

Livre blanc
Plafonds climatisés et inclusion de la masse
– Principes de fonctionnement et avantages

Livre blanc

Plafonds climatisés et inclusion de la masse – principes de fonctionnement et avantages

La gestion thermique des surfaces délimitant les pièces, en particulier du plafond en béton, peut apporter une contribution significative à l'exploitation efficace du point de vue énergétique d'un bâtiment. Il est indispensable d'avoir une compréhension approfondie des principes de fonctionnement des différentes variantes disponibles sur le marché lorsque cette «inclusion de la masse» est prise en compte dans le cadre de l'exploitation de plafonds climatisés.

Grâce à son laboratoire de climatisation interne avec plafond en béton massif, et aux nombreuses mesures qui y ont été effectuées avec différents produits et configurations de montage, Barcol-Air dispose de riches connaissances liées à l'inclusion de la masse et souhaite, dans ce livre blanc, partager les principales conclusions qui ont été tirées.

Ce livre blanc aborde les questions suivantes:

- Inclusion de la masse - Définition et avantages
- Principes de fonctionnement des différents systèmes
- Quels systèmes se prêtent-ils le mieux à une inclusion de la masse, lesquels se prêtent-ils le moins?
- Exploiter correctement un plafond climatisé avec inclusion de la masse

Rédacteur:



Thomas Burger, Directeur technique, Barcol-Air Group AG

Introduction

L'efficacité énergétique et l'exploitation durable sont des aspects vitaux de la conception des bâtiments. Outre les avantages en termes de coûts qu'offre l'utilisation des plafonds climatisés peu énergivores, la législation de certains pays, comme la Suisse, exige un degré d'inclusion de plus en plus élevé de la masse du bâtiment dans le cadre de l'élaboration du concept énergétique dudit bâtiment.

Différents systèmes de plafonds climatisés permettent d'inclure la masse au concept de climatisation du bâtiment. Dans ce contexte, les différentes solutions doivent être évaluées et catégorisées. Le présent livre blanc a pour objectif d'aborder ce sujet et de répondre aux questions suivantes:

- Comment l'inclusion de la masse se définit-elle?
- Quels avantages les systèmes de plafonds climatisés avec inclusion de la masse présentent-ils?
- Comment fonctionnent les différents systèmes disponibles sur le marché, quels sont leurs avantages et leurs inconvénients?
- De quelle manière les plafonds climatisés avec inclusion de la masse doivent-ils être exploités pour atteindre leur plein potentiel?

Table des matières

| | |
|--|----|
| Inclusion de la masse - L'enveloppe du bâtiment comme réservoir énergétique | 4 |
| Comment fonctionnent les systèmes de plafonds climatisés traditionnels sans inclusion de la masse? | 5 |
| Comment fonctionnent les systèmes de plafonds climatisés avec inclusion de la masse?..... | 6 |
| Quels avantages les systèmes de plafonds climatisés avec inclusion de la masse présentent-ils?..... | 7 |
| Système: Inclusion de la masse par des tuyaux de circulation d'eau..... | 8 |
| Système: inclusion de la masse par l'air et le rayonnement..... | 9 |
| Système: inclusion de la masse par rayonnement | 10 |
| Système: activation du noyau de béton..... | 11 |
| Résumé..... | 12 |
| Conclusion | 13 |

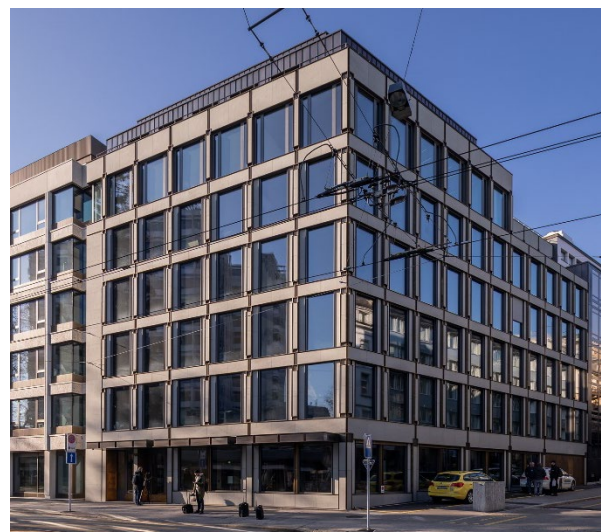
Inclusion de la masse – L'enveloppe du bâtiment comme réservoir énergétique

Chaque corps possède une capacité thermique, c'est-à-dire une capacité à transformer l'énergie en chaleur. Outre le coefficient thermique (c) propre à chaque matériau ou mélange de matériaux, qui figure dans des tableaux, le degré de transformation de l'énergie (Q) en chaleur (T) se compose en outre de la masse (m) d'un corps. C'est la raison pour laquelle, pour un même apport d'énergie, les corps à la masse élevée se réchauffent moins que les corps à la masse faible.

$$\Delta T = \frac{Q}{m * c}$$

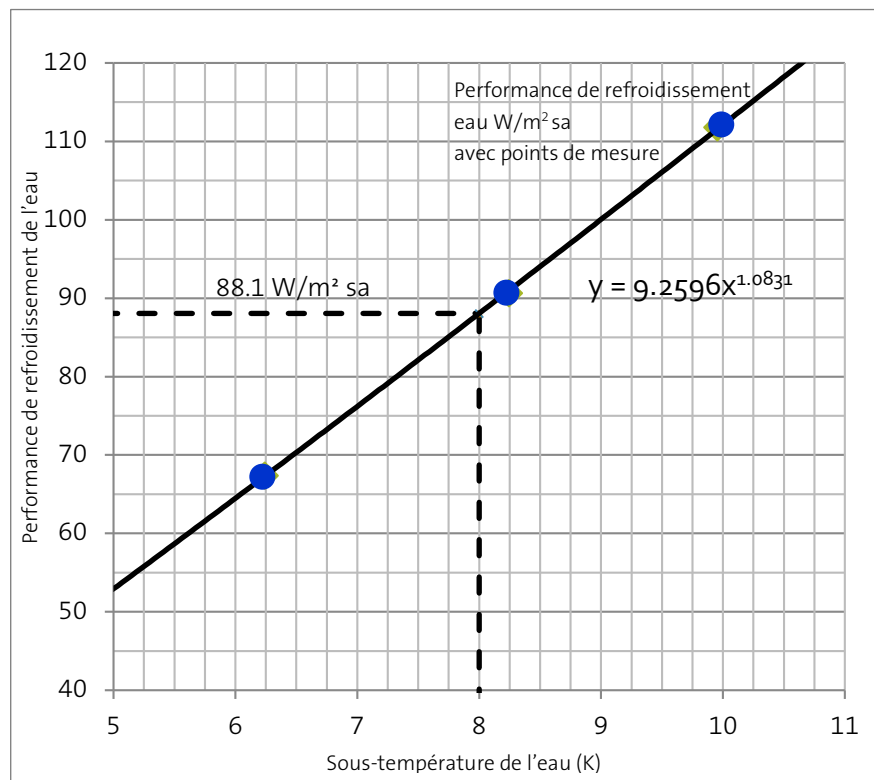
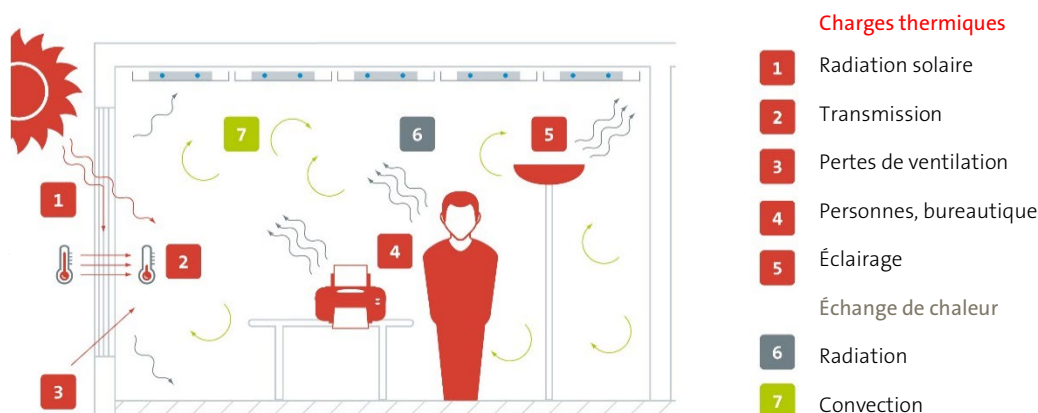
En présence de charges thermiques élevées, les bâtiments aux murs maçonnés et aux plafonds en béton massif se réchauffent plus lentement que les bâtiments dont les murs sont constitués d'une structure métallique, de bois, de plaques de plâtre ou de verre. Ainsi, le poids structurel des bâtiments augmente sans cesse afin de pouvoir surmonter des périodes de chaleur ou de froid de courte durée sans climatisation supplémentaire. Les bâtiments massifs, comme les anciennes églises ou les bunkers, ont plutôt tendance à rester stables en termes de températures.

Mais une fois que l'énergie a pénétré le béton, par exemple après quelques jours de chaleur, elle ne ressort pas si facilement par le seul mouvement de l'air au sein de la pièce. Cependant, la masse du bâtiment, donc, dans notre cas, le plafond en béton, peut servir au stockage des charges pendant la journée, et à leur évacuation pendant la nuit, lorsque l'énergie est moins chère et que la température extérieure est plus basse. Les machines frigorifiques peuvent ainsi être exploitées plus efficacement, et les bâtiments peuvent même être tempérés par free cooling (refroidissement naturel).



Comment fonctionnent les systèmes de plafonds climatisés traditionnels sans inclusion de la masse?

La puissance frigorifique nécessaire d'un plafond climatisé est normalement calculée en fonction de la pire situation pouvant survenir au cours d'une année standard. Le scénario est donc celui d'un ensoleillement maximal lors d'une journée particulièrement chaude avec une occupation maximale supposée des bureaux. La puissance frigorifique est alors calculée dans un contexte d'équilibre supposé (souvent 26 °C) et de sous-température de l'eau et de l'air pulsé qui en résulte.



Puissance de rafraîchissement par eau statique

Données de base destinées au diagramme

Système: Îlot rafraîchissant à

trame métallique avec panneau de plafond en acier

Activation (système d'eau):

Serpentin en cuivre sur rails thermoconducteurs en aluminium avec un écart de 100 mm, collé sur du non-tissé, sans natte acoustique

Débit d'air pulsé: sans

Comment fonctionnent les systèmes de plafonds climatisés avec inclusion de la masse?

Il faut tenir compte du fait qu'au moment où la température ambiante est la plus élevée, une certaine partie de la chaleur de la pièce passe également dans le plafond en béton et les murs maçonnés dès que ces derniers sont plus froids que la pièce. Cette proportion de chaleur peut augmenter si le béton est pré-refroidi pendant la nuit. En outre, dans une vraie pièce, il y a toujours une plage de températures qui peut varier au cours de la journée, par exemple entre 21 °C au début du travail et 26 °C à son maximum.

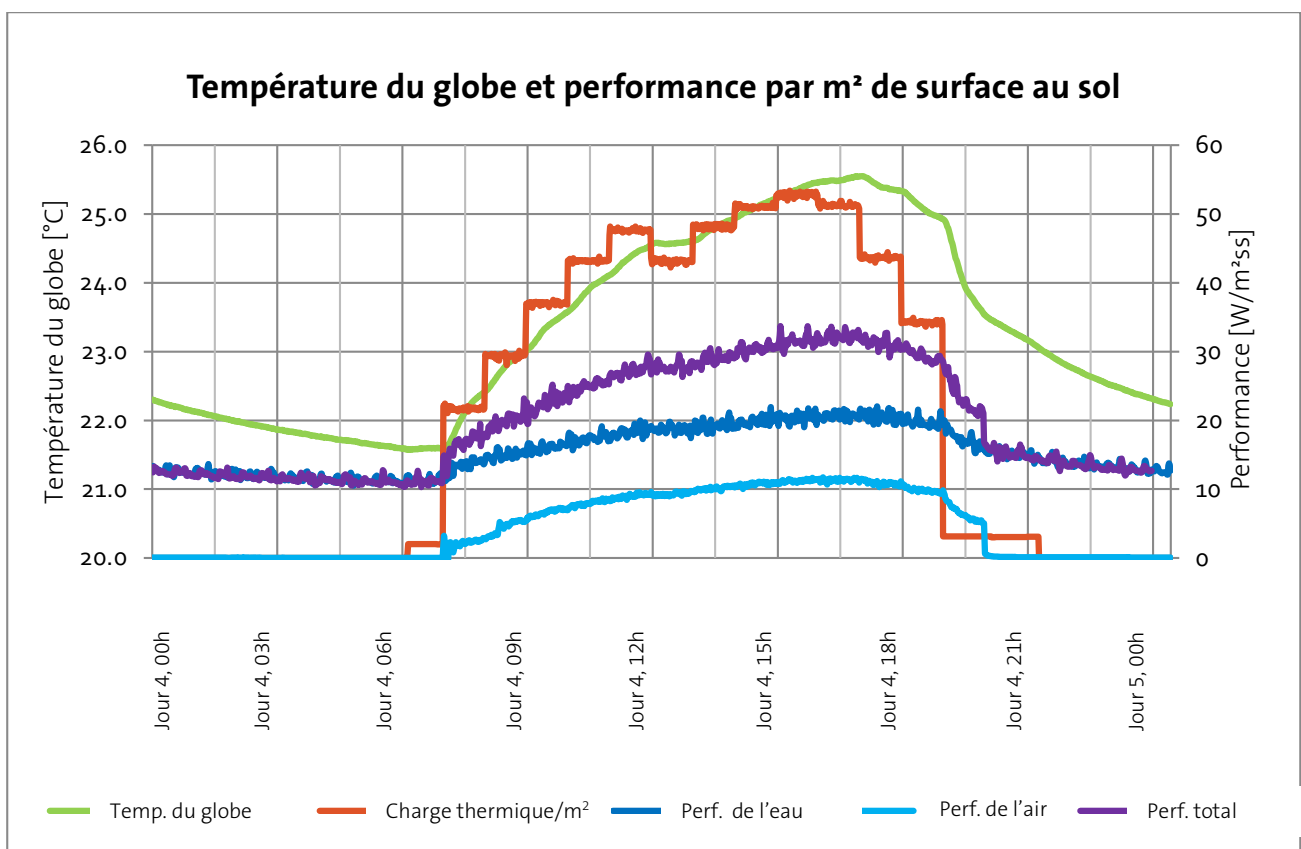
Le béton après le refroidissement nocturne



Le béton en fin de journée, déchargement



En réalité, on observe des températures ambiantes dynamiques qui oscillent tout au long de la journée. La puissance réelle du plafond climatisé au moment de la charge maximale ne doit alors représenter qu'environ 70 à 80 % de cette charge maximale. La condition est que le plafond en béton n'ait pas été découplé de la pièce, il doit pouvoir y avoir un échange d'énergie par les surfaces en béton libres. C'est surtout le cas avec les îlots rafraîchissants.



Quels avantages les systèmes de plafonds climatisés avec inclusion de la masse présentent-ils?

Efficacité énergétique

Si un plafond climatisé avec inclusion de la masse est correctement exploité et régulé, il peut fonctionner exclusivement pendant la nuit et en free cooling pendant une grande partie de l'année (sauf lors des vagues de chaleur). Les charges thermiques réduites hors vagues de chaleur peuvent alors être stockées temporairement dans la masse du bâtiment jusqu'à la tombée de la nuit, avant d'être partiellement évacuées pendant la journée par la circulation de l'air, nécessaire pour des raisons de santé et d'hygiène.

Pour le free cooling, la température extérieure doit être inférieure de 2 K à la température de départ de l'eau. Même pendant les périodes de chaleur, l'énergie consommée pendant la journée s'en trouve fortement réduite par rapport aux systèmes traditionnels, et le COP¹ du système refroidisseur est nettement plus élevé pendant la nuit que pendant la journée.

Protection de l'environnement

La part électrique servant à la production du froid diminue considérablement avec l'augmentation du COP du système refroidisseur. Dès que le free cooling est appliqué, aucune électricité n'est nécessaire pour produire du froid, outre celle dont la pompe a besoin pour fonctionner. Il en résulte une amélioration drastique en termes d'émissions de CO₂.

Rentabilité

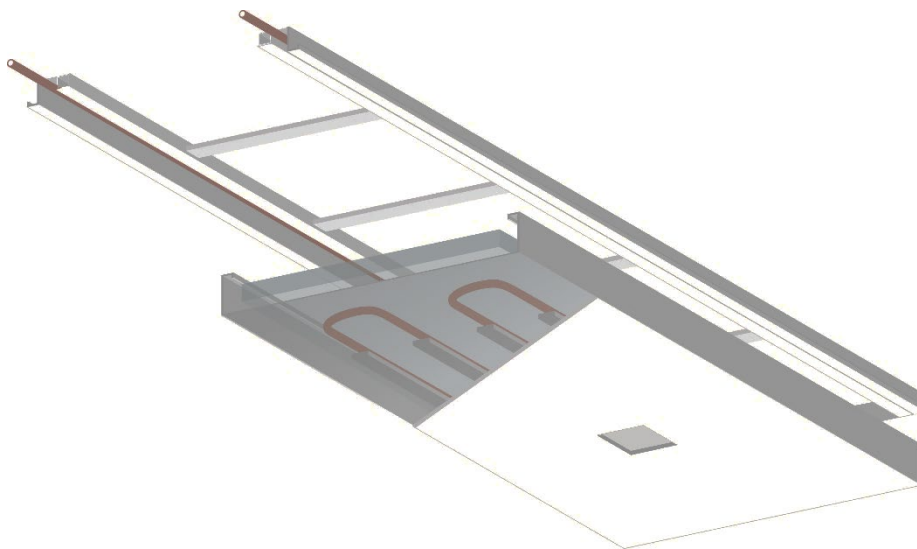
Globalement, les avantages en termes de coûts sont les suivants:

- Coûts d'investissement plus faibles grâce à un système refroidisseur aux dimensions moindres et à des registres de rafraîchissement plus petits ou moins nombreux sur les panneaux de plafond, ou à des îlots plus petits.
- Coûts d'exploitation plus bas grâce à des frais énergétiques plus faibles, une grande partie d'entre eux étant au tarif de nuit.
- Température de départ plus élevée rendue possible grâce à des charges à évacuer plus faibles pendant la journée, d'où un meilleur COP du système refroidisseur.

¹ *Coefficient of Performance*

Système: Inclusion de la masse par des tuyaux de circulation d'eau

Lorsque le plafond en béton est directement inclus par des tuyaux de circulation d'eau, les panneaux de plafond métalliques sont accrochés à un cadre. Ce cadre présente également des tuyaux de circulation d'eau et est directement vissé sur le béton. L'énergie provenant du béton peut ainsi être absorbée. Ce principe engendre un très fort refroidissement nocturne du béton et un rendement élevé via l'inclusion de la masse.



Cependant, ces systèmes ont un effet négatif sur la puissance frigorifique du panneau de plafond pendant la journée. Les îlots rafraîchissants peuvent généralement fournir une puissance frigorifique élevée, car leur face supérieure est en contact avec l'air ambiant. Toutefois, un panneau de plafond rafraîchissant suspendu à un cadre fermé constitue un obstacle pour cet échange d'énergie.

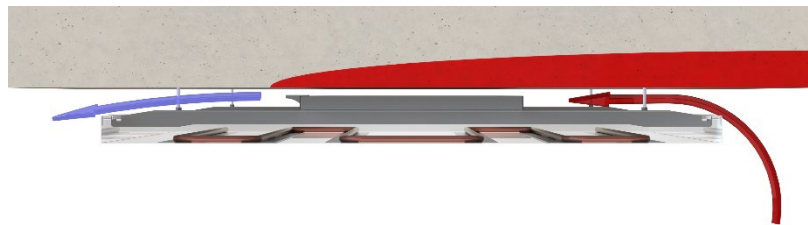
Par la suite, la circulation dans le tuyau d'eau du cadre et du panneau de plafond se fait en série. Par conséquent, il y a un risque de surchauffe de la pièce en hiver: tant qu'il n'y a personne dans la pièce et qu'il n'y a pas de charges solaires (la nuit), le chauffage a lieu en série, chauffant ainsi également le béton. Si des personnes entrent dans la pièce ou si le soleil commence à briller intensément sur la façade, la puissance de chauffage est certes réduite par la régulation du plafond chauffant, mais le plafond en béton qui a chauffé ne peut plus absorber d'énergie. Mais comme la plupart des bâtiments connaissent un abaissement de la température ambiante pendant la nuit, cet effet ne se produit généralement pas.

Système: inclusion de la masse par l'air et le rayonnement

L'inclusion de la masse via l'air et le rayonnement exploite deux effets différents. D'une part, pendant la journée, le débit volumique d'air pulsé (nécessaire pour des raisons de santé et d'hygiène) passe par le plafond climatisé, de sorte que l'air chaud de la pièce soit déplacé le long du béton. La vitesse assez élevée de l'air sur le béton qui en résulte engendre une valeur de transfert de chaleur plus importante, et donc une pénétration importante de l'énergie dans le béton pendant la journée. Pendant la nuit, l'air pulsé est coupé, comme avec les systèmes traditionnels. Le rafraîchissement du plafond climatique évacue alors, par convection et rayonnement, l'énergie accumulée dans le béton pendant la journée.

Pour que cet effet puisse pleinement s'épanouir, il convient de ne pas utiliser de couches de laine minérale pour l'absorption acoustique sur le panneau de plafond.

Situation en journée:



Situation pendant la nuit:



L'avantage réside ici surtout dans une puissance frigorifique du plafond climatisé fortement accrue au cours de la journée, car l'air chaud de la pièce est absorbé non seulement par le béton, mais aussi par les registres de rafraîchissement du plafond. Il en résulte une augmentation supplémentaire de l'efficacité énergétique, ainsi qu'une réduction des coûts d'investissement liés à l'activation.

Il existe des systèmes très différents sur le marché. Il faut surtout veiller à ce que le flux d'air soit régulier sur toute la surface du plafond et à ce que l'air se déplace de la façade (chaude) vers le couloir. Les systèmes qui soufflent en direction de la façade ont un effet nettement réduit, car l'air ambiant le plus chaud n'est pas dirigé vers la partie supérieure des panneaux de plafond de manière fiable. En outre, l'air pulsé contre le rouleau d'air ambiant naturel peut provoquer des courants d'air.

Système: inclusion de la masse par rayonnement

Il existe des systèmes avec lesquels la masse est uniquement incluse par rayonnement, sans système d'air pulsé d'appoint.



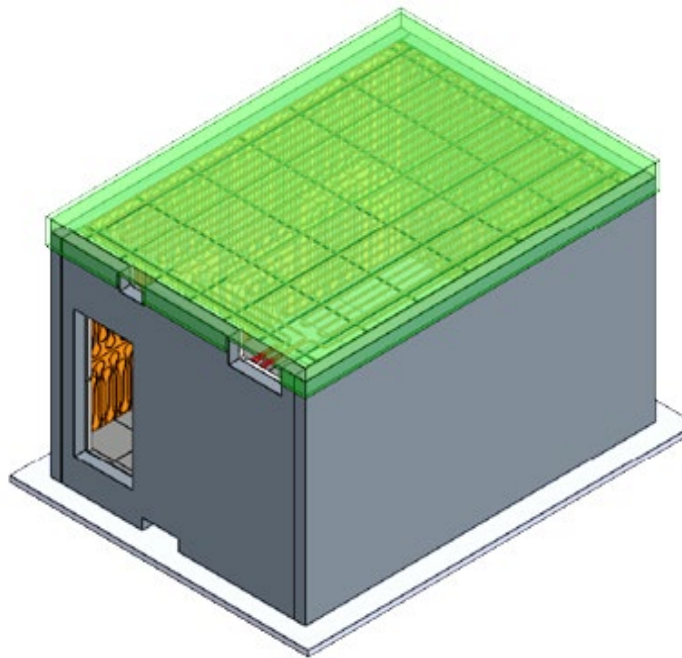
Si l'échange par rayonnement est en mesure de refroidir le plafond en béton pendant la nuit, il n'y a pas d'apport accru en énergie vers le plafond en béton pendant la journée. L'effet d'inclusion de la masse reste donc globalement limité.

Il convient de tenir compte du fait que les couches de laine minérale, qui sont placées sur la face supérieure des panneaux de plafond et qui sont souvent utilisées pour améliorer l'acoustique de la pièce, limitent fortement la puissance de rayonnement du plafond climatisé en direction du béton. De telles couches sont toutefois indispensables pour obtenir une bonne acoustique dans une pièce.

Système: activation du noyau de béton

Même si le système d'activation du noyau de béton diffère du plafond climatisé, il convient de l'examiner ici par souci d'exhaustivité.

L'activation (thermique) du noyau de béton consiste à encastrer des tuyaux en plastique ou en composite dans le plafond en béton pendant le gros œuvre. Le contact entre ces tuyaux de circulation d'eau et le béton est excellent et la chaleur est directement extraite du béton.



Si une activation du noyau de béton prévient efficacement toute surchauffe d'un bâtiment, elle impose des exigences strictes en matière de technique de régulation. Outre une capacité de rafraîchissement et de chauffage nettement inférieure à celle des plafonds climatisés suspendus, un plafond à activation du noyau de béton réagit très lentement aux changements de charge soudains, car l'énergie doit d'abord traverser toute la masse de béton.

De plus, les constructions avec activation du noyau de béton ne permettent pas l'installation d'éléments tels que des lampes, des sprinklers, etc. Enfin, pour améliorer l'acoustique de la pièce, il faut souvent recouvrir d'îlots une grande partie du plafond en béton.

Résumé

Le tableau suivant donne une vue d'ensemble sur les différents systèmes disponibles sur le marché. Il convient toutefois de noter que ces systèmes se répartissent en de nombreuses solutions différentes qui peuvent diverger fortement en termes d'avantages et de coûts.

| Système d'inclusion du béton | Inclusion de la masse du béton ciblée | Inclusion de la masse du béton conventionnelle | Rayonnement | Activation du noyau de béton |
|---|---------------------------------------|--|-------------|------------------------------|
| Transfert d'énergie jour-nuit | ++ | + | - | ++ |
| Puissance frigorifique du plafond climatisé | ++ | + | + | - |
| Possibilité d'encastrement | + | ++ | ++ | - |
| Air pulsé intégré | ++ | +(+) | - | -- |
| Solution acoustique | +(+) | +(+) | + | -- |

Légende des symboles d'évaluation:

- ++ très bon
- + bon
- mauvais
- très mauvais

Conclusion

Un examen attentif des différents systèmes disponibles sur le marché s'avère utile. Une inclusion efficace du plafond en béton à un plafond climatisé requiert expérience et planification. Interviennent également les considérations relatives à l'esthétique et à la hauteur de montage du système.

Les systèmes qui incluent activement la masse du bâtiment dans le concept de climatisation sont particulièrement intéressants au regard des exigences strictes en matière d'efficacité énergétique et de l'augmentation des coûts énergétiques.

Tout fournisseur de plafonds climatisés est tenu de satisfaire à l'exigence, découlant de l'expérience pratique, d'effectuer, au sein de laboratoires de climatisation, ou directement sur le terrain, c'est-à-dire dans un bâtiment réel, les mesures relatives aux plafonds climatiques avec inclusion de la masse.

Vous avez des questions ? Contactez-nous. Les spécialistes de Barcol-Air se tiennent à votre disposition.

Suisse



Barcol-Air Group AG
Wiesenstrasse 5
8603 Schwerzenbach
T +41 58 219 40 00
F +41 58 218 40 01
info@barcolair.com

Barcol-Air AG
Wiesenstrasse 5
8603 Schwerzenbach
T +41 58 219 40 00
F +41 58 218 40 01
info@barcolair.com

Barcol-Air AG
Via Bagutti 14
6900 Lugano
T +41 58 219 45 00
F +41 58 219 45 01
ticino@barcolair.com

Allemagne

Barcol-Air GmbH
Bahnhofstrasse 39
21614 Buxtehude
T +49 4161 800 28 0
F +49 4161 800 28 20
verkauf-deutschland@barcolair.com

France

Barcol-Air France SAS
Parc Saint Christophe
10, avenue de l'Entreprise
95861 Cergy-Pontoise Cedex
T +33 134 24 35 26
F +33 134 24 35 21
france@barcolair.com

Italie

Barcol-Air Italia S.r.l.
Via Leone XIII n. 14
20145 Milano
T +41 58 219 45 40
F +41 58 219 45 01
italia@barcolair.com

barcolair.com

compétent, complet, flexible, efficace