

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

Dans le cadre du programme « **préparer le Bâtiment à l'horizon 2010** », BOUYGUES BATIMENT IDF s'est associée avec EDF-R&D et trois industriels BPB-Placo, Knauf et Rockwool pour mettre au point une solution de Rupteur de Pont Thermique en Façades Maçonnées porteuses des planchers intermédiaires.

L'équipe a répondu à l'appel à propositions ADEME - PUCA « préparer le Bâtiment à l'horizon 2010 » lors de la consultation 2002 sur la « Qualité Energétique, Environnementale et Sanitaire ».

Le brevet déposé par Bouygues Bâtiment IDF concerne la mise en œuvre de l'appui en béton armé.

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

LE PLAN DE LA PRESENTATION :

Le Principe de la solution de Rupteur en Façade Maçonnée porteuse ;

La mise en œuvre sur un chantier test ;

Les essais de validation acoustique ;

Les essais de Résistance au feu en laboratoire ;

Les calculs thermiques par EDF-R&D :

- les valeurs des coefficients linéiques ψ ,
- l'évaluation des risques de condensation ;

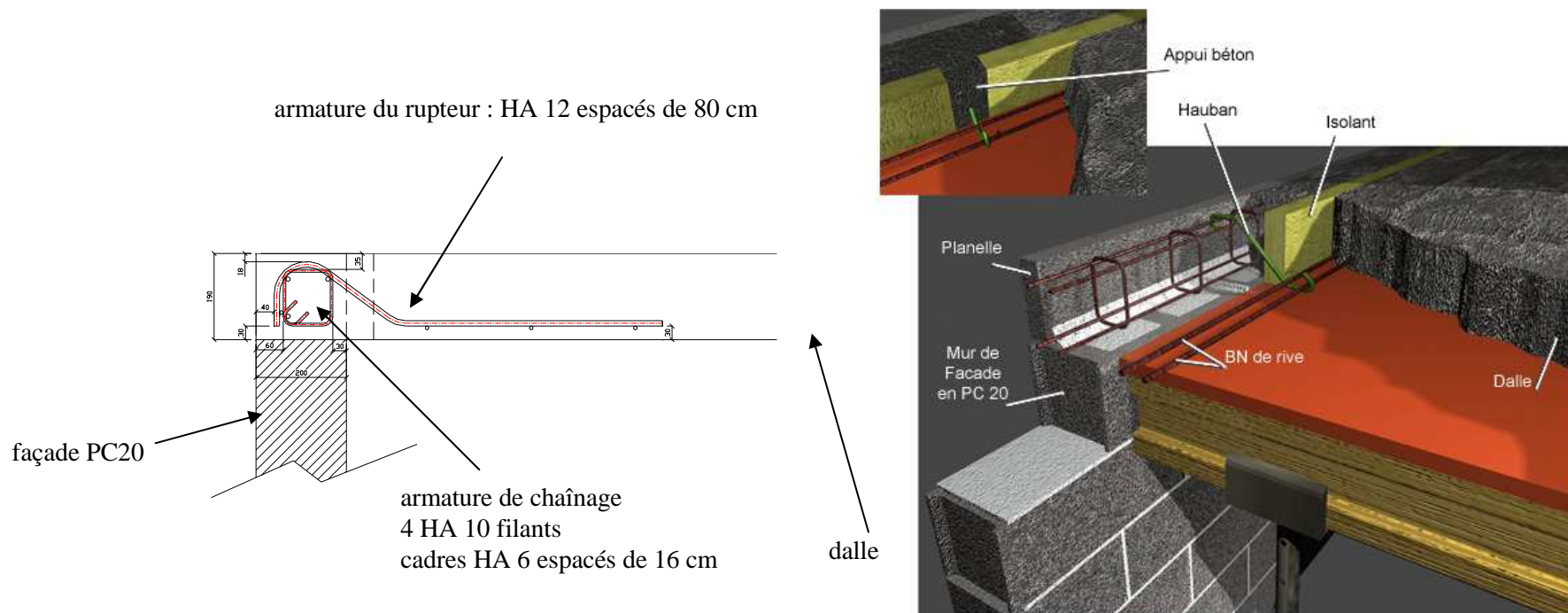
Le chantier sous **ATEX** de **Rosny-sous-Bois** ;

Les premières conclusions.

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

LE PRINCIPE DU RUPTEUR EN FACADE MACONNEE PORTEUSE :

Le RUPTEUR avec appui béton armé



RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

L'ORGANISATION DE LA MISE EN ŒUVRE :

- Le mur de la façade porteuse en maçonnerie est monté sous plancher ;
- Les coffrages du plancher et de la rive de dalle sont mis en œuvre ;
- La cage de l'armature de chaînage est placée en tête du mur de façade, les treillis soudés pliés avec les haubans inclinés sont accrochés au-dessus du chaînage de rive, les autres armatures du plancher sont installées ;
- Les éléments isolants sont placés entre les aciers inclinés des haubans de façon à réaliser un appui de 6 cm axé sur l'acier du hauban ; ils sont écartés du chaînage de rive par des cales à béton ;
- Une cage d'armature est fixée, parallèlement au chaînage de rive, du côté du plancher, elle sert à répartir les charges sur les haubans ;
- Le béton du plancher et du chaînage de rive peut alors être coulé.

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

LA MISE EN ŒUVRE SUR LE CHANTIER TEST :

Cette photo donne une vue d'ensemble de la mise en œuvre des composants en rive de plancher, peu avant le coulage de la dalle béton.



RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

Le détail sur appui
avec la cage
d'armature et
l'isolant :



Le rupteur de pont thermique Bouygues en façade maçonnée

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

Le Rupteur vertical en jonction
du refend en Acoustybloc dB à
gauche et de la façade en PC 20
à droite :



Le rupteur de pont thermique Bouygues en façade maçonnée

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

L'ENVIRONNEMENT DU RUPTEUR EN FACADE MACONNEE PORTEUSE :

Rupteur horizontal	En façade maçonnée porteuse réalisée en blocs de béton PC20 : selon le « brevet Bouygues »
Mur de façade	Blocs PC20, enduit et doublage thermique collé
Murs de refends	Acoustybloc dB15, enduit, doublage acoustique (1)
Dalle courante	Béton de 19 cm sans chape flottante
Cloison de distribution	Ame alvéolaire de 5 cm
Organisme, dates	CERIB les 31.07 ainsi que 08 et 21.08.2003
Isolement aux bruits aériens	Recherche de la conformité à la RA2000 $[D_{nTw} + C] \geq 53 \text{ dB}$

- (1) Les refends, mitoyens entre deux logements, sont montés en Acoustybloc dB de **15 cm** avec un enduit au plâtre sur une face et sur l'autre face un doublage acoustique collé de type Ultra ThA 32 **Prégymax** de chez Lafarge en épaisseur **13 + 40**

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

LES RESULTATS DES MESURES D'ISOLEMENT ACOUSTIQUE :

Les indices globaux de l'isolement acoustique aux bruits aériens [$D_{nTw} + C$] en dB, sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Mesures	Date de mesure			31.07.03	08.08.03	21.08.03
Horizontales : refends en acoustybloc dB de15 cm	Nature des doublages			PSE Th 38	Sans doublage	Ultra ThA 32 Label Rock
	Isolement en dB			[$D_{nTw} + C$]	[$D_{nTw} + C$]	[$D_{nTw} + C$]
	A7/A8	BPB	2è	48	51	55
	A5/A6	RW	1er	51	49	55
	A2/A3	K	RDC	51	49	55

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

Mesures	Date de mesure			31.07.03	08.08.03	21.08.03
	Nature des doublages			PSE Th38	Sans doublage	Ultra ThA 32 Label Rock
Verticales en plancher haut du 1er étage	<u>2PA8</u>	RW	cham	50	52	57
	3PA6		séjour	54	56	57
	<u>3PA7</u>	BPB	séjour	52	54	55
	3PA5		cham	53	59	60
Verticales en plancher haut du rez de chaussée	<u>3PA6</u>	K	cham	52	50	57
	3PA3		séjour	52	53	55
	<u>3PA5</u>	Sans rupteur	séjour	52	53	54
	3PA2		cham	X	57	61

Un doublage thermique et acoustique apporte des résultats **[DnTw + C] > 53 dB.**

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

LES ESSAIS DE STABILITE AU FEU, de dalles chargées à 250 kg/m².

- 1) Les éléments isolants en laine de roche de chez **Rockwool** ont été testés dans les laboratoires du CSTB de Champs-sur-Marne.

Les murs de façade et de refend sont montés sans bourrage des joints verticaux et ne sont pas revêtus des doublages d'isolation thermique ou acoustique.

- La jonction verticale, entre une façade porteuse réalisée en parpaings creux de **20 cm** revêtus d'un enduit extérieur et un refend en parpaing plein perforé de **15 cm** revêtu d'un enduit plâtre sur une face, devrait pouvoir être justifiée par le PV d'essais **CF 3h** du CERIB, le CSTB valide un degré **CF 2 heures** en présence d'un élément isolant vertical en laine de roche.
- La liaison horizontale, entre une façade porteuse réalisée en parpaings creux de **20 cm** revêtus d'un enduit extérieur et une dalle en béton de **18 cm**, a nécessité un essai feu au grand four, réalisé le **14.10.2005**, et qui a permis d'obtenir une tenue au feu de **2 heures**.

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

2) Les éléments isolants avec une âme en polystyrène expansé et deux peaux de surface de chez **BPB-Placo et Knauf** :

- La liaison verticale entre une façade porteuse en parpaings creux de **20cm** avec un enduit extérieur, un doublage intérieur en **PSE Th 38** d'épaisseur **10 + 80** d'une part et un refend en parpaings pleins perforés de **15 cm** revêtu d'un enduit plâtre sur une face et d'un doublage acoustique sur l'autre face, en PSE élastifié de marquage « **Ultra ThA 32** » d'épaisseur **13+40** d'autre part, réalisé au **CTICM** de Maizières-lès-Mets le 21.11.2003, a obtenu un classement **CF 1h30**.
- La liaison horizontale, est en cours de test au CSTB de Champs sur Marne, la maquette a été coulée le 01.02.2007, la mise au feu est prévue pour le 03.05.2007.

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

Nous avons contribué à la mise au point d'un protocole d'essais de la résistance au feu des assemblages entre un mur de façade et un plancher appuyé par des systèmes de rupteurs de ponts thermiques.



Le rupteur de pont thermique Bouygues en façade maçonnée

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

L'ETUDE THERMIQUE est REALISEE PAR EDF-R&D :

Le calcul des valeurs du coefficient linéique ψ en W/(m.K), nécessite de déterminer les pertes énergétiques totales de la liaison à l'aide des outils de modélisation numérique aux éléments finis pour des régimes permanents.

Le maillage apporte une précision suffisante avec un temps de calcul raisonnable ; il est affiné dans les zones à fort gradient thermique.

Les conditions aux limites sont conformes à la norme européenne **EN 6946**, les valeurs prises en compte sont issues de la **RT 2000**.

Après une résolution par **Code_Aster**, logiciel interne à EDF, les champs de températures et de flux de chaleur sont caractérisés au sein du rupteur et de son environnement immédiat, les pertes totales de la jonction sont alors déterminées.

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

L'étude de la liaison verticale en T entre une façade et des refends :

Le refend intérieur peut-être envisagé suivant les quatre possibilités déclinées dans le tableau ci-après, le mur en Acoustybloc dB de **15 cm** d'épaisseur est équivalent à un parpaing plein perforé de **15 cm**.

Les doublages du refend, prévus soit en polystyrène expansé élastifié de type **PSE Ultra ThA 32** ou en laine de roche de conductivité thermique [$\lambda = 0.034 \text{ W/(m.K)}$], sont utiles pour l'isolation acoustique.

Les doublages, du mur de façade réalisé en parpaings creux de **20 cm**, sont prévus en polystyrène expansé standard de type **PSE Th 38**, ou en polystyrène expansé élastifié de type **Ultra ThA 32** ou encore en laine de roche LR 34.

Le rupteur thermique en laine de roche est le plus performant, car ses propriétés ignifuges ne nécessitent pas de parements Coupe-Feu, contrairement aux rupteurs en PSE ; ces peaux réalisent un petit pont thermique qui dégrade légèrement l'efficacité du système.

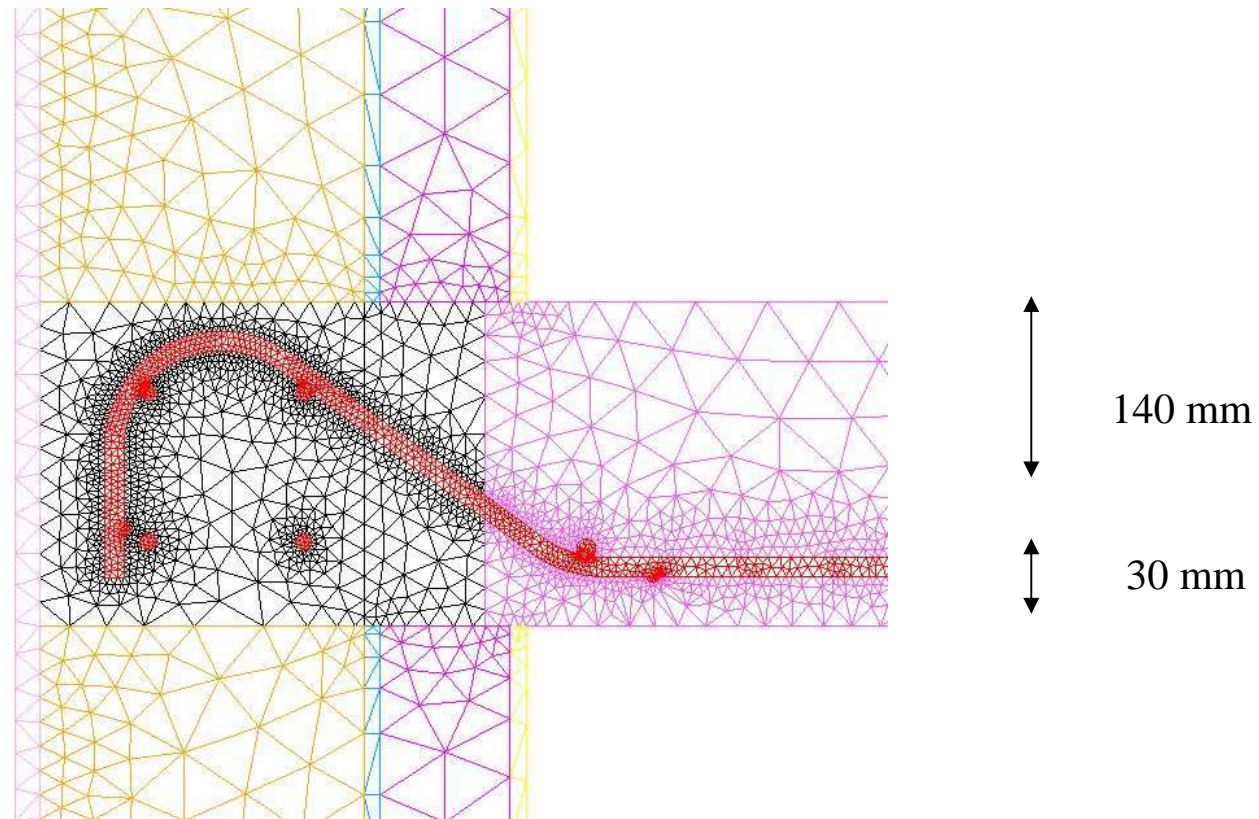
RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

Les taux de correction τ_c sont très bons, $\tau_c \in [64\% ; 85\%]$; les valeurs du coefficient linéique sont situées dans l'intervalle suivant $\psi \in [0.11 ; 0.17]$
Le tableau ci-dessous rassemble les valeurs enveloppes du linéique ψ :

Type de liaison →			Référence sans rupteur	Avec rupteur vertical Jonction en T		
Composition refend ↓				Rockwool	Knauf	BPB
Béton banché	Épaisseur en cm	18 cm	0.68	0.11	0.14	0.15
		20 cm	0.73	0.12	0.15	0.16
Parpaings perforés 20 cm			0.49	0.13	0.16	0.17
Parpaings creux de 20 cm			0.47	0.13	0.16	0.17
Acoustybloc dB de 15 cm			0.41	0.11	0.14	0.15

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

Le maillage d'un plancher intermédiaire, pour une dalle de 18 cm sans chape flottante :



Le rupteur de pont thermique Bouygues en façade maçonnée

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT

A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

L'étude de la liaison horizontale entre une façade en parpaings creux de **20 cm** et des dalles pleines en béton de **18 à 20 cm** d'épaisseur, sans planelle en rive de plancher, a été réalisée par **EDF R et D**.

Le tableau suivant rassemble les résultats pour une dalle de 20 cm en étage courant avec un chaînage béton armé en rive de plancher :

PLANCHER COURANT dalle béton 20 cm		SANS RUPTEUR	AVEC RUPTEUR THERMIQUE		
			BPB Placo	Knauf	Rockwool
Nu sans chape	Ψ	0.82	0.26	0.25	0.24
	τ_c %	-	68	70	71
Avec chape acoustique	Ψ	0.84	0.29	0.28	0.26
	τ_c %	-	65	67	69
Avec chape acoustique et thermique	Ψ	0.74	0.29	0.28	0.27
	τ_c %	-	61	62	64

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

L'évaluation des risques de condensations :

Le comportement hydrique a été déterminé à l'aide du code de calcul **SYRTHES-Bâti** développé par EDF ; ce code de calcul résout les équations couplées pour les conservations de la chaleur, de la masse d'eau et de la masse d'air sec, par la méthode des éléments finis. Cette étude est réalisée en régime permanent, pour la simplification des calculs en l'absence d'une norme établie.

Les conditions aux limites, en pression comme en humidité sont fixes, avec une pression totale $P_t = P$ atmosphérique et des pressions de vapeur P_v pour les ambiances intérieures et extérieures.

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

Les textes réglementaires, comme le **DTU 20.1**, définissent différentes classes d'hygrométrie d'un local vis-à-vis d'un rapport $[w/n]$ qui caractérise le taux horaire de production d'humidité (w en g/kg d'air sec) et le rythme horaire de la ventilation (n en volume par heure).

Le système de rupteur thermique Bouygues, avec des appuis ponctuels d'une dalle sur une façade maçonnée, peut être employé, sans risque vis-à-vis des phénomènes de condensation, dans les locaux dont l'hygrométrie ou le rapport $[w/n]$ n'excède pas 5g/m^3 : $[w/n] \leq 5\text{g/m}^3$, c'est-à-dire pour tous les locaux à hygrométrie moyenne comme des locaux d'habitation correctement chauffés et ventilés sans sur-occupation ; cette limite de 5g/m^3 correspond à une pression de vapeur à saturation $p_s = 1200\text{ Pa}$.

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

LE CHANTIER SOUS ATEX de ROSNY-sous-BOIS 2ème tranche ZAC SAUSSAIE-BEAUCLAIR

16 maisons groupées R+1 réalisées en murs maçonnés et plancher béton

- Le dossier d'ATEX a été envoyé au CSTB et SOCOTEC le 20.01.2007.
- Un essai de chargement statique est en cours au CSTB (03.2007).
- La mise en œuvre des rupteurs verticaux est prévue du 15.04.2007 au 15.05.2007 et la mise en œuvre des rupteurs horizontaux de la **fin 04.2007 à la fin 05.2007**.

Nous testons plusieurs solutions d'accrochage des éléments isolants.

Des essais acoustiques seront réalisés fin 2007.

Le dépôt d'un Avis Technique est envisagé pour la **2^{ème} semestre de 2008**.

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

LA CONCLUSION de notre R &D

C'est un sujet de réflexion interne à Bouygues Bâtiment IDF qui a démarré en **2001**, nous avons répondu à la consultation 2002 « Bâtiment 2010 » et ... nous espérons obtenir un Avis Technique avant la fin de l'année **2008** !

Il est difficile d'innover en France, trop de freins, de lourdeur de procédure et de nombreux écueils ont rebuté plusieurs projets !

Nous avons raté plusieurs essais feu, mais nous sommes satisfaits d'avoir participé à l'amélioration des connaissances scientifiques !

Notamment sur la tenue au feu d'un plancher porté par une façade réalisée en bloc de béton, car jusque là, en laboratoire, le mur et le plancher étaient testés séparément !

RENCONTRES NATIONALES DU PREBAT A AIX-LES-BAINS DU 21.03.2007

Redevenons optimistes, car nous entrevoyons le bout du tunnel :

- la mise en oeuvre de notre système est simple,
- les caractéristiques thermiques et hydriques sont satisfaisantes,
- les performances acoustiques devraient être une nouvelle fois validées,
- les essais au feu devraient apporter un classement **CF 1h30** ou **R90**..

Notre système tiendra les réglementations thermiques **RT 2015 etc.** afin de construire des bâtiments à basse consommation : **< 50 kWh.EP/(m².an)**.

Notre solution est adaptée aux bâtiments réalisés avec des planchers en dalle pleine de béton coulés en place pour des maisons en village et pour des petits bâtiments de logements collectifs ou de locaux tertiaires de type **R+3** réalisés en maçonnerie, où l'**ITE** (extérieure) n'est pas très pertinente et où l'**ITR** (répartie) reste une solution plus chère et plus complexe à mettre en œuvre.