

*La gestion de l'air est devenue un sujet de préoccupation pour de nombreux laboratoires. Le Costic a ainsi développé une méthode expérimentale de mesure du taux de renouvellement de l'air applicable à tout type de bâtiments et un programme informatique de simulation multi-zones.*

*Le phénomène de diffusion des polluants ainsi que leur absorption (ou adsorption) par les matériaux fait également l'objet d'une étude approfondie.*



## Recherche expérimentale et théorique en ventilation - qualité de l'air



Patrick VALTON,  
ingénieur au Costic, Mooralas

La part due à la VENTILATION dans la consommation d'énergie d'un bâtiment, qu'il soit d'habitation, tertiaire ou industriel, devient de plus en plus importante, tout en figurant parmi les postes les plus mal connus.

Dans les logements anciens, énergivores, les déperditions dues à la ventilation ne représentaient pas un pourcentage important des déperditions totales. Ceux-ci n'étaient en effet pas isolés et les déperditions par les parois, les combles... étaient importantes.

Les logements plus récents, par effet des réglementations successives, sont beaucoup plus économies, de par leur forte isolation. Par contre, l'étanchéité à l'air, bien qu'améliorée, prend désormais une part importante des déperditions, compte tenu de la grande réduction des autres éléments.

Ceci explique l'intérêt croissant porté à la réduction des débits de ventilation. Celle-ci ne doit pourtant pas s'effectuer sans précautions : l'abondance de certains polluants dans les locaux incite à émettre quelques réserves à ce sujet.

L'importance de la GESTION DE L'AIR (VENTILATION-QUALITÉ DE L'AIR) a conduit de nombreux laboratoires, tant français qu'étrangers, à l'adopter comme sujet de préoccupation principal.

Nous faisons ici le point des recherches entreprises dans ce domaine, depuis quelques années, par le Costic. Chaque sujet n'est, bien sûr, abordé que de manière succincte, mais a fait, ou fera dans les prochaines semaines, l'objet de publications plus détaillées, notamment dans la revue Promoclim.

### Les mesures de ventilation

Le principe de la mesure directe, réelle, sans déformation des phénomènes, du taux de renouvellement d'air des bâtiments est basé sur la mesure de la concentration décroissante de l'air du local en gaz traceur, à partir d'une concentration initiale. Sur cette base, nous avons développé une méthode expérimentale, utilisable dans tout type de bâtiment : grands volumes, habitat en ventilation naturelle ou équipé de ventilation mécanique contrôlée.

Comme gaz traceur, notre choix s'est porté sur l'hélium, dont la conductibilité thermique très différente de celle de l'air, permet de déceler des concentrations relativement basses, à l'aide d'un catharomètre. Des essais préliminaires, effectués dans les locaux du Costic à Morlaas, Pyrénées-Atlantiques (Bureaux et hall de grand volume), ont permis de mettre au point un dispositif expérimental, schématisé figure 1, palliant certains problèmes particuliers, comme la faible densité de l'hélium par rapport à l'air. Ils ont également mis en évidence la possibilité de négliger l'influence de l'absorption de l'hélium par les matériaux.

La diffusion du gaz s'effectue par l'intermédiaire de tuyaux souples, raccordés à une nourrice. De même, l'ensemble du volume à étudier est quadrillé géométriquement par un certain nombre de points de prélèvement, constitués de tuyaux souples, raccordés à une nourrice, avant d'être analysés par le catharomètre. Un système autonome d'acquisition de mesure

(boîte blanche) numérise puis stocke dans des mémoires électroniques, avec un pas de temps réglable, la mesure fournie par le catharomètre sous forme de courant asservi 4-20mA. Les données sont ensuite « lues » par un micro-ordinateur, stockées sur disquette et traitées ultérieurement (sorties de tableaux, calculs divers, tracés de courbes...).

La figure 2 montre une courbe de décroissance de concentration d'hélium au cours du temps. Son analyse permet également de mettre en évidence la sensibilité de la méthode à un changement brusque de régime de ventilation, dû à une modification de la vitesse ou de la direction du vent, ainsi qu'à l'utilisation du bâtiment par les occupants : ouverture/fermeture de porte... Ainsi, sur cette courbe, nous constatons, lors de l'ouverture d'une porte extérieure, une brusque et rapide décroissance de la concentration. Une fois la porte refermée, le régime redevient semblable à celui d'avant la perturbation.

Chaque tuyau souple est raccordé à la nourrice par l'intermédiaire d'une vanne quart de tour permettant d'isoler chacun des réseaux de prélèvement. Cette caractéristique permet :

- d'obtenir le taux global de renouvellement, pour le bâtiment (toutes vannes ouvertes) ;
- de localiser les zones d'infiltration, en effectuant des mesures de concentrations locales et en les comparant à la concentration moyenne en hélium dans un bâtiment de grand volume ;
- d'analyser uniquement le mélange provenant d'un seul local, dans le cas d'un logement.

Fig. 1. Schéma du dispositif expérimental.

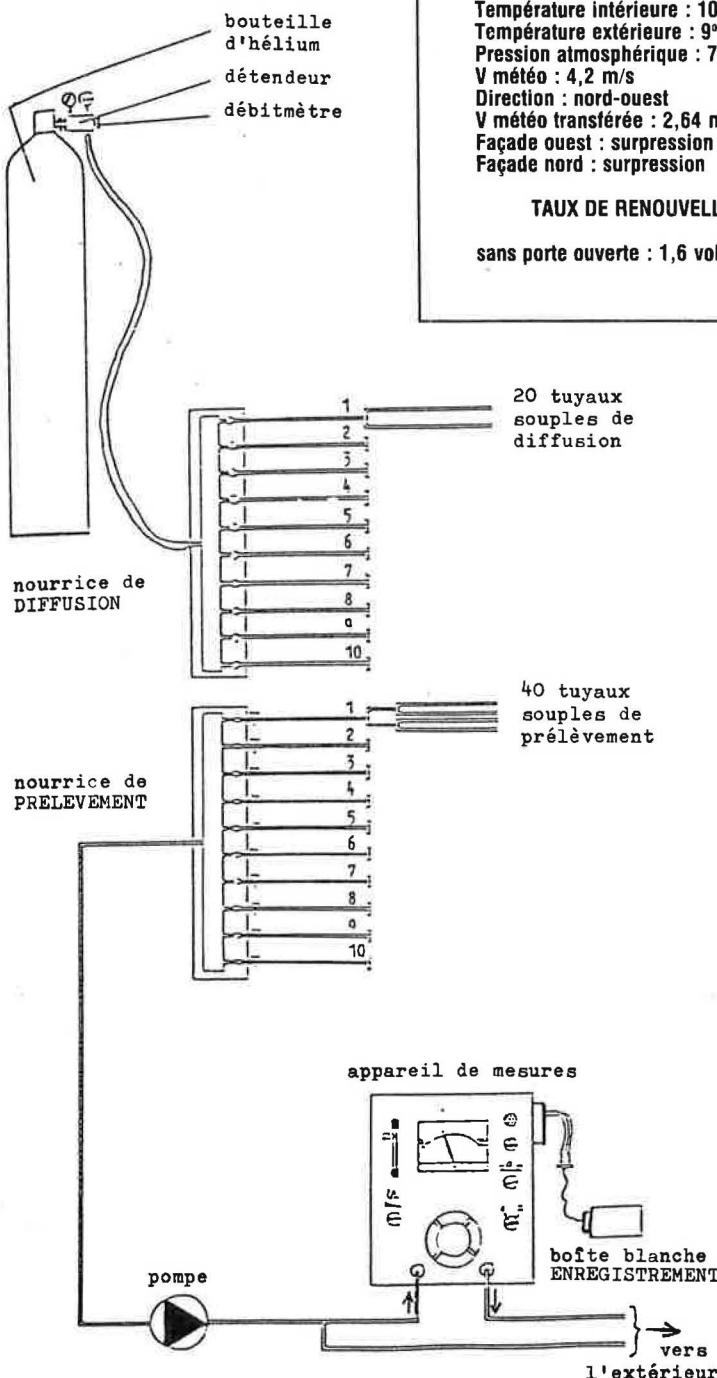
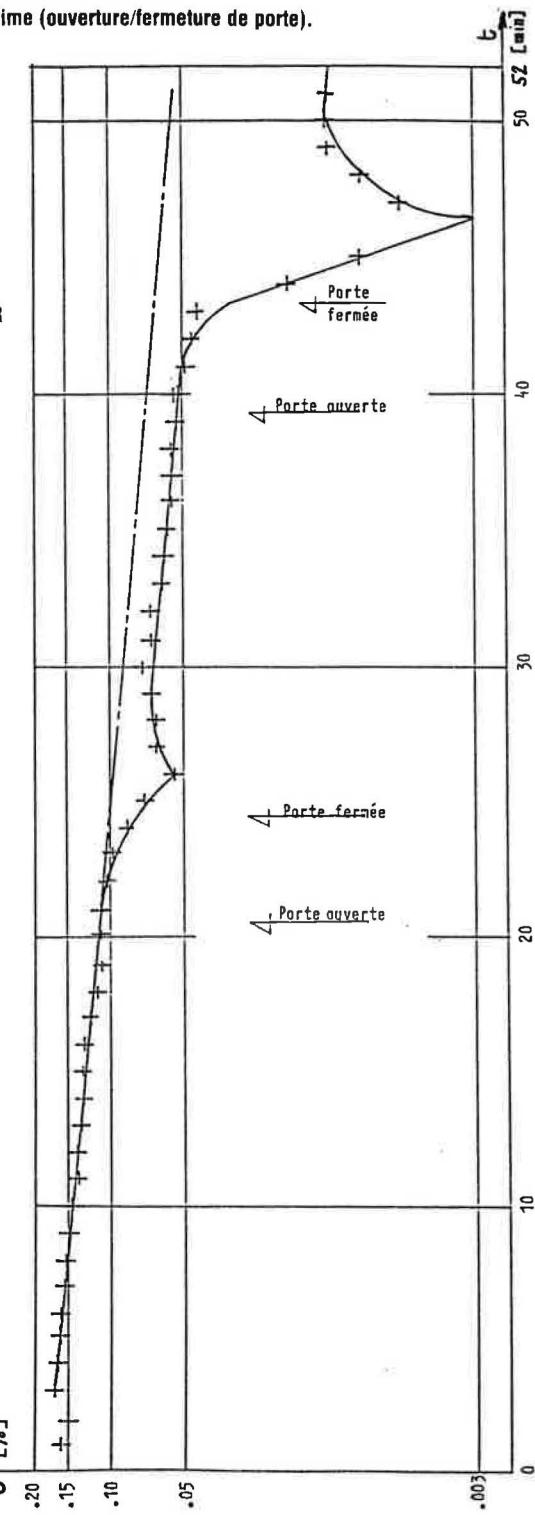


Fig. 2. Influence d'un changement de régime (ouverture/fermeture de porte).



Après mise au point en laboratoire, cette méthode a été utilisée, avec succès, sur site réel. Elle a notamment servi de base à une expertise effectuée dans un atelier de la société Turbo-meca à Bordes, Pyrénées-Atlantiques.

Cette méthode a été adaptée à l'habitat en ventilation naturelle, lors d'une campagne de mesures effectuées dans une quinzaine de maisons individuelles ou appartements différents, durant la saison de chauffe 1984/85. Comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, elle permet de déterminer d'une part un taux global de renouvellement, et d'autre part de mettre en évidence les

débits d'air échangés entre les différents locaux. Elle a été appliquée de nombreuses fois pour le compte de sociétés d'HLM, dans la région Aquitaine ou la région Provence-Alpes-Côte d'Azur en particulier.

Le cas des logements équipés de systèmes de ventilation mécanique contrôlée est un peu différent. Les mesures de concentration en gaz traceur obtenues dans certaines pièces (cuisines, WC, salles de bains), présentant des hétérogénéités importantes, ont montré l'existence de mouvements d'air privilégiés et de zones non balayées. Ce fait nous a conduits à nous

intéresser au problème de l'efficacité de la ventilation, lié à celui de la diffusion de polluants dans un local.

Une méthode, dite « mixte », semble cependant tout à fait envisageable pour caractériser et évaluer les échanges aérauliques dans ce type de logement :

- mesure des débits extraits par les bouches de ventilation mécanique contrôlée, dans les pièces de service ;
- détermination du taux, et donc du débit, de renouvellement d'air par application de la méthode de décroissance de concentration d'hélium, au niveau des pièces principales.

Fig. 3. Organisation du module de calcul.

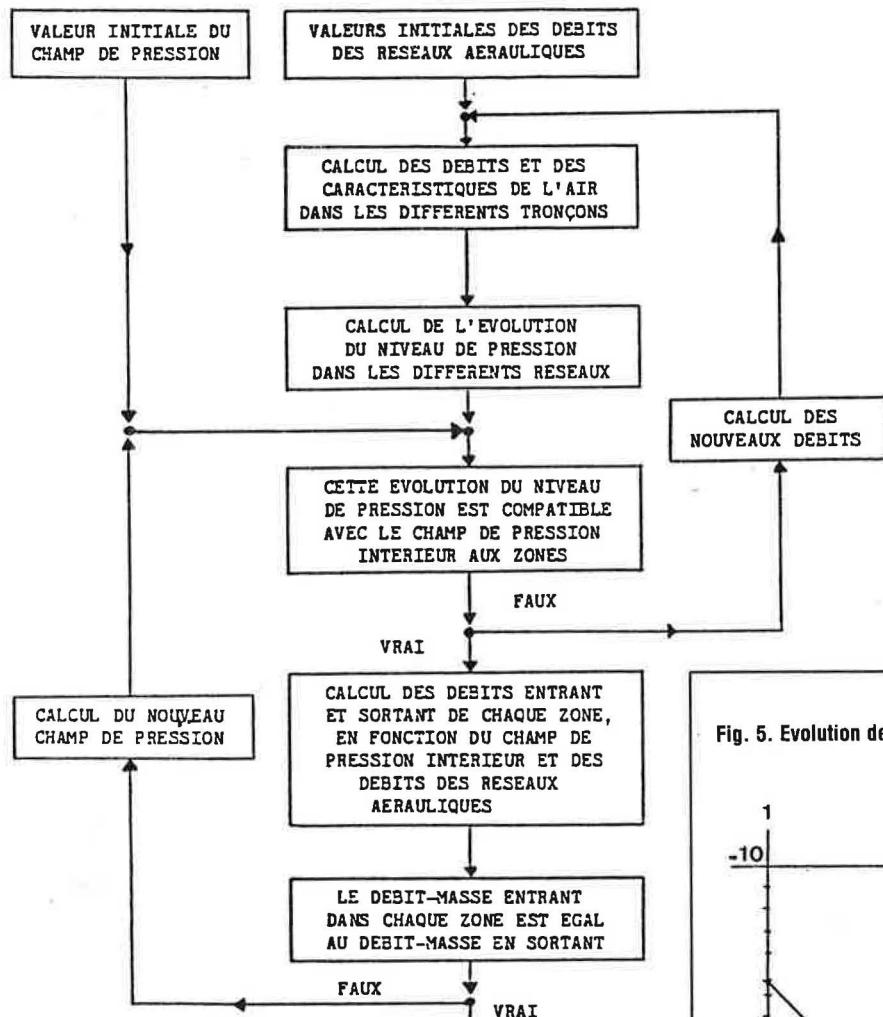


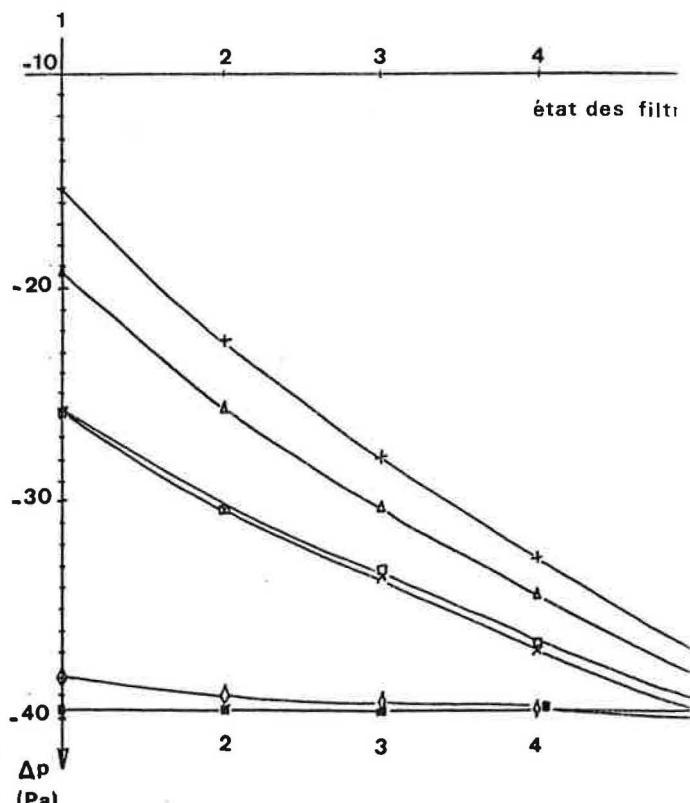
Fig. 4. Page-écran de définition du local.

LOCAUX	
DONNEES GENERALES PAR LOCAL	
LOCAL No :	
NOM:	LIBELLE:
VOLUME:	[m³] HAUTEUR/niveau du sol extérieur [m]
TEMPERATURES INTERIEURES: sèches	[°C] humides [°C]
HUMIDITES INTERIEURES: relative	[%] spécifique [g/kg]
SI LOCAL NON CHAUFFE: coefficient TAU (D.T.U.):	
NOMBRE DE PARDOS: extérieures donnant sur un autre local:	
F1 ---> VALIDATION F3 ---> RETOUR MENU F5 ---> EFFACEMENT DE LA ZONE	
F6 ---> EFFACEMENT DE L'ENREGISTREMENT F9 ---> FIN DE TRAVAIL	

## La simulation informatique

Parallèlement à cette méthode expérimentale, nous avons mis au point un programme informatique de simulation : CoSVENT (Code de Simulation de la VENTilation et des infiltrations d'air). Développé sur micro-ordinateur IBM-PC et compatibles, CoSVENT est un modèle de simulation « multizones », c'est-à-dire que chaque pièce ou zone du bâtiment est considérée être à une pression différente de ses voisines. De ce fait, il permet de calculer, en fonction des conditions atmosphériques externes (vitesse et direction du vent, température, humidité...) et intérieures (températures et humidités dans chaque zone), les valeurs des débits échangés non seulement par le bâtiment avec l'extérieur, mais également par les différentes zones internes à la construction entre elles. Il permet, de plus, une simulation complète des

Fig. 5. Evolution des pressions en fonction de l'enrassement des filtres.



Niveaux de pression dans les locaux

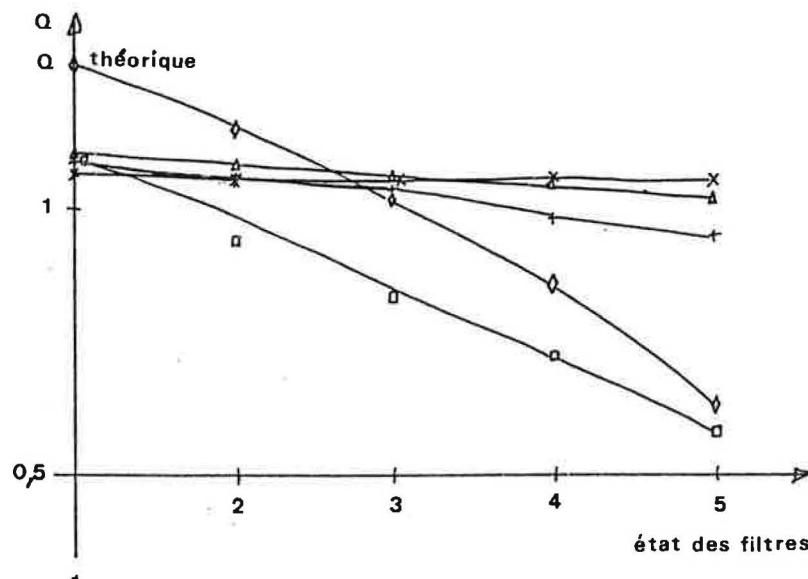
Etat des filtres	Salle d'opération	Anesthésie	Zone aseptique	Arsenal stérile	Laverie	Hall de sortie	Local technique	Sous-sol
1	- 15,2	- 19,1	- 25,8	- 25,8	- 38,1	- 39,7	- 75,3	- 1,3
2	- 22,6	- 25,6	- 30,5	- 30,5	- 39,1	- 39,7	- 76,1	- 1,3
3	- 27,8	- 30,2	- 33,8	- 33,9	- 39,5	- 39,7	- 76,6	- 1,3
4	- 32,8	- 34,6	- 36,9	- 37,1	- 39,7	- 39,7	- 77,1	- 1,3
5	- 37,2	- 38,5	- 39,4	- 39,8	- 40,2	- 39,7	- 77,6	- 1,3

(+)                  (Δ)                  (□)                  (×)                  (◊)                  (■)

réseaux aérauliques (ventilation et conditionnement d'air), ainsi que des différents éléments les composant : bouches d'extraction ou de soufflage, ventilateurs, filtres, batteries chaudes ou froides, humidificateurs, etc.

Une description modulaire de tous les éléments du bâti (fenêtres, portes, parois opaques...) et des éléments des réseaux aérauliques permet d'accéder, si on le souhaite, à des informations partielles (débits ou pressions) très fines. Une dissociation des problèmes (infiltrations ou réseaux) et une résolution en pressions pour chaque zone et en débits pour chaque réseau permettent un temps de simulation très faible. La figure 3 permet de visualiser la conception du programme. Afin de rendre son utilisation plus facile, nous lui avons adjoint un module de saisie par pages-écrans (fig. 4), permettant soit de se diriger dans le programme,

**Fig. 6.** Evolution des débits en fonction de l'encrassement des filtres.

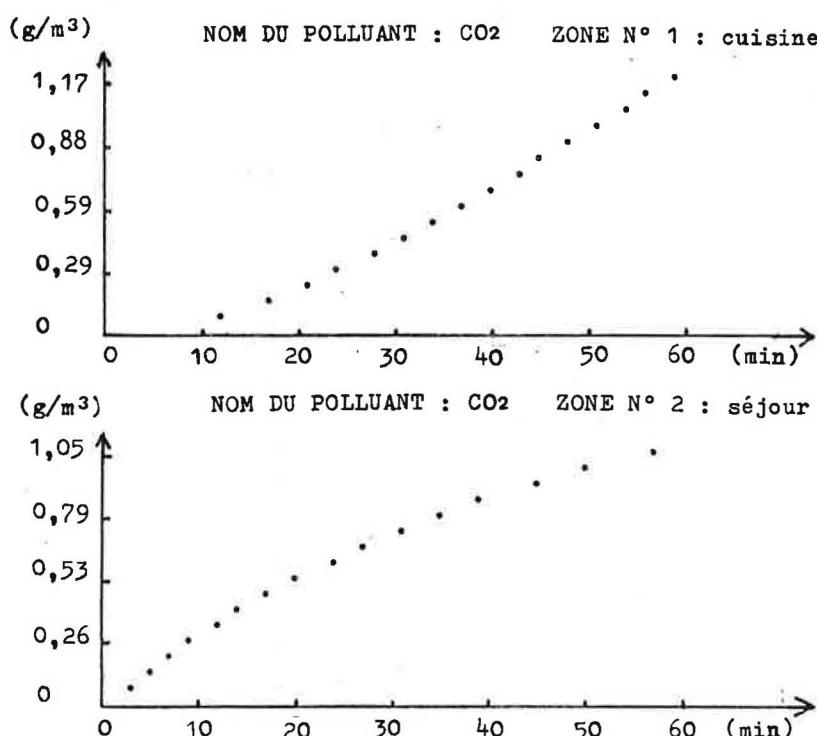


### **Valeurs des débits soufflés et extraits**

Les valeurs entre parenthèses indiquent le rapport  $\frac{Q}{Q \text{ thématique}}$  pour chaque cas.

Etat des filtres	Réseau « salle d'opération »				Réseaux « annexes »			
	Soufflage (m <sup>3</sup> /h)	Extraction (m <sup>3</sup> /h)	Air neuf (m <sup>3</sup> /h)		Soufflage (m <sup>3</sup> /h)	Extraction (m <sup>3</sup> /h)		
1	4 896 (1,03)	4 306 (1,10)	590 (1,03)		1 305 (1,28)	1 090 (1,07)		
2	4 767 (1,06)	4 260 (1,09)	507 (0,94)		1 171 (1,15)	1 084 (1,06)		
3	4 606 (1,03)	4 154 (1,06)	452 (0,84)		1 041 (1,02)	1 079 (1,06)		
4	4 444 (0,99)	4 061 (1,04)	383 (0,71)		882 (0,86)	1 075 (1,05)		
5	4 275 (0,95)	3 961 (1,01)	314 (0,58)		620 (0,61)	1 071 (1,05)		
	(+)	(Δ)	(□)		(◊)	(×)		

**Fig. 7.** Evolution de la concentration de CO<sub>2</sub>. Production constante dans le séjour.



soit d'enregistrer ou de revisualiser les données nécessaires au calcul.

Le code de simulation a, en particulier, servi d'outil lors d'une étude de la hiérarchisation des pressions dans les hôpitaux. C'est ainsi qu'ont été étudiées, par exemple, l'évolution des pressions (fig. 5) et celle des débits extraits ou soufflés (fig. 6) en fonction de l'état d'enrassement des filtres (état 1 : filtre neuf, ..., état 5 : filtre très encrassé).

Un module de pollution interne permet de prévoir l'évolution de la concentration d'un polluant quelconque, en fonction du temps, dans chacune des zones, en fonction des taux d'adsorption (ou d'absorption) et de production de ce polluant, ainsi que des échanges aérauliques.

La figure 7 montre l'évolution de concentration de gaz carbonique dans la cuisine (zone 1) et dans la salle de séjour (zone 2), à partir d'une production constante de 1 200 ml/min (4 personnes) dans le séjour, le pavillon étant équipé de ventilation mécanique contrôlée.

## La qualité de l'air dans les locaux

Indissociables du problème de la ventilation, comme nous l'avons déjà signalé dans notre présentation, les problèmes de qualité de l'air et de pollution interne se posent de manière importante.

Après une identification des principaux polluants, de leurs sources, leurs effets possibles sur la santé, le centre du Costic de Saint-Rémy-lès-Chevrenue, Yvelines, a effectué une étude approfondie de deux polluants particuliers : le radon et le formaldéhyde.

Ce type d'études est actuellement poursuivi par une équipe du centre de Morlaas. Elles ont trait, plus particulièrement, à l'analyse du phénomène de diffusion de polluants dans un local, ainsi que celui de l'absorption ou adsorption de polluants par les matériaux (papiers peints, moquettes...). Pour cette dernière étude, il a été construit une cellule en verre, de 1 m de côté, destinée à contenir les échantillons à tester, et munie de systèmes d'injection et de prélèvement. Les analyses des mélanges gazeux s'effectuent à l'aide d'un chromatographe.

La présence d'odeurs dans l'habitat est la première sensation qui ressent un individu. Cette pollution, provenant en général de sources internes (activité physique de l'homme, fumée de tabac...), est une source d'inconfort, de gêne et peut nuire à la bonne santé de l'individu. L'olfactométrie permet d'évaluer leurs nuisances par la mesure de l'odeur, aussi bien qualitativement que quantitativement. A cet effet, un banc d'essai, comprenant l'appareillage, la méthode de présentation des échantillons et l'exploitation des résultats, a été développé.

## Perspectives

A terme, la synthèse de ces travaux doit nous permettre de disposer d'un outil très complet de simulation et d'optimisation de la distribution d'air, en fonction de critères de qualité de l'air.

La méthode expérimentale, outre les renseignements directs qu'elle peut donner sur la ventilation d'un bâtiment, peut être utilisée pour la validation des modèles de simulation. Une première expérience de ce genre a été effectuée par le COSTIC, au courant du mois d'août 1987, dans les pavillons expérimentaux de la DETN (Gaz de France, la Plaine St-Denis, Seine-St-Denis). Elle a donné de très bons résultats, qui seront publiés ultérieurement.

## Gestion de l'air

S. BECIRSPAHC, Cetiat Orsay

*La gestion de l'air dans les locaux d'habitation ou à usage tertiaire ou industriel constitue l'un des points clefs de la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment. De nombreux organismes et laboratoires de recherche sont impliqués dans les divers aspects de ce domaine qui est très vaste et interdisciplinaire.*

*Cinq laboratoires français ont créé en 1986 un groupe de travail afin de coordonner leur activité dans ce domaine. Il s'agit du Cete de Lyon, du Costic, du CSTB, du LNE et du Cetiat.*

*Au cours d'une réunion organisée par l'AFME en juin 1987 à Valbonne, différents exposés techniques ont permis de dresser l'état des connaissances sur les principaux thèmes et d'établir un programme de travail cohérent et coordonné.*

### BESOIN EN AIR NEUF

Il s'agit d'identifier et de caractériser les polluants : où et comment sont-ils produits, comment diffusent-ils, quelles sont les concentrations acceptables vis-à-vis de trois préoccupations majeures :

- hygiène
- sécurité des personnes
- conservation du bâti (en particulier en évitant les condensations).

Ce travail est pour sa plus grande part bibliographique, afin de dresser l'état des connaissances au niveau international. Des travaux expérimentaux sont prévus pour préciser certains points, en cas de nécessité.

### SYSTÈME DE VENTILATION

La conception de systèmes de ventilation de bonne qualité doit s'appuyer sur des méthodes de calcul fiables. Il est souhaitable, à terme, de normaliser ces méthodes, afin de faciliter la comparaison de systèmes différents.

En outre, il est nécessaire de disposer des caractéristiques techniques des composants de base : ventilateurs, conduits, coudes et accessoires divers.

Là encore, il est préférable de normaliser les méthodes d'essais pour éviter le foisonnement incontrôlable des caractéristiques annoncées : rendement, caractéristique débit-pression pour les ventilateurs, perte d'énergie mécanique et étanchéité pour les accessoires.

Enfin, de tels systèmes ne peuvent être conçus sans prendre en compte les critères de confort et le comportement des habitants.

### MODÈLES DE SIMULATION

Différents modèles existent actuellement et sont difficilement comparables.

A ce niveau il faut distinguer deux choses :

- les données et les hypothèses de base tous les modèles entrent en données les caractéristiques des différents composants et font des hypothèses simplificatrices pour prendre en compte les phénomènes comme le vent, la production d'humidité par les habitants, etc.

#### — la modélisation elle-même

dans l'impossibilité à réaliser un modèle « parfait » et polyvalent, il est nécessaire de les spécialiser : modèles orientés vers le confort, les économies d'énergie, l'hygiène, etc.

Le présent groupe de travail a décidé d'analyser les données et hypothèses de base utilisées par les différents auteurs, afin de choisir les meilleures dans le but d'établir une base solide pour la modélisation.

### MÉTROLOGIE DE RENOUVELLEMENT D'AIR

Diverses méthodes de mesure utilisant la technique des gaz traceurs ont été mises au point. Une campagne d'essais sera réalisée prochainement, afin de les comparer et d'avoir ainsi un outil incontestable pour la validation de certains modèles de calcul.

### ACTION SUR LE TERRAIN

L'ensemble de ces études ne peut se concevoir sans une action concrète sur le terrain. Un certain nombre de systèmes en fonctionnement seront instrumentés, afin de déterminer les performances réellement obtenues. De plus, des essais d'enrassement et de vieillissement accéléré au laboratoire seront effectués sur certains composants tels que les bouches de ventilation hygro ou auto-réglables.

### VALORISATION DES RÉSULTATS

La diffusion la plus large possible des résultats obtenus, la préparation d'un guide d'intervention dans l'habitat existant, l'amélioration des règles de calcul sont les conséquences attendues de ce travail d'équipe, soutenu par l'AFME, EDF, GDF, et le Melatt.

L'ouverture vers la coopération internationale devrait permettre de profiter des résultats obtenus à l'étranger et d'avancer vers une meilleure rationalisation de la recherche.