qu'on recherche les paramètres seuils qui donnent le meilleur compromis confort thermique/consommation d'éclairage.

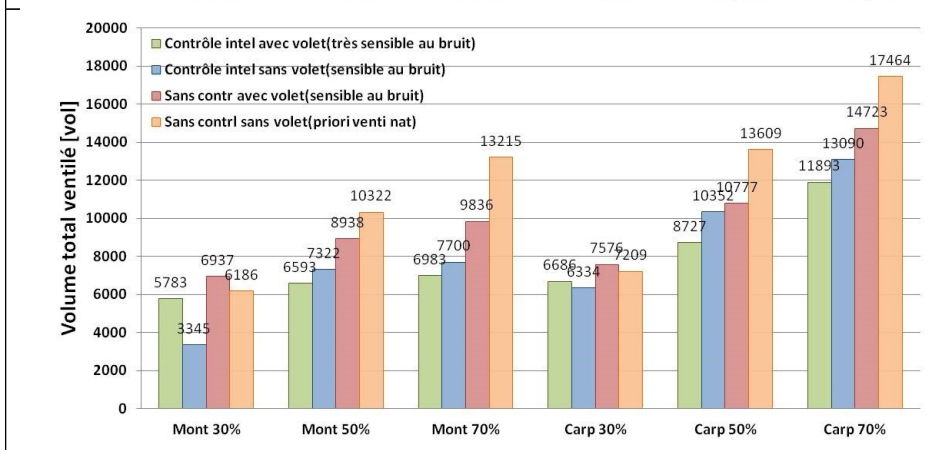
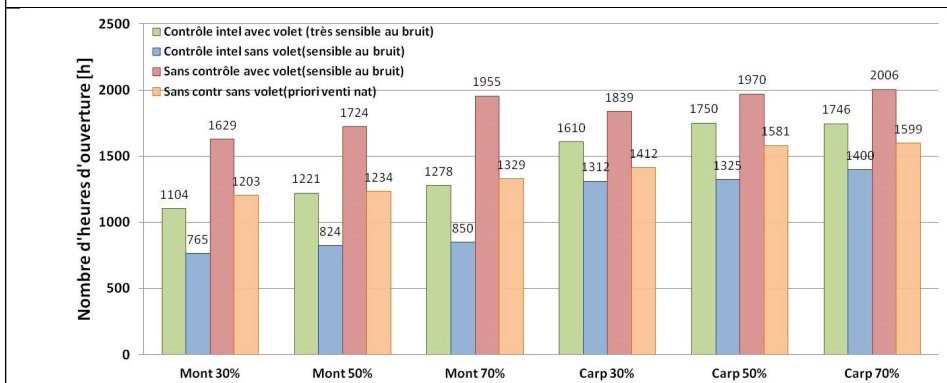
Les graphiques suivants servent de synthèse à la comparaison dans le cas d'un bureau individuel situé à Paris-Montsouris, Nice ou Carpentras. (Le nombre de degrés heures d'inconfort (DHI) est calculé en additionnant heure par heure les écarts de température intérieure au-delà de 27 °C. )



Degrés heures d'inconfort (°C.h) période estivale de 2528 h.

Mode contrôle : Fenêtre fermée (référence), Priorité de ventilation naturelle (Sans contrôle), Sensible au bruit (Contrôle acoustique), Ebloui (Contrôle d'éblouissement), Multi-contraintes (Contrôle intelligente).

Avec ou sans volet acoustique, inertie lourde avec fenêtre coulissante, Est, Paris-Montsouris et Carpentras.



Nombre d'heures d'ouverture et volume de ventilation avec contrôle intelligent et sans contrôle, avec ou sans volet acoustique, période estivale de 2528 h. Inertie lourde avec fenêtre coulissante, Est, Paris-Montsouris et Carpentras

- Si on prend en compte l'inconfort acoustique, le potentiel de rafraîchissement de la ventilation naturelle est très fortement réduit, quel que soit le climat (Paris Montsouris, Nice ou Carpentras).

- Pour atteindre le confort thermique dans les bureaux, l'ouverture des fenêtres doit être autorisée pendant les horaires d'occupation, surtout l'après midi.
- L'ajout de volets acoustiques devant les fenêtres est une solution intéressante car les fenêtres peuvent rester ouvertes permettant de rafraîchir les bureaux pendant les horaires d'occupation avec un débit de ventilation naturelle faiblement réduit qui permet toujours d'avoir un environnement intérieur confortable en thermique. Cet avantage est surtout intéressant pour un environnement bruyant comme dans la ville de Paris. Pour ce qui est sensible au bruit, l'ajout de volet acoustique lui permet à profiter plus de ventilation naturelle.
- De plus grandes fenêtres permettent d'améliorer le taux de ventilation et de refroidir plus vite la pièce. Toutefois, cette grande surface laisse passer plus d'apports solaires ce qui augmente les degrés heures d'inconfort car l'ouverture des fenêtres n'est pas toujours autorisée en raison du bruit extérieur et de l'éblouissement.

## Conclusions

Les principaux acquis de ce projet sont :

- La mise à disposition de la communauté scientifique d'algorithmes permettant un contrôle des ouvrants tenant compte de la thermique, de l'acoustique et de l'éclairage.
- La conception de solutions innovantes de protection acoustique tant pour les fenêtres coulissantes que pour les fenêtres oscillo-battantes.
- La caractérisation expérimentale des performances aérauliques et acoustiques d'ouvertures vitrées, de volets à lamelles et d'isolation phonique périphérique en ventilation mono façade et partiellement en ventilation traversante.
- Des indicateurs pour le dimensionnement des ouvertures vitrées de bâtiments résidentiels et de bureaux optant pour la ventilation naturelle en été.
- Une proposition de contrôle intelligent des ouvertures vitrées qui peut être appliquée totalement par automatismes ou être en partie gérée par l'occupant. En effet, on a minimisé le nombre de manœuvres des stores et des fenêtres pour éviter un rejet par l'occupant.

Contact : [dominique.marchio@mines-paristech.fr](mailto:dominique.marchio@mines-paristech.fr)

M. Caciolo, S. Cui, P. Stabat, D. Marchio. Development of a new correlation for single-sided natural ventilation adapted to leeward conditions. *Energy and Buildings*, 2013, doi:10.1016/j.enbuild.2013.01.024

S. Cui, M. Cohen, P. Stabat, D. Marchio. CO<sub>2</sub> Tracer Gas Concentration Decay Method for Measuring Air Change Rate. *Building and Environment* 84(2015) pp 162-169. dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.11.007

S. Cui, E. Gourdon, R. Issoglio, P. Stabat, D. Marchio, M. El Mankibi. How far can "baffle shutters" attenuate outdoor noise while maintaining acceptable natural ventilation rates? APEC Conference. Changsha, 2013.

S. Cui, P. Stabat, D. Marchio, Influence of natural ventilation on solar gains and natural lighting by opening windows. *Building simulation*, Chambéry 2013.

S. Cui, J. Koffi, R. Issoglio, P. Stabat, D. Marchio, M. El Mankibi. Experimental study (performance evaluation) of natural ventilation through windows with horizontal blade shutters. *Indoor Air 2014 Hong Kong*