

LES SYSTÈMES DE CLIMATISATION INTÉGRÉS EN PLAFOND

Encore au stade embryonnaire en France, la climatisation par plafond rafraîchissant est une technique qui nous vient des pays scandinaves où elle est largement développée.

La climatisation par plafond rafraîchissant est actuellement utilisée principalement en réhabilitation de bureaux ou d'hôtels car ce système a l'avantage de pouvoir être installé sans trop de contraintes du point de vue de l'encombrement, puisqu'il ne nécessite pas de gaines aussi importantes que pour un système aéraulique, par exemple.

De plus, cette technique n'utilisant pas de ventilateur, elle présente un bon confort du point de vue acoustique et aéraulique puisqu'elle évite les mouvements d'air qui sont souvent à l'origine de sensations de gêne.

Il existe plusieurs types de "plafonds froids" utilisant l'eau (meilleur caloporteur que l'air) comme vecteur du froid :

> les nattes de tubes capillaires en polypropylène stabilisé que l'on fixe au plafond (procédé Ka-Ro d'APPELSA).

> les profils de conduction thermique en aluminium extrudé dans lesquels est serti un tube de cuivre où circule l'eau (TROX, HESCO).

Ces profils sont fixés sur des panneaux diffuseurs, perforés ou non.

> Les modules dits à effet convectif renforcé : les ailettes inclinées constituent une sorte de cheminée froide induisant un mouvement d'air frais supplémentaire (KRANTZ).

Signalons qu'un échangeur de chaleur spécialement conçu pour cette application a été développé par CARRIER. Il s'agit d'un tube cuivre aplati disposé en spirale, à contre-courant, à pas variable, sur la dalle de faux-plafond, quel que soit le matériau. Une colle spécifique a été développée pour amener un contact maximal entre le tube et son support.

Les dimensions de ces échangeurs sont variables pour s'adapter aux différentes marques et tailles de plaques de plafond métalliques ainsi que la disposition des tuyauteries susceptible d'être réajustée pour faire face aux aménagements ultérieurs des locaux.

On peut également citer les variantes que sont :

NDLR. D'autres systèmes sont commercialisés en Europe. Nous nous sommes volontairement limités aux techniques disponibles actuellement en France.

Figure 1. Les nattes en tubes capillaires se posent en sous-face du plafond. Elles peuvent être enduites d'un crépi qui pourra recevoir une finition classique (Doc. APPELSA).

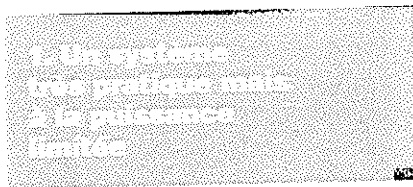


les systèmes de climatisation intégrés en plafond

▷ les poutres convectives, constituées de profilés "persiennés" en aluminium englobant un tube de cuivre dans lequel circule l'eau (HESCO).

▷ les poutres à effet d'induction qui comportent un soufflage d'air incorporé. L'air neuf circule dans une gaine d'air équipée de buses par lesquelles l'air est expulsé. L'air ambiant, quant à lui, pénètre dans la poutre qui se refroidit au contact d'une batterie puis se mélange à l'air neuf au niveau de la partie latérale (ANEMOTHERM. FLUSHLINE - procédé FAREX diffusé par CAP II).

Il est à noter que certains de ces appareils sont réversibles.



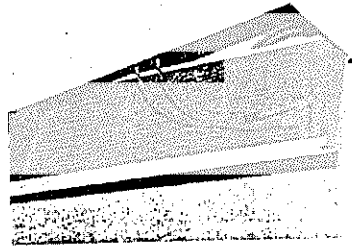
A quelques détails près le transfert thermique de ces appareils se fait moitié par rayonnement et moitié par convection.

Le plafond est un endroit très approprié pour émettre l'air frais car celui-ci a naturellement tendance à descendre entraîné par son propre poids (l'air frais est plus lourd que l'air ambiant).

L'eau circule donc à l'intérieur de panneaux radiants disposés au plafond, libérant ainsi l'espace au sol pour les différents aménagements. Ce système permet aussi le déplacement des cloisons dans les bureaux sans remettre en cause l'installation de climatisation.

Le régime de température est assez

Figure 2. Les nattes peuvent également être en faux-plafond, posées sur des panneaux diffuseurs (Doc. APPELSA).



élevé (15/18°C à un ou deux degrés près), c'est pourquoi cette technique n'est à utiliser que pour combattre des charges thermiques relativement peu élevées.

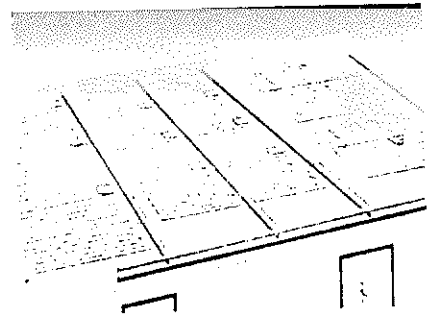
De plus, compte tenu de l'émission frigorifique des plafonds froids relativement faible (entre 50 et 90 W/m²) on doit disposer d'une surface d'émission importante (en tenant compte de la place occupée par les luminaires). Ce système n'est pas adéquat, non plus, pour les hauteurs sous plafond importantes : une hauteur de 4 à 5 m semble être le maximum pour conserver un effet de rayonnement sensible.

2. Les techniques de ventilation associées

Le renouvellement d'air n'étant pas assuré par les plafonds froids, il faut choisir un système compatible pour des conditions de confort optimales.

La technique de la ventilation par "déplacement" paraît une solution

Figure 3. Echangeur spirale du Comfort Ceiling de CARRIER.



satisfaisante. Elle permet d'assurer la diffusion d'air à basse vitesse (inférieure à 0,5 m/s) pour éviter tous risques de gêne de nature aéroulque ou acoustique.

Ce principe repose sur le principe naturel que l'air chaud plus léger que l'air ambiant a tendance à s'élever. L'air frais, environ 5 à 6°C en dessous de la température ambiante, "s'écoule" directement dans la zone occupée.

Au contact des sources chaudes (personnes, machines...), cet air se réchauffe, entraînant les polluants dans son courant ascendant. Cet air sera alors refroidi au contact des plafonds froids qui évacueront les calories par échange thermique.

Le "free-cooling" s'associe également bien aux plafonds froids.

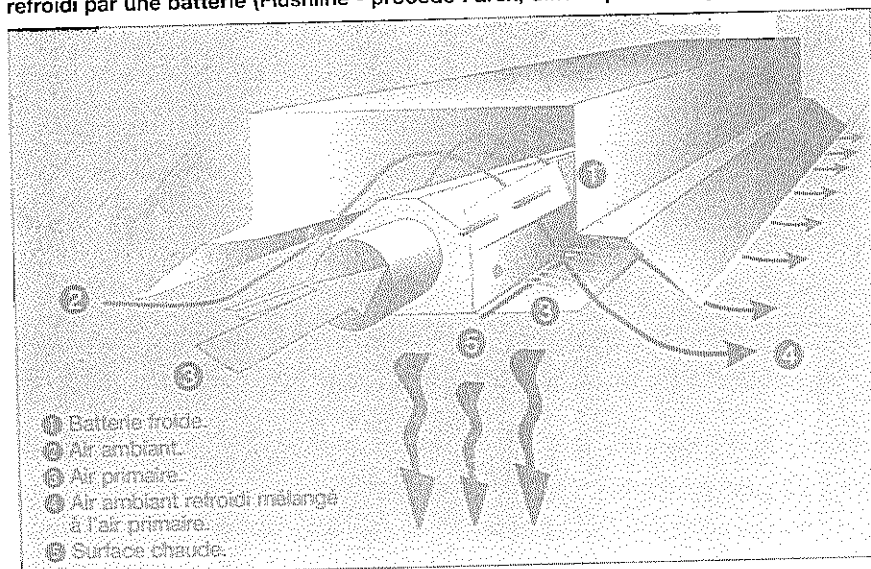
La nuit, la température extérieure est souvent basse en France et cela même l'été. On peut donc, dans le cas de bâtiments non occupés pendant cette période, utiliser la fraîcheur nocturne pour abaisser la température des parois intérieures (plafonds, murs...) et ainsi emmagasiner du froid, ce qui permettra d'absorber la part des apports internes liés aux activités diurnes.

On peut faire du "free-cooling" soit directement sur l'air neuf, soit par l'intermédiaire d'une boucle à eau, en général glycolée. Le vecteur air autorise une meilleure performance énergétique puisqu'il n'y a pas d'échangeur de chaleur entraînant une dégradation du niveau de température.

Il est d'autre part en adéquation avec le principe de ventilation par déplacement.

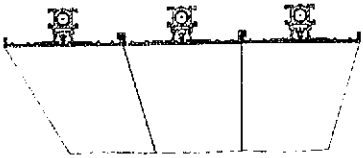
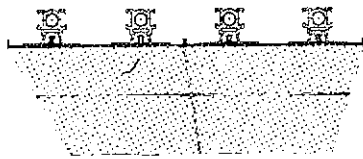
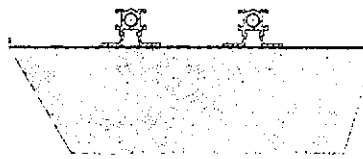
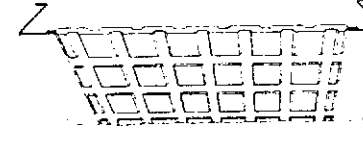
Toutefois, la technique du rafraîchissement "gratuit" n'est valable que s'il y a une différence nette entre la température ambiante et la température extérieure : un écart de 5°C semble être une valeur adéquate car, dans le même temps, les parois ne doivent pas être trop refroidies pour éviter, lors de l'ouverture des locaux, les phénomènes de condensation.

Figure 4. L'air neuf expulsé par les buses se mélange à l'air ambiant préalablement refroidi par une batterie (Flushline - procédé Farex, diffusé par CAP II).



les systèmes de climatisation intégrés en plafond

Figure 5. Différents types de panneaux diffuseurs sur lesquels sont fixés des profilés de conduction dans lesquels est serti un tube de cuivre (Doc. TROX).

<p>Type WK-D-PK</p> 	<p>Panneaux d'aluminium de 200 mm de large</p> <ul style="list-style-type: none"> - perforés. - non perforés, - écart de 20 mm entre les panneaux, - sans espace entre les panneaux, - laqués, - anodisés, - enduits (sur site). - collés (sur site).
<p>Type WK-D-UK</p> 	<p>Elements de plafond les plus courants</p> <ul style="list-style-type: none"> - perforés, - non perforés, - en tôle d'aluminium, - en tôle d'acier.
<p>Type WK-D-US</p> 	<p>Panneaux de tôle de différentes dimensions</p> <ul style="list-style-type: none"> - perforés, - non perforés, - en tôle d'aluminium, - en tôle d'acier, - enduits (sur site), - collés (sur site).
<p>Type WK-D-R</p> 	<p>Panneaux modulaires de différentes dimensions</p> <ul style="list-style-type: none"> - acier inoxydable. - laqués. - enduits (sur site).

Comment empêcher la condensation

Compte tenu de la valeur assez élevée de la température de rosée probable de l'air intérieur et dans le cas où l'on souhaite obtenir du plafond froid des performances importantes, il sera le plus souvent nécessaire d'associer aux plafonds froids une déshumidification sur l'air neuf⁽¹⁾.

Toujours pour éviter le risque de condensation, on peut diminuer la température de l'air soufflé ou alors augmenter le taux de renouvellement d'air.

L'utilisation des bouches de soufflage à induction peut également constituer une solution appropriée car elles permettent d'assurer le confort vis-à-vis des courants d'air pour des températures d'air soufflé aussi basses que 12°C.

Elles se prêtent bien également à l'emploi de déshumidificateurs sans qu'il soit nécessaire de prévoir de réchauffeur terminal, ce qui permet de réaliser des économies d'énergie.

D'autre part, elles permettent, pour un moindre débit d'air, d'assurer une fourniture complémentaire en froid ce qui est particulièrement utile en cas d'apports thermiques élevés.

En fait, la principale difficulté lors du dimensionnement des plafonds froids est l'incertitude sur l'évaluation des charges de froid maximales des locaux climatisés et sur la prévision correcte de la température de rosée de l'air ambiant.

Sa valeur dépend, en effet, de nombreux paramètres difficilement appréhendables : le nombre d'occupants, les conditions climatiques extérieures, le taux réel de ventilation et la migration de l'humidité.

Devant ces incertitudes, la déshumidification doit apparaître comme la solution technique à privilégier. En effet, elle permet, en réduisant réellement l'humidité intérieure, de maîtriser le risque de condensation tout en autorisant une fourniture de froid plus importante.

Elle constitue également une solution flexible permettant en cours d'exploitation de corriger les éventuelles erreurs de dimensionnement soit en déshumidifiant davantage, soit en installant là où cela pourrait s'avérer nécessaire des limiteurs de température.

PLAFONDS FROIDS : PAS DE NORME EN FRANCE

Il n'existe pas pour l'instant en France de norme pour préciser les performances des plafonds froids ou des poutres froides.

Le CSTB analyse, à la demande des industriels, si un produit est conforme à la procédure ATEX (Appréciation Technique d'EXpérimentation).

Cette "appréciation technique" est assortie de recommandations mais n'a pas valeur d'Avis Technique. Elle ne qualifie pas les performances thermiques du plafond froid.

Le comité d'experts étudie la sécurité en termes de stabilité (stabilité à la construction et stabilité propre) et en termes de sécurité des intervenants et de sécurité incendie.

Il étudie également la faisabilité quant à la production (techniques, assurance qualité), la mise en œuvre et, enfin, le risque de désordre.

Par contre, en Allemagne, il existe une norme, la DIN V 4715 parue en avril 1993, qui codifie de façon rigoureuse les méthodes de mesure de l'émission frigorifique. Cette norme caractérise l'émission d'un plafond froid par deux facteurs **C** et **n** correspondant à la formule suivante : $P = C \cdot Dtm^n$

où :

▷ **C** = 6,28 W/m².°C et **n** = 1,1 (sans unité) caractérisant le plafond froid selon la norme.

▷ **Dtm** est la différence de la température moyenne logarithmique entre l'eau circulant dans le plafond et l'air ambiant. Sa valeur est donnée par la formule :

$$Dtm = \frac{T_2 - T_1}{\ln \left(\frac{T_a - T_1}{T_a - T_2} \right)}$$

dans laquelle :

T₁ est la température d'eau d'entrée

T₂ est la température d'eau de sortie

T_a, la température du local.

(1) Voir CFP n°578 - mars 1996, page 65.



les systèmes de climatisation intégrés en plafond

4. Exemple d'application dans un hôtel

La climatisation dans les hôtels devient de plus en plus un critère de sélection pour les éventuels clients. Les responsables de l'hôtel du Louvre Saint-Honoré à Paris l'ont bien compris, surtout dans un quartier aussi touristique que celui-ci.

Ne désirant pas fermer l'établissement pour autant, ni occasionner de gêne vis-à-vis des clients pendant la journée, leur choix s'est porté sur les nattes en tubes capillaires d'APPELSA (procédé Ka-Ro), lesquelles se distinguent par leur facilité d'installation. Elles peuvent s'appliquer sur tous types de plafonds à l'exception de plafonds en fibres ou en bois.

Dans le cas présent, les nattes ont été installées conjointement avec un plafond tendu. L'émission frigorifique, normalement comprise entre 65 à 100 W/m², est revue à la baisse du fait de la présence de ce plafond tendu : la chute de la performance est estimée à 15%.

La production d'eau glacée est réalisée par deux groupes froids de 37 kW de puissance alimentant 20 chambres chacun (2 groupes ont été choisis plutôt qu'un plus puissant, étant donné que le bâtiment est constitué de deux parties, côté cour et côté rue, qui ne pouvaient être réunies).

L'eau (16/19°C) circule à travers des collecteurs de 16 mm de diamètre intérieur alimentant des tubes capillaires de 2,3 mm de diamètre intérieur ; tout le circuit de distribution est réalisé en polypropylène stabilisé.

Ce matériau de synthèse a un coefficient de dilatation thermique linéaire de

0,15 (mm/m.K) et une conductibilité thermique s'élevant à 0,22 (W/m.K).

Au moment de la fabrication, les nattes sont testées à une pression de 20 bar puis à 10 bar sur le site avant la mise en eau.

Afin d'éviter le phénomène de condensation, une sonde de détection du point de rosée est prévue (associée au régulateur Tauka du fabricant).

La régulation se fait en fonction de la température ambiante par variation de débit, et l'équilibrage entre les différents départs est réalisé par une boucle de Tichelmann à chaque étage.

Le pilotage des vannes est confié à un seul thermostat (les vannes étant électriquement raccordées en parallèle) jusqu'à une surface active de 50 m². ■