

CHAUFFAGE/REFROIDISSEMENT

# DES PLAFONDS RÉVERSIBLES EN RÉSIDENTIEL ET TERTIAIRE

TEXTE : ALAIN SARTRE  
PHOTOS & ILLUSTRATIONS :  
ACOME, BARCOL-AIR, KARO  
SYSTÈMES, ROTH, WAVIN,  
ZEHNDER, ZEHNDER/INSEP

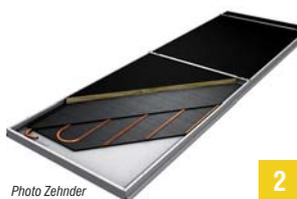
**L'incorporation d'émetteurs hydrauliques dans les plafonds permet de conjuguer économies d'énergie et conditions de confort optimales. Conçus pour répondre à une fonction**

**d'agencement exigeante, ces ouvrages doivent faire l'objet d'un suivi technique très complet de la part des fournisseurs.**

Les plafonds climatiques intègrent un circuit d'eau réversible. Conçus pour chauffer, mais aussi rafraîchir, ils répondent aux enjeux actuels de la maîtrise des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre.

En effet, le renforcement des exigences réglementaires pousse à construire des bâtiments dotés d'enveloppes beaucoup plus performantes en termes d'isolation et d'étanchéité, donc avec des demandes et puissances thermiques réduites. En outre, l'efficacité des générateurs est maximale lorsqu'ils alimentent des réseaux à température d'eau modérée, c'est-à-dire la moins chaude possible en mode chauffage et la moins froide possible en mode refroidissement.

Les plafonds climatiques se prêtent bien à cette configuration d'installations favorable aux hauts rendements des pompes à chaleur ou chaudières à condensation. La surface d'émission peut être étendue à une grande partie de l'emprise des locaux, ce qui permet de moduler la température d'eau. Avec un fonctionnement très largement ouvert au free-cooling : récupération d'énergie gratuite par simple échange soit avec l'air extérieur, soit avec un circuit hydraulique primaire (eau puisée dans le sol ou capteur enterré à boucle fermée). Le rayonnement diffus des plafonds climatiques



1 Plafond d'une salle de sport avec panneaux rayonnants Reverse.

2 Bac métallique avec serpentins en tube cuivre incorporé dans un diffuseur thermique en graphite.

offre des conditions d'ambiance optimales, tant sur un plan thermique qu'aérodynamique. Les mouvements d'air convectifs restent très limités. Ces émetteurs bénéficient d'une inertie réduite, ce qui les rend beaucoup plus réactifs que les planchers basse température. Certains fournisseurs proposent même d'améliorer encore le confort en intégrant des circuits d'eau dans les murs extérieurs afin de combattre l'effet de paroi froide.

## La solution classique des panneaux rayonnants

Il ne faut pas confondre plafonds climatiques et panneaux rayonnants installés en hauteur dans les locaux de grand volume. Concernant ces derniers, la technologie des émetteurs se rapproche de celle des radiateurs. Considérée comme traditionnelle, elle fait l'objet de la norme NF EN 14037 relative aux *Surfaces suspendues de refroidissement et de chauffage pour de l'eau à une température inférieure à 120 °C*. Ce document comprend pour l'instant trois parties, en cours de révision. La publication des nouvelles versions est prévue pour octobre 2013. Elles vont être complétées par deux autres parties consacrées aux méthodes d'essai visant respectivement la capacité de refroidissement et la détermination de la puissance thermique des panneaux. >>>

Photo Barcol-Air



**Avec les bacs métalliques basculants, il est possible d'accéder librement au plénum du faux-plafond, ce qui facilite les opérations de maintenance.**

**“À ce jour, on comptabilise 8 plafonds climatiques commercialisés en France et sous Avis Technique”**

La société Zehnder compte parmi les leaders sur ce marché, notamment avec ses deux gammes ZIP et ZBN. D'une largeur de 30 à 120 cm, pour une longueur allant jusqu'à 7,50 m, ces émetteurs fabriqués en tôle d'acier profilée intègrent 2 à 8 tubes droits longitudinaux en acier galvanisés recouverts par une isolation en laine minérale. Ils peuvent être montés en série ou en parallèle. Cette offre, susceptible d'équiper des halls s'élevant jusqu'à 30 m, est complétée par une série de trois produits adaptés aux hauteurs d'étage standard d'environ 2,50 à 3,00 m : il s'agit des lignes *Reverse*, *Flatline* et *Carboline*.

Conçus pour être intégrés dans un plafond suspendu, ou posés en îlots apparents rapportés et suspendus sous une dalle, ces panneaux rayonnants sont destinés aux bureaux, administrations, écoles, crèches, hôpitaux... Leurs dimensions sont compatibles avec la trame standard des dalles de faux-plafond de 60 x 60 cm. La gamme *Reverse* se caractérise par une sous-face ajourée constituée de 5 à 10 tubes en acier plat de 70 x 11 mm, espacés de 4 mm, associés à des collecteurs transversaux et longitudinaux de 38 mm de diamètre. D'une largeur de 366 à 736 mm, ils sont disponibles dans des longueurs comprises entre 1 et 3 m.

#### **Une offre innovante sous Avis Technique**

Les gammes *Flatline* et *Carboline* se présentent sous la forme de bacs ou « cassettes » métalliques. Dans le premier cas, la sous-face rayonnante est fabriquée en aluminium. Elle abrite des rails collés également en aluminium : profilés comportant une gorge dans laquelle sont pincés des tubes en cuivre droits longitudinaux de 15 mm de diamètre. Dans le second cas, la surface

émettrice en acier supporte un serpentin en tube cuivre de 10 mm de diamètre. Particularité : le circuit est incorporé dans une couche de graphite qui homogénéise la transmission thermique.

« Jusqu'en début 2011, nous nous sommes inscrits dans une démarche classique de simple fournisseur d'émetteurs », indique Frédéric Le Berre, responsable du service technique de Zehnder. Depuis mai dernier, la société développe parallèlement une logique d'offre globale. Elle propose désormais plusieurs « systèmes de plafonds complets réversibles suspendus pour le chauffage et le rafraîchissement » dans le cadre d'un service qui va de l'étude technique initiale jusqu'aux contrôles du bon fonctionnement *in situ*.

Cette solution est classée comme innovante. Actuellement objet d'une demande d'Avis Technique (ATec) déposée auprès du CSTB, elle concerne quatre modèles de bacs métalliques qui incorporent un serpentin en tube cuivre : *C Chanel*, *Clip in*, *Hook on* et *Lay in*. Ces plafonds climatiques se distinguent par leur esthétique. Le système *C Chanel* est caractérisé par des profilés porteurs apparents de 10 cm de largeur dont la trame constitue un pré-calepinage pour l'implantation d'éventuelles cloisons séparatives. Avec *Clip In* et *Hook on*, la structure porteuse est au contraire invisible. Dans le cas de *Lay in*, les cassettes reposent sur une ossature en T renversée ; le serpentin en cuivre peut être intégré dans une plaque de graphite garantissant des performances calorifiques et frigorifiques optimales.

Le tableau ci-contre dresse la liste des plafonds climatiques sous ATec actuellement commercialisés en France. On constate que la solution des bacs métalliques est présente chez cinq fournisseurs : Barcol-Air, GEA Happel, KaRo Solar, Lindner et Herbst Technik. >>>>

Photos Karo Systèmes



1



2



3

La mise en œuvre du système *KaRo* s'effectue sous trois formes : à l'intérieur de bacs métalliques (photo <sup>1</sup>), sous des plaques de plâtre (photo <sup>2</sup>), ou encore noyées dans du plâtre projeté (photo <sup>3</sup>).

# DES NATTES NOYÉES DANS DU PLÂTRE PROJETÉ

Le système *KaRo*, de la société Herbst Technik, constitue une offre singulière. L'émetteur se présente sous la forme d'une natte de capillaires : tubes en polypropylène de 3,4 mm de diamètre extérieur, déployés selon un entraxe de 10 mm, et soudés sur deux collecteurs transversaux de 20 mm de diamètre.

Couverts par un Avis Technique, ces tapis de microtubes sont disponibles dans des largeurs maximales de 1 ou 1,20 m, pour des longueurs comprises entre 40 cm et 6 m. La mise en œuvre s'effectue sous trois formes : à l'intérieur de bacs métalliques, sous des plaques de plâtre, ou encore

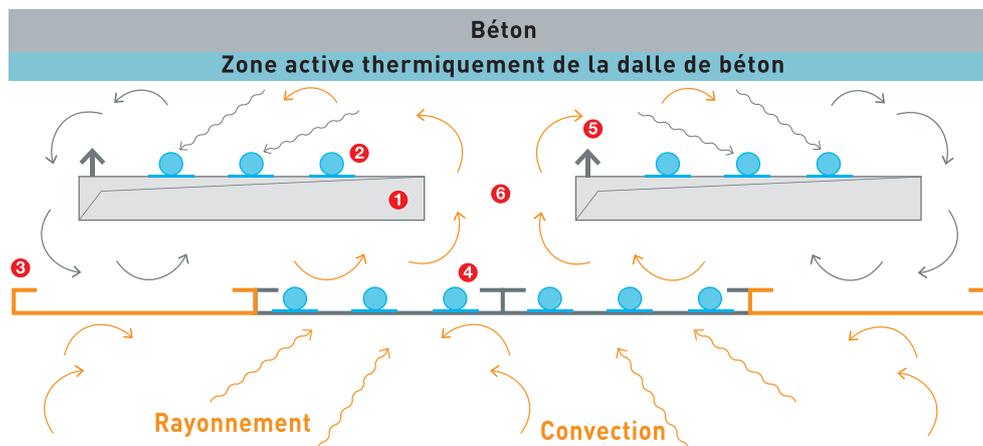
noyées dans du plâtre projeté. Dans ce dernier cas, l'enduction peut résulter d'une application manuelle ou mécanique. Livré dans une épaisseur minimale de 12 mm, l'ouvrage doit être conforme aux spécifications de la norme NF DTU 25.1 relative aux enduits intérieurs en plâtre. ■

## Liste des plafonds climatiques commercialisés en France sous Avis Technique (Source : CSTB)

Fournisseurs	Produits	Types de plafonds	Tubes constituant les émetteurs	Avis Technique
Acome	<i>AcoSense</i>	Plaques de plâtre	Tube PEXc de 16 x ép.1,5 mm	14+9/09-1445*01 Ext
Barcol-Air	<i>CBAC et A11, U44 et U46</i>	Bacs métalliques	Tube cuivre Ø 8 à 15 mm	14/08-1244
GEA Happel	<i>Confortplus<sup>2</sup></i>	Bacs métalliques	Tube cuivre Ø 12 mm x ép. 0,6 ou 0,8	14/09-1478
Innovert	<i>Plafino</i>	Plaques de plâtre	Tube PER, PB, PEX ou autre matériau de synthèse de Ø 13 mm intérieur x ép. 1,5	14+9/09-1445
Herbst Technik	<i>KaRo</i>	Bacs métalliques Plaques de plâtre Enduit plâtre	Natte polypropylène	14/06-1045*01 Mod
KaRo Solar	<i>KaRo CU</i>	Bacs métalliques	Tube cuivre Ø 12 mm	14/08-1296
Lindner	<i>Plafotherm</i>	Bacs métalliques	Tube cuivre Ø 12 mm	14/10-1539
Wavin	<i>CD 4</i>	Plaques de plâtre	Tube polybutène Ø 10 mm x ép. 1,0 avec barrière anti-oxygène	9+14/10-911

Nota : Giacomini possède un procédé sous ATec (*Giacoklima GK*) mais ne le commercialise pas en France à ce jour.

## Plafond hybride et aéraulique



- 1 Canal hybride
- 2 Activation avec des serpentins de tubes de cuivre
- 3 Plafond suspendu, fermé
- 4 Activation du plafond avec des serpentins de tubes de cuivre
- 5 Diffusion d'air (8 m/s) par les buses d'échappement
- 6 Tourbillon d'air

Illustration Barcol-Air

3

Photo Barcol-Air



4

3 Plafond climatique hybride et aéraulique, avec bacs métalliques posés en apparent.

4 Coupe sur un plafond hybride et aéraulique, avec circuit primaire dans bacs métalliques et circuits secondaire en sous-face de dalle béton.

### Système hybride avec décharge thermique

La société Barcol-Air dispose d'une gamme particulièrement étendue. Son Avis Technique couvre deux technologies de cassettes : les modèles CBAC et A11 Hybrid, ainsi que la série U44 et U46. Dans le premier cas, elles constituent un plafond suspendu classique s'inscrivant dans une trame habituelle de 600 x 600, 1200 x 600 ou 675 x 675 mm, avec une dimension maximale de 1350 x 1350 mm. Dans le second cas, les modules sont fixés en îlots apparents sous dalle. Ils sont disponibles dans une longueur à la demande, avec une largeur maximale de 1200 mm.

Les bacs sont réalisés en tôles d'aluminium ou d'acier électrozingué. Ils supportent des rails thermiques en aluminium collés en usine. Ces derniers, d'une largeur de 60 à 84 mm, reçoivent par sertissage un tube cuivre de 8 à 15 mm de diamètre formant serpentín d'un seul tenant (sans soudure ni raccord).

La série U44 et U46 s'inscrit dans un mode de fonctionnement dit « hybride » ou « thermoactif ». La partie supérieure des cassettes, plaquée en sous-face de dalle béton, incorpore un circuit d'eau secondaire. Sollicité en phase de rafraîchissement, il est alimenté de façon indépendante par rapport aux serpentins d'activation des tôles métalliques. Objectif : exploiter la capacité de stockage thermique du béton. En effet, lors des journées d'été, le matériau accumule les calories. En période nocturne, la circulation d'eau froide dans l'échangeur secondaire offre une possibilité de décharge dynamique étalée dans le temps. Ce cycle jour/nuit, le plus souvent alimenté par simple free-cooling, est prioritaire. Il permet de réduire la surface active des bacs métalliques et de limiter leur durée d'utilisation en mode froid.

Le modèle A11 peut également être installé en version hybride, mais cette fois au-delà de la couverture de l'ATec. Le faux-plafond abrite alors des conduits appelés « canaux aérauliques hybrides » : gaines aplaties sur lesquelles repose un circuit d'eau secondaire équivalent à celui évoqué plus haut. Également exploité en mode de décharge jour/nuit, cet échangeur accompagne un refroidissement de la dalle accéléré par l'injection d'air frais dans le plénum au travers de buses implantées dans la partie supérieure des conduits (voir schéma ci-dessus).

### Bacs métalliques avec serpentín cuivre

« Le système A11 Hybrid économise un tiers de l'activation des plafonds rafraîchissants », souligne Dominique Besonhé, chargé d'affaires chez Barcol-Air. Sur 100 % de charges thermiques, près de 50 % sont dissipées par le circuit des bacs métalliques, environ 20 % sont traitées par le conditionnement d'air et 30 % sont évacuées par le circuit secondaire. Couplés avec une dalle thermoactive, les canaux aérauliques permettent une réduction de 45 % de la puissance des machines frigorifiques. La consommation d'énergie annuelle est estimée à 11,7 kWh/m<sup>2</sup>, contre 26,1 kWh/m<sup>2</sup> pour un plafond climatique classique et 56,6 kWh/m<sup>2</sup> pour une climatisation à débit variable.

Les buses d'échappement diffusent l'air frais vers la dalle à une très grande vitesse : 8 m/s. Elles provoquent ainsi une forte turbulence qui empêche toute stratification de la température dans le plénum dont la hauteur ne peut être inférieure à 16 cm. Pour autant, leur géométrie est étudiée pour produire un écoulement silencieux. Hormis ce procédé, les autres fabricants sous ATec proposent des solutions standard : >>>



Photo Acome

Plafond à parement en plaques de plâtre réalisé à partir de diffuseurs métalliques rainurés : le tube formant serpentin est incorporé sur chantier.

# ATTENTION À LA CONDENSATION EN MODE RAFRAÎCHISSANT

La régulation d'un plafond rafraîchissant doit être conçue pour prévenir les risques de condensation. Dans cet objectif, il faut que le fonctionnement des émetteurs soit asservi à un hygrostat permettant soit la mesure de l'humidité de l'air ambiant, soit la détection du point de rosée sur une canalisation.

Dans les locaux à forte occupation, il est de plus préconisé de contrôler l'insufflation d'air neuf par un système à débit variable commandé, par exemple, par une sonde de CO<sub>2</sub>. Le pilotage de l'installation peut également intégrer un contacteur d'ouverture de fenêtre ou un capteur d'hygrométrie extérieure.

Dans la documentation technique de son produit *AcoSense*, la société Acome stipule que « l'utilisation du système en mode rafraîchissement est exclue dans les pièces humides ». Le parement en plaques de plâtre ne doit pas descendre en dessous de 22 °C, avec des limites minimales de température d'alimentation des émetteurs fixées selon la zone géographique (voir tableau ci-dessous).

Il est en outre rappelé que la réglementation interdit de climatiser lorsque la température intérieure ambiante est inférieure à 26 °C. Selon le Cahier des prescriptions

techniques communes du CSTB « CPT PRP 3636/08 » relatif au plafond rayonnant plâtre, la température maximale autorisée en mode chauffage est de 45 °C, avec une hauteur libre minimale de 2,40 m. « Comme il n'existe pas à ce jour d'exigence officielle pour les murs chauffants, il convient à défaut de ne pas dépasser dans ce cas une température de 28 °C », note Christophe Pinchon, du service Marketing et formation d'Acome. La puissance d'émission est déterminée selon la norme NF EN 1264-5 relative aux systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées dans les sols, les plafonds et les murs. ■

## Seuils d'alimentation des plafonds rafraîchissants à parement en plaques de plâtre (Source : Acome)

Zones géographiques	Température minimale de départ
Zone côtière de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Océan Atlantique au nord de l'embouchure de la Loire. Largeur 30 km	19 °C
Zone côtière de l'Océan Atlantique au sud de l'embouchure de la Loire et au nord de l'embouchure de la Garonne. Largeur 50 km	20 °C
Zone côtière de l'Océan Atlantique au sud de l'embouchure de la Garonne. Largeur 50 km	21 °C
Zone côtière méditerranéenne. Largeur 50 km	22 °C
Zone intérieure	18 °C



bacs métalliques avec serpentins en cuivre fixés par l'intermédiaire de profilés en aluminium. Le diamètre des canalisations et leur écartement sont variables. Seule petite différence chez GEA Happel : le tube en cuivre est plaqué sur la tôle par des lames en forme d'oméga. Cette société, qui commercialise par ailleurs une gamme complète de matériels de traitement d'air, a réalisé une étude économique qui démontre la compétitivité des plafonds climatiques (voir tableau ci-dessous).

Dans beaucoup de cas, la sous-face émettrice est percée afin d'offrir un meilleur confort acoustique, ce qui permet en outre sur un plan esthétique de varier le décor en jouant sur la taille des perforations. L'isolation est renforcée par un voile absorbant supérieur, complété par la mise en place d'une couche de laine minérale de 25 à 100 mm d'épaisseur. Les bacs métalliques doivent autoriser les diverses fonctions liées aux plafonds : réservations pour implantation de

luminaires, de bouches de soufflage ou d'extraction d'air, de sprinklers et autres dispositifs participant à la sécurité incendie.

### Des parements à base de plaques de plâtre

Les plafonds climatiques sous ATec font très largement appel aux plaques de plâtre. Cette solution est présente chez les sociétés Herbst Technik, Wavin, Innovert et Acome. Ce dernier, fabricant de tubes en polyéthylène réticulé par procédé non chimique (PEXc), utilise en fait une technologie de mise en œuvre développée par l'entreprise Innovert. Elle est ainsi disponible sous les appellations respectives *AcoSense* chez Acome et *Plafino* chez Innovert.

Les émetteurs sont constitués à partir de diffuseurs en tôle d'acier de 5/10<sup>e</sup> d'épaisseur protégés par électrozingage : le tube en PEXc de 16 mm de diamètre extérieur est incorporé dans des panneaux d'une largeur standard de 1 m, rainurés

## Analyse de la compétitivité économique d'un plafond climatique

Décomposition des coûts	Terminaux dynamiques (type ventilo-convecteurs)	Plafond climatique
Investissement CVC (Chauffage/ventilation/climatisation)	190 €/m <sup>2</sup>	290 €/m <sup>2</sup>
Investissement plafond fibre	40 €/m <sup>2</sup>	0
Coût total	230 €/m <sup>2</sup>	290 €/m <sup>2</sup>
Durée de vie	15 ans	20 ans
<b>Amortissement annuel de l'investissement</b>	<b>15,30 €/an</b>	<b>14,50 €/an</b>
Consommation d'énergie	20 €/an	16 €/an
Frais de maintenance	6 €/an	2 €/an
<b>Total charges d'exploitation annuelles</b>	<b>26 €/an</b>	<b>18 €/an</b>
<b>Coût global annuel (investissement + charges)</b>	<b>41,30 €/an</b>	<b>32,50 €/an</b>

Étude réalisée par la société GEA Happel sur un bâtiment de 5 000 m<sup>2</sup> équipé d'une pompe à chaleur (coûts actualisés en octobre 2010).



7



8

selon un pas de 10 cm. Le système fait appel à un module droit courant d'une longueur de 122 cm et à un module d'extrémité avec virages disponibles en sept longueurs: 46, 71, 96, 121, 146, 171 et 196 cm.

Ces diffuseurs métalliques sont fixés sur des rails horizontaux implantés en sous-face de plancher, selon un entraxe de 50 ou 25 cm, après calepinage des surfaces à équiper. Leur mise en œuvre est facilitée par un gabarit de pose qui garantit l'alignement à la fois latéral et longitudinal. Un écartement constant d'environ 4 cm est aménagé entre les extrémités des modules. Le tube est ensuite inséré dans les rainures des panneaux, à la main ou à l'aide d'un maillet, en respectant les contraintes de cintrage au niveau des virages. Il forme ainsi un serpentin unique pour chaque local. D'une épaisseur de 2 cm, ce complexe est recouvert d'une couche supérieure d'isolation. L'ensemble est masqué par un parement en plaques de plâtre BA13, après avoir pratiqué un test d'étanchéité.

L'ATec déposé par la société Innovert stipule que les températures d'eau circulant dans les tubes des diffuseurs ne doivent jamais être « supérieures à 45 °C en régime chauffage et jamais inférieures à 18 °C en régime de rafraîchissement » afin de ne pas entraîner une dégradation du plâtre. La mise en service doit se faire en mode chauffage avec précaution. La régulation doit être programmée pour commander une montée de la température d'eau progressive.

### Une double compétence

Le système CD4 de la société Wavin fait également appel à un panneau en tôle d'acier galvanisé de 5/10<sup>e</sup> d'épaisseur. En revanche, le circuit émetteur est constitué cette fois par un tube de 10 mm de diamètre extérieur en polybutène (PB) avec barrière anti-oxygène. Il est incorporé dans

des rainures espacées de 35 mm selon un tracé « en escargot ». Aux deux extrémités, les courbures de la canalisation échappent au support et aux rainures sur 20 cm. Particularité de cette technologie: le tube PB est pré-monté en usine sur le panneau métallique. Chaque module émetteur constitue un circuit indépendant prêt à raccorder en série. D'une largeur standard de 30 cm, il est commercialisé dans des longueurs comprises entre 1 et 5 m selon un pas de 10 cm. Ses bords latéraux reposent sur des rails porteurs, disposés tous les 33 cm, accrochés soit directement au plancher, soit à une ossature primaire sur laquelle est alors étalée la couche isolante supérieure. « Le système est en phase d'évolution: début 2012, il pourra être posé avec un entraxe de 40 cm », précise Benjamin Blanc, chef de produits chez Wavin.

Les réseaux d'alimentation sont réalisés en tubes multicouches de 16 mm de diamètre. La jonction avec les circuits émetteurs est assurée par des raccords rapides de type « push fitting ». Le tube est tout simplement emboîté: serrage et étanchéité s'effectuent sans aucun outillage. Côté multicouches, la liaison est toutefois réalisée par sertissage.

Ces deux modes de raccordement correspondent à un partage entre corps d'état et à une évolution des habitudes de pose. En effet, la mise en œuvre d'un plafond climatique nécessite de faire appel à une double compétence: celle des professionnels du génie climatique, mais aussi celle des plaquistes ou spécialistes des plafonds suspendus. Ces derniers prennent une part importante dans la réalisation des ouvrages: implantation des ossatures supports, mise en place des parements en s'assurant de leur planéité... Avec le développement du push fitting, leur mission semble en voie d'être étendue à une partie des liaisons hydrauliques. ■

5 L'alimentation des serpentins s'effectue par l'intermédiaire de répartiteurs, comme dans le cas des planchers chauffants.

6 Plafond en plaques de plâtre composé à partir de modules émetteurs préfabriqués: les tubes sont insérés dans les rainures en atelier.

7 Les liaisons des tubes aller-et-retour des émetteurs sont assurées par des raccords rapides.

8 Encore très marginale, l'offre de ces systèmes pourrait s'étendre dans les années à venir aux murs extérieurs.