

Optimiser les installations de climatisation par rayonnement

De Srinivasa Rajkumar, Responsable Application, Grundfos Inde

Résumé

La climatisation par rayonnement fait référence à une surface, dont la température est régulée, qui refroidit la température intérieure en absorbant la chaleur sensible par rayonnement thermique, afin d'assurer un confort pour les occupants de l'espace climatisé. Cet article analyse le fonctionnement d'une installation de climatisation par rayonnement et décrit comment la configurer en prenant exemple sur une installation de pompe à chaleur primaire variable

1. Présentation de la climatisation par rayonnement

Les installations de climatisation par rayonnement utilisent généralement la méthode de refroidissement hydronique en faisant circuler l'eau dans les tuyauteries en contact thermique avec la surface. L'eau est un meilleur convecteur thermique que l'air. L'air nécessite un volume beaucoup plus important pour transporter la même quantité d'énergie.

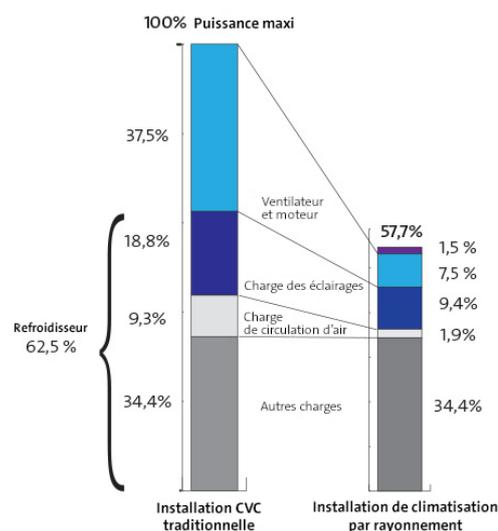
L'eau glacée qui se trouve juste à 2-4 °C en dessous de la température de l'air intérieur souhaitée circule dans les tuyauteries placées sous le plancher ou dans le plafond. La chaleur est ensuite éliminée par l'eau circulant dans le circuit hydronique une fois que la chaleur provenant de différentes sources est absorbée par les surfaces refroidies activement - plafond, sol ou murs.

Les charges latentes (humidité) provenant des occupants, de l'infiltration et des processus doivent généralement être gérées par un système indépendant.

2. Refroidissement sensible

La climatisation des locaux nécessite un refroidissement sensible et latent. Le refroidissement sensible réduit la température alors que le refroidissement latent absorbe l'humidité de l'air.

| Air | |
|---|------------------------|
| Capacité spécifique | 1 kJ/kgK |
| Volume spécifique | 1.25 Kg/m ³ |
| Transfert thermique d'un m³ | 1.25 kJ/K |
| Eau | |
| Capacité spécifique | 4.2 kJ/kgK |
| Volume spécifique | 1000 kg/m ³ |
| Transfert thermique d'un m³ | 4200 kJ/K |



Les chiffres ci-dessus illustrent les bénéfices du refroidissement nécessaire pour réduire la température de l'eau sans condensation. Cela démontre deux avantages évidents de la climatisation par rayonnement :

1. La sortie du refroidisseur peut être à 16 °C au lieu des 7 °C attendus. Cela permet une réduction immédiate de l'énergie requise.
2. Il faut moins d'énergie pour transporter l'eau que l'air.

3. Fonctionnement du transfert thermique par rayonnement

La chaleur circule des objets, des occupants, des équipements et des éclairages à la surface refroidie, tant que leur température reste supérieure à celle de la surface refroidie.

Le processus d'échange par rayonnement a un effet minime sur la température de l'air, mais à travers le processus de convection, la température de l'air diminue lorsque l'air entre en contact avec la surface refroidie.

La condensation due à l'humidité constitue un facteur limitatif pour la capacité de refroidissement d'une installation de climatisation par rayonnement ; la température de surface ne doit pas être égale ni inférieure à la température du point de rosée dans la zone climatisée. Par exemple, une température d'air de 26 °C à une humidité relative de 60 % implique un point de rosée à 18 °C.

Réduire la température de surface en dessous de la température du point de rosée pendant un court laps de temps ne doit pas provoquer de condensation. Par ailleurs, l'utilisation d'un dispositif supplémentaire, comme un déshumidificateur, peut permettre de limiter l'humidité afin d'améliorer la capacité de refroidissement.

4. Types d'installations par rayonnement

4.1 Dalles réfrigérées

Les dalles réfrigérées fournissent un refroidissement à travers la structure du bâtiment, généralement des dalles, et sont également appelées Systèmes de bâtiments thermiquement activés (TABS). Les tuyauteries sont intégrées dans une dalle de béton ou une chape dans la surface d'un plancher ou d'un plafond lors de la construction. La température d'entrée de l'eau se situe habituellement autour de 14-18 °C et donc la température de surface est de 17-21 °C.



Le refroidissement fourni à travers le plancher est le plus efficace en cas de fort rayonnement solaire, puisque le plancher rafraîchissant peut plus facilement absorber ces charges que le plafond. Par rapport aux panneaux, les dalles réfrigérées offrent une inertie thermique plus importante et peuvent donc mieux tirer profit des variations de température extérieure.

Les dalles réfrigérées coûtent moins cher par unité de surface, et sont plus intégrées à la structure.

Pose des tuyauteries d'eau glacée PEX. Elles sont fixées sur le treillis d'armature en acier avant de couler le béton.

4.2 Plafonds rafraîchissants

Les plafonds rafraîchissants sont une alternative aux dalles réfrigérées et sont généralement utilisés lorsque :

- La climatisation au plafond doit être mise en place dans un bâtiment existant
- La climatisation doit être régulée en fonction des zones

Il existe différentes installations de plafonds rafraîchissants. Les tuyauteries ou tapis peuvent être coulés dans le placoplâtre ou le ciment du plafond. Sinon, ils peuvent être intégrés dans la structure d'un plafond en placoplâtre. Pour une meilleure performance des plafonds rafraîchissants, des panneaux thermoconducteurs sont également disponibles.



Exemple d'un plafond rafraîchissant en placoplâtre. Ici, les tuyauteries d'eau glacée sont fixées à l'arrière des panneaux. La température de surface du plafond ne doit pas être inférieure au point de rosée de l'air dans la pièce.

4.3 Panneau réfrigérant

Les panneaux réfrigérants dans les bâtiments collectifs et tertiaires sont généralement intégrés directement dans les faux plafonds. La construction modulaire offre une grande souplesse en termes de positionnement et d'intégration avec d'autres éclairages ou installations électriques.

Les panneaux réfrigérants sont également mieux adaptés aux bâtiments comprenant des espaces à charges de refroidissement variables. Les panneaux perforés offrent également une meilleure isolation phonique que les dalles réfrigérées. Les panneaux conviennent très bien aux rénovations, car ils peuvent être fixés au plafond. Ils peuvent être facilement intégrés à toute ventilation au plafond et coûtent généralement plus cher par unité de surface que les dalles réfrigérées.

Panneau réfrigérant en acier vu de l'arrière. Les tuyauteries d'eau glacée sont collées directement sur le panneau pour assurer la conduction entre la tuyauterie et le panneau. Copyright www.durlum.de



4.4 Distribution d'eau glacée

Dans les refroidisseurs, les branches sont séparées pour alimenter les boucles de chaque bâtiment. Chaque plaque de plancher ou installation est reliée à des collecteurs qui distribuent aux tuyauteries PEX enterrées ou montés dans le plafond. Chaque tuyauterie a un espacement précis entre elles pour assurer le juste transfert de chaleur à la masse thermique adjacente.

La régulation de la température de départ de l'eau froide doit être effectuée comme suit :

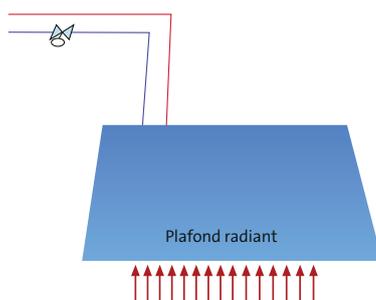
1. Pour éviter la condensation sur les tuyauteries et les surfaces, la température de départ doit être maintenue au-dessus de la température du point de rosée de la zone climatisée.
2. En cas de température variable du point de rosée dans la zone climatisée, la température de l'eau glacée doit également être variable en fonction de la température du point de rosée selon un écart de 2 °C par exemple.
3. En cas de variations rapides et courtes de la température du point de rosée (par exemple par l'ouverture indésirable d'une fenêtre), il est possible de couper l'alimentation en eau glacée.

4.5 Régulation du débit et de la température de l'eau

Vanne 2 voies

Traditionnellement, la température de l'air d'une pièce est régulée en modulant le débit d'eau à l'aide d'une vanne 2 voies avec interrupteur marche/arrêt. Une vanne 2 voies permet une régulation à débit variable, ce qui permet de réduire les coûts de pompage. Avec une vanne 2 voies, la température de l'eau doit être maîtrisée par une boucle de mélange

centrale, couvrant plusieurs zones, ou en ajustant la température de l'eau sortant du refroidisseur. Les débits d'eau sont régulés à l'aide des vannes d'équilibrage dans chaque zone et/ou sous-zone.

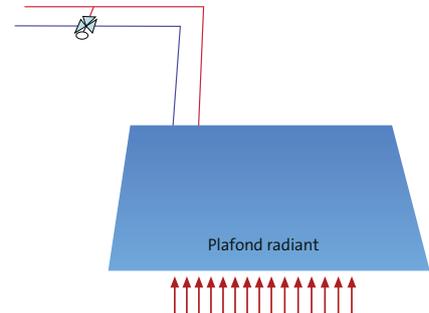


Panneau radiant, régulé par une vanne 2 voies. L'inconvénient de cette méthode est un mauvais contrôle de la température au plafond et donc de pauvres performances de refroidissement.

Vanne 3 voies

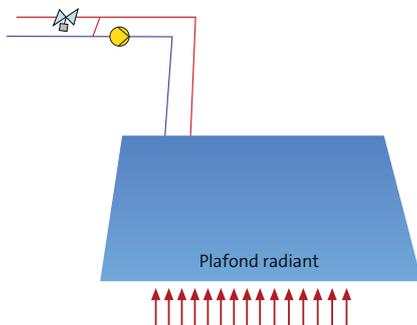
Une autre méthode avancée pour réguler le débit de l'eau est une vanne 3 voies dans chaque boucle du plafond rafraîchissant. Cela permet une meilleure régulation de l'installation et une réduction des coûts de mise en service. Cette approche est fréquente dans les installations conçues pour un débit constant du côté primaire. Cependant, cette technique ne permet pas de réaliser des économies d'énergie sur le pompage primaire et la température de départ ne peut pas être ajustée localement.

Plafond radiant régulé par une vanne 3 voies. Cela permet un débit variable dans le circuit de rayonnement, assurant une performance plus fluide. Néanmoins, la température de l'eau ne peut pas être régulée au niveau de l'espace climatisé et le côté primaire est une installation à débit constant.



4.6 Boucle de mélange

Une boucle de mélange est la meilleure approche pour la régulation des plafonds radiants. Le débit et la température peuvent être ajustés en fonction de la performance souhaitée. De plus, les boucles de mélange permettent un débit variable du côté primaire et secondaire, ce qui assure une réduction des coûts de pompage.



Plafond radiant alimenté par une boucle de mélange. La température et le débit de l'eau peuvent être ajustés en fonction des besoins réels.

5. Comment traiter les charges latentes dans une installation de climatisation par rayonnement ?

Les installations de climatisation par rayonnement peuvent uniquement traiter les charges de refroidissement sensibles dans la zone à climatiser. Pour assurer le confort des occupants, les charges sensibles et latentes doivent être traitées. Pour cela, on peut utiliser des Systèmes dédiés à l'air extérieur (DOAS) en parallèle à des Systèmes de bâtiments thermiquement actifs (TABS) ou des plafonds radiants.

Un Système dédié à l'air extérieur utilise une unité séparée pour conditionner tout l'air extérieur introduit dans le bâtiment pour la ventilation. Cet air est ensuite directement distribué vers chaque espace occupé ou aux unités de traitement d'air qui desservent ces espaces

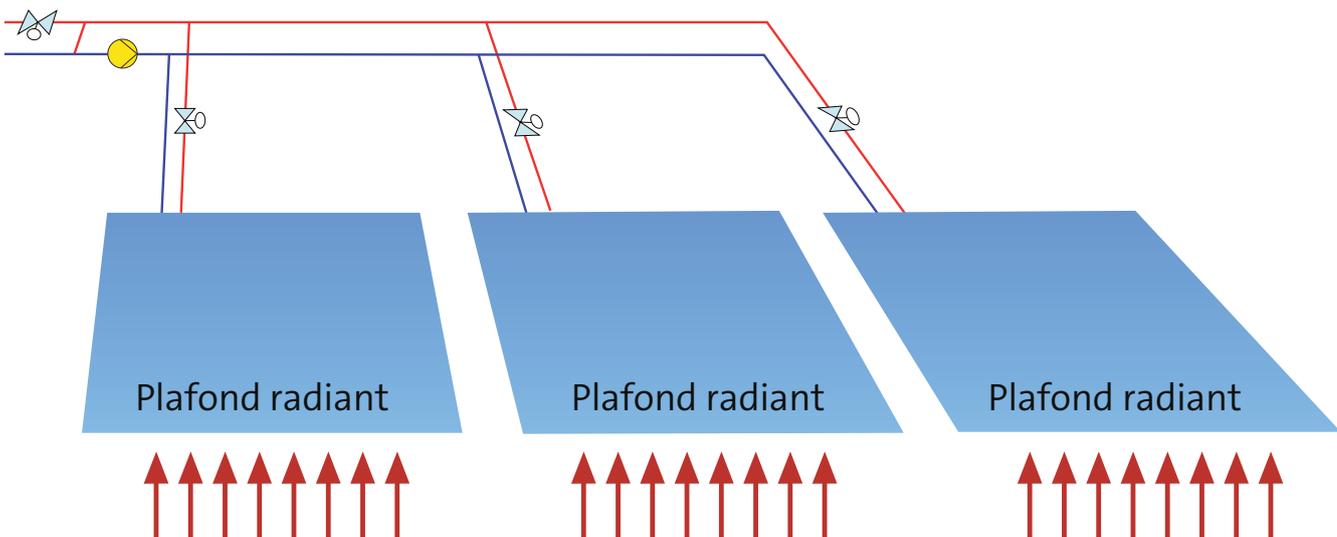
6. Comment fonctionnent les systèmes dédiés à l'air extérieur (DOAS) ?

L'air extérieur (OA) est préconditionné avec une roue thermique, en utilisant l'air de retour (RA) de la pièce et refroidissant l'air extérieur. L'efficacité de la récupération de chaleur et de la déshumidification d'une roue thermique peut atteindre 90 %. Si un refroidissement de l'air ou une déshumidification supplémentaire est nécessaire, on utilise un

serpentin de refroidissement. La température de l'air sortant du serpentin est réglée. L'air extérieur froid et sec est distribué à l'espace via des diffuseurs à haute induction. La température du point de rosée de la zone est maintenue suffisamment basse pour qu'aucune condensation ne se forme sur le panneau radiant lorsque la climatisation par rayonnement est utilisée pour satisfaire l'équilibre de la charge de refroidissement.

Une vanne 3 voies est modulée selon les besoins pour répondre au point de consigne de la température sèche, limité par la température du point de rosée de la zone. La température de l'air de retour (RA) et l'humidité relative de la pièce sont utilisées pour calculer la température du point de rosée.

7. Avantages du zonage

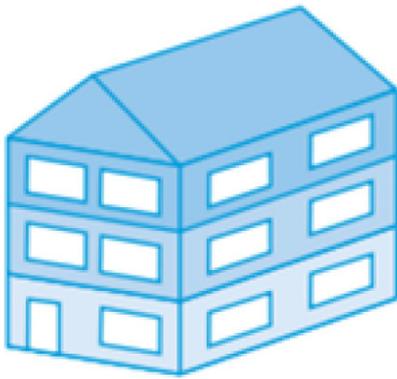


Installation de climatisation par rayonnement avec trois zones ayant des exigences de température différentes ou lorsque la charge interne des occupants est variable. Comme la charge en humidité varie alors également, chaque zone doit être munie d'un capteur thermique pour la surveillance du degré d'humidité de l'air, afin d'éviter toute condensation sur les plafonds.

Le zonage est recommandé en cas de :

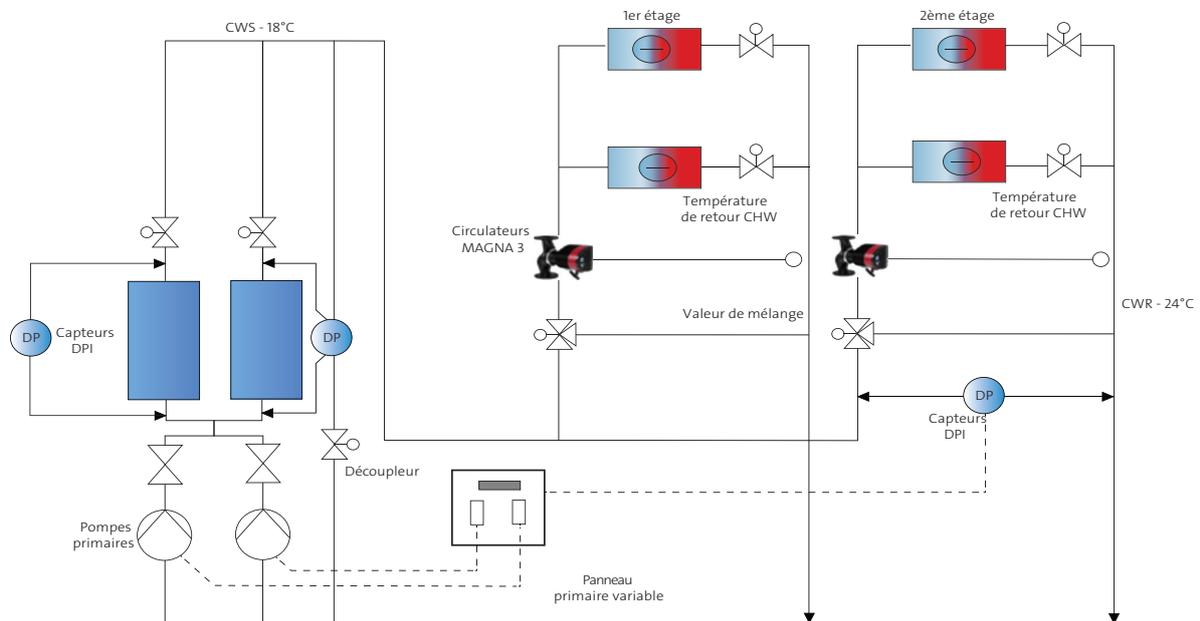
- modes d'occupation différents
- besoins de température différents
- diverses activités dans l'espace
- plusieurs étages (en particulier lorsque le dernier étage est mal isolé)

L'investissement supplémentaire dans le zonage peut être amorti au fil du temps grâce aux économies d'énergie. Cependant, l'amélioration la plus évidente reste l'augmentation du confort du personnel.



L'investissement supplémentaire dans le zonage peut être amorti au fil du temps grâce aux économies d'énergie. Cependant, l'amélioration la plus évidente reste l'augmentation du confort du personnel.

8. Utilisation du pompage primaire variable dans une installation de climatisation par rayonnement



8.1 Installation de pompage primaire variable

Les installations à débit primaire variable combinées à une régulation par boucle de mélange au niveau des zones de climatisation par rayonnement offrent un niveau élevé de maîtrise et de confort

Les pompes primaires ajustent le débit à travers des serpentins d'évaporation commandés par Capteurs de pression différentielle (DP). Lorsque les vannes 3 voies font recirculer la température de retour vers la zone climatisée, la pression différentielle à travers la colonne montante augmente, entraînant le ralentissement des pompes primaires.

Les capteurs DP dans les refroidisseurs assurent que les pompes ne fonctionnent pas en dessous du débit minimum de sécurité tel que recommandé par le fabricant du refroidisseur. Aussi, quand la charge exige un débit bien inférieur au débit minimale de sécurité, le régulateur assure la recirculation du trop-plein par ouverture de la vanne 2 voies dans un découpleur.

8.2 Boucle de mélange

Lorsque l'eau glacée de retour provenant des panneaux radiants est inférieure à la conception, les vannes 3 voies sont modulées pour faire recirculer l'eau glacée vers les zones à climatiser.

De même, lorsque la température de départ chute en dessous de la température du point de rosée, l'alimentation en eau glacée est coupée et le circulateur MAGNA3 est arrêté immédiatement pour éviter la condensation.

8.3 Circulateurs par zone

Les circulateurs MAGNA3 fonctionnant en mode Température constante assurent la bonne température de départ des panneaux radiants. Avec le capteur de température de retour dans la zone reliée au circulateur MAGNA3, le BTU passé sur la zone peut être surveillé dans le MAGNA3 lui-même sans aucun instrument supplémentaire.

Grâce à une communication souple avec le système GTB via Modbus/BACnet, le circulateur MAGNA3 peut fonctionner depuis une source externe, qui peut être basée sur des données météo en temps réel, de sorte que le débit soit contrôlé de manière à maintenir la température ambiante en fonction de l'humidité relative et du point de rosée de l'installation.