

Fiche explicative détaillée #7

Distribution

1 Objet et limites du document

Ce document est intimement lié au CCTP type (cahier des clauses techniques particulières), spécifique aux systèmes de climatisation et de chauffage solaire, qui a été réalisé dans le cadre du projet de recherche et développement MeGaPICS (projet ANR). Cette fiche fait partie du livrable MeGaPICS L32 « Fiche détail CCTP ».

Cette fiche technique a pour objectif de présenter les différentes solutions techniques envisageables permettant de distribuer les frigorifiques ou les calories produites par le système de climatisation et chauffage solaire, de souligner leurs avantages et leurs inconvénients, puis dans un deuxième temps, d'expliquer quelles sont les répercussions du choix de tel ou tel système sur le CCTP type.

Il ne sera décrit ici que les caractéristiques générales communes à chaque système envisagé. Néanmoins, chaque élément le constituant est régi par ses propres caractéristiques et possède son propre comportement, il faudra donc dans tous les cas se référer à la documentation technique du fabricant de chaque élément pour dimensionner le système complet de climatisation et chauffage solaire, et pour rédiger le CCTP du projet.

2 Généralités

Les systèmes de CVC (Chauffage Ventilation et Climatisation) se distinguent de par le fluide distribué dans le bâtiment. Quatre principales catégories sont à considérer : les systèmes à air seul, les systèmes air + eau, les systèmes à eau seule, et les systèmes à détente directe basé sur les fluides frigorigènes.

Cette dernière possibilité ne sera pas développée ici. En effet, l'un des grands avantages de la climatisation solaire par rapport à une climatisation conventionnelle est la non utilisation de fluides frigorigènes qui sont souvent toxiques ou inflammables et qui ont un Potentiel de Réchauffement Global (PRG) très important contribuant donc ainsi au dérèglement climatique (exemple pour le HFC : Selon la molécule considérée, son PRG est de 140 à 11 700 fois plus important que celui du CO₂).

Les systèmes à air permettent de distribuer directement de l'air froid ou chaud dans le bâtiment. Ces systèmes utilisent donc des conduites à air de gros diamètres pour faire circuler et pour distribuer l'énergie produite. En revanche pour les systèmes à eau, l'énergie produite par une machine à sorption est acheminée au bâtiment via un réseau de canalisations d'eau. Les systèmes air + eau utilisent ces deux techniques de distribution simultanément.

Le CCTP de base qui a été développé se focalise sur les systèmes de climatisation et chauffage solaire dotés de machines à sorption. Les systèmes de distribution à eau, ainsi que les systèmes à air avec CTA seront développés ici.

Cependant il faut noter que les besoins en ventilation ne sont pas satisfaits par les systèmes à eau. Cette dernière devra donc être réalisée par un autre moyen (ventilation naturelle, ou ventilation mécanique contrôlée (VMC)).

Deux principaux types de distribution sont disponibles sur le marché :

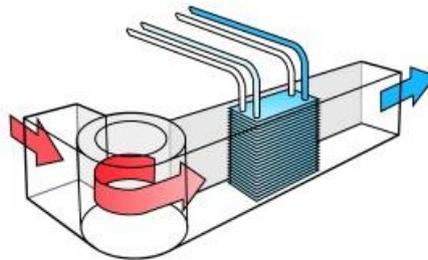
- Systèmes 2 tubes - une « distribution 2 tubes » : un seul réseau distribue alternativement l'eau chaude ou l'eau refroidie aux terminaux de distribution. Ainsi, l'unité peut être utilisée pour chauffer ou refroidir l'air intérieur, selon le mode de fonctionnement du système central de production d'eau glacée/d'eau chaude.
- Systèmes 4 tubes - Une « distribution 4 tubes » comporte deux réseaux distribuant simultanément l'eau chaude ou l'eau froide aux terminaux de distribution

3 Ventilo-convecteurs

3.1 Principe

Un ventilo-convecteur est un émetteur composé d'un (ou de deux dans le cas d'un système 2 tubes) échangeur(s) et d'un ventilateur logé dans la même unité. Dans les échangeurs de chaleur circule de l'eau chaude ou de l'eau glacée. Le ventilateur intégré aspire l'air de la pièce pour l'envoyer à travers un réseau de tubes à faible diamètre dans lesquels circule l'eau chaude en mode chauffage, ou l'eau glacée en mode climatisation. Ce fluide caloporteur chaud ou froid a été au préalable produit (chauffé ou refroidit) de manière centralisée dans le bâtiment, ou bien fournie par un réseau de chaleur.

La figure ci-dessous schématise le principe de fonctionnement des ventilo-convecteurs :



Le système peut être contrôlé en utilisant un simple thermostat à action tout ou rien soit sur le ventilateur soit sur une vanne (agit sur le débit d'eau,) Un système à puissance variable doit être doté d'un contrôle plus complexe (régulation PID par exemple) pour faire varier le débit d'eau ou d'air envoyés dans l'échangeur grâce à un matériel spécifique (vanne trois voies, ventilateur à vitesse variable).

Les ventilo-convecteurs sont des systèmes fonctionnant pour une seule zone du bâtiment. On les trouve sous forme de plafonnier, de cassette horizontale à installer en position haute de la pièce, ou sous forme de cassette verticale à installer sur le sol.

Dans le cas des ventilo-convecteurs, un autre système (autre que 2 tubes et 4 tubes) peut être utilisé :

- Systèmes 2 tubes 2 fils : Les « ventilo-convecteurs 2 tubes 2 fils », sont équipés d'un seul échangeur de chaleur alimenté soit eau chaude, soit en eau glacée. Pour assurer le confort en mi-saison encas de besoins simultanés de chaud et de froid, une résistance électrique est installée en complément de l'échangeur. Ce type de ventilo-convecteur n'est pas adapté aux systèmes de climatisation et chauffage solaire, car ces dernier utilisent l'énergie gratuite du soleil pour chauffer les bâtiments et non pas l'énergie électrique.

Les températures standard d'entrée/sortie des ventilo-convecteurs sont les suivantes :

- ✓ 7°C/12°C en mode climatisation pour une température ambiante de 27°C.
- ✓ 50°C/40°C en mode chauffage pour une température ambiante de 20°C.

3.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- Seulement un système de canalisation d'eau circule dans le bâtiment. Les réseaux hydrauliques sont moins encombrants et plus silencieux que les réseaux aérauliques
- Les ventilo-convecteurs peuvent être équipés d'une régulation terminale simple et peu coûteuse aussi bien que d'une régulation centralisée
- Chaque zone du bâtiment peut être contrôlée individuellement en utilisant un contrôleur centralisé ou simplement par un thermostat dans chaque pièce.

Inconvénients

- La condensation doit être évacuée de chaque unité.
- Le renouvellement d'air des locaux n'est pas pris en charge par ces systèmes.
- Nuisance sonore possible car les ventilateurs sont situés à l'intérieur des espaces occupés.
- Consommation électrique élevée car présence d'un ventilateur par unité.

3.3 Modifications à apporter au CCTP

Dans le CCTP de base développé dans le cadre du projet MeGoPICS, seul le piquage sur un réseau de distribution 2 tubes ont été considérés.

Ainsi, les éléments de distributions n'ont pas été abordés dans ce CCTP. Si le circuit de distribution fait partie intégrante du système de climatisation et chauffage solaire envisagé, il faudra ajouter au CCTP les éléments lui étant relatif.

Il est possible de diviser les travaux et donc le DCE en plusieurs lots. Il sera donc possible qu'un lot soit consacré à cette partie distribution. Néanmoins, dans un souci de simplification, et surtout d'homogénéisation des travaux, il est conseillé qu'il n'y ait qu'un seul lot.

Dans le cas où le circuit de distribution est pris en compte dans le lot climatisation et chauffage solaire, et que le système de distribution choisi utilise des ventilo-convecteurs, les modifications suivantes doivent être apportées au CCTP :

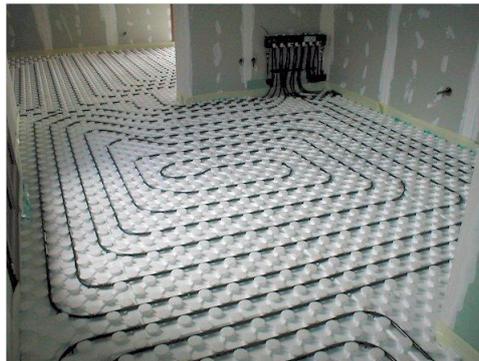
- Les émetteurs : caractéristiques générales et particulières, critères de dimensionnement (puissance, niveaux de température eau froide/eau chaude et air, dimensions, etc.), type de régulation, packaging souhaité par le client ou l'architecte, implantations détaillée dans les pièces, le raccordement électrique, les évacuations de condensat ;
- Le réseau hydraulique : le type de réseau (2 ou 4 tubes), les matériaux et calorifuge, les conditions de dimensionnement, les conditions d'installation (fixations et cheminement dans les locaux et gaines techniques), les accessoires avec leur dimensions et description précise (vannes de réglages et de fermeture) ;
- Le circuit de distribution général : les caractéristiques techniques des éléments hydrauliques (pompe, vannes, vannes trois voies, etc.) et de sécurité (vase d'expansion), les alimentations électriques, la vidange, le remplissage, les conditions d'installation (cheminement, mode de fixation, implantation en local technique), les critères de dimensionnement, la régulation ;

Pour chaque point doivent être précisées les actions de mise en service et de maintenance à prévoir.

4 Planchers chauffants et rafraichissants

4.1 Principe

Les planchers chauffants/rafraichissants sont constitués d'un réseau de tube noyés dans le sol, dans lequel de l'eau chaude ou de l'eau glacée circule en fonction des besoins de la saison. Ce réseau est souvent entièrement constitué de matières plastiques. Il est aussi habituellement placé sur un matériau isolant pour réduire les pertes vers le sol, et la totalité de la construction est implanté dans une dalle flottante. La photo ci-dessous montre le réseau de canalisation avant que la dalle n'ait été coulée :



Les planchers chauffants sont généralement une technologie connue et souvent appliquée dans les bâtiments résidentiels. Un Standard Européen existe expliquant comment concevoir et dimensionner les systèmes de plancher chauffants [European Standard : Floor Heating – System and components (/EN-1264-1,2,3 1997 et EN-1264-4 2001/)]. En revanche, la technologie des planchers rafraichissant est une idée moins répandue. Néanmoins cette technologie a démontré son applicabilité dans plusieurs exemples et assure le confort en été dans différent types de bâtiments.

Il est toutefois important de noter que ce type de système permet de faire du rafraichissement, mais pas de la climatisation. En effet, contrairement à un système avec ventilo convecteur, il n'est pas possible d'assurer une température de consigne précise (risque de condensation). Et en climat humide (climat tropical par exemple), ce principe est à proscrire complètement car la charge de climatisation est principalement latente et donc la condensation sera beaucoup trop importante.

En effet, un Cahier de Prescription Techniques (CPT) du CSTB datant de 1998 (CPT 3164 du GS n°14) précise que, pour la métropole, la température de départ maxi du circuit de distribution dans un réseau plancher rafraichissant doit être de :

- 22°C dans une bande côtière de 50 km
- 18°C sinon

4.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- Le système est complètement intégré dans le sol. Donc il est parfaitement invisible, et ne réduit pas la surface exploitable à l'intérieur du bâtiment.
- Le système a une grande inertie thermique, ce qui permet de stocker l'énergie directement dans le sol et ainsi compenser les déphasages entre la production et les besoins.
- Système silencieux (pas de ventilateurs).
- Moins consommateur en énergie (pas de ventilateurs).

- Le niveau de température en chauffage comme en climatisation est plus favorable aux performances, que lorsqu'on utilise des ventilo-convecteurs. En effet, lorsque le mode climatisation est actif, la température d'eau froide est de 18-24°C (au lieu de 7-12°C pour les ventilo-convecteurs), le même phénomène est présent pour le mode chauffage régime de température 35-40°C).

Inconvénients

- Puissance thermique limitée en froid.
- Impossible de couvrir les besoins liés à la condensation de la vapeur d'eau grâce à un plancher fonctionnant en rafraîchissement puisqu'il va simplement permettre d'abaisser la température sans diminuer l'humidité relative de l'air (elle va au contraire augmenter).
- En fonction des conditions climatiques rencontrées, une régulation doit être adoptée pour éviter les problèmes de condensation (en particulier pour les climats humides)
- Le renouvellement d'air des locaux n'est pas pris en charge par ces systèmes.

4.3 Modifications à apporter au CCTP

Dans le cas où le circuit de distribution est pris en compte dans le lot climatisation et chauffage solaire, et que le système de distribution choisi est un plancher chauffant/rafraichissant, les modifications suivantes doivent être apportées au CCTP :

- Les émetteurs : caractéristiques générales et particulières, critères de dimensionnement (puissance, niveaux de température eau froide/eau chaude et air, etc.), type de régulation, packaging souhaité par le client ou l'architecte, implantations détaillée dans les pièces ;
- Le réseau hydraulique : les matériaux et calorifuge, les conditions de dimensionnement, les conditions d'installation (fixations et cheminement dans les locaux et gaines techniques), les accessoires avec leur dimensions et description précise (vannes de réglages et de fermeture) ;
- Le circuit de distribution général : les caractéristiques techniques des éléments hydrauliques (pompe, vannes, vannes trois voies, etc.) et de sécurité (vase d'expansion), les alimentations électriques, la vidange, le remplissage, les conditions d'installation (cheminement, mode de fixation, implantation en local technique), les critères de dimensionnement, la régulation ;

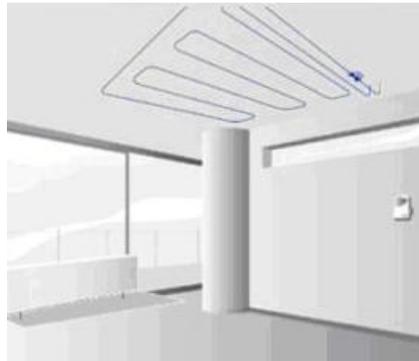
Pour chaque point doivent être précisées les actions de mise en service et de maintenance à prévoir.

5 Plafonds chauffants/rafraichissants

5.1 Principe

Un système de climatisation basé sur des plafonds rafraichissants couplés à une ventilation sépare les besoins de climatisation latents et sensibles. La majeure partie des besoins de climatisation sensible est couverte par le plafond rafraichissant. Le froid est transféré vers le bâtiment grâce aux phénomènes de radiation et/ou de convection. La proportion de chaque mécanisme de transfert dépend de la conception du plafond rafraichissant.

Les systèmes de plafonds rafraichissants sont composés d'un réseau de tubes dans lesquels l'eau glacée circule. Habituellement, les tubes sont fabriqués soit en matières plastiques, soit en métal (généralement du cuivre). Le réseau de tubes sont soit attachés au plafond et couverts par un faux-plafond, soit directement attachés aux éléments du faux plafond, ou bien encore fixés sur des diffuseurs métalliques. La figure ci-dessous schématise le principe des plafonds rafraichissants :



L'eau glacée circule dans un circuit fermé logé dans le plafond de la pièce à refroidir. La température de l'eau pénétrant dans ce circuit est habituellement entre 16°C et 18°C. La température du bâtiment est contrôlée en faisant varier cette température de l'eau glacée, ainsi que son débit. Des capteurs de température humide peuvent être installés pour éviter la condensation en augmentant la température de l'eau glacée d'entrée, ou en diminuant son débit.

Il est possible d'envisager d'utiliser ce système en réversible, et de l'utiliser en mode chauffage. Mais le nombre d'application est encore assez limité. Dans ce cas, et comme pour les planchers chauffants, le niveau de température sera modéré dans ce circuit (35-40°C).

D'autre part, là encore il faut noter que ce type de système permet de faire du rafraichissement, mais pas de la climatisation. En effet, contrairement à un système avec ventilo convecteur, il n'est pas possible d'assurer une température de consigne précise (risque de condensation). Et en climat humide (climat tropical par exemple), ce principe est à proscrire complètement car la charge de climatisation est principalement latente et donc la condensation sera beaucoup trop importante.

5.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- Le système est complètement intégré dans le plafond. Donc il est parfaitement invisible, et ne réduit pas la surface exploitable à l'intérieur du bâtiment.
- Système silencieux (pas de ventilateurs).
- Moins consommateur en énergie (pas de ventilateurs).

- Le niveau de température en climatisation et en chauffage est plus modéré que lorsqu'on utilise des ventilo-convecteurs (climatisation : 16-18°C en entrée ; chauffage : 35-40°C)

Inconvénients

- Puissance thermique limitée en froid.
- Impossible de couvrir les besoins liés à la condensation de la vapeur d'eau grâce à ce plancher puisqu'il va simplement permettre d'abaisser la température sans diminuer l'humidité relative de l'air (elle va au contraire augmenter).
- En fonction des conditions climatiques rencontrées, une régulation doit être adoptée pour éviter les problèmes de condensation (en particulier pour les climats humides).
- Le renouvellement d'air des locaux n'est pas pris en charge par ces systèmes.
- Assez faible inertie thermique du système, donc il est difficile de stocker l'énergie dans le plafond pour compenser le déphasage entre la production et les besoins.

5.3 Modifications à apporter au CCTP

Dans le cas où le circuit de distribution est pris en compte dans le lot climatisation et chauffage solaire, et que le système de distribution choisi est un plafond rafraichissant, les modifications suivantes doivent être apportées au CCTP :

- Les émetteurs : caractéristiques générales et particulières, critères de dimensionnement (puissance, niveaux de température eau froide/eau chaude et air, dimensions, etc.), type de régulation, packaging souhaité par le client ou l'architecte, implantations détaillée dans les pièces ;
- Le réseau hydraulique : les matériaux et calorifuge, les conditions de dimensionnement, les conditions d'installation (fixations et cheminement dans les locaux et gaines techniques), les accessoires avec leur dimensions et description précise (vannes de réglages et de fermeture) ;
- Le circuit de distribution général : les caractéristiques techniques des éléments hydrauliques (pompe, vannes, vannes trois voies, etc.) et de sécurité (vase d'expansion), les alimentations électriques, la vidange, le remplissage, les conditions d'installation (cheminement, mode de fixation, implantation en local technique), les critères de dimensionnement, la régulation ;

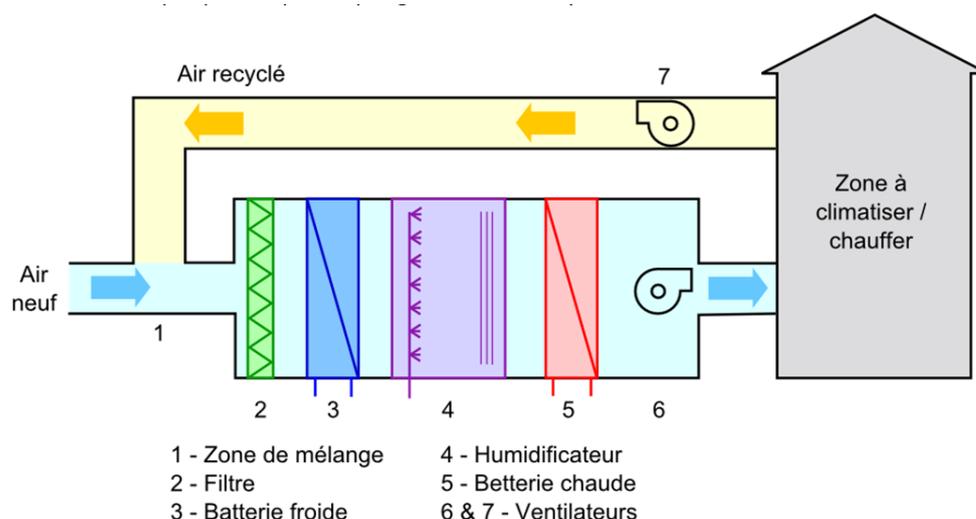
Pour chaque point doivent être précisées les actions de mise en service et de maintenance à prévoir.

6 Branchement sur la CTA du bâtiment

6.1 Principe

Une centrale de traitement d'air (CTA) est un système de climatisation et chauffage centralisé. Son principe général est sensiblement le même qu'un ventilo-convecteur, à la différence près que ce système est centralisé et souvent installé en toiture des bâtiments, l'autre différence est qu'il assure également le renouvellement d'air des locaux.

Le schéma ci-dessous explique le principe général des systèmes CTA.



L'air recyclé en provenance du bâtiment sera d'abord mélangé à de l'air neuf pour assurer un renouvellement d'air suffisant dans le bâtiment. Cet air est ensuite filtré.

Dans la batterie froide circule de l'eau glacée permettant de refroidir (et éventuellement d'assécher) l'air la traversant. Cette eau glacée sera produite par le système de climatisation solaire accompagné de son appoint froid. L'air est ensuite envoyé dans un humidificateur où il sera humidifié si nécessaire.

La batterie chaude permet de réchauffer l'air le traversant, il y circule de l'eau chaude. Cette eau sera produite par le système solaire accompagné de son appoint chaud.

L'air ainsi traité, à la bonne température et à la bonne humidité est alors envoyé dans le bâtiment.

6.1 Avantages et inconvénients

Avantages

- Système centralisé (avantage financièrement)
- Le renouvellement d'air du bâtiment est assuré par le système
- Réglage possible de l'hygrométrie de l'air
- Tous les problèmes de condensation sont gérés à l'extérieur du bâtiment
- Nuisance sonore plus faible qu'un ventilo-convecteur (mais plus élevée qu'un plancher/plafond chauffant/rafraichissant)
- Consommation électrique plus faible qu'un système avec ventilo-convecteur (mais plus élevée qu'un système plancher/plafond chauffant/rafraichissant)

Inconvénients

- Conduites d'air circulent dans le bâtiment (plus volumineux, plus bruyant)

- Régulation « pièce par pièce » difficile
- Faible inertie thermique
- Nuisance sonore plus élevée qu'un plancher/plafond chauffant/rafraichissant (mais plus faible qu'un ventilo-convecteur)
- Consommation électrique plus élevée qu'un plancher/plafond chauffant/rafraichissant (mais plus faible qu'un système avec ventilo-convecteur)

6.2 Modifications à apporter au CCTP

Dans le cas où le circuit de distribution est pris en compte dans le lot climatisation et chauffage solaire, et que l'on choisisse de se brancher sur la CTA générale du bâtiment pour la distribution, les modifications suivantes doivent être apportées au CCTP :

- Le réseau hydraulique : le type de réseau (2 ou 4 tubes), les matériaux et calorifuge, les conditions de dimensionnement, les conditions d'installation (fixations et cheminement dans les locaux et gaines techniques), les accessoires avec leur dimensions et description précise (vannes de réglages et de fermeture) ;
- Les batteries chaudes et froides : caractéristiques générales et particulières, critères de dimensionnement (puissance, niveaux de température eau froide/eau chaude et air), les conditions d'installations, le raccordement électrique, les évacuations de condensat ;
- Le réseau aéraulique : le type de réseau, les matériaux et calorifuge, les conditions de dimensionnement, les conditions d'installation (fixations et cheminement dans les locaux et gaines techniques), les accessoires avec leur dimensions et description précise (vannes, etc.) ;
- Les émetteurs finaux : caractéristiques générales et particulières, critères de dimensionnement (niveaux de bruit, puissance, niveaux de température de l'air), type de régulation, packaging souhaité par le client ou l'architecte, implantations détaillée dans les pièces, le raccordement électrique ;
- Le circuit de distribution général : les caractéristiques techniques des éléments hydrauliques (pompe, vannes, vannes trois voies, etc.) et de sécurité (vase d'expansion), les alimentations électriques, la vidange, le remplissage, les conditions d'installation (cheminement, mode de fixation, implantation en local technique), les critères de dimensionnement, la régulation ;

Pour chaque point doivent être précisées les actions de mise en service et de maintenance à prévoir.