

# INTERET D'UNE STRATEGIE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION VIS A VIS DES ECONOMIES D'ENERGIE

#6273

**JEAN BRAU**  
professeur  
CETHIL INSA  
LYON FRANCE

**IOLANDA COLDA**  
maître de conférence  
INSTITUT DE LA CONSTRUCTION  
BUCAREST ROUMANIE

**JEAN JACQUES ROUX**  
maître de conférence  
CETHIL INSA  
LYON FRANCE

## 1 - INTRODUCTION

Personne ne doute plus de la nécessité de la ventilation qui assure à la fois des conditions hygrothermiques confortables et apporte le débit nécessaire d'air frais.

Les conditions confortables et saines conduisent à une haute productivité du travail, réduisent les accidents, permettent la décontraction pendant le repos et enfin assurent une composante du bien être humain, sans parler des situations assez répandues pour lesquelles la climatisation représente une condition technologique pour la production industrielle.

Les déperditions énergétiques par renouvellement d'air représentent souvent plus de 30% des besoins de chauffage, ce qui a une incidence sur le coût de fonctionnement des systèmes. De plus, les conséquences sur l'environnement, comme tout consommateur d'énergie, induit une pollution due à sa production.

Ces deux raisons à elles seules imposent une bonne maîtrise de l'énergie.

En utilisant des logiciels qui modélisent les processus thermodynamiques d'échange des bâtiments avec leur environnement, en tenant compte des systèmes, il est possible de faire des études prévisionnelles sur des stratégies de ventilation, particulièrement adaptées aux bâtiments, aux régimes d'utilisation et conditions météorologiques du site.

On peut ainsi définir le fonctionnement des systèmes de telle façon que les conditions de confort soient assurées avec des dépenses énergétiques minimales.

L'objet de cet étude est de mettre en évidence les conséquences des modes de fonctionnement de la ventilation vis-à-vis de deux critères économiques (énergie consommée et puissance des systèmes installés) tout en assurant des conditions de température intérieure acceptables.

## 2 - CADRE GENERAL DE L'ETUDE

Les différentes stratégies ont été étudiées pour un bâtiment de 2 niveaux de bureaux de dimensions moyennes (2700 m<sup>3</sup>, surface d'un niveau: 400 m<sup>2</sup>), utilisé dans des conditions normales d'occupation (50 occupants) et d'éclairage (10w/m<sup>2</sup>). L'axe principale du bâtiment est orientée nord-sud. Les murs extérieurs en béton (15cm) sont isolés avec de la laine de verre (5cm). La terrasse et le plancher bas en béton de 20 cm sont également isolés. La surface vitrée représente 25% de la surface des parois en contact avec l'extérieur.

Les déperditions volumiques (rapport entre les déperditions et le volume pour une différence de température entre l'air extérieur et intérieur de 1 °C) ainsi calculées sont de 0,46 W/m<sup>3</sup>/°C.

Les conditions météorologiques des simulations correspondent à des mois moyens d'hiver, de demi-saison et d'été pour les villes de Lyon (France) et Bucarest (Roumanie). En fin d'étude, des données réelles de météo de Lyon pour les mois janvier et juillet ont été utilisées.

La puissance installée du chauffage a été établie par un calcul réglementaire sur les normes françaises et adaptée aux conditions de calcul nominal pour la Roumanie. La puissance du système de refroidissement a été établie suite à une simulation pour une journée type répétitive dont la température extérieure varie d'après une loi sinusoïdale qui contient la valeur maximale du mois, pour une température constante de l'air intérieur et pour un régime habituel d'occupation. On a obtenu comme charges d'été 6,4 W/m<sup>3</sup> (Lyon) et 11,3 W/m<sup>3</sup> (Bucarest).

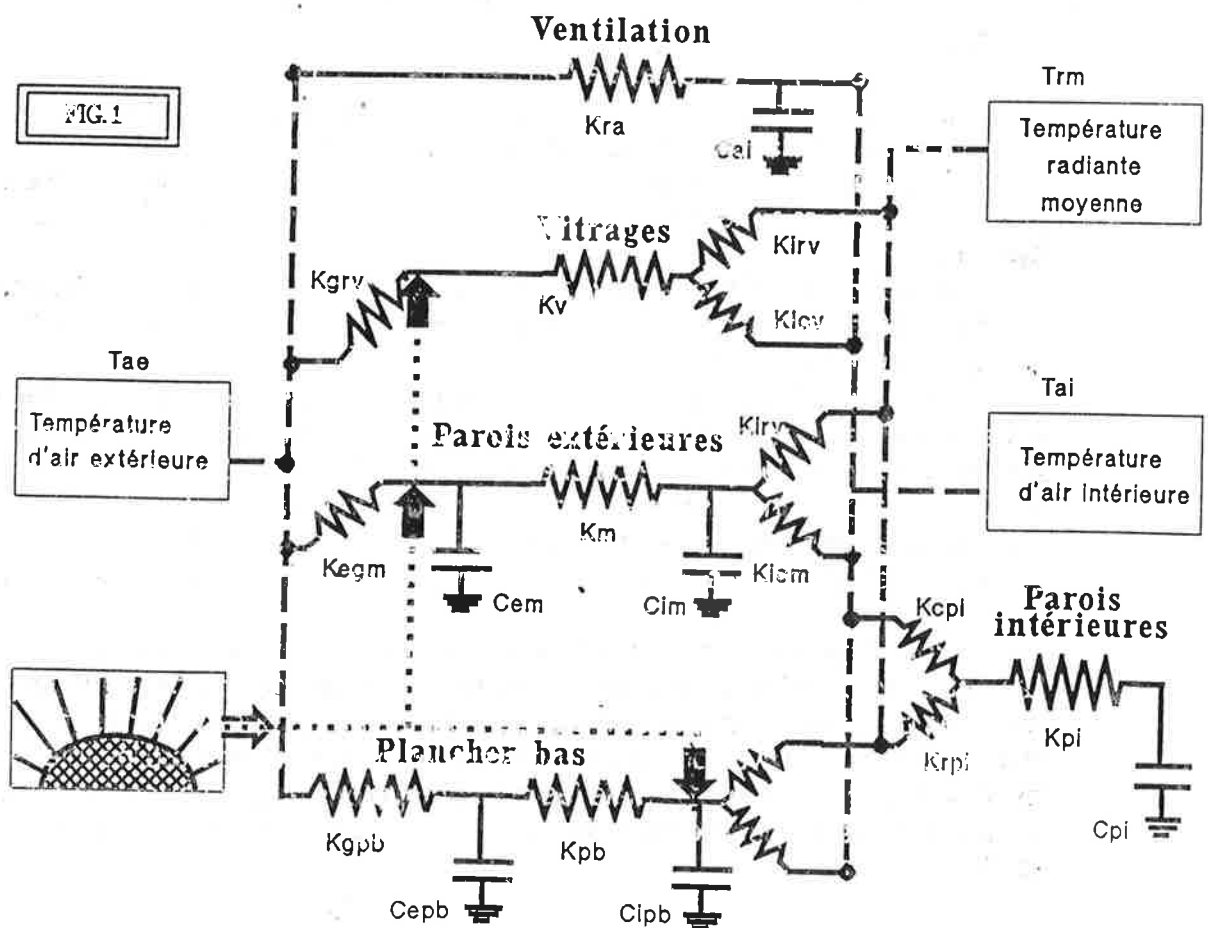
Le taux de renouvellement d'air neuf de 0,5 vol/h correspond à la norme française de 7 l/s par occupant fumeur.

### 3 - LE LOGICIEL CODYBA

La fonction de ce logiciel est de modéliser le comportement thermique d'un bâtiment de façon simplifiée sans toutefois négliger l'aspect dynamique [1,2].

La simplification est due d'un part au fait qu'il s'applique uniquement pour une zone thermique et d'autre part qu'il "regroupe" pour un traitement efficace l'ensemble des parois opaques extérieures ainsi que les parois vitrées.

La méthode de résolution utilisée est la méthode nodale qui est représentée symboliquement sous forme de schéma électrique sur la fig.1.



CODYBA

Les parois opaques, murs extérieurs, planchers et parois intérieurs sont considérés comme capacitifs (capacités en surface) contrairement aux parois vitrées.

Enfin, les échanges convectifs et radiatifs sont dissociés, ce qui permet d'accéder à la température résultante intérieure.

Les conditions climatiques extérieures en température, flux direct et diffus peuvent être soit générées par des journées types, ou bien sont données par l'intermédiaire de fichiers météorologiques annuels réels.

Les charges internes sont définies en fonction du temps et suivant leur mode de dissipation (convective, radiative). Ces charges internes peuvent être définies différemment pour la semaine ou le week-end.

Un grand nombre de paramètres d'étude peuvent si nécessaire varier dans la journée, avec des profils différents de semaine et week end, ce qui permet de définir des stratégies de fonctionnement souvent utilisées dans le secteur tertiaire. Citons en particulier, les températures de consignes et les débits de ventilation. Ce sont ces possibilités qui sont la raison de l'étude présentée ici.

#### 4 - STRATEGIES ETUDIEES

Les stratégies utilisées sont le résultat du couplage de l'utilisation des systèmes de ventilation, chauffage et refroidissement, pendant la semaine et pendant le week end, en situation d'hiver, demi saison et été, pour les deux types de climats choisis.

Généralement on met en évidence trois régimes, classés d'après le fonctionnement de la ventilation: continu, arrêt pendant la nuit avec systèmes (chauffage au refroidissement) et arrêt la nuit sans systèmes.

Les tableaux 1 et 2 montrent en détail les conditions de simulation pour l'hiver et pour l'été.

Pour répondre à l'objet de l'étude, chaque simulation a été analysée du point de vue température de l'air obtenue à l'intérieur, énergie consommée pour une séquence de simulation et puissance maximale nécessaire.

Des simulations ont été faites pour les trois régimes de ventilation (continu, arrêt la nuit avec fonctionnement des systèmes, arrêt la nuit sans fonctionnement des systèmes).

Suivant la qualité des résultats un certain nombre de stratégies concernant les systèmes et la ventilation ont été développées lorsque les températures de consigne pouvaient être obtenues.

Pour l'hiver (tableau 1), le fonctionnement avec la ventilation continue n'a pas été exploité car il ne permet pas d'obtenir une température intérieure correcte sans surpuissance pour le système de chauffage (fig. 2). Par contre, les régimes avec arrêt la nuit, avec ou sans systèmes, présentent de grands intérêts, ce qui explique les différentes études proposées avec des actions spéciales concernant la surpuissance des systèmes de chauffage et l'anticipation pour la remise en route de ces systèmes.

Pour l'été (tableau 2) les stratégies utilisées sont différentes de celles de l'hiver. La ventilation continue se présente comme la meilleure et, en conséquence, plusieurs variantes ont été développées en agissant sur les profils des systèmes (fig.3 - pendant le programme de travail on assure presque les mêmes températures intérieures pour les simulations 5, 11 et 17 mais les consommations énergétiques pour la simulation 5 sont réduites respectivement de 60% et de 28% par rapport aux simulations 11 et 17).

REGIME	NOM SIM	VENTILATION		SYSTEMES		ACTIONS SPECIALES			TEM INT	ENERGIE kwh/sem
		sem	we	sem	we	SP	A	Débit		
CONTINU	1 (2)	100%	0	P1	10 °C	-	-	taux renouv	N (N)	2550 (3880)
ARRET NUIT AVEC SYSTEMES	7 (8)	F	0	P1	10 °C	-	-	taux renouv	N (N)	2270 (3420)
	7SP (8SP)	P	0	P1	10 °C	20 %	2 h	taux renouv	AP (N)	2400 (3540)
	7W (8W)	P	0	P1	P1	-	-	taux renouv	O (AP)	2540 (3700)
	7W2 (8W2)	P	0	P1	10 °C	-	2 h	taux renouv	N (N)	2400 (3530)
	7aW2 (8aW2)	P	0	P1	P1	-	2 h	taux renouv	O (O)	2630 (3820)
ARRET NUIT SANS SYSTEMES	13 (14)	P	0	P3	-15 °C	-	-	taux renouv	N (N)	2260 (3250)
	13W (14W)	P	0	P3	P3	-	-	taux renouv	O (N)	2540 (3700)
	(14W2)	P	0	P3	P3	-	2 h	taux renouv	(O)	(3800)

TABLEAU 1 : Résultats d'HIVER

SP-surpuissance; A-anticipation; AP-à peu près; O-oui; N-non; (..)-Bucarest;  
P - profil ventilation - 7h-17h:100%, 18h-6h:0% ; (fonctionnement en air recirculé)  
P1 et P3 - profils chauffage - P1 = 7h-17h:18 °C, 18h-6h:10 °C; P3 = 7h-17h:18 °C, 18h-6h:-15 °C

En ce qui concerne l'analyse faite pour le demi saison, comme le système de refroidissement n'a pas été utilisé, le fonctionnement est similaire à celui d'hiver mais avec moins de contraintes à cause des conditions extérieures plus douces et par suite ces régimes n'ont pas été développés.

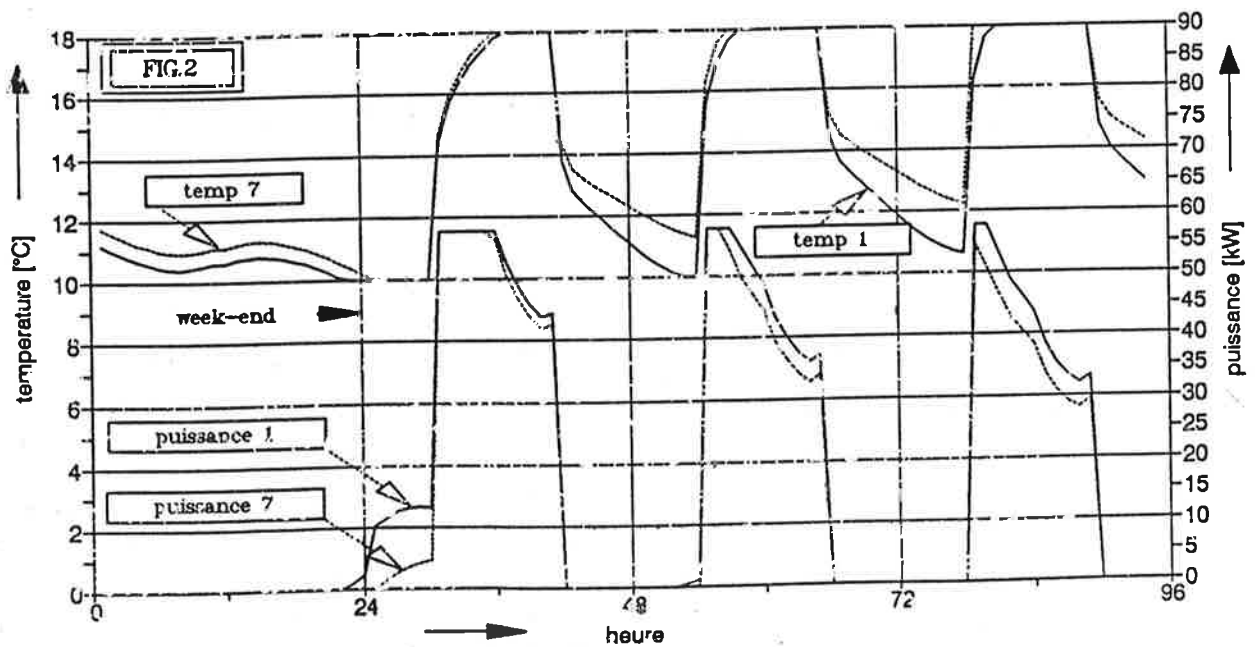
## 5 - RESULTATS

Les facilités d'exploitation du logiciel CODYBA ont permis d'obtenir les résultats de simulation sous différentes formes: tableaux détaillés ou condensés, courbes, histogrammes. Ces résultats sont regroupés sous forme très synthétique dans les tableaux 1 et 2 et font apparaître comme résultats importants d'une part si la température intérieure de consigne est atteinte (O/N/AP) et d'autre part la consommation énergétique sur une semaine (kWh).

Les simulations faites sur des fichiers météo réels (fig.4) montrent que les puissances appelées maximales varient suivant la semaine: ceci explique pourquoi ces résultats n'ont pas été exploités plus précisément. Cependant on peut dire que ce type de simulation montre une bonne concordance entre les consommations calculées à partir d'un fichier climatique réel, et celles obtenues pour un mois considéré comme moyen.

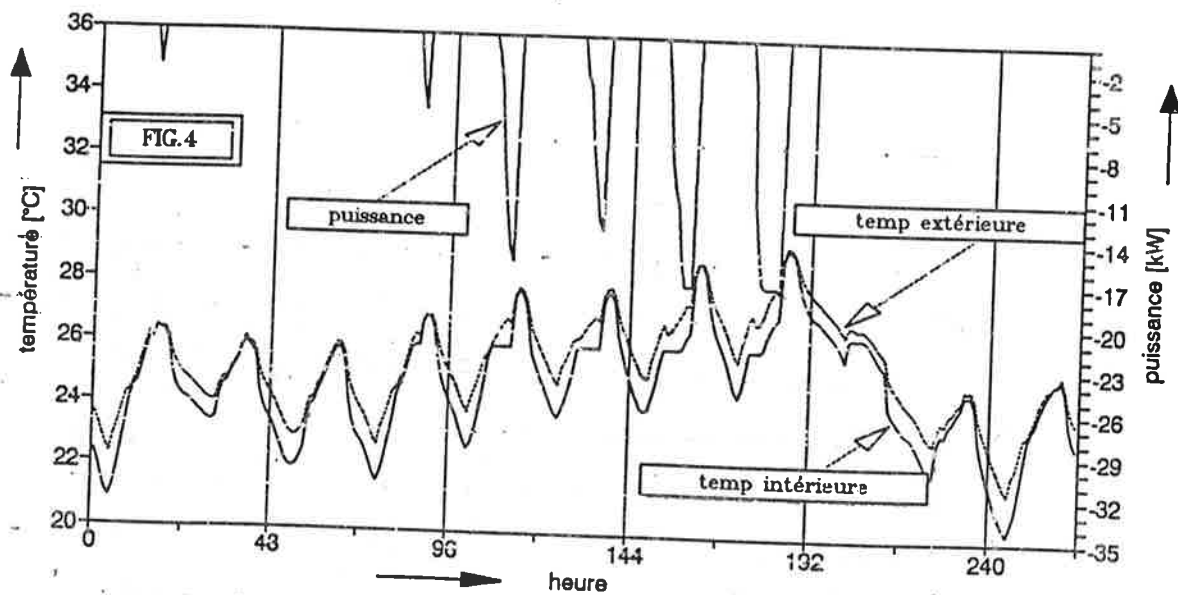
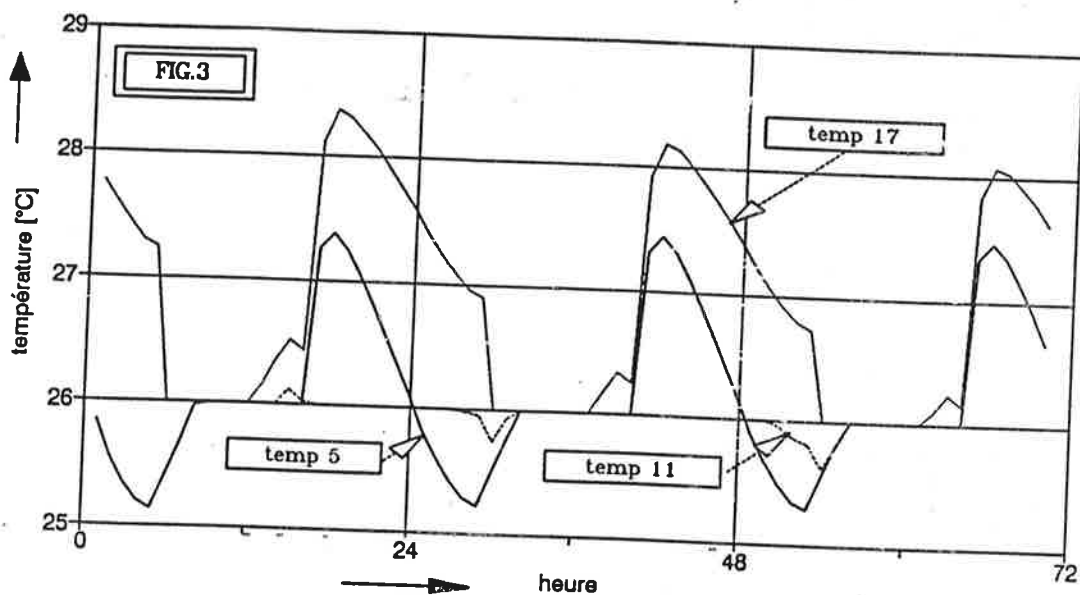
REGIME	NOM SIM	VENTILATION		SYSTEMES		ACTIONS SPECIALES			T I	ENERGIE kwh/sem
		sem	we	sem	we	SP	A	Déb		
CONTINU	5 (6)	100%	0	P2	0	-	-	taux ren	AP (N)	530 (1720)
	5c (6c)	100%	100%	P2	0	-	-	taux ren	O (N)	430 (1700)
	5cc (6cc)	100%	100%	P2	0	-	-	taux bras	O (N)	20 (1540)
CONTINU ASSERVI	(6AS)	P	P	P2	0	-	-	bras	(AP)	(1420)
	(6ASP)	P	P	P2	0	10%	-	bras	(O)	(1430)
	(6ASW)	P	F	P2	P2	-	-	bras	(O)	(1670)
	(6W)	100%	0	P2	P2	-	-	taux ren	(AP)	(2030)
ARRET NUIT AVEC SYSTEMES	11 (12)	P	0	100%	0	-	-	taux ren	O (AP)	850 (2210)
ARRET NUIT SANS SYSTEMES	17 (18)	P	0	P2	0	-	-	taux ren	AP (N)	680 (1660)

TABLEAU 2 : Résultats d'été  
P - 6h-16h:100%, 17h-5h:0; P2 - 6h-16h:26°C, 17h-5h:40°C



Pour les deux climats considérés on retrouve presque toujours les mêmes influences sur l'évolution de l'air intérieur et sur l'énergie dépensée; des différences plus importantes s'enregistrent pendant l'été.

Enfin, les meilleures stratégies pour les conditions de cet étude ont été retenues et sont décrites cas par cas, dans les paragraphes suivants.

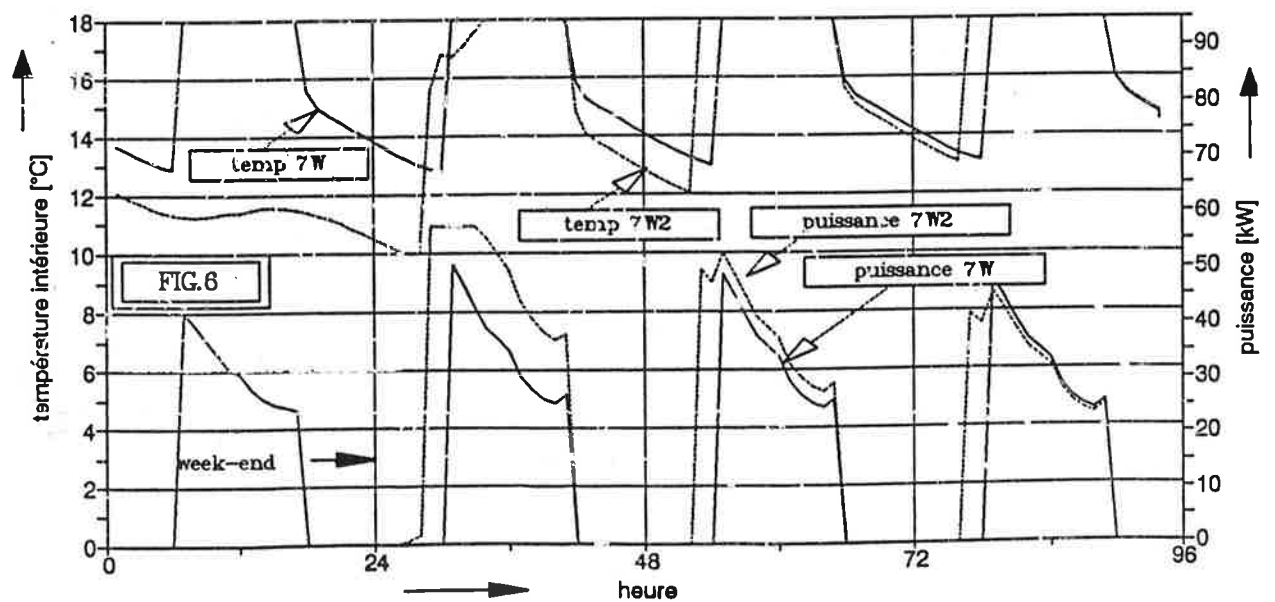
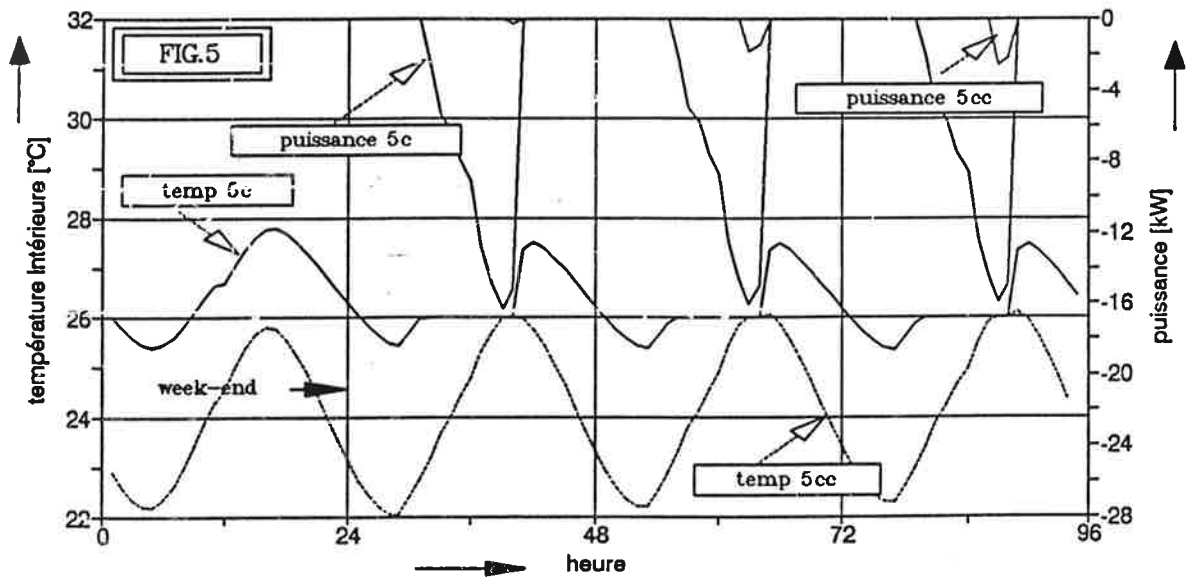


### 5.1. Stratégies d'hiver.

L'ensemble des résultats fait apparaître très peu de solutions permettant d'obtenir une température intérieure acceptable.

- pour Lyon: la ventilation arrêtée pendant la nuit, avec chauffage diminué (fig.5-cas 7w) ou sans chauffage (cas 13w) pendant la nuit mais avec le même profil semaine ou week end. Le même résultat de ces deux simulations est expliquable par le fait que, si on arrête le chauffage, la température de l'air intérieur ne descend pas au-dessous de 10°C. Une approche économique plus correcte devrait tenir compte aussi de l'énergie nécessaire pour pulser l'air (le fluide caloporteur) recyclé pour un régime sans arrêt du chauffage pendant la nuit.

- pour Bucarest, qui a un climat plus froid, les solutions sont les mêmes mais avec une anticipation de mise en route du chauffage. Ceci correspond aux cas (8aw2) et (14w2).



## 5.2. Stratégies d'été.

Contrairement à l'hiver, un grand nombre de solutions sont acceptables en particulier pour le climat de Lyon.

- pour Lyon, la meilleure solution est l'utilisation d'un débit d'air neuf constant pour toute la semaine (week end inclus) égal au débit de brassage (cas5cc). L'énergie utilisée est dans ce cas très faible. La fig.6 montre la variation de la température intérieure dans ce cas, par comparaison à l'utilisation d'un débit constant d'air neuf, égal au débit de renouvellement (cas5c).

Une simulation avec ventilation asservie (c.a.d. l'utilisation du débit minimal d'air frais si la température extérieure est supérieure à la température intérieure et l'augmentation de ce débit à la valeur du taux de brassage, considéré de 2 vol/h en cas contraire), n'a pas été faite, en effet, pour le mois moyen, la température extérieure est toujours inférieure à 26°C. Une telle simulation pour le mois réel (fig.4) montre le même résultat que la solution avec le débit constant et égal au débit de brassage.

- pour Bucarest, la solution optimale est d'asservir la ventilation sur la température extérieure et d'utiliser aussi une surpuissance de 10% (cas 6ASP).

Une anticipation du fonctionnement de la climatisation n'est pas intéressante parce que les températures maximales à l'intérieur se réalisent vers le début de l'après midi.

## 6 - CONCLUSIONS

Le but principal de l'étude était de montrer comment la ventilation peut intervenir sur la thermique d'hiver et d'été des bâtiments et comment des stratégies adaptées permettent d'obtenir des économies d'énergie.

Les résultats obtenus ne peuvent pas être extrapolés pour d'autres sites et d'autres types de bâtiments mais ils offrent des renseignements intéressants dont l'esprit peut être repris pour d'autres études. L'utilisation d'un logiciel de simulation ne permet que de faire une analyse prévisionnelle: que faire, comment le faire et à quel moment le faire?

Il reste maintenant à définir le système intelligent qui aura à assurer la ventilation avec les différentes stratégies et contraintes évoquées dans la publication: ceci fait partie du domaine beaucoup plus vaste de l'immatique.

## BIBLIOGRAPHIE

### 1. ROUX J.J.

Proposition de modèles simplifiés par l'étude du comportement thermique des bâtiments. Thèse Docteur-Ingénieur, INSA de Lyon, 1984

### 2. BRAU J. et alii

Micro-informatique et comportement thermique des bâtiments en régime dynamique: CODYBA. Génie climatique N° 11, 1987.

### 3. DTU Règles Th-G

Règles de calcul du coefficient GV des bâtiments d'habitation et du coefficient G1 des bâtiments autres que d'habitation.

### 4. NICULESCU N. et alii

Installations de ventilation et de climatisation. EDP, Bucarest 1982.