



Plan Urbanisme Construction Architecture

Chauffage par plafond rayonnant

REX PARIS _____

Auteur

Jean-Luc SALAGNAC - CSTB

Rédaction - Mise en page

Christophe PERROCHEAU - Dac Communication

Photos

Jean-Luc SALAGNAC

Plan Urbanisme

Construction Architecture - Innover Ensemble - Février 2002

Directeur de la publication

Olivier PIRON

Directeurs de rédaction

Hervé TRANCART

Communication

Daniel WATINE

Arche de la Défense

92055 PARIS LA DÉFENSE Cedex 04

Tél : 01 40 81 24 33 - Fax : 01 40 81 23 82

Sommaire

► FICHE TECHNIQUE	p 3
► SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION	p 4
► PROTOCOLE D'EXPÉRIMENTATION	p 5
► DÉROULEMENT DE LA DÉMARCHE	p 6
Structure du plancher	p 6
Mise en place des plafonds	p 6
Contrôle des panneaux rayonnants	p 7
Mission EDF	p 7
► EVALUATION DE LA DÉMARCHE	p 8
Bilan des contrôles des panneaux rayonnants	p 8
Information aux locataires	p 8
Marquage des installations	p 8
Performances acoustiques	p 9
Perspectives	p 9

Fiche technique :

REX PARIS

► RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIMENTATION

Cette opération a pour objectif d'expérimenter un chauffage par plafond rayonnant. Ce procédé, connu dans le tertiaire, est en cours de développement dans le logement. Un des objectifs lié à l'utilisation du chauffage par plafond rayonnant est l'obtention d'un niveau de charges équivalent à celui d'une installation au gaz.

► OPÉRATION SUPPORT

L'opération, réalisée en 2001, comporte 48 logements locatifs localisés dans le XXème arrondissement à Paris (75).

► PARTENAIRES DE L'EXPÉRIMENTATION

Maître d'ouvrage

OPAC de la Ville de Paris

Architecte

Cabinet Dubosc et Landowski

Entreprise générale

SCGPM

Contact

M. ROY - Cabinet Dubosc et Landowski
58, avenue du Bas Meudon
92130 ISSY LES MOULINEAUX
Tel. 01 46 62 01 38 - Fax 01 46 62 01 19

► ÉVALUATION DE L'EXPÉRIMENTATION

Jean-Luc SALAGNAC - CSTB
4, avenue du Recteur Poincaré
75782 PARIS Cedex 16
Tél : 01 40 50 28 39 - Fax : 01 40 50 29 10
Courriel : salagnac@cstb.fr

Synthèse de l'évaluation



Cette opération de 48 logements située à Paris avait pour objectif de poursuivre le développement du plancher composite interactif sec (PCIS)¹ en généralisant le passage des réseaux dans le vide du faux plafond et en y intégrant un système de chauffage par plafond rayonnant.

Le coût de réalisation du PCIS, les doutes du maître d'ouvrage sur le plan de ses performances acoustiques et l'absence de certitudes sur le comportement du plancher en cas de dégât des eaux, ont remis en cause l'utilisation du PCIS.

Seule l'installation d'un système de chauffage par plafond rayonnant a été retenue. Ce procédé, connu dans le tertiaire, est en cours de développement dans le secteur du logement.

La technique de pose est celle d'un faux plafond sur ossature métallique. Les panneaux actifs sont constitués d'éléments de films chauffants fixés sur un support d'isolant minéral. L'apparence lisse du plafond est obtenue par utilisation de plaques spéciales conçues pour résister aux effets des flux thermiques.

L'installation du système, notamment sur le plan des connexions entre modules chauffants, requiert une grande vigilance en raison des difficultés que posent les réparations sur des panneaux déjà installés.

Le suivi de chantier a essentiellement consisté à observer les procédures de pose et de contrôle du système avant livraison. L'élément commun à ces

deux procédures est un plan de calepinage détaillé fourni par l'industriel fabriquant les panneaux rayonnants.

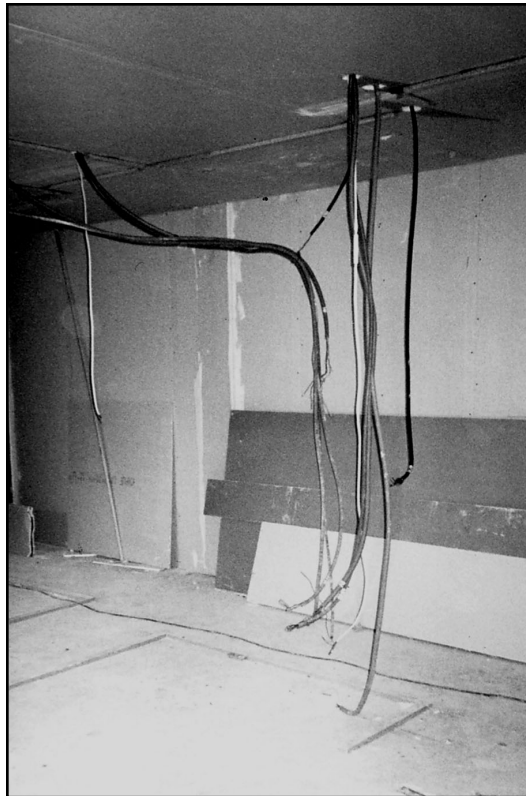
La précision de ce document autorise un déroulement aisé de ces procédures. Il pourra également être remis au service maintenance pour sensibiliser les utilisateurs aux particularités du système et faciliter les éventuelles interventions pour réparation.

Sur le plan qualitatif, cette opération confirme les principaux arguments en faveur du plafond rayonnant : diminution de la puissance installée par rapport à un chauffage par convecteurs électriques, amélioration de l'usage, absence de contrat d'entretien, perte de puissance limitée en cas de détérioration d'un module.

Les conditions dans lesquelles ont été négociées la fourniture des panneaux et l'absence de données sur les performances réelles du système, ne permettent pas d'évaluation économique. À cet effet, EDF a prévu de conduire un suivi des performances techniques et économiques du chauffage dès réception des logements par les locataires.

¹ Voir REX Chantier 2000 de Saint Martin d'Hères et d'Evreux

Protocole d'expérimentation



Le projet initial s'inscrivait dans le prolongement des opérations expérimentales de Saint-Martin d'Hères² et d'Evreux³.

Il avait pour objectif d'utiliser les vides du plancher composite interactif sec (PCIS) pour y faire passer les réseaux et d'intégrer un plafond rayonnant en sous-face du plancher.

Tant pour des raisons de coût (aggravées par une forte hausse de l'acier pendant la gestation du projet) que d'interrogations du maître d'ouvrage sur le plan des performances du plancher, de fortes inflexions ont été apportées au projet.

Ces interrogations portaient, d'une part sur le comportement du plancher en cas de dégât des eaux, d'autre part sur l'obtention des performances acoustiques exigées par la réglementation.

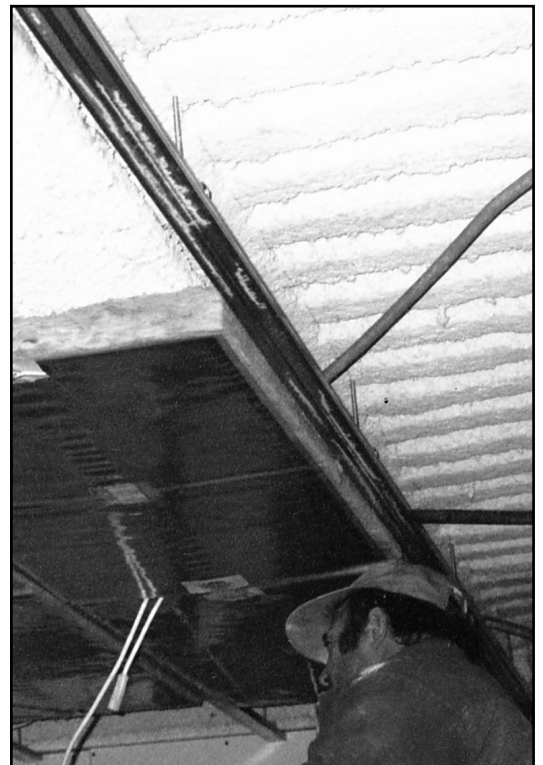
Conséquence : le PCIS a été abandonné au profit d'un plancher collaborant avec chape acoustique. Le chauffage par plafond rayonnant a cependant été conservé. Les réseaux d'eau ont été enrobés dans le béton du plancher collaborant et les réseaux électriques ont été installés dans le vide situé entre la sous-face du plancher et les plaques du plafond rayonnant.

Ces nouvelles options ont induit des modifications de dimensionnement des éléments de structure. Un des objectifs lié à l'utilisation des plafonds rayonnants est l'obtention d'un niveau de charge de chauffage comparable à celui d'une installation gaz. À cet effet, EDF évaluera les performances énergétiques et économiques du système de chauffage dès la première saison de chauffage.

L'obtention de ce niveau de performance passe en particulier par une isolation thermique idoine dont il est également attendu une contribution à la résolution du problème des "vols" de chaleur entre appartements.

Le protocole d'expérimentation prévoit de porter une attention particulière à l'information des locataires sur les règles d'emploi de ces systèmes (règles d'usage, plan de disposition des films chauffants, mode d'emploi des régulateurs, fonctionnement de la ventilation).

Il est également attendu des plafonds rayonnants qu'ils modifient le comportement des usagers sur le plan de l'aménagement, grâce à la suppression des radiateurs.



² Cahier Expérimentation REX Saint-Martin d'Hères : Le plancher composite interactif sec.

³ Cahier Expérimentation REX Evreux : Système de construction assemblé à sec

Déroulement de la démarche



► STRUCTURE DU PLANCHER

L'épaisseur du plancher du projet initial était de 250 mm. L'abandon de cette option au profit d'une solution bac acier collaborant et béton a eu pour effet de renforcer les poutres (hauteur de 220 mm pour les plus épaisses d'entre-elles).

Cette décision entraînait plusieurs hypothèses sur le plan du bâti :

- surélever le bâtiment de quatre étages, mais cette solution était incompatible avec le respect du prospect;
- rabaisser la hauteur des plafonds, mais ceci était impossible du point de vue réglementaire;
- rehausser le plafond sous combles, cette solution n'ayant qu'un effet limité.

La solution finale a consisté en un plancher de 300 mm, obtenu en insérant les fourrures de plafonds suspendus dans le plan du nu inférieur des poutres de 220 mm.

Afin de maîtriser la transmission des bruits solidiens, les dalles ont été coupées au niveau de séparation des logements. Ces coupures ont constitué autant d'entrées possibles d'eau de pluie en cours de chantier.

Malgré la réalisation d'étanchéités provisoires, de nombreux dégâts des eaux ont endommagé les ouvrages en plaques de plâtre, notamment les cloisons séparatives entre logements situées au droit des coupures réalisées dans les dalles.

► MISE EN PLACE DES PLAFONDS

Le procédé de plafond rayonnant retenu associe le produit MODULHOME- PANELHOME proposé par la société HORA (Avis Technique 14/00-607) et les plaques SIGMA proposées par la société KNAUF (Avis Technique 9+14/99-678). La Commission Prévention Produits (C2P), créée par l'Agence Qualité Construction, a mis en observation cette technique, en septembre 2000, compte tenu du «risque lié au manque d'appréciation de la durabilité des encollages réalisés pour assembler les différents éléments».

L'ensemble de la surface du plafond est constitué de panneaux d'isolant minéral, d'une épaisseur de 80 mm, posés sur des fourrures métalliques disposées parallèlement et espacées de 60 cm.

On distingue les panneaux neutres, seulement constitués de l'isolant, des panneaux actifs, recouverts sur leur face inférieure d'un film souple chauffant intégrant un circuit électrique inséré entre deux couches de matériaux plastiques de faible épaisseur.

Les panneaux actifs peuvent être reliés entre eux et à l'alimentation électrique à l'aide de connecteurs préfabriqués. La puissance de chaque panneau actif est fonction de la taille des films chauffants. Des modules de 45, 50, 65 et 90 Watt ont été utilisés sur cette opération.

La finition du plafond est obtenue grâce à des

plaques adaptées fixées par vissage aux fourrures métalliques. Les joints entre plaques sont remplis de manière à obtenir une surface lisse.

Toutes les pièces sont équipées de panneaux rayonnants, à l'exception des salles de bains qui disposent de convecteurs électriques. La puissance installée est de 131 KW pour 48 logements. Chaque pièce est équipée d'un circuit de chauffage indépendant et dotée d'un thermostat d'ambiance.

L'ensemble des réseaux électriques n'a pu être intégré dans le vide du faux plafond; une partie d'entre eux a été incorporée dans le béton des dalles.

L'installation des plafonds rayonnants s'est opérée avant la pose des doublages et des cloisons de distribution. La société HORA a réalisé un calepinage des panneaux MODULHOME pour chaque appartement.

Les documents font clairement apparaître l'emplacement des modules, leur puissance et leurs raccordements.

La mise en place des panneaux sur le réseau de fourrures du faux plafond n'a pas posé de problème particulier, sauf au voisinage des poutres de plancher les plus épaisses lorsque les fourrures étaient parallèles aux poutres.

Dans ce cas de figure, il est nécessaire de réaliser un décaissement dans l'épaisseur de l'isolant des panneaux, en en dégageant une partie sur toute la longueur et sur environ la moitié de la largeur et de l'épaisseur.

Le temps de pose des panneaux actifs et neutres dans un appartement de trois pièces est d'une journée pour un ouvrier.

► CONTRÔLE DES PANNEAUX RAYONNANTS

La mise en œuvre du système de panneaux rayonnants a fait l'objet d'une procédure de contrôle mise au point entre la société HORA, l'électricien et l'entreprise générale

Le contrôleur disposait, pour chaque appartement, d'une fiche de contrôle et d'une copie du plan de calepinage.

Il effectuait systématiquement :

- le contrôle visuel par comparaison des types de modules installés et de leur position par rapport au plan de calepinage,
 - le contrôle visuel des connexions des modules entre eux ainsi que des connexions des thermostats,
 - le contrôle, pièce par pièce, à l'ohmmètre, de la résistance électrique des groupes de modules.
- Le contrôleur disposait des valeurs théoriques à partir du plan de calepinage et y consignait les valeurs mesurées. Ces mesures ont été effectuées avant et après la période de mise en chauffe de 48 heures.

Après contrôle visuel et mesure avant période de chauffe, les modules étaient coffrés à l'aide des plaques de plâtre. Cet encoffrement, concomitant au traçage au sol des cloisons, garantissait un bon aplomb des gaines électriques.

Les cales hautes des panneaux de cloisons alvéolées ont été collées aux plaques du plafond.

Des passages provisoires ont été ménagés dans le plafond du dernier étage afin de terminer les travaux d'isolation. En effet, l'isolation mise en place (couche de 80 mm solidaire du film chauffant et deuxième couche de 120 mm) ne satisfaisait pas aux dispositions de l'Avis technique KNAUF SIGMA⁴. D'où l'ajout d'une couche de 60 mm portant l'épaisseur totale d'isolant à 260 mm.

► MISSION EDF

Des compteurs spécifiques permettant le relevé des consommations de chauffage ont été installés dans tous les appartements ; leur relevé manuel sera effectué par les locataires. D'autre part, des enregistreurs de températures seront installés pendant un an dans six appartements.

Le recueil de ces informations a pour finalité l'élaboration d'une «fiche de référence», décrivant la procédure de pose et les performances du système de chauffage.

⁴«Si nécessaire, les panneaux de laine de verre seront munis de pare-vapeur. Dans ce cas, l'isolation sera mise en place en deux couches croisées. La 1^{ère} couche, en contact avec le film, sera sans pare-vapeur et représentera moins du tiers de l'épaisseur totale d'isolant».

Evaluation de la démarche



► BILAN DES CONTRÔLES DES PANNEAUX RAYONNANTS

Les contrôles électriques ont donné lieu à des interventions pour réparation dans dix pièces de six appartements (sur un total de quarante-huit) après pose des plaques de plâtre et réalisation des bandes de joint mais avant peinture.

Certains des défauts relevés étaient liés à une connexion défectueuse entre le film chauffant et le cordon électrique (résultant probablement d'une traction accidentelle sur les cordons, soit lors de la pose, soit lors de la mise en place des plots de centre) ou au perçage accidentel de films chauffants. Leur réparation a nécessité le découpage d'une trappe dans les plaques concernées.

Des fuites d'eau provenant des réseaux encastrés ont entraîné la dépose de quelques plaques et le changement de quelques panneaux actifs et neutres.

Dans quelques appartements, et dans les entrées et cuisines, les résistances mesurées sont significativement inférieures (de 15 à 60 %) aux valeurs théoriques. Il en résulte une surpuissance. L'hypothèse d'une erreur dans le choix des panneaux a été avancée, mais n'a pu être confirmée par le contrôle des livraisons.

► INFORMATION AUX LOCATAIRES

L'Avis Technique MODULHOME PANELHOME mentionne que le chapitre 3 du document "Equipe-

ments de chauffage électrique installés en plafond : cahier des prescriptions techniques communes CPT PEC 12/93" doit être appliqué. Ce document comporte notamment un paragraphe qui précise la nature et la forme des informations à faire connaître.

► MARQUAGE DES INSTALLATIONS

Pour réduire les risques de détérioration ou d'incident après la mise en oeuvre, une plaque métallique ou en matière plastique imprimée portant l'inscription indélébile

«Attention !

Élément de chauffage électrique au plafond - Ne pas percer - Ne pas placer de luminaire au contact du plafond - Laisser un espace libre d'au moins 0.10 m entre tout élément mobilier et le plafond - Ne pas démonter sans précautions spéciales»

doit être fixée à demeure à proximité immédiate du ou des dispositif(s) de commande ou près du tableau de commande, de telle façon qu'elle ne puisse être soustraite à la vue des utilisateurs à la suite d'aménagements mobiliers ou décoratifs.

Un plan détaillé de l'installation de chauffage, indiquant notamment l'emplacement des éléments chauffants, des dispositifs de connexions et des différents obstacles (cloisons, points lumineux, ...), doit être fourni.

► PERFORMANCES ACOUSTIQUES

L'entreprise générale a fait réaliser une campagne de mesures acoustiques qui a conclu à la conformité des performances du plancher par rapport aux exigences réglementaires et à celles requises pour l'obtention du label QUALITEL.

► PERSPECTIVES

Déviée de ses intentions initiales, cette REX s'est centré sur la mise en œuvre d'un système de chauffage par plafond rayonnant dont les performances à l'usage ne seront mesurables qu'ultérieurement : les perspectives issues de cette opération sont donc nécessairement limitées.

Les quelques problèmes rencontrés montrent le soin qu'il faut apporter à la mise en place des panneaux et de leurs connexions. Il semble difficile d'éviter les interférences entre le cheminement des réseaux électriques et celui des connexions des modules.

En revanche, les points critiques peuvent être identifiés (notamment grâce la précision des plans de calepinage) afin d'attirer l'attention du chantier.

La procédure de contrôle a permis de détecter des anomalies et d'y remédier à temps dans presque tous les cas de figure. Sa mise en œuvre bénéficie de la précision des documents de calepinage fournis par l'industriel.

L'élaboration par l'industriel de tels documents est subordonnée à la fourniture des plans informatiques nécessaires : structure, installation électrique notamment.

Compte tenu des conditions préférentielles de fourniture des panneaux (un surcoût d'investissement d'environ 250 F/m² par rapport à un chauffage par convecteur est avancé) et de leurs performances à l'usage qui ne sont pas encore connues, tout bilan économique s'avère impossible.

En tout état de cause, l'évaluation économique doit reposer, non seulement en comparant le coût de fournitures et de la main d'œuvre avec d'autres systèmes, mais aussi en intégrant des facteurs tels que la contribution apportée par le système de chauffage à l'isolation du bâtiment, en particulier à l'isolation entre appartements.

Sur le plan qualitatif, cette opération confirme les principaux arguments en faveur du chauffage par plafond rayonnant :

- diminution de la puissance installée pour un appartement de type donné (par exemple 4000 Watts pour 85 m²) par rapport à un chauffage électrique par convecteurs;
- souscription d'un abonnement de puissance inférieure à un chauffage électrique par convecteurs;
- absence de contrat d'entretien de chauffage, amélioration de l'usage (surface des murs entièrement disponible);
- perte de puissance limitée en cas de détérioration d'un module.

Un plancher rayonnant est nécessairement plus épais qu'un plancher courant. Ceci induit une contrainte supplémentaire pour des bâtiments neufs. Cette contrainte peut être moins forte, voire tournée en avantage lors d'une opération de réhabilitation de logement ancien présentant des hauteurs importantes sous plafonds.

Si elle s'avère nécessaire, la réparation d'un ou plusieurs modules nécessitera de démonter les plaques concernées. L'existence d'un plan de calepinage contrôlé devrait permettre de localiser précisément les panneaux en cause.