

# ETUDE EXPERIMENTALE DE L'INFLUENCE DE LA TURBULENCE DU VENT SUR LE RENOUVELLEMENT D'AIR

Séminaire GEVRA - AFME - Lyon 21-22 Mars 1991

Jacques RIBERON, James VILLAIN (CSTB)

## 1 - INTRODUCTION

Les simulations numériques effectuées à l'aide du code de calcul SIREN 2 qui prend en compte à la fois les fluctuations du vent et la compressibilité de l'air, ont montré l'influence de ces deux paramètres sur les débits de renouvellement d'air. Pour valider ce code de calcul, le CSTB a entrepris un programme de vérification expérimentale sur sa maison laboratoire située à BOUIN (Vendée). La méthode consiste, à partir de mesures par gaz traceur couplées à des mesures synchrones de pressions induites par le vent, à déterminer le renouvellement d'air pour des situations types compatibles avec le modèle numérique.

Après une succincte présentation du modèle numérique, on expose dans la présente communication les premiers résultats expérimentaux obtenus et on les compare aux prévisions théoriques.

## 2 - MODELE NUMERIQUE

Le code de calcul est destiné à évaluer les mouvements d'air entre zones d'un même bâtiment pour des conditions données de température, pression de vent et pour des caractéristiques données du système de ventilation et du bâtiment. Ce code prend en compte la compressibilité de l'air et utilise des champs de pressions instantanées du vent (prise en compte des fluctuations spatio-temporelles).

Pour chaque zone  $i$  du bâtiment, on écrit l'équation de conservation de la masse en considérant une transformation adiabatique : la variation de la masse d'air dans une zone est égale à la somme des débits nets échangés avec la zone considérée. On obtient :

$$\frac{V_i}{\gamma r T_i} \cdot \frac{dP_i}{dt} = Q_i$$

$V_i$  : volume de la zone  $i$

$T_i$  : température de la zone  $i$

$P_i$  : pression dans la zone  $i$

$\gamma$  : ratio entre la chaleur spécifique à pression constante et celle à volume constant (pour l'air,  $\gamma = 1,4$ )

$r$  : constante des gaz parfaits (pour l'air,  $r = 2875 \text{ J/kgK}$ )

$Q_i$  : débit-masse échangé entre la zone  $i$  et les autres zones, qui peut s'écrire :

$$Q_i = \sum_j (q_{ij} - q_{ji})$$

$j$  varie de 0 à  $N$ , où  $N$  est le nombre de zones

$q_{ij}$  est le débit-masse transitant de la zone  $i$  vers la zone  $j$ . Il dépend de la différence de pression entre les zones  $i$  et  $j$  ( $q_{ij} = f(P_i, P_j)$ ).

On résoud le système d'équations en faisant appel à l'algorithme de Levenberg-Marquardt (recherche du minimum de la somme des carrés d'une fonction).

### 3 - ETUDE EXPERIMENTALE

#### 3.1 - Laboratoire expérimental de Boulin

La maison expérimentale (voir figure 1) présente la géométrie d'une petite habitation (9 m x 5 m x 4 m) et est située dans une région ventée dégagée de tout obstacle. Elle peut tourner sur elle-même et être ainsi orientée, au gré de l'expérimentation, dans une direction donnée du vent. Une attention toute particulière a été portée à l'étanchéité à l'air de son enveloppe (section de fuite équivalente mesurée : 5 cm<sup>2</sup>).

La maison expérimentale est équipée de prises de pression réparties sur les parois et au voisinage des orifices. Les mesures de vitesse, direction du vent et température extérieure sont enregistrées de façon synchrone avec les autres mesures. Le taux de renouvellement d'air est mesuré par la méthode du gaz traceur (éthane).



Figure 1 : Maison expérimentale de Boulin

#### 3.2 - Essais

La première campagne d'essais a été consacrée à la ventilation naturelle réalisée par un seul orifice placé en partie haute d'une façade (2 m au-dessus du sol). Les essais ont été effectués pour deux orientations du vent par rapport à l'orifice de ventilation : orifice au vent ou sous le vent. Deux orifices ont été testés : une fente rectangulaire de 40 x 2,5 cm et une fente rectangulaire de 40 x 5 cm.

La procédure expérimentale pour mesurer le renouvellement d'air dans la maison est la suivante :

- orientation de la maison expérimentale,
- obturation de l'orifice et injection du gaz traceur,
- brassage du gaz durant dix minutes en utilisant des ventilateurs,
- mesure de la décroissance de la concentration du gaz traceur pendant vingt minutes (fréquence d'acquisition 5 Hz), après avoir décacheté la section de l'orifice.

### 3.3 - Résultats

Les résultats d'essais pour les différentes configurations sont données dans le tableau suivant.

essai	orifice		vent		taux de renouvellement d'air
	section (cm <sup>2</sup> )	position	moyenne (m/s)	écart-type (m/s)	(vol/h)
1	100	au vent	7,7	1,2	0,25
2	100	sous le vent	10,2	1,5	0,69
3	200	au vent	5,8	1,15	0,44
4	200	sous le vent	5,8	1,1	0,24

A titre d'exemple, on montre en figures 2, 3 et 4 les enregistrements de vitesse et direction du vent et de pression dynamique au niveau de l'orifice dans le cas de l'essai n° 1.

Pour ce même essai, on montre en figures 5 et 6 l'évolution de la concentration du gaz traceur ainsi que la variation de la pression intérieure (relative à la pression statique extérieure). On a tracé sur le même graphe les valeurs mesurées et les valeurs prédites par le calcul. On constate dans ce cas que les résultats sont assez concordants.

Pour d'autres essais, la concordance entre les valeurs mesurées et prédites par le calcul n'est pas aussi bonne. Les écarts observés peuvent être dus en partie à la présence "d'écoulement à double sens" au niveau de l'orifice : en effet, des variations spatiales de pression du vent le long de l'orifice (longueur 40 cm) peuvent produire cette coexistence instantanée d'entrée et de sortie d'air à travers l'orifice de ventilation. Le modèle de calcul, ne prenant pas en compte ce type d'écoulement, conduit alors à des résultats erronés.

### 4 - CONCLUSION

Les premiers résultats expérimentaux, concernant la ventilation naturelle d'un local monozone ne communiquant avec l'extérieur que par un seul orifice dont le plan est orthogonal à la direction du vent, montrent que les débits de ventilation sont importants (de l'ordre de 0,2 à 0,4 vol/h). Ils s'expliquent en partie par l'effet de la turbulence du vent. On a toutefois constaté que les valeurs mesurées n'étaient pas toujours en accord avec les valeurs prédites par le calcul ; les raisons de cet écart pouvant être : le mode de mesure des pressions et concentrations, le modèle numérique utilisé, qui ne prend pas en compte l'existence d'écoulement à double sens.

Des modifications ont été apportées au laboratoire de manière à assurer une meilleure maîtrise de son orientation par rapport au vent. Une nouvelle procédure expérimentale a été adoptée pour mieux apprécier l'évolution des pressions dynamiques du vent au droit de l'orifice : décomposition de la section de l'orifice en plusieurs zones élémentaires à l'intérieure desquelles les pressions instantanées sont mesurées. Cette nouvelle approche permettra d'évaluer le poids respectif des effets de la turbulence du vent et de l'écoulement à double sens dans le renouvellement d'air.

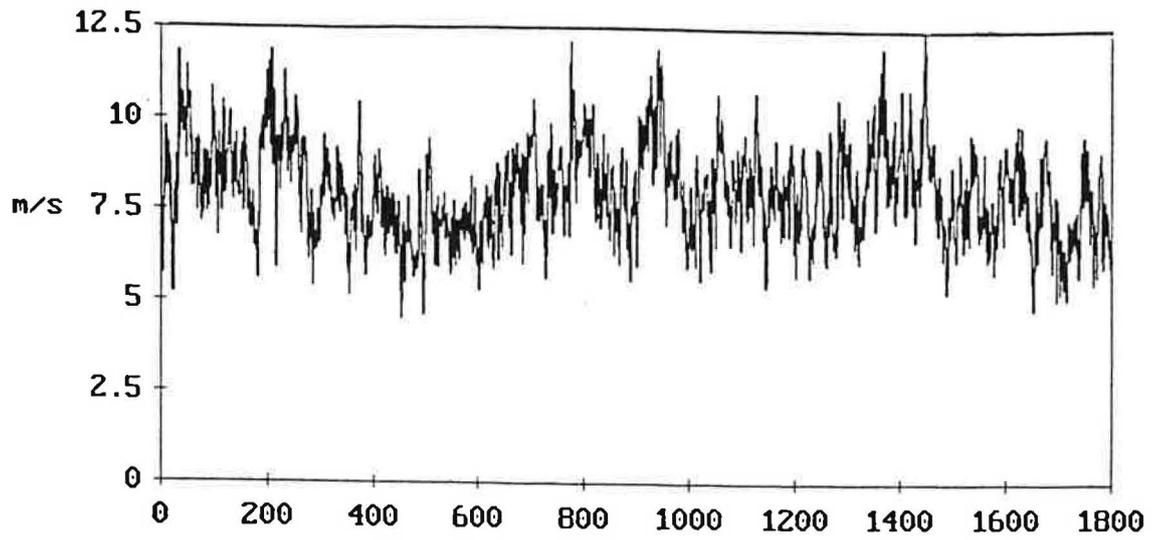


Figure 2 : Vitesse du vent

secondes

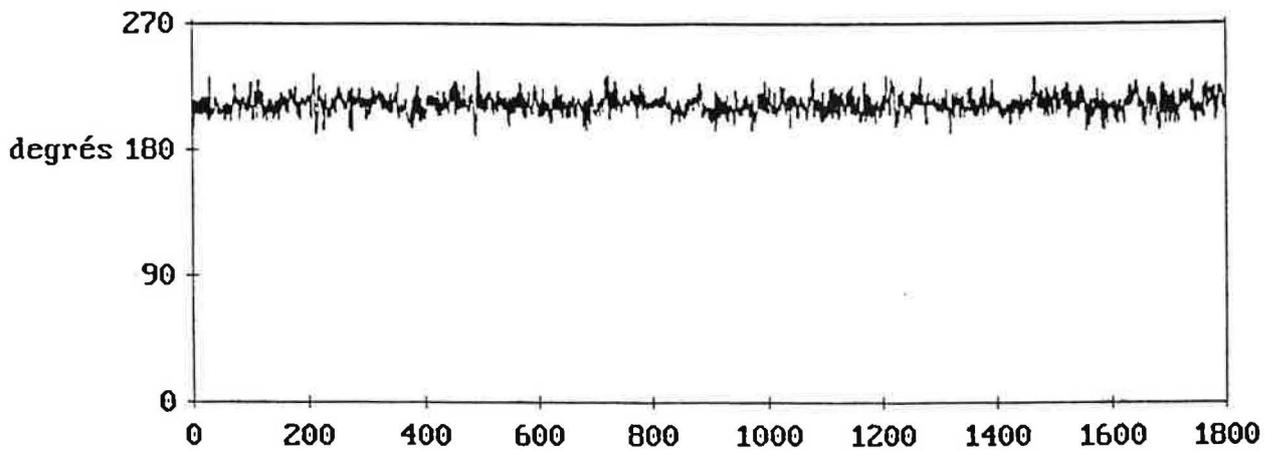
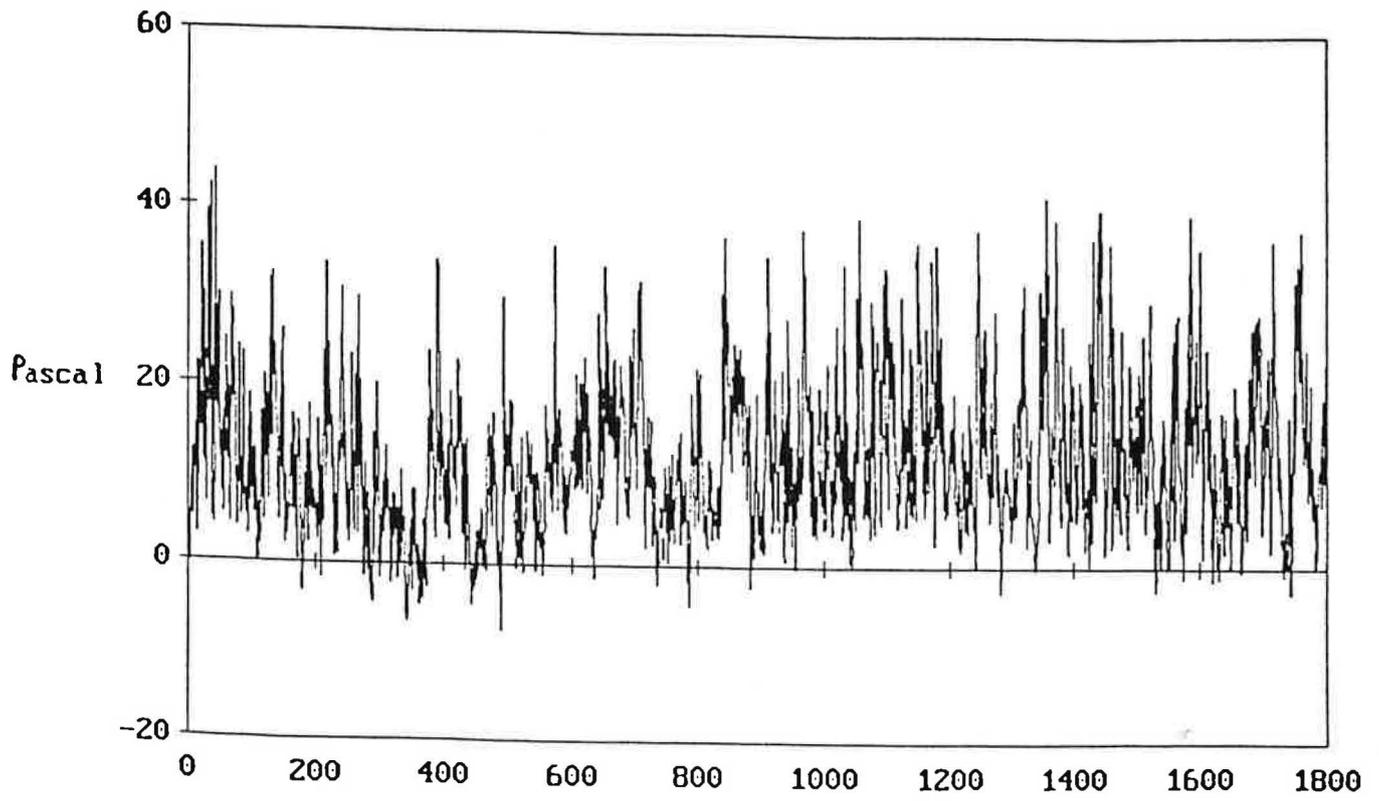


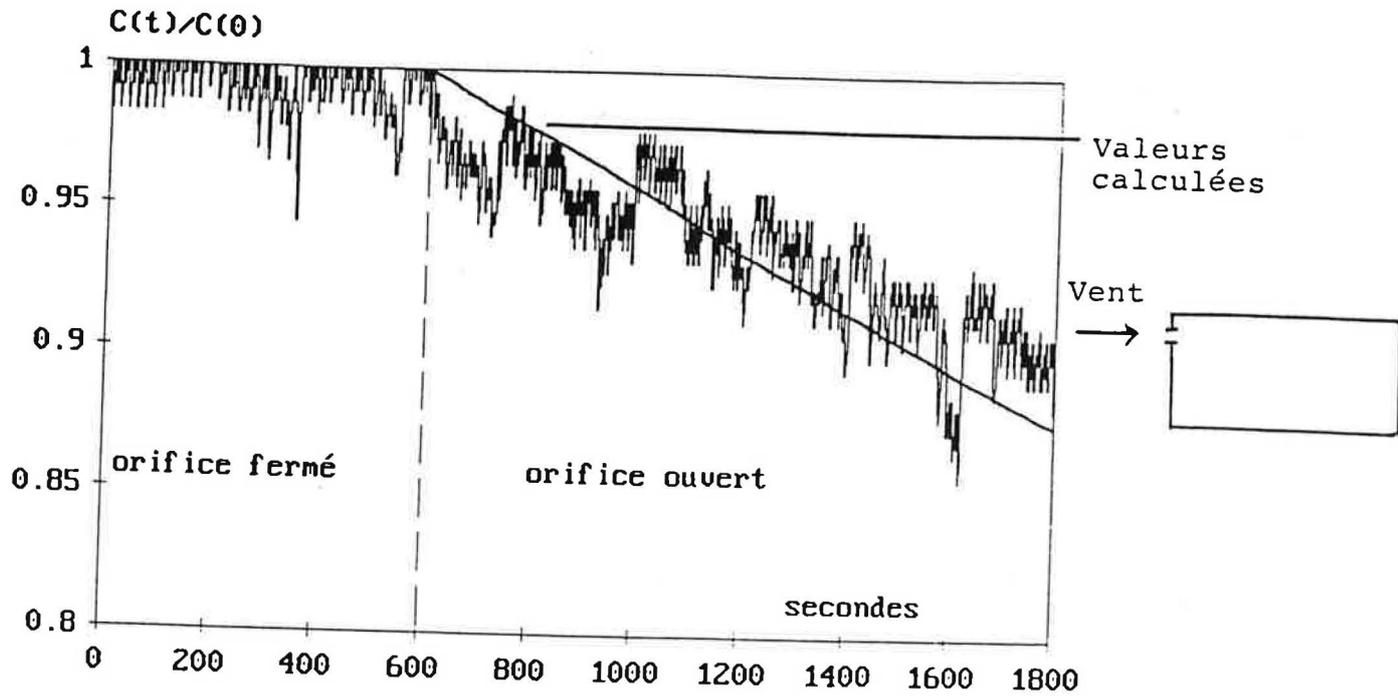
Figure 3 : Direction du vent

secondes

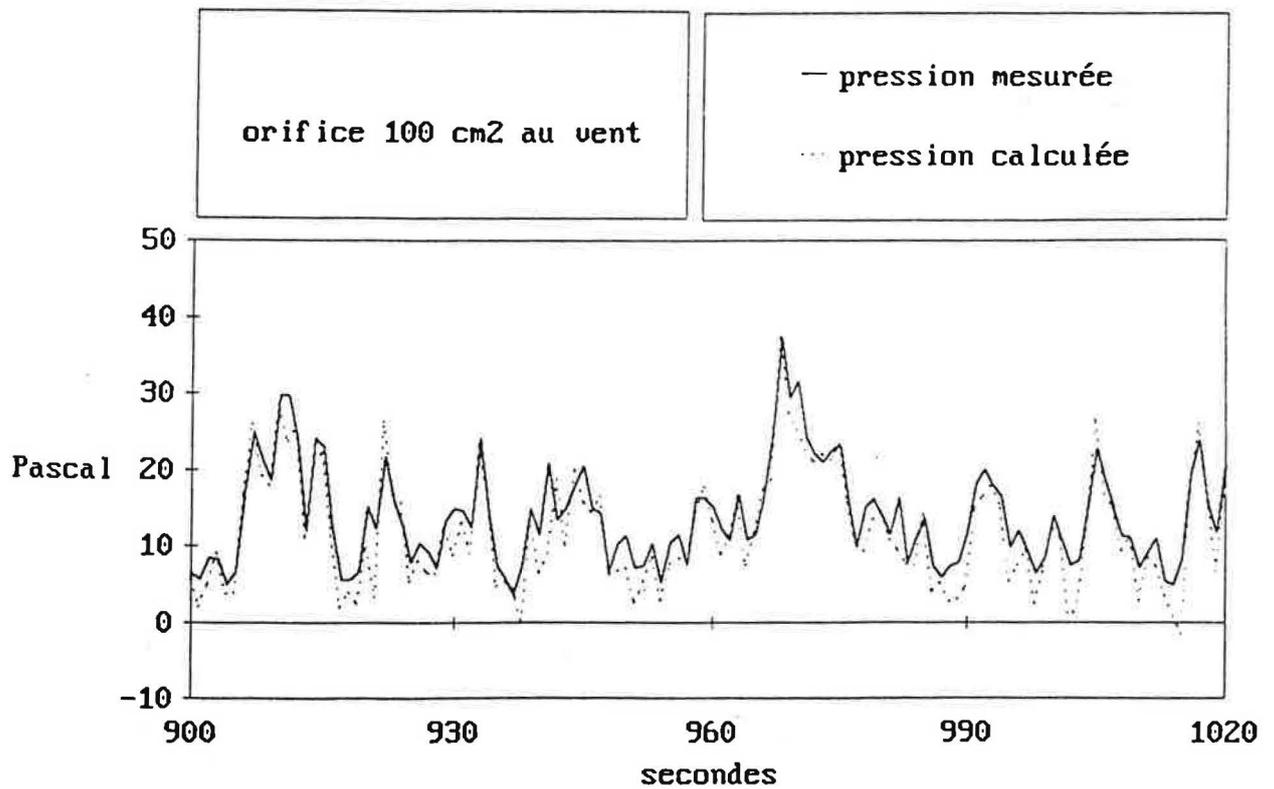


**Figure 4** : Pression dynamique à l'orifice

secondes



**Figure 5** : Evolution de la concentration du gaz traceur (valeurs mesurées et valeurs calculées)



**Figure 6** : Variation de la pression Intérieure sur une période de deux minutes

**BIBLIOGRAPHIE**

- R. MOUNAJED  
Fascicule de documentation du code de calcul SIREN 2.  
CSTB GEC-89.4824, Champs-sur-Marne, Juin 1989.
- J. RIBERON, R. MOUNAJED, G. BARNAUD, J. VILLAIN  
Turbulence du vent et ventilation. Séminaire "Ventilation et renouvellement d'air".  
AFME, Sophia-Antipolis, 19 et 20 Septembre 1989.
- R. MOUNAJED  
La modélisation des transferts d'air dans les bâtiments. Application à l'étude de la  
ventilation. Thèse de Doctorat ENPC, Noisy-le-Grand, 5 Octobre 1989.
- J. RIBERON, J. VILLAIN  
Etude en vraie grandeur des débits effectifs de renouvellement d'air.  
CSTB GEC/DAC-90.101R, Champs-sur-Marne, juillet 1990.
- D. BIENFAIT, J. RIBERON, G. BARNAUD, J. VILLAIN  
Effect of wind pressure fluctuations on air movements inside buildings.  
11<sup>th</sup> AIVC conference, Belgirate, 18-21 September 1990.

# ETUDE EXPERIMENTALE DE L'INFLUENCE DE LA TURBULENCE DU VENT SUR LE RENOUVELLEMENT D'AIR

J. RIBERON \*, J. VILLAIN \*\*

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

\* 84 avenue Jean-Jaurès - BP 02 - 77421 MARNE-LA-VALLEE Cédex 2

\*\* 11 rue Henri Picherit - 44300 NANTES

Des simulations effectuées à l'aide du code SIREN 2 ont montré que l'effet de la compressibilité de l'air et des fluctuations du vent sur la ventilation ne pouvait être négligé dans certains cas. Pour valider le modèle numérique, des taux de renouvellement d'air ont été mesurés dans la maison rotative expérimentale de Bouin. On présente les premiers résultats expérimentaux concernant la ventilation naturelle d'une pièce à simple exposition équipée d'un orifice placé soit au vent, soit sous le vent.

**Mots clés :** turbulence du vent, modélisation, validation expérimentale.

## EXPERIMENTAL STUDY INTO WIND TURBULENCE AND RELATED AIR RENEWAL

Computer results, obtained by using SIREN 2 code, have shown the effect of air compressibility and wind fluctuation on ventilation rate cannot be neglected in certain cases. Air change measurements have been undertaken in an experimental rotating house at Bouin in order to allow comparison with computer results. First experimental results which refer to single-sided ventilation when the external opening is either windward or leeward are discussed.

**Keywords :** wind turbulence, modelling, experimental validation.