

# GUIDE PRATIQUE SUR LA MODULATION DES DÉBITS DE VENTILATION



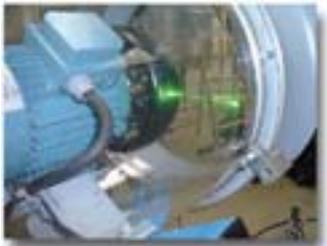
**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

## OPTIMISEZ LA VENTILATION !

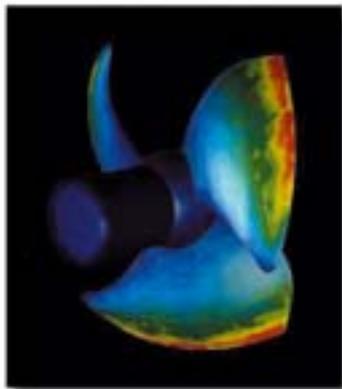
### Le CETIAT met à votre service :



- ✓ des moyens d'essai
- ✓ des études d'aide à la conception
- ✓ des formations
- ✓ la métrologie, l'expertise et le contrôle

### dans nos domaines d'excellence :

- ✓ Gestion de l'Air (mécanique des fluides, filtration et traitement de l'air, régulation...),
- ✓ Qualité des Ambiances (confort acoustique et thermique, Qualité d'Air Intérieur).



Visitez  
notre site internet  
[www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr)



CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES AÉRAULIQUES ET THERMIQUES

# SOMMAIRE

LA MODULATION DE DÉBIT .....	4
LES PRINCIPALES APPLICATIONS .....	5
LES GAINS ÉNERGÉTIQUES .....	6
LA CONCEPTION .....	7
LE PRINCIPE DES SYSTÈMES DE MODULATION .....	10
LA MISE EN ŒUVRE .....	11
ENTRETIEN - MAINTENANCE .....	13
BIBLIOGRAPHIE .....	14

## REMERCIEMENTS

Ce guide a été rédigé avec la collaboration de :

Marie-Claude LEMAIRE (ADEME),  
Philippe NOSJEAN (VIM),  
Marc JARDINIER (AERECO),  
Xavier PELLETER (ALDES),  
Roger CONCHE (FRANCE AIR),  
Anne-Marie BERNARD (CETIAT).

Les photos d'illustrations ont été fournies par VIM, ALDES et FRANCE AIR.

Nous remercions particulièrement pour leur participation financière l'ADEME, la Commission Technique Ventilation du CETIAT, VIM et ALDES.

# LA MODULATION DE DÉBIT, C'EST...

- **Adapter** le débit de ventilation à *l'occupation réelle* des locaux ;
- Maintenir une bonne **Qualité d'Air Intérieur** afin d'assurer le confort et l'hygiène des occupants ;
- **Maîtriser les dépenses énergétiques** dues au renouvellement d'air dans les locaux.

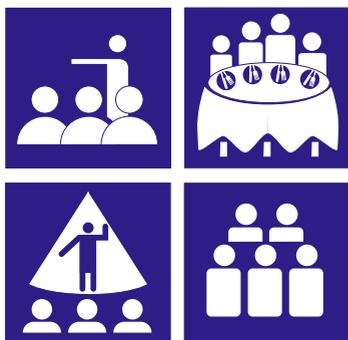
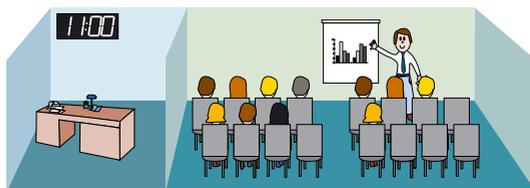
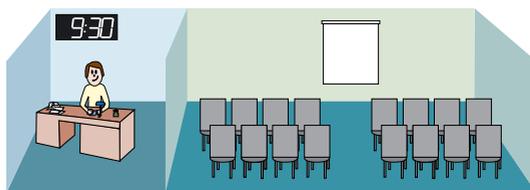
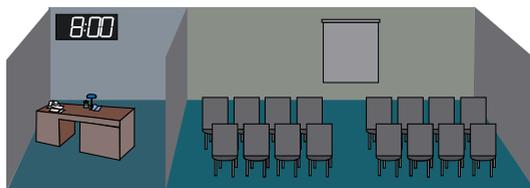


# LES PRINCIPALES APPLICATIONS

■ *Les locaux présentant des variations sensibles d'occupation soit...*

- en nombre d'occupants,
- en occupation horaire.

■ *... et de fortes charges thermiques liées aux débits de ventilation.*



■ *Exemples :*

- salles des fêtes, salles polyvalentes,
- salles de réunions, salles de conférences,
- salles d'attente,
- salles de restaurant,
- bibliothèques,
- bureaux,
- etc...

# LES GAINS ÉNERGÉTIQUES

## ■ Les gains énergétiques sont dûs :

- à la réduction des débits moyens de renouvellement d'air (part importante des déperditions d'un bâtiment) sur les périodes de chauffage et éventuellement de climatisation ;
- à la réduction de la consommation électrique des ventilateurs.

## ■ Les gains sont d'autant plus importants lorsque :

- l'occupation varie ;
- le débit total que l'on peut moduler (donc les déperditions) est important.

**N.B.** : en tertiaire, les débits de ventilation doivent être coupés en période d'inoccupation (horloge...). Les gains ne doivent donc être calculés que sur la plage horaire d'occupation.

## Exemple de gains



- Petit bâtiment tertiaire constitué de bureaux, d'une petite salle de réunion (10 personnes) et d'une salle de conférence (30 personnes) :
  - débit total 2300 m<sup>3</sup>/h,
  - 10h/jour
- Taux d'occupation constatés (extrait étude CETIAT [1])
  - ils sont très faibles malgré l'utilisation régulière des salles car les réunions se font sur des durées de 2 à 6 heures au plus et rarement à l'occupation maximum ;
  - 15 % dans la petite salle ;
  - < 5 % dans la salle de conférence.
- Gains :
  - la modulation des salles a induit un gain de 70 % sur le renouvellement d'air pendant la saison de chauffe, ce qui permet de rentabiliser le système en 2 ans (\*) ;
  - la modulation des salles de réunion et des bureaux aurait permis de passer ce gain à 82 % et le système aurait été rentabilisé en 3 ans (\*).

\* Chauffage électrique à 0,45 F HT/kWh

# LA CONCEPTION

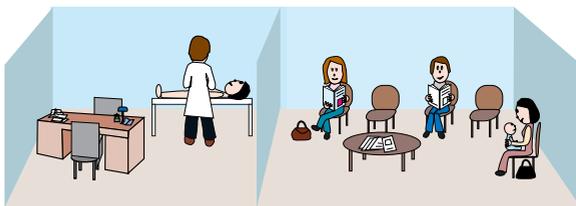
## Comment définir une zone ?

- Une zone = un ou plusieurs locaux où l'occupation est similaire.
- Entre deux zones différentes, l'occupation doit varier sensiblement.

Exemples :

- un bureau par rapport aux autres,
- la salle de réunion par rapport aux bureaux,
- la salle d'attente par rapport au cabinet de consultation,
- la cuisine par rapport au restaurant,
- une chambre d'hôtel par rapport à chacune des autres,
- etc...

- Une zone peut être tout le bâtiment (salle des fêtes...).



## Quel asservissement ?

- Le capteur doit donner une bonne représentation de l'occupation ou de l'usage.

Exemples :

- le CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) ou capteurs optiques détectant la présence ou l'activité des occupants d'une salle ;
- l'hygrométrie dans les pièces humides, vestiaires, chambres d'hôtels... ;
- l'hygrométrie, la température ou l'opacité pour la ventilation des cuisines professionnelles (usages des appareils de cuisson) ;
- le CO pour la ventilation des parkings ;
- des capteurs pour applications spécifiques ;
- etc...



Sonde de CO<sub>2</sub>

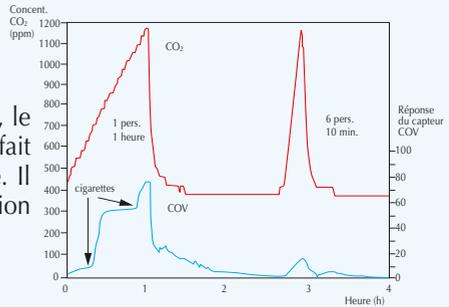


Bouche avec capteur de présence

# Les réactions des capteurs... quelques exemples

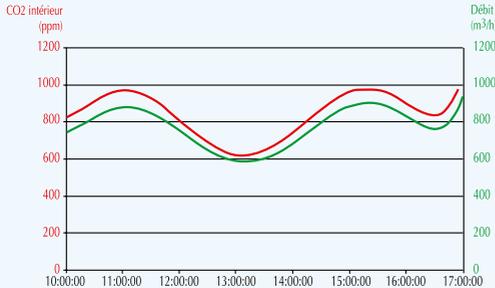
## Capteurs de COV

Alors que le CO<sub>2</sub> varie progressivement, le capteur de COV réagit rapidement au fait que les fumeurs allument une cigarette. Il est par contre peu sensible à l'occupation (extrait étude COSTIC [3]).



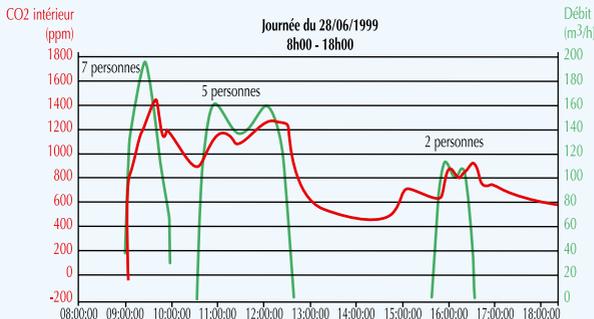
## Capteurs de CO<sub>2</sub>

Sur ce relevé effectué lors d'une réunion de 26 personnes, le débit (en vert) suit l'évolution du CO<sub>2</sub> intérieur (en rouge) (extrait étude CETIAT [1]).



## Capteurs d'activité

Ce relevé effectué sur une journée montre l'évolution du CO<sub>2</sub> intérieur et du débit au fur à mesure du temps et de l'occupation d'une petite salle de réunion (extrait étude CETIAT [1]).



# Une bonne modulation = un capteur approprié

Application	Tout ou rien		Asservissement					
	Détection de présence	Optique	CO <sub>2</sub>	Humidité	Température	CO	Autres	
<b>Bureaux</b>								
Individuels	😊	😊	😊	NA	NA	NA		
Paysagés	😊	😊	😊	NA	NA	NA		
<b>Salles de réunions</b>								
Petites	😊	😊	😊	NA	NA	NA		
Grandes, amphithéâtres...	NA	😊	😊	NA	NA	NA	comptage	
<b>Restaurants</b>								
Salle (grande)	NA	😊	😊	NA	NA	NA		
Cuisine	😊	NA	NA	😊	😊	NA	opacité	
<b>Lieux publics</b>								
Zone Fumeurs	NA	Selon application (voir ci-dessus)					multigaz*	
<b>Hôtel / Habitat</b>								
Sanitaires	😊	NA	NA	😊		NA		
Chambres	😊	😊	😊	😊	NA	NA		
<b>Parkings, garages</b>	NA	NA	NA	NA	NA	😊	multigaz	

(\*) : différenciation du débit fumeur / non fumeur : un capteur multigaz peut être employé en addition des autres systèmes afin de bien rendre compte de l'occupation réelle.



Particulièrement recommandé



Satisfaisant



NA Non Adapté

# LE PRINCIPE DES SYSTÈMES DE MODULATION

## Asservissement au CO<sub>2</sub>

- Les occupants d'un local dégagent en moyenne 16,2 l/h de CO<sub>2</sub>, selon leur activité ;
- Un capteur de CO<sub>2</sub> relève la concentration au lieu où il est placé. Judicieusement positionné, il représentera bien la concentration moyenne du local et donc, l'occupation.
- Ce capteur envoie ensuite un signal d'action soit sur un registre terminal motorisé, soit sur la variation de fréquence d'un ventilateur selon sa configuration :
  - concentration inférieure à une valeur seuil : débit minimum ou nul,
  - concentration supérieure : augmentation du débit jusqu'au maximum prévu.
- Les valeurs seuils sont généralement proches des concentrations extérieures (350-500 ppm selon les lieux).



*Ensemble pour asservissement au CO<sub>2</sub> de plusieurs locaux*

## Optique

- Plusieurs systèmes existent :
  - détection de présence (tout ou rien) ;
  - détection d'activité (selon le nombre de mouvements dans la zone recouverte).
- La détection est optique. Elle a pour but de relever la présence physique des occupants et/ou leur nombre.
- Les zones couvertes par la détection doivent être représentatives, ce qui nécessite un positionnement correct du capteur.
- Selon la détection, le système peut agir sur la bouche ou le ventilateur et faire varier le débit.



*Détection d'activité*

## Autres capteurs

- COV (Composés Organiques Volatils), CO (monoxyde de carbone...), etc...

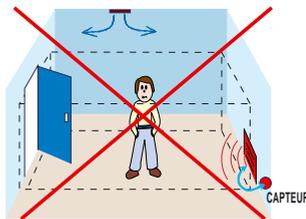
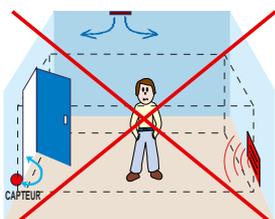
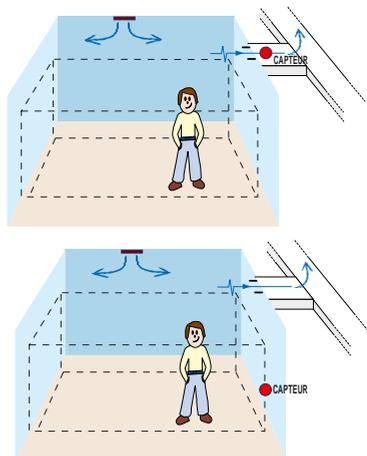


# LA MISE EN ŒUVRE

- Au minimum, il faut un capteur par zone.
- Attention, si les zones sont modulables, (ex : cloisons amovibles...), plusieurs capteurs sont nécessaires.
- Selon la technologie, les précautions de mise en œuvre peuvent varier.

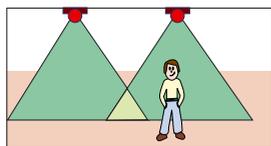
## CO<sub>2</sub> CO<sub>2</sub>

- Positionner le capteur dans un lieu représentatif de la dilution moyenne (dans la zone d'occupation (1,5 m à 1,8 m du sol) ou dans le réseau d'air, proche de l'extraction en diffusion à mélange uniquement) ;
- Éviter les zones de courant d'air (proximité des ouvrants, du soufflage d'air...) et les zones mortes (attention au balayage de l'air dans le local) ;
- Éviter la proximité des occupants et des sources de chaleur.

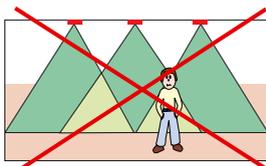


## Optique

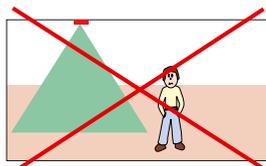
- Prendre soin à la couverture de la zone d'occupation ;
- Éviter les zones mortes (hors détection), risque de non-ventilation ;
- Éviter les recouvrements.



Détection : 1 personne



Détection : 2 personnes



Détection : nulle

## Deux techniques : agir sur le terminal ou sur le ventilateur

### ■ **Action terminale : action sur la bouche ou un registre**

- le signal du capteur va piloter une action sur le terminal ou un registre desservant la zone pour adapter son débit.
- Une régulation de pression dans le conduit est recommandée pour limiter les fluctuations de cette dernière (niveau sonore, débits). Un capteur de pression peut agir sur un régulateur ou une variation de vitesse.
- Cette solution est souvent utilisée en multizone.
- Une variation de vitesse au ventilateur peut être nécessaire si la plage de variation de débit est trop élevée.

### ■ **Action sur le ventilateur :**

- En monozone, la variation de vitesse du ventilateur ou une modulation électronique peuvent directement moduler le débit.



## Variation de débit du ventilateur

### ■ **Registre au refoulement**

- Eviter les courbes caractéristiques trop plongeantes
- Préférer des centrifuges à action.

### ■ **Variation de vitesse du ventilateur**

- Différentes techniques : variation de fréquence, de tension (petits débits), commutation électronique...
- Attention : prendre soin à la compatibilité Electro Magnétique lorsqu'il y a un variateur de fréquence :
  - réduire les longueurs de câbles
  - prévoir des câbles blindés,
  - séparer la commande de l'alimentation de puissance,
  - prévoir des filtres si nécessaire,
  - vérifier la terre...



- **D'autres techniques** (inclineurs sur ventilateurs à réaction, bypass de l'air...) peuvent être employées.

**TOUJOURS TENIR COMPTE DES PLAGES DE VARIATION DE DÉBIT**

# ENTRETIEN - MAINTENANCE

## ■ Capteurs

 CO<sub>2</sub>, gaz : étalonnage régulier, périodicité variable selon les capteurs (en général tous les 5 ans),

 Optique : pas d'entretien spécifique.

## ■ Registres et réseau

- inspection visuelle et nettoyage (au minimum tous les ans),
- vérifier l'équilibrage s'il y a plusieurs branches et l'obtention des débits aux bouches du ventilateur,
- entretien des filtres si il y a un réseau de soufflage (alarme encrassement).

## ■ Ventilateurs

- inspection visuelle (au minimum tous les ans),
- état des roulements,
- nettoyage des pales,
- tension des courroies.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] Note Technique CETIAT NTV 2000071, *Modulation de débit*, 176 pages, septembre 2000.
- [2] Anne-Marie BERNARD, Marie-Claude LEMAIRE, *La ventilation modulée : une solution rationnelle*, CVC mai 2000, p. 22-24.
- [3] Marie-Hélène HUZE, *Capteurs de qualité d'air des ambiances intérieures pour la gestion des systèmes de ventilation*, Rapport Final CoSTIC n°93.11 C, 51 pages, décembre 94.
- [4] S.J. EMMERICH, A.K. PERSILY, *Literature review on CO<sub>2</sub>-based demand-controlled ventilation*, ASHRAE transactions : Research p. 229-243, 1997.
- [5] C. HELENELUND, *Future of DCV - What is economically feasible ?*, 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Helsinki, Finlande, Vol. 5, p. 57 - 62, 4-8 juillet 1993.

# LISTE DES CONTACTS

## AERECO

Z.A. Les Portes de la Forêt  
9, allée du Clos des Charmes  
COLLEGIEN

77615 MARNE-LA-VALLÉE

**Tél. 01 60 06 44 65**

**Fax 01 64 80 47 26**

[www.aereco.com](http://www.aereco.com)

Téléchargez ce guide  
sur notre site internet  
[www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr)

## ALDES AERAIQUE

Service Marketing  
20, boulevard Joliot Curie  
69694 VENISSIEUX

**Tél. 04 78 77 15 15**

**Fax 04 78 76 15 97**

[www.aldes.com](http://www.aldes.com)

## ATLANTIC

13, boulevard Monge  
B.P. 71  
69882 MEYZIEU CEDEX

**Tél. 04 72 45 11 00**

**Fax 04 72 45 11 47**

[www.atlantic-ventilation.com](http://www.atlantic-ventilation.com)

## FRANCE AIR

Rue des Barronnières  
BP 406  
01704 BEYNOST

**Tél. 04 72 88 11 11**

**Fax 04 78 55 25 63**

[www.franceair.com](http://www.franceair.com)

## VIM

Service Marketing  
100, rue de Paris  
91342 MASSY

**Tél. 01 64 47 62 57**

**Fax 01 64 47 62 11**

Pour en savoir plus :

- L'ADEME (missions, coordonnées, délégations régionales...) : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)
- Le CETIAT (présentation, activités...) : [www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr)

*Les systèmes de ventilation modulée sont des solutions intéressantes permettant des gains énergétiques réels sans pour autant sacrifier l'obtention d'une bonne QAI (Qualité d'Air Intérieur). La préoccupation croissante en France sur les économies d'énergie liées à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> pour l'effet de serre et sur les aspects de QAI devrait induire leur développement dans le futur. Pour obtenir de bonnes performances, ces systèmes doivent être correctement conçus et mis en œuvre. Alors, laissez vous guider vers une modulation performante de vos systèmes de ventilation....*



CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES AÉRAULIQUES ET THERMIQUES

27-29, boulevard du 11 Novembre 1918 - BP 2042 - 69603 Villeurbanne Cedex - France  
Tél. +33 (0)4 72 44 49 00 - Fax +33 (0)4 72 44 49 49 - E.Mail : [cetiat.commercial@cetiat.fr](mailto:cetiat.commercial@cetiat.fr)