

5. Ventilation



Check-list

Page

Régulation de l'humidification

- | | | |
|------|--|-----|
| 5.1. | Limiter le niveau d'humidification en hiver | 127 |
| 5.2. | Créer une zone neutre entre les consignes d'humidification et de déshumidification | 129 |
| 5.3. | Arrêter l'humidification sur certains groupes de traitement d'air | 131 |
| 5.4. | Limiter la déshumidification | 133 |
| 5.5. | Limiter les périodes d'humidification | 135 |
| 5.6. | Limiter le débit de déconcentration de l'humidificateur | 137 |

Régulation de la température de pulsion

- | | | |
|------|---|-----|
| 5.7. | Abaisser la température de pulsion de l'air neuf hygiénique | 139 |
| 5.8. | Limiter le refroidissement de l'air pulsé en VAV | 141 |

Free cooling

- | | | |
|-------|---|-----|
| 5.9. | Organiser un free cooling mécanique | 143 |
| 5.10. | Organiser un free cooling naturel de nuit | 145 |

Réseau

- | | | |
|-------|---------------------------|-----|
| 5.11. | Équilibrer le réseau | 147 |
| 5.12. | Etanchéifier les conduits | 149 |
| 5.13. | Isoler les conduits | 151 |

Débits d'air mis en oeuvre

En ventilation hygiénique :

- | | | |
|-------|---|-----|
| 5.14. | Limiter le débit maximum d'air neuf | 153 |
| 5.15. | Gérer le ventilateur en fonction des horaires d'occupation | 155 |
| 5.16. | Moduler le débit d'air neuf en fonction du taux d'occupation des locaux | 157 |

En climatisation tout air :

- | | | |
|-------|--|-----|
| 5.17. | Gérer la pulsion et l'extraction en fonction des horaires d'occupation | 159 |
| 5.18. | Gérer les débits d'air neuf | 161 |
| 5.19. | Entretenir les filtres | 163 |

Rendement du ventilateur

- | | | |
|-------|---|-----|
| 5.20. | Améliorer le rendement de la transmission | 165 |
| 5.21. | Prévoir le remplacement des ventilateurs qui tombent en panne | 167 |



5. Ventilation

5 Ventilation

1 Limiter le niveau d'Humidification en hiver

LA MESURE

Abaisser la consigne d'humidification à 40%

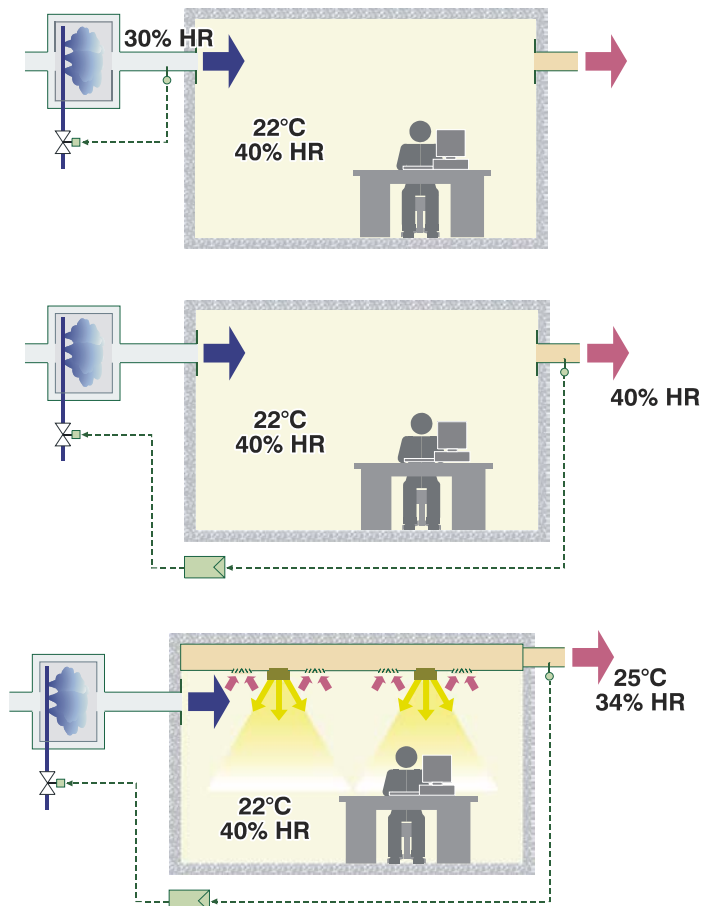
LA RENTABILITE

Passer d'une consigne de 50% HR à 40%HR permet d'économiser plus de 50% du coût annuel de l'humidification de l'air. Et ça ne coûte que le temps nécessaire pour changer la consigne !!

LA MISE EN OEUVRE

La consigne de régulation de l'humidificateur qu'il faut fixer pour obtenir une humidité relative de 40% dans le local dépend de l'emplacement de la sonde d'humidité relative :

- Si la sonde est placée sur la pulsion, un réglage à **30%HR** est suffisant, les apports d'eau internes donneront le complément pour atteindre 40%HR.
- Si la sonde est placée sur l'extraction, un réglage sur **40%HR** est adéquat.
- Si l'extraction se fait par le faux-plafond, un réglage sur **34%HR** est nécessaire car la surchauffe due à l'éclairage et à la stratification des températures fait passer l'air à 25°C et 34%HR dans la reprise.

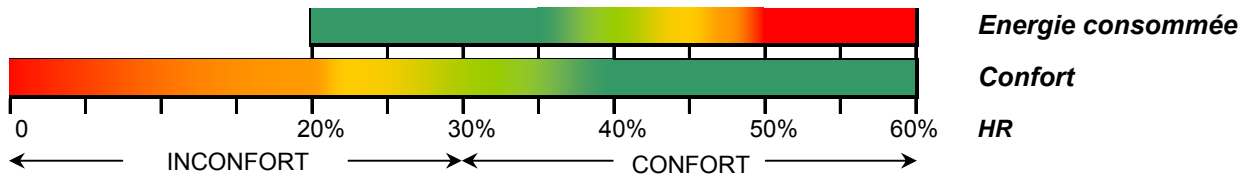


5 Ventilation

1 Limiter le niveau d'Humidification en hiver

LA JUSTIFICATION

Un occupant est peu sensible au taux d'humidité : il peut difficilement ressentir s'il fait 40 % ou 60 % d'humidité relative dans son bureau !



L'inconfort n'apparaît que lorsque l'humidité relative descend en dessous de 30 % :

- augmentation de l'électricité statique,
- gêne et irritation de la gorge,
- ...

L'humidification coûte cher en énergie. Pour un confort optimal (à une température de l'air aux environs de 22°C), on peut fixer la consigne d'humidification à 40 % (valeur également demandée par le RGPT). Maintenir une humidité relative de 50%, comme on le rencontre couramment, n'est pas nécessaire !

Remarque : À titre de comparaison, en Suisse, on admet de descendre jusqu'à 30 % HR, avec des pointes jusque 20 % HR durant quelques jours par an (limites imposées par la SIA V382/1).

5 Ventilation

2 Créer une zone neutre entre les consignes d'humidification et de déshumidification

LA MESURE

Choisir des consignes différentes pour l'humidification et la déshumidification.

LA RENTABILITE

Abaisser la consigne d'humidité 50% HR à 40%HR permet, sans investissement, d'économiser plus de 50% du coût annuel de l'humidification de l'air.

Augmenter la consigne de déshumidification de 50% HR à 60% HR permet, sans investissement, d'économiser plus de 60% du coût annuel de la déshumidification de l'air.

LA MISE EN OEUVRE

Si la régulation actuelle est basée sur un niveau d'humidité unique, par exemple de 50%, adopter des consignes différentes pour l'humidification et la déshumidification. Par exemple, l'humidification pourrait se faire jusque 40% et la déshumidification pourrait s'arrêter à 60%. Entre ces deux consignes, les équipements seront à l'arrêt.

LA JUSTIFICATION



Imposer un niveau d'humidité fixe n'est nécessaire que pour des cas particuliers :

- salle d'opération ou de réanimation en milieu hospitalier,
- production industrielle (imprimerie, textile,...),
- musées,
- ...

Dans des bureaux et salles de réunion, laisser "flotter" le niveau de consigne entre, par exemple, 40 et 60 %, n'atténue aucunement le confort.

De plus, la zone neutre entre les deux consignes permet d'éviter un fonctionnement simultané des deux systèmes.

5 Ventilation

- 2 Créer une zone neutre entre les consignes d'humidification et de déshumidification**

5 Ventilation

3 Arrêter l'humidification sur certains groupes de traitement d'air

LA MESURE

Arrêter l'humidification sur les groupes pulsant

- dans une zone où l'humidification n'est pas nécessaire
- dans le zone où seul l'un ou l'autre local nécessite de l'humidification

L'ÉCONOMIE POTENTIELLE

Economie de 18 à 36% sur la préparation de l'air pendant la période de chauffe, selon les conditions de soufflage de l'air.

LA MISE EN OEUVRE

Arrêter l'humidification du groupe de traitement d'air qui pulse dans une salle de restaurant, une cafétéria, une salle d'archive, ...

Si, dans un ensemble de locaux ventilés par le même groupe de traitement d'air, il y a un besoin ponctuel d'humidification (le local informatique, par exemple), installer un humidificateur local dans cette zone et arrêter l'humidification sur le groupe.



Exemple d'humidificateur local

LA JUSTIFICATION

L'humidification de l'air représente une part importante de la consommation d'énergie nécessaire à la préparation de l'air.

Or, certains locaux ne nécessitent pas d'humidification :

- une salle de restaurant, une cafétéria, (la production de vapeur due à la cuisine et à la présence des personnes est suffisante)
- une salle d'archives (la présence y est intermittente),
- etc.



Deux exemples :

- Si l'air est pulsé à 20°C, et humidifié jusqu'à 6.17 g_{eau}/kg_{air}, ce qui correspond à une humidité relative de 40% à 21°C, l'énergie nécessaire à l'humidification représente **18%** de l'énergie totale pour la préparation de l'air.
- Si l'air est pulsé à 18°C, et humidifié jusqu'à 7.73 g_{eau}/kg_{air}, ce qui correspond à une humidité relative de 50% à 21°C, l'énergie nécessaire à l'humidification représente **36%** de l'énergie totale pour la préparation de l'air pendant cette période.

(Chiffres basés sur une période de ventilation en période de chauffe de 3150 heures, et le climat-type extérieur de Uccle)



5 Ventilation

- 3 Arrêter l'humidification sur certains groupes de traitement d'air**

5 Ventilation

4 Limiter la déshumidification

LA MESURE

- Augmenter la consigne de déshumidification à 65%.
- Augmenter la température d'eau de refroidissement de la batterie froide

L'ECONOMIE POTENTIELLE

Si la déshumidification sur l'air est importante, l'économie sur la préparation de l'air en période de refroidissement peut atteindre plus de **60%**.

LA MISE EN OEUVRE

- Soit on réalise la régulation précise de l'humidité : la déshumidification exercée par la batterie froide dépend de l'humidité relative mesurée dans le conduit d'extraction d'air.

Dans ce cas, régler la consigne d'humidité relative à la reprise sur 65% (taux recommandé par le RGPT).

Remarque : En Suisse (recommandation de la SIA V382/1), on admet une humidité située en permanence en dessous de 65 % HR, avec des pointes jusque 75 % HR durant quelques jours par an.

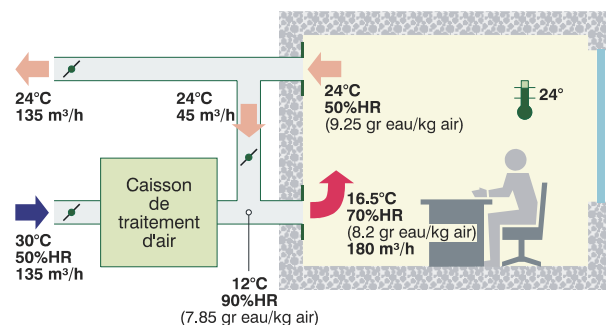
- Soit on réalise un simple contrôle de l'humidité dans la gaine de pulsion. C'est généralement le cas des immeubles de bureau.

Dans ce cas, ne pas refroidir l'air pulsé plus bas que 15°C en sortie de batterie froide.

En pratique, on placera la sonde à la sortie du groupe afin de bénéficier du brassage de l'air par le ventilateur. On réglera donc sur 16°C en sortie du caisson (le ventilateur apporte 1°C, environ).

Eviter autant que possible, la destruction d'énergie qui résulte d'une déshumidification à une température trop basse pour le confort, suivie d'une post chauffe :

1. Vérifier si la post-chauffe est vraiment nécessaire. Entre la sortie du groupe de préparation d'air et la bouche de pulsion, l'air se réchauffe d'environ 2°C suite au passage dans les gaines et les ventilateurs.
2. Si la post-chauffe est nécessaire, on la réalisera par récupération de chaleur sur le condenseur de la machine frigorifique
3. Si la déshumidification n'est pas suffisante en refroidissant l'air à 15°C, envisager éventuellement d'utiliser de l'air recyclé pour fournir la chaleur de la post-chauffe : by-passer une partie de l'air recyclé et la remélanger avec l'air qui a été refroidit et déshumidifié fortement par la batterie.



LA JUSTIFICATION

L'humidité a relativement peu d'impact sur la sensation de confort d'un individu dans un bâtiment. Ainsi, un individu peut difficilement ressentir s'il fait 40 % ou 60 % d'humidité relative dans son bureau.

L'inconfort n'apparaît que dans des situations extrêmes, soit une humidité relative supérieure à 70 % (croissance microbienne importante et condensation sur les surfaces froides).



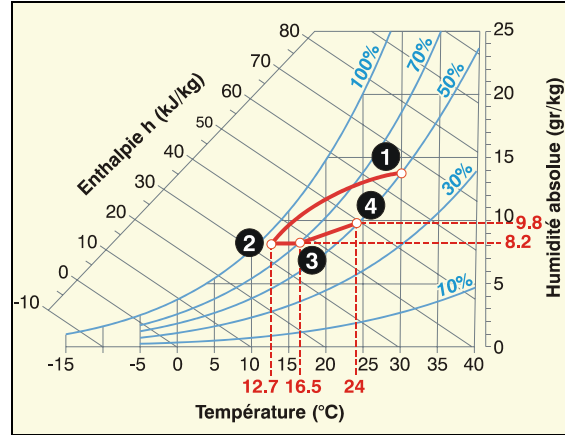
5 Ventilation

4 Limiter la déshumidification

Comparons le coût annuel de la déshumidification pour 2 traitements :

1. Soit une consigne intérieure de 22°C et 50%HR.

Pour atteindre cette consigne, l'air doit être déshumidifié jusqu'à atteindre une humidité absolue de 8,2 g_{eau}/kg_{air}. Il doit donc être refroidi à 12,7°C (on suppose que l'humidité relative est alors de 90%). Puisque cette température est trop basse pour assurer le confort, l'air est ensuite réchauffé à 15°C pour être soufflé à 16,5°C (le ventilateur apporte un réchauffement d'environ 1,5°C).



- 1-2. Refroidissement et déshumidification
- 2-3 Réchauffage par ventilateur et conduit
- 3-4 Réchauffage et humidification dans l'ambiance

2. Il n'y a plus de consigne d'humidité dans l'ambiance. L'air n'est refroidi que jusque 15°C et est toujours pulsé à 16,5°C.

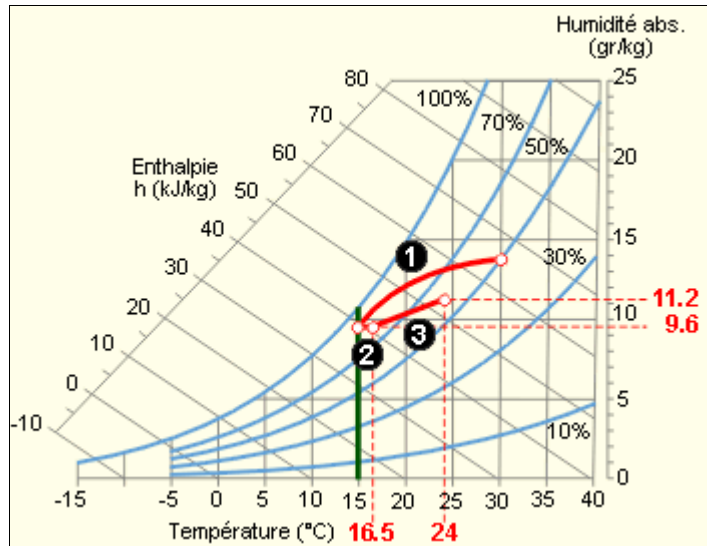
A cette température, l'humidité absolue de l'air est de 9,6 g_{eau}/kg_{air}, ce qui donne, dans l'ambiance à 22°C, une humidité relative de 58%.

Entre ces deux situations, on économise **62%** de l'énergie totale nécessaire à la préparation de l'air pendant la période de refroidissement : le refroidissement est diminué de 42%, la déshumidification est diminuée de 66%, et il n'y a plus de post-chauffe.

Même dans les conditions extrêmes, refroidir l'air à 15°C en sortie de batterie froide et le pulser à 16°C permet d'assurer le confort dans les locaux.

Prenons l'exemple d'un local type de 20m² occupé par 2 personnes

Pour une ambiance extérieure à 30°C et 50 % HR, l'air pulsé dans le local à 9,6 g_{eau}/kg_{air}, gagne, dans le local, 1,6 gr/kg suite à la présence des 2 occupants. L'ambiance pourrait donc se stabiliser à 24°C et 11,2 gr/kg, soit 60 % HR. Ce qui respecte le confort.



1. Refroidissement et déshumidification
2. Réchauffage par ventilateur et conduit
3. Réchauffage et humidification dans l'ambiance

En pratique, l'ambiance se stabilisera en dessous de cette valeur suite à la condensation de l'air dans les ventilo-convecteurs.

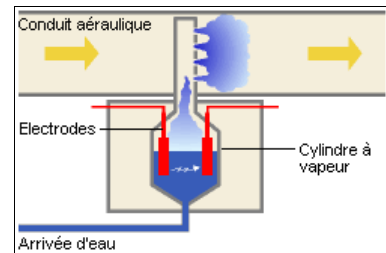
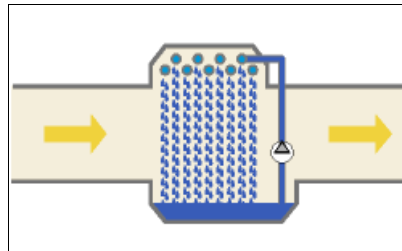
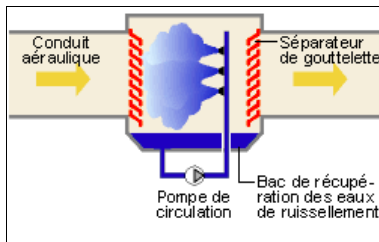
Si un occupant est absent, le taux d'humidité se stabilisera à un niveau inférieur. C'est en ce sens que l'on parle de contrôle et non de régulation.

5 Ventilation

5 Limiter les périodes d'humidification

LA MESURE

- Arrêter l'humidification au-dessus d'une certaine température extérieure
- Arrêter l'humidification dès la fin de l'hiver



L'ECONOMIE POTENTIELLE

Si l'air pulsé est humidifié à $6,2 \text{ gr}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{air}}$ pour obtenir 40% d'humidité relative à 21°C dans l'ambiance, arrêter l'humidification lorsque la température extérieure est supérieure à 8°C (voire 5°C), permet d'économiser de **15% à 35%** de l'énergie nécessaire à l'humidification.

LA MISE EN OEUVRE

- Commander le fonctionnement de l'humidificateur en fonction de la température extérieure (interrupteur en série) de façon à arrêter l'humidification lorsque la température extérieure est supérieure à une consigne située entre 5 et 8°C .

Si l'humidificateur est à pulvérisation d'eau, prévoir une vidange automatique du bac de récupération des eaux de ruissellement.

La sonde peut être placée à l'extérieur ou dans la gaine d'air frais.

Comme toujours en URE, mettre cette mesure en place de façon progressive : abaisser progressivement le réglage du seuil de température, en étant attentif aux plaintes éventuelles.

- Arrêter l'humidification dès la fin de l'hiver

LA JUSTIFICATION

Le besoin d'humidification dans les bureaux n'existe qu'en hiver.

Il est lié à l'apport d'air neuf hygiénique : l'air extérieur froid, une fois réchauffé, est un air sec. Dans les bureaux, pour assurer un bon confort thermique, on porte l'air à un taux d'humidité relative de minimum 40 %. Cette humidification est énergétiquement coûteuse.

En pratique, le critère "stopper l'humidification si $T^{\circ}\text{ext} > 5^\circ\text{C}$ " est simple et efficace.

Un air extérieur à 5°C est, en Belgique, chargé de $4,5 \text{ gr}_{\text{eau}}/\text{kg}_{\text{air}}$. Une fois chauffé à 20°C , il atteint 30 % HR (ce qui serait temporairement supportable). De toute façon, l'apport en eau interne des bureaux (occupants, plantes...) portera l'air à 40 % HR.

Un seuil de l'ordre de 8°C peut être choisi si le bâtiment présente très peu d'apport interne en eau.

De plus, on se prémunit ainsi :

- D'un dérèglement de la régulation : il arrive (rarement il est vrai) de rencontrer un caisson de traitement d'air où, en mi-saison, l'humidification est combattue par la déshumidification de la batterie de froid ...!



5 Ventilation

5 Limiter les périodes d'humidification

- Du fonctionnement sporadique de l'humidificateur en mi-saison, avec son cortège de développement bactérien si l'installation n'est pas automatiquement vidangée...



Cette mesure est particulièrement importante pour les laveurs d'air régulés par point de rosée. Il arrive en effet qu'au-dessus d'une certaine température extérieure, avec ce type d'installation, l'air soit d'abord refroidi avant d'être humidifié et ensuite réchauffé avant pulsion. Ce mode de fonctionnement représente un gaspillage flagrant d'énergie, à éviter autant que possible.

5 Ventilation

6 Limiter le débit de déconcentration de l'humidificateur

LA MESURE

- Adapter le débit de déconcentration de l'humidificateur aux besoins réels
- Remplacer l'humidificateur par un humidificateur équipé d'un régulateur de fréquence des purges en fonction de la dureté de l'eau

L'ECONOMIE POTENTIELLE

Pour un débit de déconcentration surévalué de 1 litre/h, la consommation d'énergie superflue sur l'année est d'environ (pour une température moyenne d'eau de distribution à 10°C) :

$$1,163 \text{ Wh/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times 1 \text{ kg/h} \times (100-10^\circ\text{C}) \times 3\,150 \text{ h} = 330 \text{ kWh}$$

LA MISE EN OEUVRE

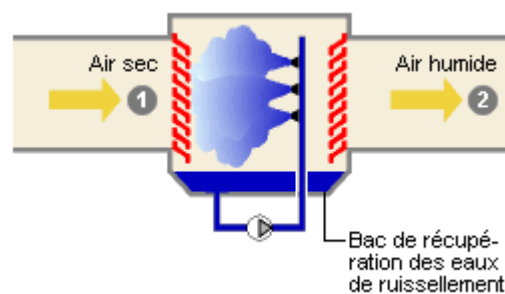
Comment calculer le débit de déconcentration ?

1. Evaluer la quantité d'eau évaporée qui passe dans l'air :
le débit d'évaporation D_e

$$D_e = \rho \times q_v \times (x_2 - x_1) \text{ en [kg}_{\text{eau}}/\text{h]}$$

où:

- ρ = poids volumique de l'air (en kg/m^3)
- q_v = débit volumique de l'air (en m^3/h)
- x_1 = humidité absolue de l'air avant humidification (en $\text{kg}_{\text{eau}} / \text{kg}_{\text{air sec}}$)
- x_2 = humidité absolue de l'air après humidification (en $\text{kg}_{\text{eau}} / \text{kg}_{\text{air sec}}$)



Exemple :

Pour un air aux alentours de 20°C, on prendra $\rho = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$,

Soit un débit d'air de $8\,600 \text{ m}^3/\text{h}$ traversant l'humidificateur

Avant humidification, humidité absolue de $2 \text{ g}_{\text{eau}} / \text{kg}_{\text{air sec}}$

Après humidification, humidité absolue de $8,2 \text{ g}_{\text{eau}} / \text{kg}_{\text{air sec}}$
(ce qui correspond à 50% HR à 22°C)

$$D_e = 1,2 \times 8\,600 \times (0,0082 - 0,002) \\ = 64 \text{ kg/h} = 64 \text{ litres/h}$$

2. En déduire le débit d'eau de déconcentration, proportion du débit d'évaporation

$$D_d = f_B \times D_e \text{ en [kg}_{\text{eau}}/\text{h]}$$



5 Ventilation

6 Limiter le débit de déconcentration d'un humidificateur à vapeur

Un constructeur propose l'abaque ci-dessous pour déterminer le facteur multiplicateur f_B : en fonction

- du PH de l'eau du réseau (graphique de droite)
- de la concentration en ion bicarbonate (HCO_3^-) (graphique de droite)
- de la concentration en ion calcium (Ca^{2+}) (graphique de gauche)

Exemple (suite):

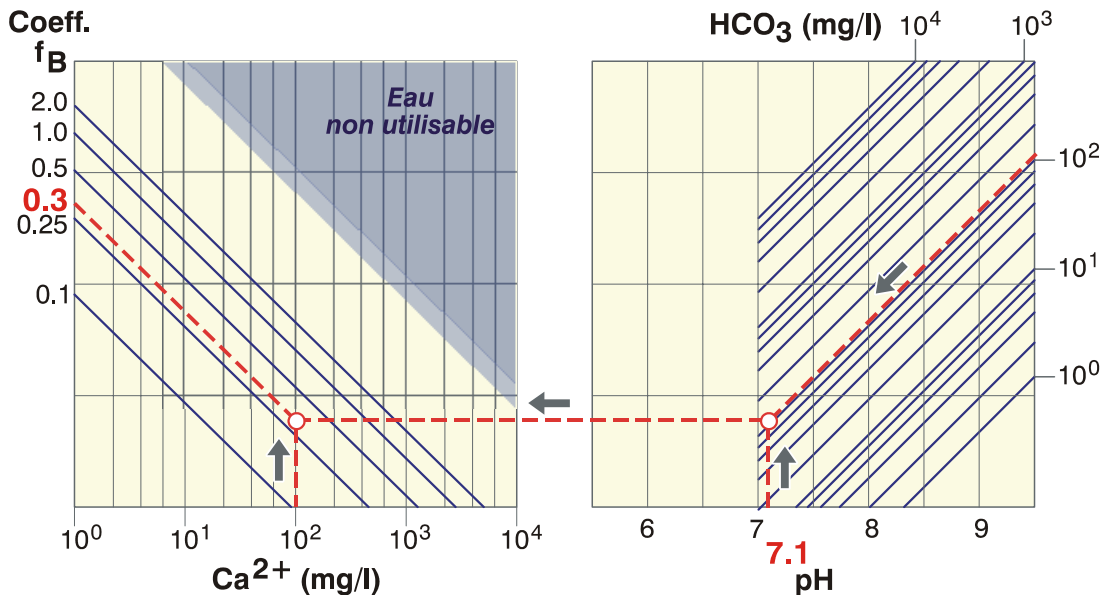
$\text{pH} = 7,1$

100 ppm (100 mg/l)

100 ppm (100 mg/l)

On trouve $f_B = 0,3$

Remarque : Pour obtenir ces valeurs, faire une analyse de l'eau, par exemple, via un pharmacien.



La valeur de f_B permet de calculer le débit de déconcentration D_d à prévoir en fonction du débit d'évaporation D_e

$$D_d = f_B \times D_e \text{ en [kg}_{\text{eau}}/\text{h}]$$

Débit de déconcentration =
 $D_d = 0,3 \times 64 = 19,2 \text{ litres/h}$

Débit total d'eau consommée :
 $D_{\text{tot}} = 64 + 19,2 = 83,2 \text{ litres/h.}$

LA JUSTIFICATION

La fréquence des purges de déconcentration d'un humidificateur est non seulement coûteuse en eau, mais également coûteuse en énergie. En effet, c'est de l'eau bouillante qui est rejetée à l'égoût !

Si le débit de déconcentration n'a pas été calculé, il sera probablement fixé à un niveau élevé pour éviter tout problème.

De même, lorsque la dureté de l'eau est variable dans le temps, on aura tendance à augmenter la fréquence des purges. Dans ce cas, il est utile d'investir dans un humidificateur équipé d'un régulateur de fréquence des purges en fonction de la dureté de l'eau, d'autant que le régulateur permet d'augmenter le rendement de l'humidificateur de 85% à 94%.

5 Ventilation

7 Abaisser la température de pulsion de l'air neuf hygiénique

LA MESURE

Abaisser la température de pulsion de l'air neuf hygiénique

- en mi-saison,
- en hiver si les locaux sont refroidis toute l'année.

L'ECONOMIE POTENTIELLE

L'économie potentielle dépend de la température de soufflage à l'origine, mais également des températures de consigne de chauffage et de refroidissement, des apports internes, etc.

Un ordre de grandeur : lors d'une simulation informatique d'un ensemble de bureaux, la réduction de la température de pulsion de 20°C à 16°C a diminué

- la demande de froid de 18%,
- la demande de chaud de 15%.

LA MISE EN OEUVRE

Si tous les locaux sont chauffés, la température de pulsion peut être de 21° ou supérieure.

Mais dès que certains locaux ont besoin de refroidissement (lorsque la température extérieure augmente, en mi-saison, ou parfois même en hiver si les charges internes dues à la bureautique sont importantes), la consigne devrait être abaissée jusqu'au minimum compatible avec le confort des utilisateurs soit 14°C...16°C... 18°C... Dans le caisson de traitement d'air, ceci induit un réglage de la température de sortie d'échangeur à 12°C... 14°C... 16°C..., puisque le ventilateur et les parois du conduit apporteront 2K environ.

La consigne de pulsion sera choisie en fonction

- du type de bouche et du risque de courant d'air qu'elle peut engendrer,

Quelques exemples :

Grille de soufflage :

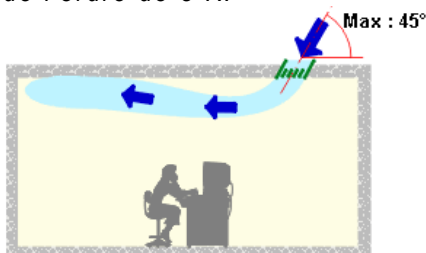
Les grilles pulsent l'air de façon unidirectionnelle, elles sont utilisées pour des débits soufflés à faible vitesse.

Ecart de soufflage par rapport à la température ambiante : de l'ordre de 6 K.

Diffuseur

Lorsqu'ils sont montés en plafonnier, les diffuseurs pulsent l'air parallèlement au plafond par effet Coanda, ce qui évite les courants d'air froids.

Ecart de soufflage par rapport à la température ambiante : de l'ordre de 8 K.



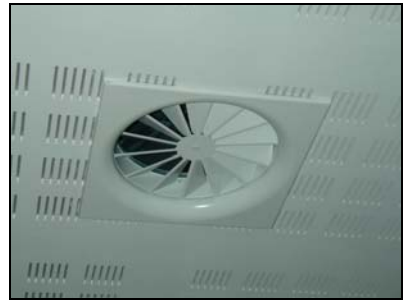
5 Ventilation

7 Abaisser la température de pulsion de l'air neuf hygiénique

Diffuseur à jet hélicoïdal ou jet torique

Le flux d'air hélicoïdal entraîne un mélange rapide entre l'air ambiant et l'air pulsé et donc une homogénéisation des températures :

Ecart de soufflage par rapport à la température ambiante : de l'ordre de 10 K.



• de l'installation de chauffage.

Si le local est équipé de ventilo-convecteurs, leur faible inertie permettra, après une période d'absence de l'occupant, une remontée en température rapide (s'il a éteint le ventilo avant de partir...).

Par contre, si le local est équipé de radiateurs, la remontée en température sera plus longue. La température de soufflage d'air doit donc éventuellement être maintenue un peu plus élevée.

Dans tous les cas de figure, il convient de diminuer la température de soufflage de l'air progressivement. Si des plaintes apparaissent, il sera toujours possible de revenir à la situation précédente.

LA JUSTIFICATION

La température extérieure est de 13°C. Prenons un local dont les températures de consigne sont de 21°C en chauffage et de 24°C en refroidissement, et comparons deux situations dans lesquelles l'air est pulsé à des températures différentes :

Situation initiale :

l'air de ventilation est pulsé à 21°C.

Le local est en demande de chaleur.

La chaleur est apportée par le système local (radiateur, ventilo-convecteur,...), et l'air de ventilation semble neutre.

Situation améliorée :

l'air de ventilation est pulsé à 16°C

Le système local fournit à l'air hygiénique apporté, le complément de chaleur nécessaire pour l'amener à la température ambiante.

Le bilan est nul.

La température du local est située entre 21°C et 24°C

Le système local est arrêté, mais l'air de ventilation est toujours réchauffé jusque 21°C.

L'air de ventilation est moins chauffé, et apporte un peu de fraîcheur dans le local.

Bilan : la température ambiante est inférieure à celle de la situation initiale, et on consomme moins pour la préparation de l'air

Le local est en demande de froid.

Le système local produit du froid, mais on apporte toujours de la chaleur à l'air de ventilation.

Il y a gaspillage d'énergie !

L'air moins chaud apporte au local une partie de la demande de froid.

Bilan : on consomme moins pour refroidir le local ainsi que pour préparer l'air de ventilation. L'avantage est double !

5 Ventilation

8 Limiter le refroidissement de l'air pulsé en VAV

LA MESURE

En VAV, éviter le fonctionnement de la batterie de refroidissement dans le groupe de traitement d'air lorsque certaines des zones desservies sont en demande de chaleur :

- adapter la régulation du registre d'air, ou
- installer un système de refroidissement local complémentaire ou revoir le réseau VAV.

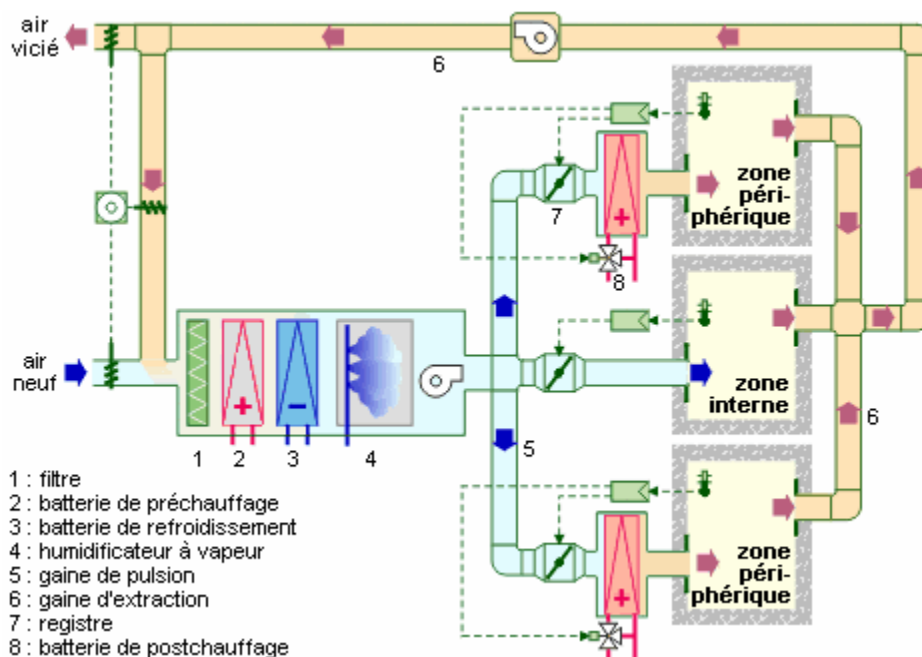
L'ECONOMIE POTENTIELLE

L'économie réalisée dépendra du volume d'air en jeu, et du mode de fonctionnement du bâtiment. S'il est possible d'améliorer la régulation du registre d'air, la rentabilité est immédiate.

Par contre, la rentabilité de l'installation d'un système de refroidissement local, ou de l'adaptation du réseau devra être étudiée pour chaque situation spécifique.

LA MISE EN OEUVRE

Il peut arriver que parmi les zones desservies par un même groupe de traitement d'air, certaines zones demandent du froid alors les autres souhaitent de la chaleur. Par exemple, la zone centrale et le local informatique demandent du froid alors que la zone périphérique souhaite de la chaleur.



Si cette situation ne survient que lorsque la température extérieure est inférieure à 14°C, la régulation doit alors ouvrir le registre de mélange au maximum pour utiliser de l'air extérieur "gratuit", plutôt que de refroidir de l'air recyclé. L'air doit être préparé pour les besoins de la zone intérieure (à 16°C par exemple), et être ensuite postchauffé dans les zones périphériques.

Le régulateur de température doit organiser l'ouverture du registre d'air neuf, en comparant la température de l'air repris et de l'air neuf. On réalise parfois la comparaison des enthalpies (= des énergies), ce qui est plus précis puisque ce sont les niveaux d'énergie contenue dans l'air qui sont comparés : température + humidité de l'air.



5 Ventilation

8 Limiter le refroidissement de l'air pulsé en VAV

Si cette situation survient également lorsque la température extérieure est plus élevée, on peut envisager les solutions suivantes :

- installer un système de refroidissement local dans la zone qui demande du refroidissement lorsque les autres zones sont en demande de chaleur
- modifier le réseau VAV pour que les zones de besoins similaires soient groupées.

LA JUSTIFICATION

Apporter de l'air froid aux locaux pour le réchauffer ensuite est un gaspillage d'énergie flagrant !

Un exemple :

L'air extérieur est à 14°C et l'air ambiant recyclé est à 21°C. La température de consigne souhaitée à la sortie du groupe de préparation d'air est de 14°C.

Si le registre de mélange est bien régulé, l'air amené au groupe de préparation sera de l'air neuf extérieur à 100%, et la batterie froide ne devra pas fonctionner.

→ Consommation nulle !

Si par contre le registre de mélange se contente d'envoyer 1 m³ d'air neuf pour 5 m³ d'air recyclé, la température de l'air qui arrivera à la batterie froide sera de 19,8°C. Pour produire de l'air à 14°C, la batterie froide devra donc fournir une puissance de presque 2 W/m³ d'air pulsé.

Ainsi, pour un débit de 1000 m³/h, pendant 1680 heures (nombre moyen d'heures, parmi les jours ouvrables, pendant lesquelles la température extérieure est inférieure à 14°C, pour Uccle), l'énergie inutilement consommée serait de

$$2 \text{ W/(m}^3\text{/h)} \times 1000 \text{ m}^3\text{/h} \times 1680 \text{ h} / 1000 = \mathbf{3\ 360 \text{ kWh}}$$

5 Ventilation

9 Organiser un free cooling mécanique

LA MESURE

Vérifier que la régulation de l'installation permet de valoriser l'air neuf :

- en journée quand l'air extérieur est plus frais que l'ambiance,
- la nuit pour rafraîchir la structure du bâtiment.

L'ECONOMIE POTENTIELLE

L'économie est obtenue par la diminution ou l'arrêt de la machine frigorifique, remplacée par l'effet refroidissant de l'air neuf extérieur. L'économie est très importante mais difficilement chiffrable a priori puisqu'elle dépend de la situation initiale. On peut parler d'un ordre de grandeur de 30% d'économie sur la consommation de froid, si au départ la régulation de l'installation ne valorise pas l'air neuf.

Attention, ce n'est pas "tout bénéfique" : une consommation supplémentaire du ventilateur peut en résulter, si bien que l'on sera attentif à ne pas enclencher le ventilateur tant que la température extérieure n'est pas 6 à 8 K plus froide que l'ambiance, surtout si le réseau présente des pertes de charge élevées.

LA MISE EN OEUVRE

Une installation "tout air" est particulièrement bien adaptée pour une utilisation optimale des énergies gratuites par free-cooling, encore faut-il que sa régulation permette de valoriser effectivement l'air froid extérieur gratuit.

- En hiver et en mi-saison, adapter la régulation pour que les registres d'air neuf s'ouvrent à 100 % lorsque la température extérieure est inférieure à la consigne ambiante et que les locaux sont en demande de froid

Les zones à rafraîchir seront alimentées avec de l'air frais sans nécessiter l'enclenchement des groupes frigorifiques. Le régulateur de température doit organiser l'ouverture du registre d'air neuf, en comparant la température de l'air repris et de l'air neuf (voir la fiche [5.8](#)).

- En été, si le bâtiment a une certaine inertie, une ventilation nocturne peut décharger le bâtiment de la chaleur accumulée en journée.

La ventilation nocturne sera commandée en fonction :

- d'un horaire :

La ventilation mécanique nocturne permet de refroidir le bâtiment à peu de frais (grâce au tarif électrique de nuit) puisqu'elle ne nécessite pas le fonctionnement de la machine frigo. Néanmoins, elle n'est pas totalement gratuite, car les ventilateurs tournent. Il convient donc de limiter la durée du free cooling aux quelques heures les plus efficaces, en fin de nuit, par exemple, à partir de 3h00.

- de la température extérieure maximale la journée précédente :

On n'enclenchera le free cooling de nuit que si la journée a été très chaude, par exemple, si la température a dépassé 25°C.

- de la température extérieure :

Pour que le free cooling soit efficace (compte tenu de la consommation des ventilateurs), il faut que l'air extérieur ait au moins 6°C à 8°C de moins que l'ambiance.

- de la température intérieure d'un local témoin :

La ventilation doit être arrêtée si la température intérieure devient trop basse. La température dans les locaux à l'arrivée des occupants ne doit pas être inférieure à



5 Ventilation

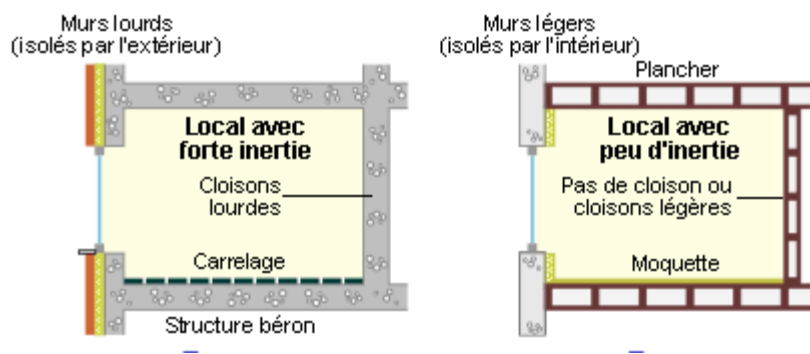
9 Organiser un free cooling mécanique

20°C. La ventilation sera dès lors arrêtée à 19°C, au minimum 1 à 2 heures avant l'arrivée des occupants afin que la température ambiante remonte à 20°C par restitution de la chaleur des murs.

Remarque : les chiffres (températures, heure de début de ventilation) proposés ci-dessus peuvent être choisis dans un premier temps. Ils devront ensuite être adaptés, par essais et erreurs, au bâtiment et à l'éventuelle réaction des occupants.



L'organisation d'une free cooling de nuit n'est utile que si la masse du bâtiment est importante (cloisons lourdes, structure en béton, ...) et directement en contact avec l'air frais de ventilation. Il ne sera d'aucune efficacité dans un bâtiment équipé de faux plafonds et de faux planchers ou de moquettes.



LA JUSTIFICATION

Le principe du free cooling **diurne** consiste à valoriser au maximum l'air frais extérieur disponible, lorsque le bâtiment est en demande de froid, avant d'utiliser la machine frigorifique.

Le principe du free cooling **nocturne** est d'emmagasiner la chaleur de la journée dans la masse du bâtiment (murs, plancher, ...) et de l'évacuer durant la nuit au moyen d'une ventilation intensive. Cela permet de diminuer la demande de froid pendant la journée.

5 Ventilation

10 Organiser un free cooling naturel de nuit

LA MESURE

Organiser un free cooling naturel de nuit, local ou transversal.

L'ECONOMIE POTENTIELLE

Il est difficile d'estimer, dans un cas particulier, le gain réalisable grâce au free cooling nocturne. Il dépend de l'inertie du bâtiment, de l'efficacité des occupants à gérer cette ventilation nocturne, de la taille des ouvertures, de la température extérieure, ...

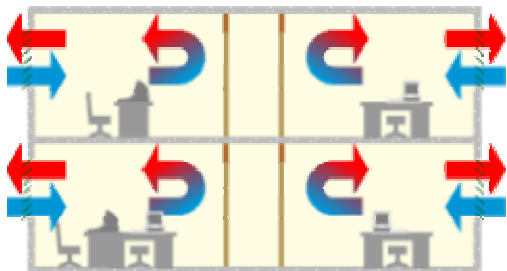
Pour fixer un ordre de grandeur, on peut espérer diminuer la consommation de refroidissement de 20 à 40% selon l'inertie du bâtiment, si la gestion de la ventilation est "parfaite".

LA MISE EN OEUVRE

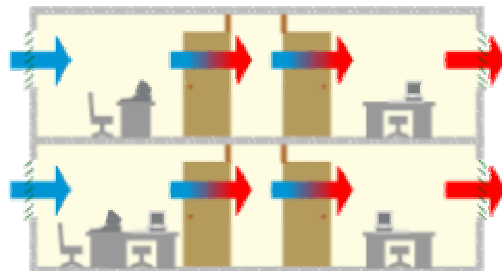
Dans un bâtiment existant qui n'est pas équipé d'un système de climatisation "tout air", le free cooling peut se faire au moyen d'une ventilation naturelle par les fenêtres.

On distingue deux types de ventilation naturelle pouvant être appliqués dans des bâtiments existants :

1. **La ventilation locale,**
organisée individuellement dans chaque bureau;



2. **La ventilation transversale**
qui nécessite d'ouvrir les portes des locaux pour laisser circuler l'air à travers le bâtiment.



Cette deuxième solution est plus efficace car elle permet un débit d'air plus important. Elle a néanmoins deux inconvénients : les portes intérieures doivent rester ouvertes, et les courants d'air plus importants peuvent entraîner l'éparpillement des documents sur les bureaux.

La mise en place d'une ventilation naturelle nocturne intensive

- ◆ ne peut être mise en place que si les occupants sont motivés :
 - c'est eux qui devront ouvrir et fermer les fenêtres,
 - ils doivent accepter un sous-refroidissement des locaux certains matins.
- ◆ doit néanmoins assurer la sécurité du bâtiment.
A cette fin, on peut envisager de fixer des grilles, réalisées sur mesure, à l'intérieur des châssis, laissant ainsi toute liberté de manipulation de la fenêtre par les occupants (voir photo ci-contre).



5 Ventilation

10 Organiser un free cooling naturel de nuit

Malgré ces difficultés, il existe des exemples de bâtiments dans lesquels, au moyen de grilles installées dans les châssis existants et manipulées par les occupants, on est parvenu à des résultats probants en matière de maîtrise des surchauffes d'été.

Notons qu'il est possible d'automatiser la gestion du free-cooling nocturne (ouvertures automatiques, réglées en fonction de la température intérieure et extérieure) pour améliorer son efficacité. Mais l'investissement à consentir sera évidemment plus important.

LA JUSTIFICATION

En été, il est possible de profiter de l'air extérieur pour rafraîchir le bâtiment. Une ventilation forcée nocturne peut ainsi évacuer la chaleur emmagasinée durant la journée dans les matériaux (parois, mobilier, ...), réduisant en journée les besoins de refroidissement. On parle alors de free-cooling nocturne.

Pour fixer un ordre de grandeur de l'économie potentielle sur la demande de froid du bâtiment, nous avons simulé le comportement d'un immeuble de bureaux type.

Dans ce bâtiment de 3 000 m², la température intérieure maximum est maintenue, en journée, en dessous de 24°C par un système de climatisation. Une ventilation naturelle nocturne, de 4 renouvellements par heure, est organisée lorsque la température intérieure du local témoin dépasse 23°C et la température extérieure est inférieure à 18°C. Nous avons calculé une diminution de la consommation de climatisation :

- de **44 %** si le bâtiment présente une inertie thermique importante (pas de faux plafond, de faux plancher, cloisons en béton);
- de **21 %** si le bâtiment présente peu d'inertie thermique (faux plafonds et planchers, cloisons en plaques de plâtre).

Ce cas est évidemment idéal puisqu'il suppose la présence d'un système d'ouvertures automatiques régulé en fonction des températures. Ces estimations doivent être revues à la baisse dans le cas d'une gestion manuelle du free-cooling.

Une autre justification peut consister à choisir cette formule comme alternative écologique au placement d'un climatiseur.

5 Ventilation

11 Équilibrer le réseau

LA MESURE

- A défaut d'organes de réglage aux bouches de pulsion et en tête des branches, insérer des diaphragmes de réglage dans les conduits
- Equilibrer les débits d'air pulsés

LA RENTABILITE

La rentabilité de l'opération dépend fortement de la situation : elle peut permettre soit une amélioration de confort, soit une diminution des débits traités.

LA MISE EN OEUVRE

S'il existe dans le bâtiment des problèmes de confort dus à la pulsion d'air, il est nécessaire de revoir l'équilibrage du réseau.

Mode opératoire :

L'équilibrage est réalisé dans les conditions normales de fonctionnement, soit :

- avec portes et fenêtres extérieures fermées,
- avec portes intérieures fermées, sauf si elles sont habituellement ouvertes,
- avec l'extraction en fonctionnement dans le cas d'un système double flux.

1. Connaître les débits nominaux qui doivent être respectés à chaque bouche :

Soit ils sont repris sur un plan ou un schéma datant de l'installation du système, soit il sera nécessaire de les recalculer.



2. S'il n'existe pas d'organes de réglage des débits aux bouches et en tête des branches, des diaphragmes de réglage peuvent être insérés dans les conduits.

3. Ouvrir tous les organes d'équilibrage du réseau (bouches, têtes des branches). Maintenir le registre du ventilateur à une position proche de la fermeture pour ne pas dépasser la limite de charge du ventilateur (à contrôler par la mesure du courant absorbé par le moteur à l'aide d'une pince ampèremétrique sur le câble d'alimentation). Dans les réseaux à débit variable, placer les points de consigne des régulateurs de débit à leur valeur maximale.

4. Réaliser un premier ajustement des débits : régler approximativement le ventilateur pour que son débit soit légèrement supérieur (10 %) à sa valeur nominale, approcher l'équilibrage en tête des branches par un premier réglage grossier. Cette opération permet d'arriver plus facilement au bon résultat.



5. Equilibrer les débits sur une branche, de préférence la branche la plus défavorisée.



5 Ventilation

11 Équilibrer le réseau

Repérer la bouche la plus défavorisée*, mesurer son débit, laisser son réglage ouvert à 100 %, puis régler le débit de toutes les autres bouches de la branche à un débit proportionnel à celui de la bouche la plus défavorisée. Tous les débits obtenus seront incorrects en valeur mais corrects dans les proportions entre-eux.

** On entend par "bouche la plus défavorisée", celle qui est soumise à la plus faible pression différentielle pour des débits réglés à leur valeur nominale : c'est souvent la bouche la plus éloignée, parce que le trajet le plus long entraîne les pertes de charges les plus élevées. Mais cela peut être parfois l'avant-dernière bouche qui aurait un débit plus élevé et donc également des pertes de charges plus importantes.*

Chaque fois qu'on modifie le réglage d'une des bouches, le débit des autres bouches est modifié. Il faut travailler à deux, l'un restant à la dernière bouche durant tout le réglage de la branche et communiquant à son collègue l'évolution du débit...



6. Procéder de même pour chaque branche.
7. Régler les registres des têtes de branches de la même manière : les proportions entre branches doivent être correctes, le registre restant ouvert sur la branche la plus défavorisée.
8. Enfin régler le débit du ventilateur à la valeur totale souhaitée. Normalement, si le ventilateur a été correctement dimensionné ou s'il dispose d'un régulateur de débit, le registre du ventilateur devrait rester ouvert à 100 %. Freiner après le ventilateur, c'est appuyer en même temps sur l'accélérateur et le frein d'une voiture...

A la fin de l'équilibrage, il est utile de consigner par écrit les valeurs réglées : débits des bouches, pressions en amont des registres, tension, intensité et vitesse du ventilateur, température du réseau lors de l'opération,...

LA JUSTIFICATION

Équilibrer une installation, c'est assurer dans chaque local le débit d'air nécessaire. Ni plus, ni moins. Par souci de confort et d'économie d'énergie.

Le mauvais équilibrage peut entraîner différents comportements :

- Dans les locaux où le débit est trop important, l'occupant va ressentir un courant d'air, et risque de boucher sa grille de ventilation (feuille de papier ou de carton collée, etc.). Résultat, le débit va augmenter dans le local voisin, dont l'occupant risque, à son tour, de se plaindre de courants d'air, ...
- Si le débit est trop faible dans certains locaux, des plaintes peuvent entraîner une augmentation du débit global de ventilation, du chauffage ou du refroidissement de l'air avec pour conséquence, des surconsommations d'énergie.



5 Ventilation

12 Etanchéfier les conduits

LA MESURE

- Remplacer les conduits de distribution rectangulaire par des conduits circulaires à double joint aux raccords
- A défaut, remédier aux plus grosses fuites (bandes adhésives, mastic, ...)

L'ECONOMIE POTENTIELLE

L'économie réalisable dépend de la qualité de l'étanchéité du réseau au départ.

Exemple :

Dans un bâtiment, le débit d'air préparé était le double du débit d'air hygiénique pulsé dans les locaux. Un calfeutrage au moyen de bandes adhésives et de mastic a permis de diminuer les pertes de moitié. Résultat : 25% d'économie sur le préchauffage de l'air pulsé.

LA MISE EN OEUVRE

Comment évaluer qualitativement l'étanchéité des conduits ?

Rechercher les fuites dans un réseau en surpression (pulsion) est relativement facile. Il suffit de déposer un produit moussant sur les joints suspects.

Des traces de poussières aux raccords sont aussi des signes d'inétanchéité.

Comment améliorer l'étanchéité des conduits ?

L'idéal est de remplacer les conduits rectangulaires par des conduits circulaires à double joint aux raccords. Mais cette opération demande évidemment un certain investissement !



En attendant, il est néanmoins possible d'améliorer la situation en étanchéfiant les plus grosses fuites à l'aide de mastic ou de bandes adhésives.



LA JUSTIFICATION

Les conduits de ventilation doivent être suffisamment étanches à l'air pour éviter d'insuffler de l'air inutilement dans les espaces techniques ou dans les couloirs.

Des mesures réalisées sur plusieurs bâtiments ont montré que la qualité des conduits et de leur mise en oeuvre laissait fortement à désirer : en moyenne 20 % du débit d'air pulsé par un ventilateur n'arrive pas dans les locaux de destination.

5 Ventilation

12 Etanchéifier les conduits

Conséquences de fuites dans les réseaux aérauliques :

Si le ventilateur ne compense pas les fuites, il n'y aura pas de surconsommation d'énergie, mais les débits dans les locaux ne seront pas respectés, ce qui entraînera des problèmes de confort : mauvaise qualité de l'air, trop peu d'apport de chaleur ou de froid,...

Si le ventilateur compense les fuites, le débit d'air total traité sera plus important qu'il n'est nécessaire, avec

- surconsommation électrique du ventilateur
- surconsommation de combustible pour le chauffage de l'air
- et, éventuellement, surconsommation pour le refroidissement de l'air.

5 Ventilation

13 Isoler les conduits

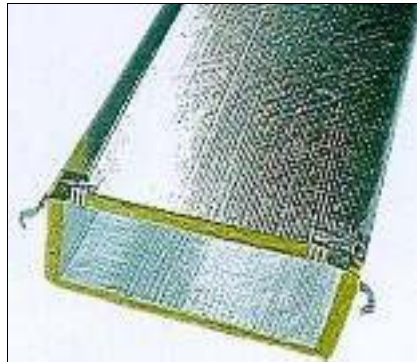
LA MESURE

- Isoler les conduits de pulsion d'air traversant les locaux non chauffés
- S'il y a un échangeur de chaleur, l'isoler également

L'ECONOMIE POTENTIELLE

L'isolation du mètre d'une gaine de section 40 x 40 cm transportant de l'air à 40°C permet d'économiser de l'ordre de 7 500 kWh ou 750 litres de fuel par an.

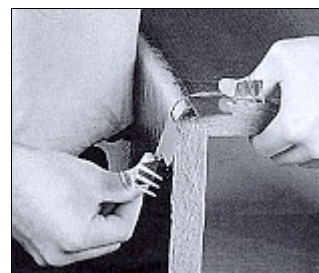
LA MISE EN OEUVRE



Si les conduits de pulsion d'air ne sont pas isolés d'origine (photos ci-dessus), l'isolant peut être apposé après pose des conduits (photo ci contre).



Dans le cas de conduits véhiculant de l'air froid, les risques de condensation lors de la traversée d'un local plus chaud que l'air transporté sont éliminés au moyen d'un film pare-vapeur (tissu imprégné, film plastique ou métallique). Il existe des isolants déjà revêtus de tels films. Dans ce cas les joints doivent se refermer au moyen de ruban adhésif.



5 Ventilation

13 Isoler les conduits

S'il y a un caisson de préparation d'air avec un échangeur de chaleur sur l'air extrait, l'isoler également.



LA JUSTIFICATION

L'isolation thermique des conduits permet de limiter les pertes thermiques lorsque le réseau véhicule de l'air chaud ou de l'air froid.

Examinons les pertes thermiques d'un m de gaine de 40 x 40 cm pendant la saison de chauffe. Il transporte de l'air à 40°C, dans un local non chauffé, à 18°C. Le rendement saisonnier de la chaudière est supposé égal à 0,8. La circulation fonctionne toute la saison de chauffe.

La surface de déperdition du conduit est de $1 \text{ m} \times (0,4 + 0,4 + 0,4 + 0,4) \text{ m} = 1,6 \text{ m}^2$

Avant isolation

- T° de surface de la gaine (vu l'excellente conductivité de l'aluminium) : 40°C
- Coefficient superficiel d'échange : 7,7 W/m²K
- Puissance perdue
= 7,7 W/m²K x 1,6 m² x (40 – 18)°C
= 271 [W]
- Energie perdue
= 271 [W] x 6 000 [h/an] / 0,8
= 2 032 [kWh/an]

Après isolation

- Conductivité de la laine de roche : 0,04 W/mK
- Epaisseur de l'isolant : 4 cm
- Conductivité de la gaine : 0,04 / 0,04 = 1 W/m²K
- Puissance perdue
= 1 W/m²K x 1,6 m² x (40 – 18)°C
= 35,2 [W]
- Energie perdue
= 35,2 [W] x 6 000 [h/an] / 0,8
= 264 [kWh/an]

L'isolation du mètre de gaine permet donc d'économiser 7 770 kWh par an, ou 777 litres de fuel, ce qui représente un montant de l'ordre de 290 [€/an] (à 0,375 [€/litre fuel]).

5 Ventilation

14 En ventilation hygiénique, limiter le débit maximum d'air neuf

LA MESURE

En ventilation hygiénique, adapter la puissance du ventilateur pour limiter le débit d'air neuf aux débits hygiéniques recommandés.

L'ECONOMIE POTENTIELLE

Limiter le taux d'air neuf diminue les besoins de chauffage ainsi que la consommation électrique du ventilateur. Celle-ci varie comme le cube de la vitesse de rotation. Les économies peuvent donc être importantes.

Exemple :

Soit un débit d'air de 21 600 m³/h deux fois supérieur aux débits hygiéniques recommandés.

L'air est pulsé à une température de 18°C pendant 3 650 heures par an. Il est réchauffé environ 3150 heures par an pendant lesquelles la température extérieure moyenne est d'environ 9°C.

	<u>Situation de départ</u>	<u>Situation révisée</u>
Débit d'air	21 600 m ³ /h	10 800 m ³ /h
Vitesse du ventilateur	2 000 tr/min	1 000 tr/min
Puissance absorbée par le ventilateur	12,2 kW	$(1\ 000 / 2\ 000)^3 \times 12,2 = 1,52\text{ kW}$
Consommation du ventilateur	12,2 kW x 3 650 h = 44 530 kWh	1,52 kW x 3 650 h = 5 550 kWh
Economie en électricité		44 530 – 5 550 = 38 980 kWh soit 88 %
Consommation de préchauffage de l'air	0,34 Wh/m ³ .°C x 21 600 m ³ /h x (18 – 9) °C x 3 150 h = 208 202 kWh	0,34 Wh/m ³ .°C x 10 800 m ³ /h x (18 – 9) °C x 3 150 h = 104 101 kWh
Economie en chauffage		208 202 – 104 101 = 104 101 kWh soit 50%



LA MISE EN OEUVRE

Voici les débits hygiéniques minimum imposés par la réglementation wallonne dans des immeubles de bureaux :

Bureau individuel	2,9 m ³ /h.m ²
Bureau commun	2,5 m ³ /h.m ²
Salle de réunion	8,6 m ³ /h.m ²
Auditoire, salle de conférence	23 m ³ /h.m ²
Restaurant, cafétéria	11,5 m ³ /h.m ²
Classe	8,6 m ³ /h.m ²
Jardin d'enfants	10,1 m ³ /h.m ²

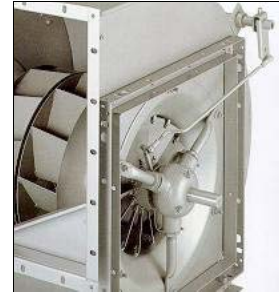
Parallèlement à cette réglementation, le RGPT impose un débit d'air neuf de 30 m³/h et par personne.

5 Ventilation

14 En ventilation hygiénique, limiter le débit maximum d'air neuf

Si les débits relevés dans le bâtiment sont supérieurs aux valeurs ci-dessus, adapter la puissance du ventilateur.

- Si le ventilateur comprend des aubages de prérotation (ventilateurs centrifuge et hélicoïde) ou des pâles à angle variable (ventilateur hélicoïde), un nouveau réglage permet d'adapter les débits.



- Si le ventilateur est entraîné par courroies, il suffit de changer le rapport des diamètres des poulies du moteur et du ventilateur.

$D_2 = (n_1 / n_2) \times D_1$ (changement de la poulie du ventilateur)

$D_2 = (n_2 / n_1) \times D_1$ (changement de la poulie du moteur)

D_1 et n_1 = diamètre de la poulie et vitesse de rotation d'origine

D_2 et n_2 = diamètre de la nouvelle poulie et nouvelle vitesse de rotation



- Si le moteur du ventilateur possède plusieurs vitesses, une commutation sur une vitesse inférieure peut s'avérer suffisante. Cette commutation peut être automatique en fonction du moment de la journée.

Par exemple : passage en petite vitesse en journée dans la cafétéria d'un hôpital.

Remarque :

Une réduction de la vitesse de rotation du ventilateur diminue la charge électrique du moteur. Il convient donc de mesurer l'intensité absorbée par le moteur après chaque modification de poulie et d'ajuster la protection du moteur à la nouvelle intensité, en remplaçant le disjoncteur, pour assurer un déclenchement plus rapide en cas de problème (ce qui augmente les chances de sauver la machine).

Motor 3 ~	50/60 Hz	IEC 34-1
MET 112 M		2860/3460 tr/min
4/4.6 kW	Cl.F	cos φ = 0.90
380-420/440-480 VY		8.1/8.1 A
220-240/250-280 VΔ		14.0/14.0 A
N°MK 142031-AS	IP55	30kg

LA JUSTIFICATION

Lors de la sélection du ventilateur, le point de fonctionnement est déterminé théoriquement en définissant le débit nécessaire et en calculant les pertes de charge du circuit pour ce débit. Ce calcul est souvent approximatif. Par mesure de sécurité, les pertes de charge sont surévaluées et le ventilateur choisi fournit un débit plus grand que nécessaire.

5 Ventilation

15 En ventilation hygiénique, gérer le ventilateur en fonction des horaires d'occupation

LA MESURE

- Arrêter ou diminuer l'extraction en dehors des heures d'occupation
- Limiter la ventilation pendant les périodes de faible occupation

LA RENTABILITE

Le temps de retour de telles opérations est souvent inférieur à 1 an.

Exemple :

Un ventilateur sanitaire extrait 1 000 m³/h, dans un immeuble de bureaux occupé de 8 à 18 h. Si la ventilation fonctionne en continu, l'adaptation des horaires de ventilation à l'occupation permet d'arrêter le ventilateur pendant environ 6130 heures, dont 4130 pendant la saison de chauffe.

Economie en électricité :

$$0,25 \text{ [W/(m}^3\text{/h)]} \times 1\,000 \text{ [m}^3\text{/h]} \times 6\,130 \text{ [h/an]} = 1\,532 \text{ [kWh/an]}$$

où 0,25 W/(m³/h) est un ordre de grandeur de puissance absorbée pour une extraction seule. Pour installation double flux, la puissance absorbée par les ventilateurs varie de 0,25 (installation performante) à 0,75 W (installation moyenne) par m³/h d'air transporté.

Economie en chauffage :

$$0,34 \text{ [W/m}^3\text{.K]} \times 1\,000 \text{ [m}^3\text{/h]} \times (16 \text{ [}^\circ\text{C]} - 5 \text{ [}^\circ\text{C]}) \times 4\,130 \text{ [h/an]} / (0,7 \times 1\,000) = 15\,446 \text{ [kWh/an]} \text{ ou } 1\,544 \text{ litres de fuel ou m}^3 \text{ de gaz par an}$$

où 16°C est la température de consigne de chauffage en période de ralenti et 5°C la température extérieure moyenne nocturne durant la saison de chauffe

L'économie financière totale s'élève à environ 406 €/an (à 20 cents €/litre de fuel et 6,5 cents €/kWh en heures creuses).

L'investissement à consentir pour une horloge programmable est de l'ordre d'une centaine d'euros.



LA MISE EN OEUVRE

- Dans une installation de ventilation simple flux (grilles dans les menuiseries et extraction dans les sanitaires), l'extraction peut être automatiquement coupée ou réduite durant les périodes d'inoccupation.

Remarque : une coupure complète risque de provoquer la propagation d'odeurs.

Pour réduire l'extraction en inoccupation, il faut que les extractions sanitaires soient équipées de ventilateurs à deux vitesses.

- Dans une installation double flux (pulsion dans les locaux et extraction dans les sanitaires), les extractions sanitaires peuvent passer en régime réduit en période



5 Ventilation

15 En ventilation hygiénique, gérer le ventilateur en fonction des horaires d'occupation

d'occupation tandis que la pulsion d'air neuf est arrêtée. Il y a alors une légère dépression dans l'ensemble des locaux intéressés.

- Dans les locaux ventilés indépendamment, donc l'occupation varie selon un horaire connu (exemple, un réfectoire très peu occupé en journée et plein entre 12h00 et 14h00), on peut commander le passage de grande vitesse à petite vitesse du ventilateur en fonction de l'horaire de la journée

Dans le choix de ce mode de gestion, certaines précautions de base sont à prendre :

- Adapter le nombre d'heures de fonctionnement et l'horaire d'exploitation lorsque les besoins et les affectations des locaux changent.
- Contrôler régulièrement la programmation de l'horloge (suspendre une étiquette à proximité avec l'horaire valable).
- Modifier l'horaire en fonction des saisons si nécessaire.

LA JUSTIFICATION

Le contrôle du temps de fonctionnement est un des paramètres de gestion les plus faciles à gérer soi-même. Les interventions sont simples, les gains en énergie et usure du matériel souvent énormes.

5 Ventilation

16 En ventilation hygiénique, moduler le débit d'air neuf en fonction du taux d'occupation des locaux

LA MESURE

En ventilation hygiénique moduler le débit d'air neuf en fonction du taux d'occupation des locaux :

équiper les locaux à occupation variable de bouches réglables et de capteurs représentatifs de la présence (sondes de qualité d'air, détection de présence,...) et adapter la régulation du ventilateur

LA RENTABILITE

L'investissement à consentir pour adapter l'installation existante rend la mesure difficilement rentable dans les immeubles de bureaux classiques.

Elle ne peut se justifier que pour des locaux dont l'occupation est très intermittente : salle de conférence, salle de réunion, bureaux utilisés sporadiquement, ...

LA MISE EN OEUVRE

On peut installer, dans les locaux, des capteurs représentatifs de la présence. Exemples :

- les horloges, pour programmer les temps de fonctionnement (si horaire stable et taux d'occupation constante),
- les contacts de portes (ou les serrures électriques de portes),
- les contacts de fenêtres,
- les contacts de lumière, avec temporisation (WC, douches,...),
- les détecteurs de CO, pour les parkings de voiture,
- les détecteurs de CO₂ (et autres sondes de qualité d'air), sensible à la présence de gaz carbonique, et donc des personnes,
- les détecteurs de présence infrarouge, sensibles à la chaleur dégagée par les occupants,
- les compteurs de mouvement par détection infrarouge,
- ...



Exemples de bouche avec détecteur de présence intégré



Ces capteurs commandent

- soit directement le ventilateur si le système ventile un seul local, ou si l'occupation des différents locaux est homogène (par exemple, un ensemble de bureaux régulés par une horloge)
- soit les bouches de pulsion ou d'extraction du local, selon que le système de ventilation mécanique est à simple flux (une extraction dans chaque local) ou à double flux (une pulsion dans chaque local et une extraction).

Dans ce cas, le débit du ventilateur doit être régulé pour maintenir un certain niveau de pression dans le réseau : par exemple, maintenir la pression constante à l'entrée du circuit.

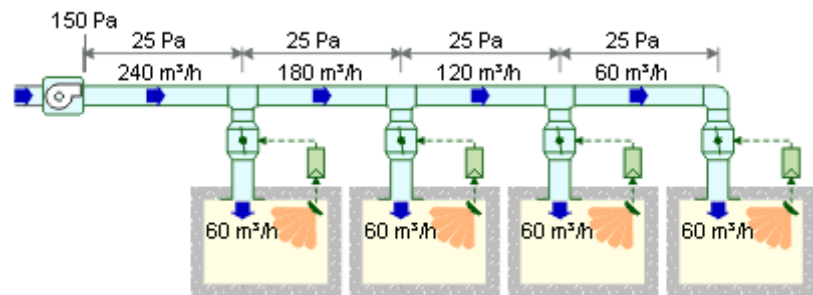
- Soit, avec un ventilateur centrifuge avec aubes à réaction, en faisant varier la vitesse du ventilateur en fonction d'une prise de pression.
- Soit en utilisant un ventilateur à courbe caractéristique plate, c'est-à-dire un ventilateur centrifuge avec aubes à action.

Exemple :

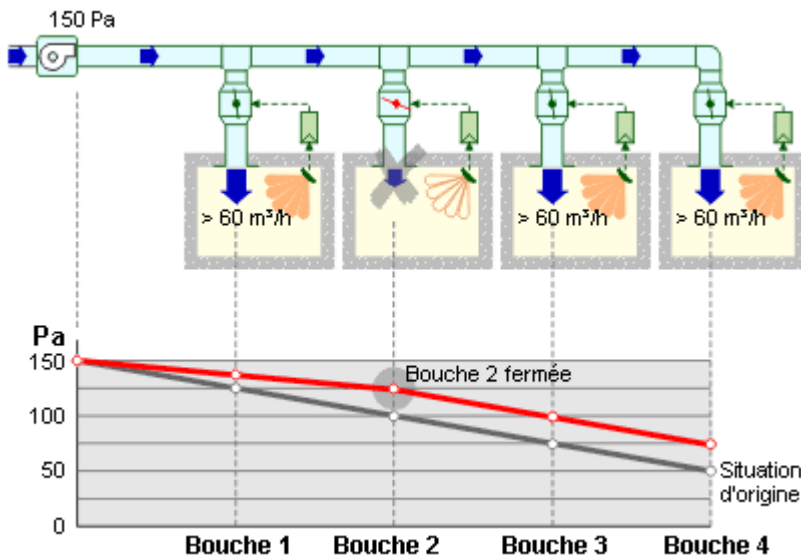
5 Ventilation

16 En ventilation hygiénique, moduler le débit d'air neuf en fonction du taux d'occupation des locaux

Un ventilateur alimente 4 bureaux en série sur le même réseau de distribution. Il pulse $60 \text{ m}^3/\text{h}$ d'air neuf dans chaque bureau. Une pression de 50 Pa est nécessaire pour garantir ce débit au niveau de la dernière bouche. Pour cela, étant donné les pertes de charge du réseau, une pression de 150 Pa est nécessaire à la sortie du ventilateur.



Voici qualitativement comment va évoluer la pression au niveau des différentes bouches lorsqu'une des bouches se ferme (par exemple la deuxième) :

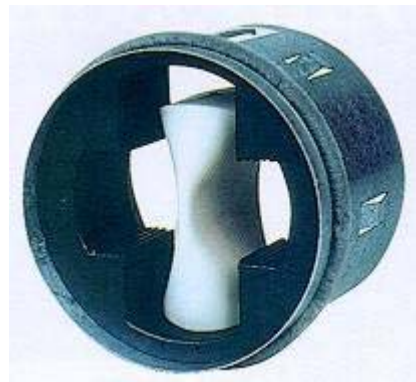


On constate que malgré la régulation de pression, la pression, donc le débit va augmenter au niveau de chaque bouche ouverte.

Si on maintient constante la pression à la fin du circuit de distribution, la fermeture d'une bouche va entraîner une diminution de pression et donc de débit au niveau de chaque bouche ouverte. Le débit hygiénique minimum risque alors de ne plus être respecté.

Une solution pour maintenir le même débit de pulsion dans les bouches ouvertes lorsque l'une se ferme consiste à remplacer les bouches existantes par des bouches à débit autoréglable (pour peu que le circuit de distribution ne soit pas trop long et que les bouches soient commandées en tout ou rien).

Les éléments autoréglables maintiennent un débit constant quelle que soit la pression dans le circuit : lorsque la pression augmente, la membrane centrale se gonfle, empêchant l'augmentation de débit et vice versa.



Pour les réseaux importants avec plusieurs branches en parallèle, des éléments autoréglables sont également placés au début de chaque branche de circuit

5 Ventilation

17 Gérer la climatisation "tout air" en fonction des horaires d'occupation

LA MESURE

- Arrêter pulsion et extraction en dehors des heures d'occupation (sauf relance)
- Limiter le débit d'extraction sanitaire la nuit et le week-end

LA RENTABILITE



Cette mesure est rentable en ventilation hygiénique (voir fiche [5.15](#)).

Elle l'est d'autant plus en climatisation tout air : les débit d'air traités sont de 6 à 8 fois plus importants !

LA MISE EN OEUVRE

- Réguler les ventilateurs de pulsion et d'extraction avec une horloge programmable.

Pour chacun des groupes de préparation d'air, arrêter la climatisation en fin de période d'occupation des locaux qu'il traite.

La relancer une ou deux heures avant le début d'occupation en veillant à couper l'apport d'air neuf pendant cette période. La durée de la relance dépend du bâtiment et de l'installation. Elle doit être définie petit à petit, par essai et erreur. Elle peut varier en fonction de la période de l'année (plus importante en hiver, limitée en mi-saison).

En été, si le bâtiment a suffisamment d'inertie thermique (voir remarque de la fiche [5.9](#)), on peut envisager de pré-refroidir le bâtiment avant l'occupation pour profiter du tarif de nuit.

- Réduire l'extraction sanitaire automatiquement durant les périodes d'inoccupation.

(Une coupure complète risque de provoquer la propagation d'odeurs.)

Il y a alors une légère dépression dans l'ensemble des locaux intéressés.

Dans le choix de ce mode de gestion, certaines précautions de base sont à prendre :

- Modifier l'horaire en fonction des saisons si nécessaire.
- Adapter l'horaire d'exploitation lorsque les besoins et les affectations des locaux changent.



5 Ventilation

17 Gérer la climatisation "tout air" en fonction des horaires d'occupation

- Contrôler régulièrement la programmation de l'horloge (suspendre une étiquette à proximité avec l'horaire valable).

LA JUSTIFICATION

Le contrôle du temps de fonctionnement est un des paramètres de gestion les plus faciles à gérer soi-même. Les interventions sont simples, les gains en énergie et usure du matériel souvent énormes.

5 Ventilation

18 Gérer les débits d'air neuf en climatisation "tout air"

LA MESURE

Adapter le réglage du registre de mélange air neuf / air recyclé

- en fonction de la température extérieure et du mode de fonctionnement de l'installation
- en fonction du nombre d'occupants pour la climatisation individuelle d'une salle de réunion, de conférence

LA RENTABILITE

Ces actions sont rapidement rentabilisées par la diminution des besoins de chauffage de l'air neuf.

L'économie peut aller jusque 50% si le système fonctionne en tout air neuf au départ.

LA MISE EN OEUVRE

Pour une installation traitant plusieurs locaux, réguler la modulation du volet d'air neuf pour

- Limiter le débit d'air neuf au minimum hygiénique en plein hiver et en plein été (voir les débits hygiéniques minimum imposés par la réglementation wallonne dans des immeubles de bureaux repris dans la fiche [5.14](#)),
- Ne pas devoir chauffer l'air pulsé en mi-saison si l'air extérieur est plus frais que l'ambiance, et que le bâtiment doit être refroidi : adapter la quantité d'air recyclé et mélangé à l'air neuf pour que l'air pulsé atteigne la température de consigne de pulsion,
- Arrêter le débit d'air neuf pendant la relance du bâtiment (pas d'occupants) en période de chauffe,
- N'avoir que de l'air extérieur si l'on souhaite refroidir le bâtiment durant la nuit (free cooling).



Registre de mélange

Pour une installation traitant un seul local, il est possible, en plus, de régler le taux d'air neuf en fonction de l'occupation.

Exemple :

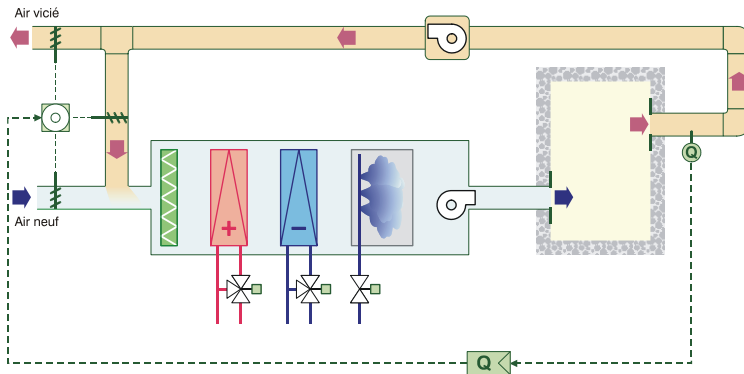
Le taux d'air neuf de la salle du restaurant d'entreprise (occupation très variable) modulé en fonction d'une sonde COV (détecteur de Composés Organiques Volatiles, encore appelée sonde de mélange de gaz, ou sonde de qualité d'air, sensible aux odeurs les plus diverses, et donc à la fumée de cigarette).

Généralement, la modulation du volet d'air neuf en fonction des besoins réels du local se fait via une sonde de qualité d'air placée dans le conduit d'air extrait.



5 Ventilation

18 Gérer les débits d'air neuf en climatisation "tout air"



Mais parfois, il est plus judicieux de placer une sonde de qualité d'air dans le local même.

Exemple :

si la ventilation d'un restaurant est assurée par une pulsion en salle et une extraction en cuisine, une sonde placée en salle sera plus significative des besoins hygiéniques de la salle

LA JUSTIFICATION

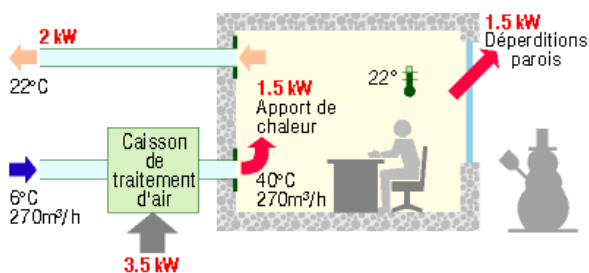
Un taux d'air neuf minimum est requis pour assurer l'air hygiénique aux occupants. Mais ce débit d'air est coûteux !

Or, le bureau d'études a dimensionné l'installation sur plan, sur base d'un nombre présumé de personnes présentes ! Un réajustement en fonction de l'occupation réelle est donc fort utile.

De plus, les besoins thermiques ne restent pas constants en fonction des saisons. Il est donc utile de modifier le régime de fonctionnement selon la demande du bâtiment (chauffage ou refroidissement).

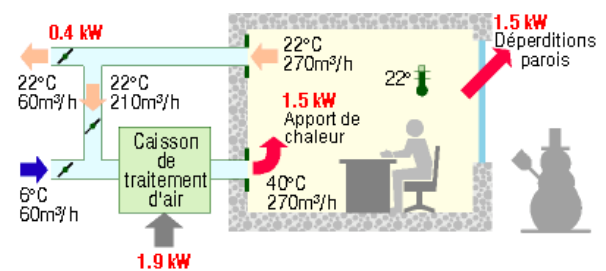
Pour avoir un ordre de grandeur des consommations en jeu, comparons, par exemple, deux situations pour un bureau de 60 m³:

1. Il est alimenté en "tout air neuf" :



L'installation rejette 270 m³ d'air à 22°C chaque heure, soit 2 kWh.

2. L'apport d'air neuf est limité aux besoins hygiéniques :



cette quantité est réduite à 60 m³, soit 0,4 kWh

Ainsi, pour apporter la même quantité de chaleur dans le bureau (1,5 kW) l'énergie à fournir chaque heure est de 3,5 kWh dans le premier cas, et de 1,9 kWh dans le second cas. On réalise une économie de **45%**!

Il importe donc d'adapter à tout moment le débit d'air neuf adéquat.

5 Ventilation

19 Entretien des filtres

LA MESURE

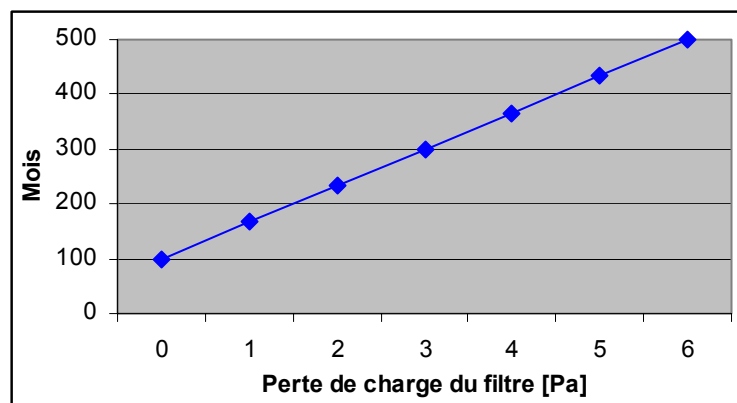
Remplacer les filtres régulièrement, suivant indication du manomètre de pression différentielle, et au moins tous les deux ans.

LA RENTABILITE

L'économie financière liée à l'économie d'énergie qu'on réalise en remplaçant un filtre peut être comparée au prix d'un filtre neuf.

Exemple :

On place un nouveau filtre fin en janvier. Sa perte de charge varie entre 100 et 500 Pa



Envisageons deux cas de figure :

1. On garde le filtre 6 mois, jusque fin juin

Pendant les mois de mai et juin, la perte de charge moyenne du filtre sera de

$$(500 \text{ Pa} - 100 \text{ Pa}) / 2 = 200 \text{ Pa}$$

La consommation des ventilateurs due au filtre, pendant ces 60 jours (840 h pour un fonctionnement journalier de 14 h), pour un débit de 15 000 m³/h (soit 4,2 m³/s) et un rendement de l'installation de ventilation de 0,65, est de

$$4,2 \text{ [m}^3\text{/s]} \times 200 \text{ [Pa]} \times 840 \text{ [h]} / 0,65 = 2308 \text{ [kWh]}$$

2. On remplace le filtre après 4 mois, fin avril

Pendant les mois de mai et juin, la perte de charge moyenne du filtre sera de

$$(100 \text{ Pa} + 360 \text{ Pa}) / 2 = 230 \text{ Pa}$$

$$4,2 \text{ [m}^3\text{/s]} \times 230 \text{ [Pa]} \times 840 \text{ [h]} / 0,65 = 896 \text{ [kWh]}$$

L'économie réalisée est de 61%, soit 1 400 kWh ce qui représente 162€ (pour un prix moyen du kWh de 7 c€).

LA MESURE

Une gestion efficace du remplacement des filtres doit comporter un manomètre mesurant en permanence la perte de charge des filtres. Lorsque la perte de charge maximum admissible par le fabricant du filtre est atteinte, le filtre doit être changé. Cette valeur est la limite à partir de laquelle le fabricant ne garantit plus les performances de son filtre et/ou sa résistance mécanique.

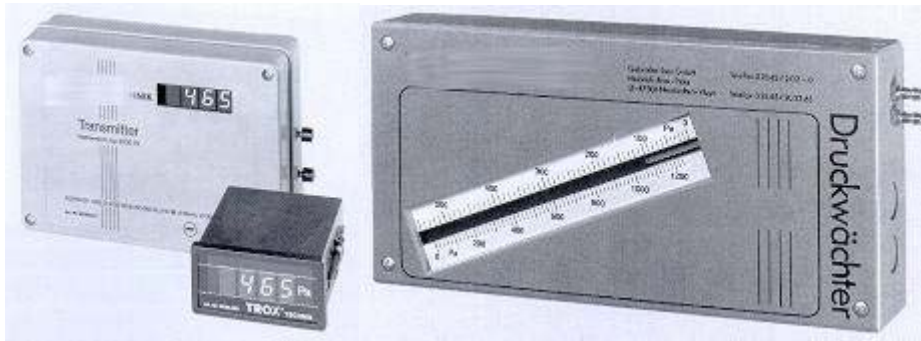
En outre, pour des questions d'odeur, un filtre doit être changé au minimum tous les 2 ans.



5 Ventilation

19 Entretien les filtres

La mesure de perte de charge s'effectue avec un manomètre différentiel avec une prise de pression en amont et en aval du filtre. On utilise en général des manomètres à aiguille avec une aiguille de contrôle à la valeur "filtre sale".



Manomètres de prise de pression différentielle au droit des filtres

LA JUSTIFICATION

Les filtres constituent des pertes de charge non négligeables dans l'ensemble d'un réseau de ventilation. Après un certain temps de fonctionnement (environ 3 000 heures), la perte de charge d'un filtre augmente rapidement dû à son colmatage. Il en résulte :

- Si le ventilateur maintient un débit constant, il en découle une surconsommation qui peut après un certain temps être équivalente au coût d'un nouveau filtre.
- Sinon, une diminution du débit pulsé et une diminution de la puissance absorbée par le ventilateur. On consomme donc moins, mais le débit de l'installation peut chuter en dessous d'un minimum admissible, la répartition volontaire des zones en surpression et en dépression (par exemple dans un hôpital) peut être modifiée, sans que l'on s'en rende compte.
- Des risques d'infiltrations d'impuretés dans l'installation (air non filtré passant par les espaces presque inévitables existant entre les éléments actifs des filtres et leurs supports).

5 Ventilation

20 Améliorer le rendement de la transmission du ventilateur

LA MESURE

Vérifier la transmission par courroie des ventilateurs pour améliorer le rendement de la transmission

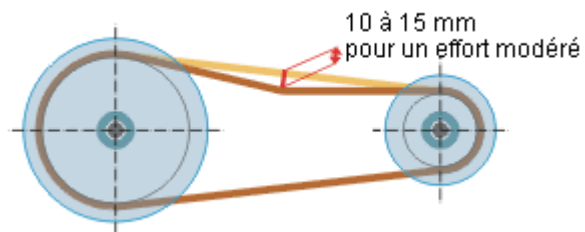
LA RENTABILITE

Cette mesure ne demande pas d'investissement et est directement rentable : bien réglée, une transmission par courroies a un rendement de l'ordre de 97%. Ce rendement peut chuter à 90 voire 80% pour des entraînements par courroies trapézoïdales munis de poulies trop petites et dont la tension est mal réglée.

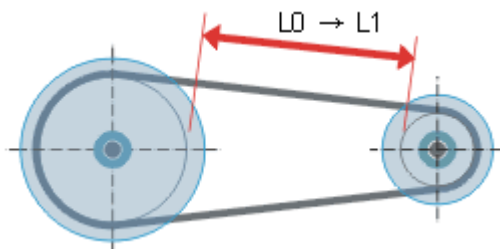
LA MISE EN OEUVRE

➔ Vérifier la tension des courroies

- Une courroie trop tendue siffle souvent au démarrage. Ce phénomène apparaît cependant aussi si la courroie est insuffisante pour la charge à transmettre
- Une tension insuffisante de courroie entraîne un battement de celle-ci



Un truc indicatif pour régler la tension d'une courroie : tracer 2 repères sur une partie droite de la courroie non tendue, avec l'interdistance L_0 la plus grande possible. La distance entre repères L_1 après tension ne doit pas dépasser :



$L_1 = 1,006 \times L_0$ pour un entraxe inférieur à deux fois le diamètre de la plus grande poulie,

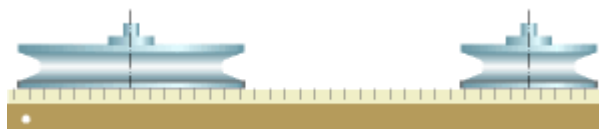
$L_1 = 1,008 \times L_0$ pour un entraxe supérieur à deux fois le diamètre de la plus grande poulie.

➔ Remplacer les courroies usées.

Dans le cas des courroies multiples, toujours changer tout le jeu de courroies en même temps et ne prendre que des jeux de courroies appairées.

➔ Vérifier l'alignement des poulies.

Un défaut d'alignement des poulies se marque par une usure latérale des courroies et la présence de poussière noire autour de la transmission.



5 Ventilation

20 Améliorer le rendement de la transmission du ventilateur

LA JUSTIFICATION

Le rendement du système de ventilation dépend du rendement du moteur, de la transmission et du ventilateur.

Tension des courroies

La transmission par courroies est source de pertes qui peuvent devenir importante dans le cas d'un mauvais réglage.

- Une courroie trop tendue use rapidement les paliers et la courroie et augmente les pertes de la transmission. Le débit d'air n'augmente pas lorsque la courroie est trop tendue
- Lorsque la courroie n'est pas assez tendue, les pertes de la transmission augmentent et le débit d'air transporté diminue, car la courroie patine. Il est possible qu'en fin de compte on ne consomme pas plus d'énergie électrique qu'avant, car la diminution de débit peut compenser l'augmentation des pertes de la transmission ; par contre il est sûr que la prestation réalisée par l'installation est diminuée du fait de la perte de débit d'air.

Usure des courroies

L'usure des courroies augmente aussi les pertes par transmission et peut, le cas échéant, par patinage faire diminuer le débit d'air transporté.

Alignement des poulies

Un défaut d'alignement des poulies entraîne une usure latérale des courroies

5 Ventilation

21 Prévoir le remplacement des ventilateurs qui tombent en panne

LA MESURE

Mesurer et noter la puissance réelle utilisée par les ventilateurs afin de choisir la puissance réellement nécessaire lors du remplacement.

LA RENTABILITE

Pour un investissement en temps très faible, les économies peuvent être considérables si le nouveau ventilateur est bien choisi : la consommation d'un ventilateur est proportionnelle au cube de sa vitesse. Si donc on peut réduire de moitié la vitesse de rotation, la consommation chutera au huitième de sa valeur.

LA MISE EN OEUVRE

L'idée est de prévoir dès à présent qu'il faudra remplacer un jour l'appareil. Or il est possible d'évaluer le débit réellement nécessaire et, grâce à celui en place, de faire un bilan précis des pertes de charge réelles du réseau.

Mesurer et noter la puissance réelle utilisée par les ventilateurs afin de choisir la puissance réellement nécessaire lors du remplacement.

LA JUSTIFICATION

Lors de la sélection du ventilateur, le point de fonctionnement est déterminé théoriquement en définissant le débit nécessaire et en calculant les pertes de charge du circuit pour ce débit. Ce calcul est souvent approximatif. Par mesure de sécurité, les pertes de charge sont surévaluées. Conséquences, le ventilateur choisi

- soit fournit un débit plus grand que nécessaire ce qui entraîne des surconsommations non seulement au niveau du ventilateur mais également au niveau de la préparation de l'air (voir les fiches [5.14](#) et [5.16](#)),
- soit, s'il est possible de diminuer sa vitesse, fonctionne avec un rendement plus faible.

(Voir exemple au verso).

Ce choix d'un ventilateur efficace est d'autant plus important que le ventilateur est destiné à tourner pendant de très nombreuses heures par an.



5 Ventilation

21 Prévoir le remplacement des ventilateurs qui tombent en panne

Exemple :

Un ventilateur de 8 000 m³/h est dimensionné pour des pertes de charge de 1 000 Pa. Il devrait donc tourner à 1 950 tr/min, avec un rendement de 81%.

Si les pertes de charges réelles du réseau ne sont que de 500 Pa, le débit d'air sera de 13 000 m³/h.

S'il est possible de diminuer sa vitesse de fonctionnement (en modifiant le rapport des poulies), il tournera alors à 1600 tr/min, avec un rendement du ventilateur de 75%.

Sa puissance à l'arbre sera de 1,6 kW. Ce qui sera une diminution appréciable :

$$(2,8 - 1,6) \text{ kW} \times 52 \text{ semaines} \times 5 \text{ jours/semaine} \times 12 \text{ h/jour} = 3\,744 \text{ kWh.}$$

Si un nouveau ventilateur est choisi, il sera sélectionné pour fournir les 8 000 m³/h avec un rendement optimal de 81 %, ce qui entraîne une économie supplémentaire de :

$$1,6 \text{ kW} \times 6\% \times 52 \text{ semaines} \times 5 \text{ jours/semaine} \times 12 \text{ h/jour} = 300 \text{ kWh.}$$

