PREFACE

Chaque année, sous certaines conditions météorologiques, les médias relayent les alertes à la pollution de l'air extérieur dans certaines villes lancées par les pouvoirs publics.

Paradoxalement, bien que l'environnement intérieur soit l'endroit où l'homme moderne passe la majorité de son existence, il n'existe pas encore d'indicateurs synthétiques de qualité de l'air intérieur en dépit de très nombreuses publications sur ce thème. Cette lacune résulte, à notre sens, de la difficulté de prendre en compte, simultanément, de très nombreux phénomènes (thermique, hygrique, physico-chimique, etc.). Cette recherche apporte une contribution à la prise en compte globale de ces différents aspects.

Nous tenons à souligner que cet ouvrage est le fruit d'un travail considérable. La rédaction de Monsieur COHAS est animée d'une rigueur scientifique constante. Cette étude s'appuie sur un code de calcul qui a été validé durant ces dernières années dans les domaines hygro-thermique et aéraulique. Michel COHAS a réalisé un développement spécifique dans le domaine des polluants.

Ce code autorise, actuellement, une simulation multizone hygro-thermique et aéraulique intégrant les transferts de polluants. Ses applications, en normalisation comme en conception, de nouveaux systèmes de ventilation en font déjà une référence pour la communauté scientifique. Elles ont considérablement enrichi la compréhension des phénomènes mis en jeu.

Pour chaque typologie de logements des actions correctrices ont été identifiées face à des situations d'environnement dégradé. Sans la modélisation associée à un critère de qualité de l'air intérieur, une telle tâche aurait été impossible.

L'importance accordée à la validation expérimentale est une assurance qualité dans un domaine de validité suffisamment étendu pour étudier chaque configuration de logement avec un scénario d'occupation quelconque. Ces essais coûteux et difficiles à mettre en oeuvre ont permis d'isoler l'incidence de chaque paramètre régissant la physique de notre environnement.

Le financement de cette recherche par un groupement d'industriels confirme que l'enjeu économique de la qualité de l'air intérieur est considérable. En effet, la traduction en produit des cahiers des charges des systèmes de ventilation divergent quelquefois suivant les stratégies des industriels, mais la diversité des financeurs en atteste l'impartialité.

Merci à Michel COHAS qui démontre qu'économies d'énergie et qualité de l'air ne sont pas deux items incompatibles, et que des marchés latents attendent de nombreux acteurs du bâtiment, industriels, bureaux d'études, installateurs, ...

Nous vous souhaitons donc bonne lecture en espérant qu'elle réponde à vos attentes et interrogations.

Didier CREUZEVAULT et Roland FAUCONNIER

TABLE DES MATIERES

PREFACE	3
INTRODUCTION	11
1. DESCRIPTION DU CODE DE CALCUL NUMERIQUE	13
1.1. Historique	
1.2. Développements	
1.3. Aspects informatiques	
2. PRISE EN COMPTE DES SOURCES DE POLLUTION	17
2.1. Introduction	
2.2. Principaux polluants intérieurs	
2.3. Modélisation des sources de pollution internes	
2.3.1. Métabolisme	
2.3.2. Tabagisme	
2.3.3. Appareils domestiques	
2.3.4. Matériaux de construction	
2.3.5. Réactions physico-chimiques	
2.4. Modélisation de la pollution extérieure	
3. PRISE EN COMPTE DES TRANSFERTS DE POLLUANTS	35
3.1. Introduction	
3.2. Transferts par convection	
3.2.1. Modélisation des transferts de polluants par convection	

- 3.3. Transferts par diffusion
 - 3.3.1. Approche théorique
 - 3.3.2. Modélisation des transferts de polluants par diffusion
 - 3.3.3. Importance des transferts par diffusion dans l'habitat
 - 3.3.4. Dispersion numérique
- 3.4. Transferts par gravité
 - 3.4.1. Approche théorique
- 3.5. Vérifications expérimentales
 - 3.5.1. Expérimentations British Gas
 - 3.5.2. Expérimentations Gaz de France
 - 3.5.3. Transferts par gravité d'un polluant gazeux
 - 3.5.3.1. Moyens expérimentaux
 - 3.5.3.2. Essais préliminaires
 - 3.5.3.3. Transferts par gravité
 - 3.5.4. Conclusion
- 3.6. Bilan massique d'un polluant

4. DEFINITION ET VALIDATION D'UN INDICE DE QUALITE DE L'AIR

61

- 4.1. Valeurs limites d'exposition aux polluants
 - 4.1.1. Diverses valeurs limites
 - 4.1.2. Effets de quelques polluants
- 4.2. Indices de qualité de l'air
 - 4.2.1. Indices fondés sur des critères sanitaires
 - 4.2.1.1. Indice multigaz intégrant la durée d'exposition
 - 4.2.1.2. Indice multigaz intégrant le dénombrement bactérien
 - 4.2.2. Indices fondés sur des notions de confort
 - 4.2.2.1. Indice monomarqueur
 - 4.2.2.2. Approche olfactive
- 4.3. Réflexions
 - 4.3.1. Choix de l'indice
 - 4.3.2. Choix du gaz traceur
 - 4.3.3. Indice de qualité de l'air et approche olfactive
 - 4.3.3.1. Séjour
 - 4.3.3.2. Chambre
 - 4.3.3.3. Constat

- 5.1. Introduction
- 5.2. Approche théorique
 - 5.2.1. Généralités
 - 5.2.2. Analyse de PHILIP et DE VRIES
- 5.3. Transfert de masse entre l'ambiance et le mobilier
 - 5.3.1. Approche théorique
 - 5.3.2. Validations expérimentales
 - 5.3.3. Mise en forme informatique
 - 5.3.4. Enseignements
- 5.4. Bilan massique de vapeur d'eau

6. RESULTATS DE SIMULATION**91**

- 6.1. Introduction
- 6.2. Corrélation entre concentration en gaz carbonique et risques de condensation
 - 6.2.1. Rôle de la ventilation
 - 6.2.2. Hypothèses retenues
 - 6.2.3. Résultats
 - 6.2.3.1. Transferts aérauliques
 - 6.2.3.2. Pièces de service
 - 6.2.3.3. Pièces principales
 - 6.2.4. Conclusion
- 6.3. Etude de différents cas de ventilation
 - 6.3.1. Objectif
 - 6.3.2. Hypothèses retenues
 - 6.3.3. Résultats
 - 6.3.4. Conclusion
- 6.4. Exploitation de l'enquête
- 6.5. Hypothèses retenues pour les simulations numériques
 - 6.5.1. Bâti
 - 6.5.2. Ventilation
 - 6.5.3. Occupation
 - 6.5.4. Mobilier et équipement
 - 6.5.5. Critères d'entrée et de sortie
- 6.6. Transferts aérauliques
 - 6.6.1. Logements avec sous-sol ou garage attenant
 - 6.6.2. Logements avec cheminée
 - 6.6.3. Logements avec Ventilation Mécanique Contrôlée
 - 6.6.4. Logements collectifs

- 6.7. Taux de ventilation
 - 6.7.1. Logement
 - 6.7.2. Pièces de service
 - 6.7.3. Pièces principales
- 6.8. Consommations et besoins en ventilation
- 6.9. Températures d'air et humidités relatives
 - 6.9.1. Pièces de service
 - 6.9.2. Pièces principales
- 6.10. Risques de condensation
 - 6.10.1. Pièces de service
 - 6.10.2. Pièces principales
- 6.11. Ponts thermiques
 - 6.11.1. Différentes approches
 - 6.11.2. Remarques
- 6.12. Indices de confort thermique
 - 6.12.1. Pourcentage d'insatisfaits
 - 6.12.2. Température opérative
- 6.13. Indice de qualité de l'air
 - 6.13.1 Pièces de service
 - 6.13.2 Pièces principales
- 6.14. Situations dégradées
 - 6.14.1. Cheminée
 - 6.14.2. Statut des ouvrants
 - 6.14.3. Tabagisme
 - 6.14.4. Sèche-linge
 - 6.14.5. Voiture
 - 6.14.6. Obstruction des orifices de ventilation
- 6.15. Actions correctrices
 - 6.15.1. Débit de pointe
 - 6.15.2. Hotte raccordée
 - 6.15.3. Déshumidification
 - 6.15.4. Ventilation asservie
- 6.16. Enseignements

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

125

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

127

ANNEXES	133
A. ECHANGES AERAAULIQUES	135
A.1. Introduction	
A.2. Champ de pression	
A.3. Détermination des débits	
B. REGLEMENTATIONS ET CONFORT THERMIQUE	145
B.1. Valeurs limites de ventilation	
B.2. Valeurs limites d'émission	
B.3. Confort thermique	
C. UNE ENQUETE NATIONALE SUR LES RELATIONS HABITAT-SANTE	159
C.1. Discussion	
C.2. Méthodes	
C.3. Résultats	
C.4. Discussion	
D. TYPOLOGIES RETENUES POUR LA MODELISATION	169
D.1. Logement "Individuel Gaz" (IGAZ)	
D.2. Logement "Individuel Récent" (IREC)	
D.3. Logement "Individuel Ancien" (IANC)	
D.4. Logement "Collectif Urbain" (CURB)	
D.5. Logement "Collectif Banlieue" (CBAN)	
D.6. Logement "Collectif VMC" (CVMC)	
D.7. Logement "Individuel VMC" (IVMC)	
D.8. Typologie des familles	
D.9. Différentes techniques de ventilation	
E. RESULTATS DE SIMULATION	193
E.1. Informations sur le bâti	
E.2. Systèmes de ventilation, chauffage, équipements	
E.3. Transferts aérauliques - Individuel Récent	
E.4. Transferts aérauliques - Collectif VMC	
E.5. Taux de renouvellement d'air	
E.6. Consommations de chauffage	
E.7. Condensations sur les vitrages et les parois	
E.8. Condensations sur les ponts thermiques	
E.9. Confort thermique et qualité de l'air	
E.10. Concentration CO ₂ dans les chambres - CURB et IVMC	

- E.11. Obstruction cheminée - Humidité relative séjour - IANC
- E.12. Obstruction cheminée - Concentration CO₂ séjour - IANC
- E.13. Effets des ouvrants en cuisine - Humidité relative - CBAN
- E.14. Effets des ouvrants en cuisine - Concentration CO₂ - CBAN
- E.15. Tabagisme - IAQ (CO)
- E.16. Tabagisme - IAQ (HCHO)
- E.17. Fonctionnement sèche-linge - Humidité relative garage - IREC
- E.18. Démarrage voiture - Emanations CO - IREC
- E.19. Obstruction entrée d'air - Humidité relative chambre - CVMC
- E.20. Obstruction entrée d'air - Concentration CO₂ chambre - CVMC
- E.21. Débit de pointe en cuisine - Humidité relative cuisine - CVMC
- E.22. Humidité relative et risques de condensation salle de bains - IVMC
- E.23. Consommation et risques de condensation - IVMC
- E.24. Influence d'un déshumidificateur en salle de bains - IVMC
- E.25. Ventilation asservie - Humidité relative chambre - IANC
- E.26. Ventilation asservie - Concentration CO₂ chambre - IANC
- E.27. Ventilation asservie - Débits d'extraction chambres - IANC
- E.28. Ventilation asservie - Concentration CO₂ cuisine - IANC
- E.29. Ventilation asservie - Humidité relative cuisine - IANC
- E.30. Ventilation asservie - Humidité relative salle de bains - IANC

ORGANISMES

211