

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/311650877>

# Incertitudes de modélisation de la ventilation naturelle en STD

Article · October 2016

---

CITATIONS

0

---

READS

13

2 authors:



[Edouard Walther](#)

AREP

9 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



[Mateusz Bogdan](#)

AREP

9 PUBLICATIONS 1 CITATION

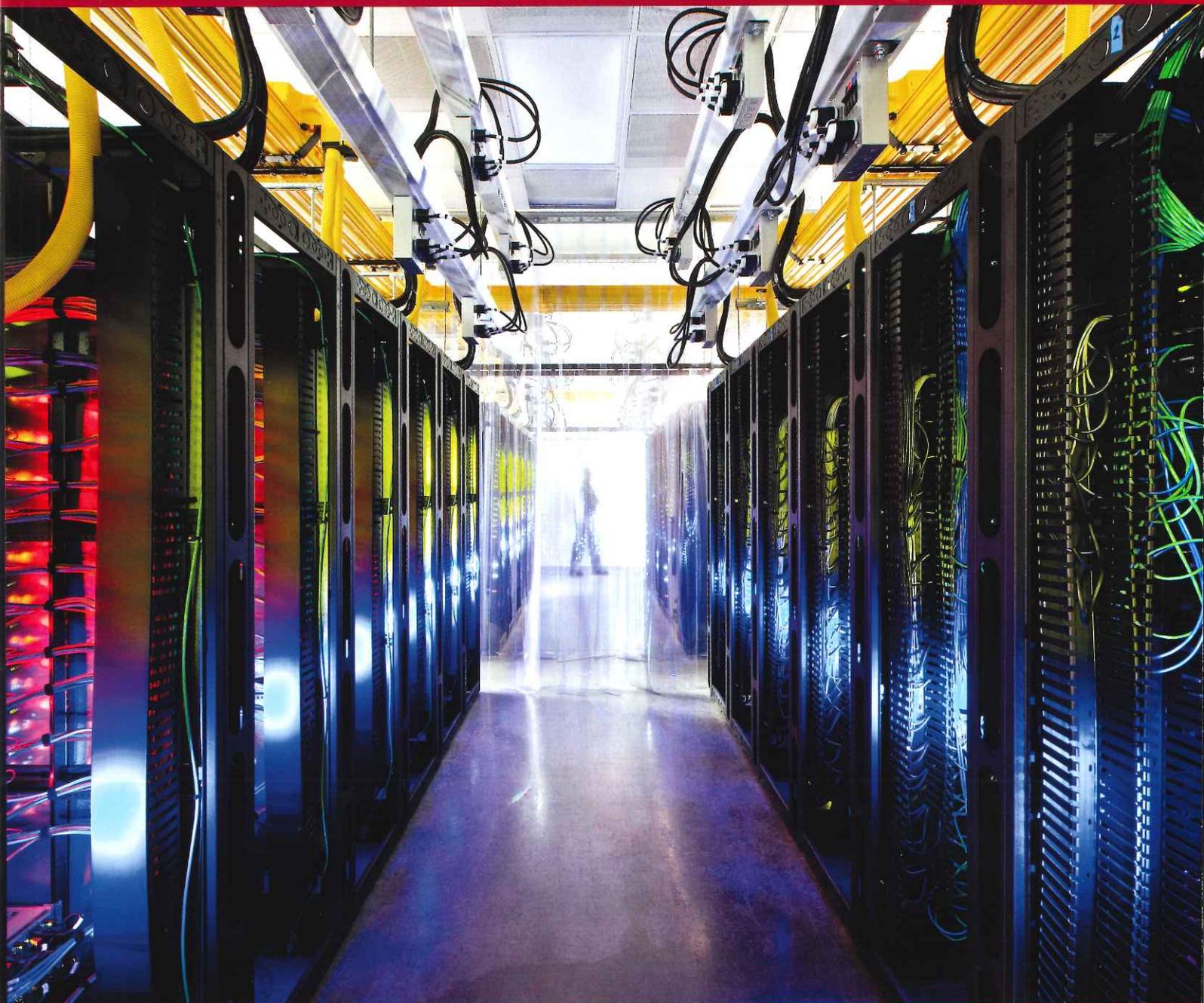
[SEE PROFILE](#)

# CVC

CHAUFFAGE  
VENTILATION  
CONDITIONNEMENT D'AIR  
[www.aicvf.org](http://www.aicvf.org)

LA REVUE DES CLIMATICIENS

TRIMESTRIEL · N° 893 · 30 € · OCTOBRE 2016



Association  
des ingénieurs  
en climatique,  
ventilation et froid

TABLE RONDE  
**Le génie climatique**  
à l'heure du  
numérique

DOSSIER I  
**Efficacité énergétique**  
des produits et  
équipements CVC

DOSSIER II  
**Data centers :**  
la recherche de  
la performance

# PROFESSION

## Incertitudes de modélisation de la ventilation naturelle en STD

Avec l'amélioration de la performance des enveloppes, les effets du vent sur la ventilation naturelle ont une part grandissante dans les consommations d'énergie. En simulation thermique dynamique, la modélisation de ces effets est très simplifiée par rapport à la réalité et peut être sensiblement améliorée par le recours à la simulation numérique.

Pour illustrer le propos, on expose dans cette partie un cas simple de ventilation naturelle transversale liée aux effets du vent uniquement. Les outils actuels de STD déterminent le tirage transversal entre deux ouvrants  $a$  et  $b$  à une hauteur  $z$ , en ayant recours à la théorie de Bernoulli :

$$Q_v = S_{eq} \times v(z) \times \sqrt{C_d^a - C_p^b}$$

où  $v(z)$  est la vitesse du vent à une hauteur  $z$  et  $C_p$  le coefficient de pression de chaque façade considérée. La surface équivalente  $S_{eq}$  est une pondérée des surfaces des ouvrants ainsi que de leurs coefficients de décharge, de sorte que :

$$\frac{1}{S_{eq}^2} = \frac{1}{(C_d^a S_a)^2} + \frac{1}{(C_d^b S_b)^2}$$

où  $S_a$  et  $S_b$  représentent les surfaces respectives des ouvrants  $a$  et  $b$ . Les coefficients de décharge  $C_d$  des mêmes ouvrants représentent deux phénomènes qui réduisent le débit théorique, Bernoulli faisant l'hypothèse que le fluide a une viscosité nulle. D'une part, la veine se contracte après l'ouverture à cause des effets inertiels du jet et diminue le débit d'un coefficient  $C_c$  égal au rapport entre la surface de la veine après le passage de l'ouvrant et la surface de passage offerte (► **figure 1**). D'autre part, les frottements visqueux atténuent le débit, ce qui est représenté par un facteur  $C_f$  générale-

ment compris entre 0,95 et 0,99. Le coefficient de décharge est donc le produit  $C_d = C_c \times C_f$ . La valeur couramment admise par le standard (ASHRAE 1997) et plusieurs logiciels de calcul de ventilation naturelle (CONTAM, IES-VE MacroFlo, EnergyPlus) est dans la plage allant de 0,60 à 0,65.

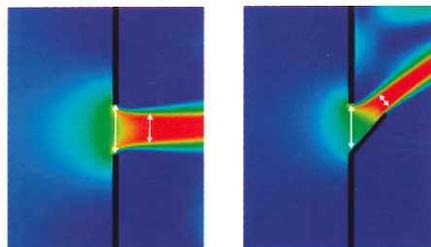


Figure 1 Illustration de la contraction de veine pour deux ouvrants simplifiés

N'ayant pas d'accès direct à la pression de stagnation au niveau de l'ouvrant ni à la différence de pression entre les façades des ouvrants  $a$  et  $b$ , on introduit un coefficient de pression  $C_p$  propre à chaque façade, qui représente une fraction de la pression dynamique « au loin » dans l'écoulement non perturbé, et peut être positif ou négatif en cas de surpression ou dépression :

$$C_p = \frac{p_{façade}}{\left(\frac{\rho v_{ref}^2}{2}\right)}$$

où  $p_{façade}$  est la pression de stagnation sur la façade,  $\rho$  la masse volumique de l'air et  $v_{ref}$  la vitesse de référence. Selon les logiciels, le coefficient  $C_p$  est déterminé de manière approchée en sui-

Ventilation naturelle

Performance des enveloppes

Par E. Walther et M. Bogdan, chargés de Mission Confort & Simulation / AREP Pôle Ingénierie

vant des corrélations empiriques valides pour des géométries rectangulaires avec un facteur de forme proche de l'unité, incluant une correction en fonction de l'angle d'incidence du vent avec parfois une distinction pour les bâtiments de grande hauteur (Swami et Chandra 1988), (Akins, Peterka et Cermak 1979).

La vitesse de l'écoulement non perturbé  $v_{ref}$  est prise comme égale à celle de la station météorologique la plus proche. Afin de déterminer la vitesse au niveau de l'ouvrant à la hauteur  $z$ , on applique une loi atmosphérique telle que celle qui suit :

$$v(z) = v_{ref} \times k_0 \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

Pour représenter l'environnement du bâtiment, le profil de cette équation de couche limite atmosphérique peut être modifié par les coefficients  $k_0$  et  $z_0$ , respectivement la rugosité du site, comprise entre 0,14 et 0,25 et la longueur de rugosité, comprise entre 0,5 mm et 2 mm, selon que le site est très ouvert (mer, champ de neige, désert sablonneux) ou très rugueux (centre des mégapoles, forêt tropicale).

### Critique de la modélisation

La complexité des formes de bâtiment, leur implantation dans le tissu urbain ou la forme des ouvrants créent une réalité bien souvent éloignée de la théorie rappelée ci-dessus. Dans cette partie, on s'attachera à montrer les écarts possibles sur les différents paramètres de la modélisation.

**Coefficient de décharge** : le coefficient  $C_d$  est une grandeur en général mal documentée par les fabricants, car elle varie en fonction de facteurs tels que le taux

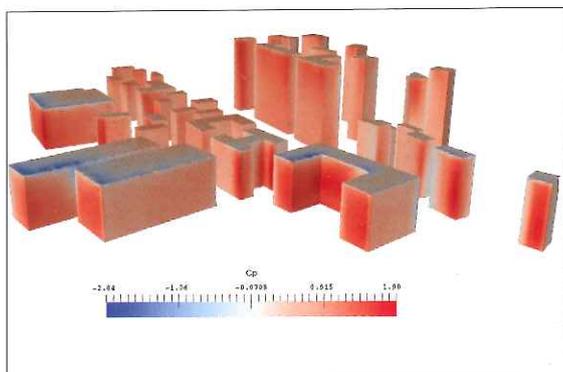


Figure 2 Disparité de la valeur du  $C_p$  sur les façades - Environnement urbain de la gare de Chambéry

d'ouverture de l'ouvrant, la différence de température intérieur/extérieur, la vitesse d'air, comme recensé dans les travaux de recherche bibliographique de (Salliou 2011) et ceux en préambule de la thèse de (Regard 2000). De plus, ces derniers ont montré que la plage de variation s'étend de  $C_d = 0.1$  à  $C_d = 2$ , influant donc de 10% à 200% sur la valeur du débit au travers de l'ouvrant. Il est cependant difficile de s'affranchir de cette incertitude sans une étude en soufflerie (numérique ou réelle). Selon les cas, il faudra donc adapter la valeur du  $C_d$  afin de se placer dans le cadre d'une hypothèse conservatrice et interpréter les résultats avec prudence.

**Coefficients de pression :** ceux-ci sont très variables selon la direction du vent, sa vitesse locale en façade, la forme du bâtiment ainsi que la géométrie de son environnement proche et lointain. Sur

une même façade d'un bâtiment à géométrie régulière, le  $C_p$  présente de plus des inhomogénéités importantes. La figure 2 montre un exemple de calcul du  $C_p$  en environnement urbain où la pression prend des valeurs disparates pouvant aller jusqu'à être positives et faiblement négatives en différents endroits d'une même paroi (► figure 2).

**Vitesse d'air de référence :** elle est prise comme étant celle de

la station météo dont on ne connaît pas la hauteur ni l'implantation. Il est donc difficile de conclure quant à la vitesse réelle aux abords du bâtiment, celle-ci dépendant de la topographie, de l'environnement urbain lointain et proche ainsi que des rugosités qui s'y rattachent. Les figures 3 et 4 montrent la complexité des écoulements en milieu urbain en plan et en coupe.

La réduction du nombre de paramètres incertains passe donc par la simulation aérodynamique urbaine avec des logiciels libres ou disponibles dans le commerce qui résolvent les équations de Reynolds moyennées ainsi que la conservation de la masse (approche « RANS »), avec par exemple une modélisation de la turbulence de type  $RNG k - \epsilon$ .

Cette approche permet de calculer explicitement le  $C_p$  sur la façade en fonction de la rose des vents annuelle et de l'environnement urbain, réduisant ainsi l'incertitude sur les vitesses et la valeur des coefficients de pression. Les résultats de la simulation alimentent alors le calcul thermique dynamique annuel horaire. On notera que seuls les effets du vent sont considérés dans cette approche : le tirage thermique pourra être pris en compte par une condition sur le nombre de Froude. ■ 11-71-86

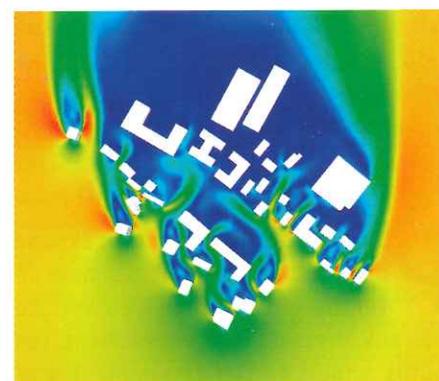


Figure 3 Variations du champ des vitesses en milieu urbain (vue plane)

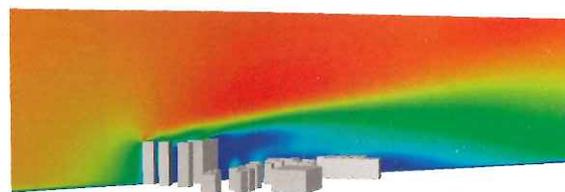


Figure 4 Variations du champ des vitesses en milieu urbain (vue coupe)

## Pour aller plus loin

- > Akins, R.E., J.A. Peterka, et J.E. Cermak. « Averaged Pressure Coefficients for Rectangular Buildings » *Proceedings of the Fifth International Wind Engineering Conference*. Fort Collins, 1979. 369-380.
- > ASHRAE. « Ventilation and Infiltration » Dans *HVAC Fundamentals Handbook*, 492-519. Atlanta : ASHRAE Handbook Editor, 1997.
- > Havenith, G., I. Holmér, E.A. Den Hartog, et K.C. Parsons. « Clothing Evaporative Heat Resistance - Proposal for Improved Representation in Standards and Models » *Ann. Occ. Hyg.*, 1999 : (43-5):339-346.
- > Holmér, I., H. Nilsson, G. Havenith, et K. Parsons. « Clothing Convective Heat Exchange -Proposal for Improved Prediction in Standards and Models » *Annals of Occupational Hygiene*, 1999 : (43)5-329-337.
- > Regard, Muriel. *Contribution à l'étude des mouvements d'air dans le bâtiment à l'aide d'un code de champ*. Thèse de doctorat, Lyon : INSA, 2000.
- > Salliou, Jean-Rémy. *Analyse de l'influence de paramètres géométriques et physiques sur le coefficient de décharge appliqué à la ventilation dans le bâtiment*. Thèse de Master Recherche, Nantes : Ecole Supérieure d'Architecture de Nantes, 2011.
- > Swami, M.V., et S. Chandra. « Correlations for pressure distribution on buildings and calculation of natural-ventilation airflow » *ASHRAE Transactions*, 1988: 243-266.