

Avis Technique 3/13-743

*Murs de façade en béton
isolant structurel*

Murs de façade en béton THERMEDIA®

Titulaire : LAFARGE
2, avenue du Général de Gaulle

92140 Clamart

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 21 mars 2012)

Groupe Spécialisé n° 3

Structures, planchers et autres composants structuraux

Vu pour enregistrement le 20 janvier 2014

Le Groupe Spécialisé N° 3 " Structures, planchers et autres composants structuraux " de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné, le 25 juin 2013, le procédé THERMEDIA® de réalisation de murs de façade, procédé présenté par la société LAFARGE. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. A cet Avis est associé un suivi, par le CSTB, des conditions de fabrication et de contrôle, à l'application desquelles est soumise sa validité.

1. Description succincte

Le procédé de mur de façade Thermedia® consiste en la réalisation de voiles extérieurs en béton prêt à l'emploi, en façade ou en mur pignon de bâtiments. Le procédé Thermedia® permet, dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur, de limiter les déperditions thermiques par ponts thermiques de liaison entre les façades et les planchers (intermédiaires, haut et bas) d'une part et entre les façades et les refends d'autre part.

Le procédé Thermedia® utilise des bétons isolants structurels, se caractérisant par leur couple conductivité thermique utile / classe de résistance mécanique.

Nom commercial	λ_{utile} (W/m.K)	Classe de résistance
Thermedia® 0.6	0,54	LC 25/28 à LC30/33
Thermedia® 0.45	0,45	
Thermedia® 0.3	0,35	LC 16/18

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Le domaine d'application du procédé de mur de façade Thermedia® concerne la réalisation de façades et de pignons de bâtiment en utilisant un béton isolant structurel. Pour le béton Thermedia® 0.3, l'utilisation sera celle compatible avec des classes d'exposition X0, XC1 à XC4, XF1 et XS1.

Il est aussi possible d'utiliser le procédé Thermedia® avec une isolation thermique par l'extérieur.

L'utilisation dans le cas de balcons et loggias est admise, dans les conditions de limitation de flèche au $1/250^{\text{ème}}$ de la portée, sous combinaison quasi-permanente.

En particulier, **ne sont pas visés au titre du présent Avis** :

- Les murs de refends intérieurs ;
- Les murs d'épaisseurs inférieurs strictement à 16 cm.

En cas d'exigence sismique au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, l'utilisation est acceptée moyennant les conditions de conception détaillées au §2.3 du présent Avis.

Dans le cas d'utilisation de prédalles suspendues, les exigences sont celles définies par les Règles Professionnelles pour les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes (novembre 2009).

Les utilisations autres que celles prévues au présent domaine d'emploi sortent du champ du présent Avis.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Le béton Thermedia® des murs de façade visés par le présent Avis Technique est conforme aux spécifications de la norme NF EN 206-1/CN.

L'utilisation du Thermedia 0.3 est possible dans les conditions d'emploi définies dans l'ETPM Thermedia 0.3 du 19 juin 2012, car il déroge et uniquement sur ce point, sur le critère de classe de résistance minimale du tableau NA.F.1 de la norme NF EN 206-1/CN [1], pour l'usage prévu dans le domaine d'emploi.

Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES établi par le Demandeur.

2.2.2 Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

Stabilité

La stabilité des ouvrages à laquelle peuvent être associés les éléments réalisés selon ce procédé, dans les limites résultant de l'application du Cahier des Prescriptions Techniques ci-après, peut être normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté.

Les systèmes associés à ce procédé de mur, et en particulier les systèmes de plancher, doivent être vérifiés suivant les prescriptions des textes de référence s'y rapportant (DTU ou Avis Technique suivant la traditionalité ou non du système concerné).

Résistance au séisme

Le procédé de mur de façade Thermedia® peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

Sécurité au feu

Dans la limite d'une durée de tenue au feu de 2h, la stabilité au feu des murs en façade Thermedia 0.3 peut être assurée moyennant les conditions d'emploi minimales définies dans le PV de classement n° RS12-116.

Les calculs de résistance au feu des éléments en Thermedia 0.45 et 0.6 seront réalisés suivant l'EC 2 partie 1-2 avec une attention particulière sur la teneur en eau des granulats légers, et sur le risque d'écaillage du béton.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre et de l'entretien

La sécurité du travail sur chantier peut être normalement assurée, en ce qui concerne le procédé proprement dit, moyennant les précautions habituelles à prendre pour les opérations de mise en œuvre du béton prêt à l'emploi.

Isolation thermique

Elle est assurée intrinsèquement par l'utilisation du béton Thermedia.

Le suivi par le CSTB permet d'assurer une continuité des conductivités thermiques au cours du temps. Le tableau ci-après précise les valeurs de conductivité thermique utile ainsi que les conductivités thermiques équivalentes à prendre en compte pour les calculs de coefficients de ponts thermiques de liaisons. Ces dernières ont été évaluées en considérant un pourcentage d'armatures dans le sens de flux de 0,25% (soit 2 HA8 e = 20 cm).

Bétons isolants structurels	Conductivité thermique (W/m.K)		Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau	
	utile	équivalente	sec	humide
Thermedia® 0.6	0,54	0,56	120	70
Thermedia® 0.45	0,45	0,48		
Thermedia® 0.3	0,35	0,38		

Un catalogue des ponts thermiques est donné en annexe du Dossier Technique.

Isolation acoustique

Les performances acoustiques de ce système ont été évaluées en laboratoire (cf. §7.6 du dossier technique). Celles-ci constituent des données nécessaires à l'examen de la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de la réglementation acoustique en vigueur (arrêtés du 30 juin 1999 relatif aux bâtiments d'habitation, du 25 avril 2003 relatif aux hôtels, établissements d'enseignements, et établissements de santé). Trois approches sont utilisables pour cela : Le calcul (selon NF EN 12354-1 à 5 ; objet du logiciel ACOUBAT) ; le référentiel QUALITEL ou les Exemples de Solutions Acoustiques.

2.2.3 Durabilité / entretien

La durabilité des murs de façade est satisfaisante pour les emplois prévus dans le domaine d'emploi accepté :

- Pour le Thermedia® 0.6 et 0.45, dans les conditions prévues dans la norme NF EN 206-1/CN
- Pour le Thermedia® 0.3, dans les conditions d'emploi prévues dans l'ETPM Thermedia 0.3 du 19 juin 2012
- Les classes d'exposition prévues sont X0, XC1 à XC4, XF1 et XS1, telles que définies dans la norme NF EN 206-1/CN.

2.24 Mise en œuvre

La mise en œuvre des murs de façade en béton Thermedia est réalisée par des entreprises de bâtiment.

Compte-tenu des précautions particulières que leur mise en œuvre nécessite, une information technique du titulaire de l'Avis auprès des entreprises utilisatrices est indispensable, destinée à faire connaître aux dites entreprises les conditions de cette mise en œuvre (voir chapitre 5 du Dossier Technique)

Les dispositions particulières de mise en œuvre sont indiquées au paragraphe 2.3 qui suit.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

Sauf dispositions particulières du présent Cahier des Prescriptions Techniques, les prescriptions de l'EN 1992-1-1 (et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-1/NA), des DTU 21 et 23-1 s'appliquent.

2.31 Conception des ouvrages

Le procédé de mur en Thermedia® implique que, sur une hauteur d'étage et sur le linéaire de voile considéré, toute la hauteur du voile soit réalisée en Thermedia®. En effet cette disposition, au-delà des contraintes induites par les méthodologies de chantier, permet d'éviter une éventuelle fissuration due au retrait différentiel gêné entre le béton courant et le béton Thermedia®.

Le retrait plus important des bétons Thermedia® structurels, ne constitue pas toutefois une source de désordre des façades si les dispositions constructives sont respectées. En effet, le respect des distances courantes entre joints de dilatation, telle que préconisées dans l'annexe nationale à l'Eurocode 2 partie 1-1 pour les bétons de masse volumique courante, permet de négliger l'effet des déformations gênées éventuelles (retrait, dilatation thermique).

L'application des dispositions constructives de l'Eurocode 2 partie 1.1 et en particulier de la partie 11, est généralement suffisante dans les cas courants.

Cependant pour les bâtiments au-delà de R+5, il convient de vérifier les sollicitations additionnelles dans les dalles (moments sur appuis et efforts tranchants) dues au possible raccourcissement relatif de la façade en béton Thermedia® et des murs intérieurs en béton courant. Une méthode générale de dimensionnement est proposée au paragraphe 7.2 du Dossier Technique. A défaut de calcul, les règles forfaitaires suivantes sont applicables :

- le moment sur appui de rive (façade Thermedia®) et le moment sur appui intermédiaire sont majorés de 30% ;
- l'effort tranchant sur appui intermédiaire (murs en béton courant) est majoré de 30%.

Les longueurs d'ancrage et de recouvrement des aciers dans les bétons Thermedia® sont calculées comme pour le béton traditionnel de classe de résistance C25/30 avec une majoration de 30%.

2.32 Conception en zone sismique

Les conditions de conceptions de l'EN 1998-1 sont applicables, moyennant l'utilisation des hypothèses suivantes ;

- murs de grandes dimensions en béton peu armé ;
- classe de ductilité : DCM ;
- coefficient de comportement $q \leq 2,0$.

Les zones de sismicité visées sont limitées à la zone 4, au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010.

2.33 Fabrication

Le contrôle de fabrication du béton Thermedia® doit être effectué conformément aux dispositions suivantes :

Propriété	Thermedia® a 0.6	Thermedia® 0.45	Thermedia® 0.3	Fréquence de contrôle
Masse volumique humide du béton léger	1440 à 1700 ± 30 kg/m ³		1120 à 1400 ± 30 kg/m ³	quotidien ment
Masse volumique sèche du béton léger	1200 à 1400 ± 30 kg/m ³		1000 à 1200 ± 30 kg/m ³	1 fois tous les 200 m ³
Consistance applications horizontales	S3 / S4 (affaissement)			quotidien ment
Consistance applications verticales	450 à 600 mm ± 50 mm (étalement) S5 (affaissement)			quotidien ment
Résistance à la compression	moyenne de n essais (n ≥ 15) : ≥ $f_{ck} + 1,48\sigma$ chaque résultat individuel d'essai : ≥ $f_{ck} - 4$			1 fois tous les 150 m ³ ou 1 par jour de production
Conductivité thermique	≤ 0,54 W/m.K	≤ 0,45 W/m.K	≤ 0,35 W/m.K	1 fois tous les 200 m ³

- Une qualification vaut pour un couple centrale de fabrication / béton de composition définie. Lorsque LAFARGE est amené à modifier une composition, une requalification de la nouvelle formulation dans la centrale concernée est nécessaire et est effectuée suivant les mêmes dispositions que la qualification initiale (voir puce précédente).
- La conformité des productions des centrales de fabrication aux données du présent Avis est enregistrée dans les registres de fabrication des centrales concernées.
- L'autocontrôle exercé dans les centres de fabrication fait l'objet d'un suivi extérieur assuré par le CSTB sur la base d'un cahier des charges validé, qui précise notamment la fréquence des visites des laboratoires et des centrales, ainsi que les points examinés dans chaque cas.
- La liste des centrales qualifiées est mise à jour en accord avec le CSTB et disponible auprès du titulaire et du CSTB.

Toute modification envisagée dans la nature des contrôles ou des organismes qui sont impliqués dans son exercice doit être signalée au Rapporteur du Groupe Spécialisé N°3.

2.34 Mise en œuvre

La mise en œuvre du béton frais et les différents contrôles d'exécution correspondants doivent être conformes aux spécifications indiquées dans le Dossier Technique établi par le Demandeur et annexé au présent Avis Technique.

Le principe constructif des murs Thermedia suppose la mise en œuvre des boîtes d'attente, excepté dans le cas des balcons et dans le cas des prédalles suspendues avec exigence sismique.

La mise en œuvre des boîtes d'attentes pour les planchers à prédalles suspendues (hors exigences sismiques) doit respecter les recommandations professionnelles éditées par la SEBTP.

Pour les balcons, la mise en place d'un lattis métallique nervuré (type nergalto) impose l'utilisation d'un ferrailage en barres (pas de possibilité de mise en œuvre des treillis soudés).

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé de murs de façade en béton Thermedia® présenté par la société LAFARGE dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

2 ans, jusqu'au 30 juin 2015

Pour le Groupe Spécialisé n° 3
Le Président
Roseline LARQUETOUX

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n°3 tient à préciser que le titulaire n'a pas souhaité divulguer les compositions de béton qu'il utilise mais fixe des exigences de résultats qu'il lui est impératif d'obtenir dans leur totalité, faute de quoi, cet Avis Technique n'est plus valable.

Cet Avis Technique a fait l'objet d'une consultation du Groupe Spécialisé no 20 pour les aspects thermiques, lors des comités du 26/03/2013 et du 25/04/2013.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3
Anca CRONOPOL

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Définition du procédé

Le procédé de mur Thermedia® consiste en la réalisation de voiles extérieures en béton prêt à l'emploi, en façade ou en mur pignon de bâtiments. Le procédé Thermedia® permet, dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur, de limiter les déperditions thermiques par ponts thermiques de liaison entre les façades et les planchers (inter-médiaires, haut et bas) d'une part et entre les façades et les refends d'autre part.

Le procédé Thermedia® utilise des bétons isolants structuraux, se caractérisant par leur couple conductivité thermique utile / classe de résistance mécanique :

Nom commercial	λ_{utile} (W/m.K)	Classe de résistance
Thermedia® 0.6	0,54	LC 25/28 à LC30/33
Thermedia® 0.45	0,45	
Thermedia® 0.3	0,35	LC 16/18

Les bétons Thermedia® 0.6 et 0.45 sont des bétons légers conformes à la norme NF EN 206.1/CN.

Le béton Thermedia® 0.3 est un BPS LC 16/18 au sens de la norme NF EN 206-1/CN. Il déroge, et uniquement sur ce point, sur le critère de classe de résistance minimale du tableau NA.F.1 de la norme NF EN 206-1/CN pour l'usage prévu dans le domaine d'emploi.

Le béton Thermedia® 0.3 fait actuellement l'objet d'une Evaluation Technique Préable de Matériau (ETPM), formulée par le GS3 lors de la séance du 19 juin 2012 et valable 3 ans. Cette ETPM a notamment conclu que le béton Thermedia® 0.3 ne présentait pas d'incompatibilité de nature à écarter a priori son utilisation envisagée, en particulier vis-à-vis de la durabilité :

Résistance à la carbonatation

Les résistances à la carbonatation déterminées sur le béton Thermedia® 0.3 sont équivalentes (carbonatation en conditions naturelles avec conservation extérieure sur site) et supérieures (carbonatation en conditions naturelles avec conservation en laboratoire à 20°C et 65% HR et carbonatation en conditions accélérées) à celles mesurées sur des bétons C25/30.

Migration des chlorures

L'essai accéléré de migration en régime transitoire des chlorures sous champ électrique, a permis de déterminer le coefficient de diffusion de migration des ions. Sa valeur est très inférieure au seuil performantiel correspondant à une durée de vie exigée des ouvrages comprise entre 100 et 120 ans.

Gel faible ou modéré

La classe relative au risque de gel correspondant au domaine d'emploi prévu est XF1. Le suivi sur 1 an d'un mur exposé en extérieur, sur le site du Centre de Recherche de LAFARGE (zone de plaine du Nord-Isère) n'a mis en évidence aucun dommage dû au gel, malgré une période d'hiver (novembre à mars) qui a présenté des journées avec des températures négatives.

Risque de réaction sulfatique interne

Les températures maximales mesurées au centre des voiles en Thermedia® 0.3 sont bien inférieures à la température maximale à ne pas dépasser, conduisant ainsi à un risque nul de réaction sulfatique interne.

Les classes d'exposition correspondant au domaine prévu sont X0, XC1 à XC4, XF1 et XS1, telles que définies dans la norme NF EN 206-1/CN.

Les bétons Thermedia® sont mis en œuvre conformément aux normes NF DTU 21, NF DTU 23.1 et NF EN 13670.

2. Domaine d'emploi proposé

Le procédé de mur Thermedia® consiste à utiliser un béton isolant structural pour réaliser les voiles de façades et de pignons de bâtiment. Il permet de limiter, dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur, les déperditions thermiques par pont thermique de liaison entre les façades et les planchers (dalle pleine coulée en place, plan-

cher à prédalles) d'une part, et entre les façades et les refends d'autre part.

Il est aussi possible d'utiliser le procédé Thermedia® avec une isolation thermique par l'extérieur.

Le procédé de mur Thermedia® est destiné aux voiles de façades et de pignons de bâtiments résidentiels, bureaux, commerciaux, administratifs, ERP, etc., et peut être utilisé en cas d'exigence sismique au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010, pour les zones de sismicité 1 à 4.

Les éléments singuliers liés des façades tels que les balcons, linteaux, acrotères, bandeaux, trumeaux, ... peuvent également être réalisés en béton Thermedia® afin de réduire les ponts thermiques de liaison.

Dans le cas d'utilisation de prédalles suspendues, les exigences sont celles définies par les Règles Professionnelles pour les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes (novembre 2009).

3. Matériaux

3.1 Composition des bétons Thermedia® structuraux

La composition des bétons Thermedia® 0.6 et 0.45 est conforme à la norme NF EN 206.1/CN. La composition du béton Thermedia® 0.3 est conforme à l'ETPM du 19 juin 2012.

Le béton est préparé industriellement par mélange en centrale à béton des constituants suivants :

- ciment de type CEM I ou II ou III ou IV ou V
- granulats légers artificiels ou naturels type schiste expansé, argile expansée ou ponce ($D_{\text{max}} = 20 \text{ mm}$),
- adjuvants,
- additions minérales,
- eau

Les additions minérales sont conformes à celles décrites dans le tableau NA.F.1 de la norme NF EN 206-1/CN. Les granulats légers sont conformes à la norme NF EN 13055-1.

Les classes de résistance des bétons Thermedia® structuraux sont les suivantes :

- pour le Thermedia 0.6 : LC 25/28 ou LC 30/33
- pour le Thermedia 0.45 : LC 25/28 ou LC 30/33
- pour le Thermedia 0.3 : LC 16/18

Leur rapport eau efficace / liant équivalent est inférieur ou égal à 0.6.

3.2 Caractéristiques du béton frais

- pH : $13 \pm 0,5$
- Consistance : S3 à S5, maintient 2h
- Le délai pratique d'utilisation des bétons Thermedia® est de 2 heures. Tout besoin spécifique de limitation ou de prolongation de ce délai souhaité par l'entreprise nécessite une acceptation de LAFARGE.

• 3.3 Caractéristiques du béton durci

	Thermedia 0.6 / 0.45	Thermedia 0.3
Classe de masse volumique au sens de la norme NF EN 206-1/CN	D 1.4 (1200 à 1400 kg/m ³)	D 1.2 (1000 à 1200 kg/m ³)
Coefficient de dilatation thermique moyen (mm/m.K)	0,008	
Classe de réaction au feu	A1 ininflammable	
Classe d'exposition	X0, XC1 à XC4, XF1 et XS1	
Classe de résistance mécanique	LC 25/28 ou LC 30/33	LC 16/18
Conductivité thermique utile (W/m.K)	0,54 / 0,45	0,35

Les caractéristiques mécaniques du béton durci s'obtiennent par l'application de l'Eurocode 2 « Calcul des Structures en béton » Partie 1-1, en particulier la Section 11 qui traite des bétons de granulats légers, et de l'Annexe Nationale à l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1/NA).

A noter que le coefficient de dilatation thermique des différents bétons Thermedia® structurels, a été mesuré et est cohérent avec la valeur moyenne issue de l'Eurocode 2 et donnée dans le tableau (rapport Ginger CEBTP n° BMA1-C-4174 de sept/nov 2012).

4. Fabrication et contrôles

4.1 Fabrication

Le béton est préparé dans les centrales à béton de LAFARGE, contrôlé par les laboratoires des agences productrices et sous la supervision du Responsable Qualité d'agence LAFARGE.

Toutefois, les bétons Thermedia® structurels peuvent également être produits dans des centrales à béton d'un fabricant de béton prêt à l'emploi tiers ou dans une unité de préfabrication. Ces centrales font l'objet d'un agrément délivré par LAFARGE et bénéficient d'une assistance technique. Une déclaration est systématiquement faite auprès du CSTB afin de diligenter la procédure de contrôle externe pour le suivi de fabrication. Les industriels concernés s'engagent à respecter intégralement les contrôles décrits dans le présent document.

Avant chargement sous la goulotte du malaxeur, les camions doivent systématiquement dévisser afin d'arriver cuve vide, c'est à dire sans eau. L'agent technique, chargé de la fabrication, doit s'assurer de la réalisation effective de cette opération.

4.2 Livraison

Les bétons Thermedia® sont livrés sur chantier en camion malaxeur (toupie). Toute livraison est accompagnée d'un bon de livraison conforme à la norme NF EN 206-1/CN, précisant notamment l'appellation commerciale du béton ainsi que sa dénomination normative au sens de la norme NF EN 206-1/CN.

Aucun ajout de quelque nature que ce soit n'est autorisé sur chantier.

Pendant le transport et les attentes sur chantier, le camion malaxeur doit obligatoirement rester en rotation (vitesse lente). Avant déchargement, le camion malaxeur est mis en rotation à vitesse rapide pendant 3 à 5 minutes afin de bien homogénéiser le béton.

Avant le début du déchargement des camions, les responsables du chantier s'assurent auprès des chauffeurs que le béton livré correspond à celui qu'ils doivent mettre en place, à travers le bon de livraison qui remis au chantier (par exemple en cas de coulage simultané avec divers types de béton).

Lors du dernier déchargement, le camion malaxeur est mis en rotation à vitesse lente afin d'assurer une vidange optimale du béton.

4.3 Contrôles

Les contrôles du béton sont réalisés conformément à la norme NF EN 206-1/CN et selon le tableau ci-après. Les critères d'acceptation sont précisés en annexe 1, avec un exemple des contrôles qualité internes.

Propriété	Méthode d'essai ou méthode de détermination	Fréquence de contrôle
Masse volumique humide du béton léger	EN 12350-6	quotidiennement
Masse volumique sèche du béton léger	EN 12390-7	1 fois tous les 200 m ³
Consistance	EN 12350-8 EN 12350-2	quotidiennement
	wattmètre enregistreur	1 fois par gâchée
Conductivité thermique	CT Mètre	1 fois tous les 200 m ³

4.31 Contrôle externe

Le contrôle externe est réalisé par le CSTB à raison de 2 fois par an avec prélèvement semestriel de 2 lots de fabrication par prélèvement, pour des essais de vérification dans un laboratoire extérieur, notamment pour les paramètres suivants :

- conductivité thermique à l'état sec ;
- masse volumique.

Les méthodes d'essais et les critères d'acceptation sont identiques à ceux indiqués dans le tableau ci-avant et en annexe 1.

LAFARGE informe le CSTB lors de tout changement majeur de matière première dans la fabrication du béton Thermedia® structurel (ex. : type de granulats).

5. Mise en œuvre

5.1 Préparation et réalisation des façades en Thermedia®

La mise en œuvre des bétons Thermedia® structurels est identique à celle d'un béton banché standard en référence à la norme NF DTU 23.1 « Murs en béton banché » et se fait dans le respect de la norme NF DTU 21 « Exécution des ouvrages en béton » (ou NF EN 13670). LAFARGE assure une information technique auprès des entreprises portant sur l'attention particulière quant aux dispositions suivantes :

1. Coffrage

La fluidité importante du Thermedia® impose des précautions sur l'étanchéité des coffrages, particulièrement en pied de mur :

- en façade, des talonnettes sont réalisées avec le voile du niveau inférieur, elles facilitent l'étanchéité par le pincement des banches ;
- sur une dalle, cas d'un démarrage au rez-de-chaussée ou sur un retrait de façade, les défauts de planéité doivent être inférieurs à 5 mm, dans le cas contraire prévoir un calfeutrement sous les banches.

Les coffrages, banches et mannequins, doivent être parfaitement huilés.

2. Coulage

L'organisation des coulages se déroule généralement comme suit :

- les voiles en Thermedia
- les planchers et les voiles de refends

A l'arrivée de la toupie sur le chantier, l'étalement du béton est vérifié. Il doit se situer entre 400 et 600 mm.

Le coulage s'effectue par passes successives de 50 cm. La vibration se déroule au fur et à mesure, celle-ci doit être soignée pour obtenir un aspect de parement homogène. Il est conseillé d'utiliser une aiguille vibrante standard de 50 mm de diamètre.

3. Décoffrage

L'enlèvement des mannequins de fenêtre ou de porte fenêtre doit se dérouler préférentiellement, juste après le décoffrage des banches.

Sous réserve des précautions d'emploi décrites ci-dessous, les bétons Thermedia® structurels permettent d'obtenir des parements identiques à ceux d'un béton de densité courante :

- ce type béton doit être vibré au fur et à mesure du remplissage de la banche, par passe horizontale ;
- les banches doivent être correctement nettoyées et huilées, avec de préférence l'utilisation d'une huile de synthèse pour des T < 10°C ;
- la fluidité de ces bétons étant importante, l'étanchéité des coffrages (pied de coffrage, mannequins) doit être soignée.

5.2 Phases de coulage des éléments en Thermedia® et en béton courant

5.2.1 Façade Thermedia® et dalles suspendues en béton courant

Phase 1 : réalisation des voiles en Thermedia® (façade, pignon), conformément aux DTU 21, 23.1. Les voiles sont arasés au-dessus du niveau brut supérieur du plancher, afin de créer une talonnette qui facilitera la mise en place de la banche pour le niveau supérieur. Dans le cas d'utilisation de prédalles, la mise en œuvre des boîtes d'attentes doit suivre le guide de mise en œuvre (carnet de chantier) édité par la FFB et la FIB ; réalisation des voiles intérieurs en béton courant ;

Phase 2 : étalement, coffrage, ferrailage (dont le dépliage des attentes dans les voiles) et coulage de la dalle. Dans le cas d'utilisation de prédalles, l'étape de coffrage est remplacée par la pose des prédalles ;

Phase 3 : réalisation d'une nouvelle levée des voiles de l'étage supérieur (début d'une rotation).

Les coupes données en Annexe 3 explicitent les différentes phases de coulage.

5.2.2 Façade Thermedia® et dalles non suspendues en béton courant

Ce type de liaison est possible uniquement si la dalle est prolongée par un balcon solidarisé :

- réalisation des voiles en Thermedia® (façade, pignon), conformément aux DTU 21, 23.1. Les voiles sont arasés au niveau inférieur du plancher, pour permettre le repos d'appui direct ;
- réalisation des voiles intérieurs en béton courant ;
- la suite du phasage est décrite au paragraphe 7.5.

La coupe donnée en Annexe 3 explicite les différentes phases de coulage.

6. Performances thermiques des façades en Thermedia®

Le procédé Thermedia® tel que décrit au paragraphe 1, permet dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur, de traiter les ponts thermiques de liaison entre :

- les façades et les planchers (intermédiaires, hauts et bas) ;
- les façades et les refends ;
- les façades et les éléments singuliers liés des façades (par exemple : les balcons, les acrotères, les bandeaux).

écartant ainsi les risques de condensation superficielle en parements intérieurs.

Les coefficients de transmission linéiques des liaisons se calculent au cas par cas, conformément à la norme NF EN ISO 10211 à l'aide du logiciel Trisco. Des exemples de valeurs courantes de la transmission linéique W/(m.K), validées par le CSTB, sont données en annexe 2.

7. Conception et calculs

7.1 Règles appliquées

La conception et le dimensionnement du procédé se font conformément aux Eurocodes avec leurs annexes nationales, et plus particulièrement :

- selon l'Eurocode 2 « Calcul des structures en béton » Partie 1-1 avec l'application de la Section 11 « Structures en béton de granulats légers » et à l'Annexe Nationale à l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1/NA) pour les calculs de structure ;
- selon l'Eurocode 2 « Calcul des structures en béton » Partie 1-2 « Règles générales — Calcul du comportement au feu » pour les calculs au feu
- selon l'Eurocode 8 « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes » Partie 1 « Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments » pour les calculs sismiques.

Les mandrins de cintrage des boîtes d'attente devront être justifiés dans le cas d'utilisation du béton Thermedia® 0.3 en façade.

Lors de la conception d'une façade en Thermedia®, la classe de résistance et la classe de densité sont deux données propres au matériau qui influent sur le dimensionnement.

7.2 Justifications de structure

Le procédé de mur en Thermedia® implique que, sur une hauteur d'étage et sur le linéaire de voile considéré, toute la hauteur du voile soit réalisée en Thermedia®. En effet cette disposition, au-delà des contraintes induites par les méthodologies de chantier, permet d'éviter une éventuelle fissuration due au retrait différentiel généré entre le béton courant et le béton Thermedia®.

Le retrait plus important des bétons Thermedia® structurels, ne constitue pas toutefois une source de désordre des façades si les dispositions constructives sont respectées. En effet, le respect des distances courantes entre joints de dilatation, telle que préconisées dans l'annexe nationale à l'Eurocode 2 partie 1-1 pour les bétons de masse volumique courante, permet de négliger l'effet des déformations gênées éventuelles (retrait, dilatation thermique).

L'application des dispositions constructives de l'Eurocode 2 partie 1.1 et en particulier de la partie 11, est généralement suffisante dans les cas courants.

Cependant pour les bâtiments au-delà de R+5, il convient de vérifier les sollicitations additionnelles dans les dalles à l'état limite ultime (moments sur appuis et efforts tranchants) dues au possible raccourcissement relatif de la façade en béton Thermedia® et des murs intérieurs en béton courant. La méthode générale de dimensionnement est détaillée ci-après (l'indice « Th » est relatif au béton Thermedia® et l'indice « C » est relatif au béton courant) :

- le raccourcissement relatif pour le niveau « i » considéré (i > 5) est égal à :

$$\Delta s_j = \Delta h_j^{Th} - \Delta h_j^C$$

$$s_i = \sum_{j=0}^i \Delta s_j$$

avec :

$$\Delta h_j^{Th} = \frac{h_j \sigma_j^{Th}}{E^{Th}} (1 + \phi^{Th}) \quad \Delta h_j^C = \frac{h_j \sigma_j^C}{E^C} (1 + \phi^C)$$

E^{Th} et E^C étant respectivement les modules d'élasticité instantanés du béton Thermedia® et du béton courant ;

ϕ^{Th} et ϕ^C étant respectivement les coefficients de fluage du béton Thermedia® et du béton courant ;

σ_i^{Th} et σ_i^C étant respectivement les contraintes de compression dues à la descente de charges dans la façade en béton Thermedia® et dans le mur intérieur en béton courant, pour le niveau « i » considéré (i > 5) ;

Le raccourcissement relatif à prendre en compte pour déterminer les sollicitations additionnelles correspond au cas le plus défavorable selon la prise en compte ou pas du fluage (1er calcul avec $\phi^{Th} = \phi^C = 0$ et un 2ème calcul avec $\phi^C = 2$ et $\phi^{Th} = (r/2200)2 \phi^C$.

En conséquence, les sollicitations additionnelles dans la dalle située au niveau « i » considéré sont égales à :

- moment de flexion sur appui (côté façade Thermedia®) :

$$\Delta M_i^{Th} = 6 \frac{E I}{L^2} s_i$$

- effort tranchant sur appui (côté façade Thermedia®) :

$$\Delta V_i^{Th} = 0 \quad (\text{hypothèse sécuritaire})$$

- moment de flexion sur appui (côté mur en béton courant) :

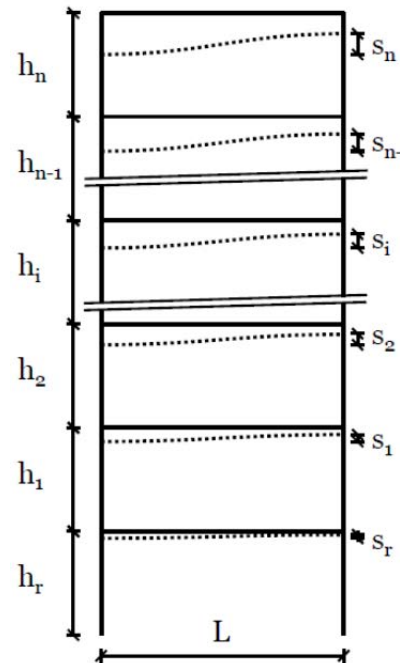
$$\Delta M_i^C = 3 \frac{E I}{L^2} s_i$$

- effort tranchant sur appui (côté mur en béton courant) :

$$\Delta V_i^C = 3 \frac{E I}{L^3} s_i$$

E, I, ϕ et L représentant les caractéristiques de la dalle située au niveau « i » considéré :

- E : module d'élasticité instantané du béton
- ϕ : coefficient de fluage du béton
- I : moment d'inertie fluage de la section droite de la dalle
- L : portée utile de la dalle



7.21 Ancrages et recouvrements

Les longueurs d'ancrage et de recouvrement sont évaluées conformément à l'Eurocode 2 partie 1.1 (§ 11.8.2) et son annexe nationale française, en considérant le coefficient et $\alpha_{lct} = 1,0$ et moyennant les valeurs de contraintes ultime d'adhérence suivantes :

- Thermedia® 0.6 et 0.45 :

$$f_{lbd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{lctd}$$

- Thermedia® 0.3 :

$$f_{ibd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{icd} \times \beta$$

avec $\beta = 1,5$.

7.22 Liaison planchers – façade Thermedia®

Pour traiter le pont thermique aux jonctions entre la façade et le plancher, il est indispensable d'assurer la continuité du béton Thermedia® au droit de la dalle. La solution courante est de liasonner le plancher à la façade via la mise en œuvre de boîtes d'attentes dans la banche, avant coulage du voile.

7.3 Sécurité incendie

7.31 Réaction au feu

Les bétons Thermedia® structurels sont classés A1 (Euroclasse), au même titre qu'un béton de densité courante.

7.32 Résistance au feu

Un essai de résistance au feu réalisé au CSTB (PV n° RS12-116 du 14 mars 2013) sur un voile de 16 cm en Thermedia® 0.3, a conduit à un classement REI 120.

La résistance au feu des bétons légers sous feu normalisé pour les bâtiments (courbe de montée en température selon la norme ISO 834-1) apparaît au moins équivalente à celle des bétons de densité courante, si ce n'est supérieure. La résistance au feu des voiles déterminée par le calcul est favorable du fait de la plus faible conductivité thermique des bétons Thermedia® 0.45 et 0.6 qui ralentit l'échauffement du béton et des armatures. La diminution des caractéristiques mécaniques du béton (résistance à la compression et à la traction, module d'élasticité, ...) et de l'acier (limite élastique) est donc plus faible que celle d'un béton courant.

7.4 Séisme

Le procédé est utilisable en zone sismique 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié et participe dans la grande majorité des cas, au contreventement du bâtiment (éléments primaires). Le dimensionnement est conduit selon l'Eurocode 8 partie 1 et son annexe nationale française, avec les hypothèses courantes suivantes :

- murs de grandes dimensions en béton peu armé ;
- classe de ductilité : DCM ;
- coefficient de comportement $q \leq 2,0$.

L'influence de Thermedia® sur le comportement sismique du bâtiment est généralement favorable. Les voiles en Thermedia® ont pour effet de réduire la masse et la raideur du bâtiment par rapport à un bâtiment en béton ordinaire, ce qui engendre des déplacements plus grands et une période de vibration plus longue. Tout cela va dans le sens d'une diminution des efforts sismiques, ce qui permet de réduire dans certains cas la quantité globale d'acier.

A noter cependant que dans certaines configurations, les façades en béton Thermedia® 0.3 ne pourront pas être considérées comme des éléments primaires, en raison du critère de rigidité défini à l'article 4.2.2 (4) de l'Eurocode 8 partie 1.

Les méthodes de justification sous sollicitation sismique, hors bâtiments couverts par le guide de conception parasismique pour les maisons individuelles et bâtiments assimilés, nécessitent l'intervention d'un bureau d'études de structures maîtrisant les calculs dynamiques et peuvent avoir des conséquences sur la conception générale de l'ouvrage. De ce fait, l'utilisation du procédé doit dans ce cas avoir été prévue le plus en amont possible.

7.5 Cas particulier des balcons et loggias en Thermedia®

Suivant l'étude thermique, le procédé Thermedia® pourra être mis en œuvre afin de traiter les ponts thermiques à la liaison balcon – façade – plancher ou loggia – façade – plancher, en tenant compte des contraintes liées à l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite (arrêté du 1^{er} août 2006, modifié par l'arrêté du 30 novembre 2007).

Dans le cas des balcons, ces derniers pourront être :

- soit rapportés à la façade (désolidarisation), et dans ce cas être préfabriqués en béton (courant ou Thermedia®), métallique, ...
- soit solidarisés à la façade, et dans ce cas être en béton coulé en place (courant ou Thermedia®), ou préfabriqués en béton (courant ou Thermedia®). Les balcons solidarisés nécessitent une méthodologie de mise en œuvre particulière, notamment par un coulage séquencé du plancher, du voile et du balcon. Un arrêt de coulage est ainsi indispensable (type métal déployé ou lattes métallique nervurée) afin que le chaînage (et éventuellement le balcon) soit coulé en Thermedia® pour le traitement efficace du pont thermique. De plus, le métal déployé permet de laisser filer les armatures du balcon pour leur ancrage dans le plancher.

En plus de réduire légèrement le pont thermique, l'intérêt principal d'utiliser Thermedia® en balcon est d'optimisation du séquencage des coulages sur le chantier (coulage en 1 fois du balcon, du chaînage et de la talonnette).

Le phasage de mise en œuvre et de coulage est généralement le suivant :

- disposition des étaielements et des coffrages (plancher et balcon) conformément au plan de pose ;
- mise en place des ferrillages correspondants et de l'arrêt de bétonnage au nu intérieur du voile (métal déployé par exemple). Les armatures de la dalle (ancrages et chapeaux) et du balcon, sont passées à travers le métal déployé ;
- coffrage éventuel de la talonnette (afin de faciliter le pincement en pied de banche pour le voile de l'étage supérieur) ;
- coulage du balcon, du chaînage et de la talonnette éventuelle ; Lors du coulage, l'entreprise devra s'assurer du maintien en place de l'arrêt de bétonnage
- coulage du plancher en béton courant. Ces deux dernières phases peuvent être inversées, suivant les contraintes particulières du chantier.
- réalisation d'une nouvelle levée des voiles de l'étage supérieur (début d'une rotation).

7.51 Balcons solidarisés et supporté

Le calcul et le dimensionnement de la section d'armatures de la dalle du balcon, dans ce cas, sont identiques à une dalle isostatique en béton léger. (figure en annexe 3)

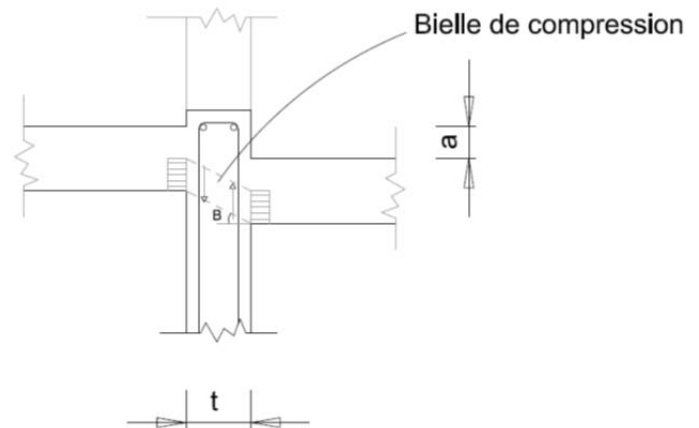
7.52 Balcons solidarisés en porte-à-faux

Le dénivellement entre le balcon et le plancher conduit à prévoir deux types de ferrillages, un pour le dénivellement inférieur à 4 cm et un pour le dénivellement supérieur ou égal à 4 cm. (figure en annexe 3)

Dans le premier cas le recouvrement des barres de la dalle du balcon et des barres de la dalle du plancher intérieur, correspond au recouvrement à distance. La longueur de recouvrement des barres est égale à la longueur de scellement augmentée d'une valeur égale à la distance libre entre les barres.

Dans le deuxième cas, le recouvrement des barres de la dalle du balcon et des barres de la dalle du plancher intérieur, est réalisé par le scellement direct des barres. Etant donné le dénivellement des deux dalles (balcon et plancher), les barres à l'appui de la dalle du plancher intérieur sont munies d'une partie inclinée afin de pouvoir être scellées dans la dalle du balcon.

Le dénivellement de la dalle du balcon et de dalle intérieure crée une bielle de compression inclinée avec un angle B, pour une pente inférieure ou égale à 1/3.



Dans toutes les configurations décrites ci-dessus, l'ancrage des aciers du balcon doit être vérifié en tenant compte des deux natures de béton (i.e. contrainte d'adhérence du béton courant et contrainte d'adhérence du béton Thermedia® telle que spécifiée au paragraphe 7.2.1). La longueur de scellement est déterminée à partir du nu de l'appui.

7.6 Isolation acoustique

De nombreux essais acoustiques ont été réalisés d'une part en laboratoire (LABE au CSTB) sur mur nu et doublé, et d'autre part in-situ sur des chantiers Thermedia®. Ces résultats ont été complétés par des simulations numériques effectuées avec les logiciels Acousys et Acubat, de manière à évaluer la performance d'un grand nombre de configurations. Quelques valeurs sont données à titre d'information dans le tableau ci-dessous :

	Epaisseur du voile de béton en cm	Type de doublage	Rw (C ; Ctr) en dB
Thermedia 0.6	16	Prégymax Th29,5 13+100	61 (-5 ; -12)
		aucun	51 (-2 ; -7)
	20	aucun	57 (-1 ; -6)
Thermedia 0.3	16	Prégymax Th29,5 13+100	59 (-3 ; -10)
		aucun	48 (-2 ; -6)
	18	Prégymax Th29,5 13+100	61 (-5 ; -13)
		aucun	50 (-1 ; -6)

Hormis la conductivité thermique, le béton Thermedia® 0.45 présente les mêmes caractéristiques physiques que le béton Thermedia® 0.6 (ex. densité, résistance mécanique, module d'élasticité). A ce titre, les performances acoustiques sont identiques entre les deux bétons.

Comme pour les bétons de densité courante, les bétons Thermedia® permettent généralement d'assurer le classement acoustique des façades, les points faibles restant les ouvertures (fenêtres, portes-fenêtres).

B. Résultats expérimentaux et expertises

Acoustique :

Thermedia® 0.6 & 0.45 :

- Rapport d'essais Acoustique CSTB N° AC11-26033004 concernant une paroi en béton avec et sans complexe de doublage.
- Rapport Bouygues du 17.04.09 : vérification des Isolements acoustiques entre logements dont la façade est réalisée en Thermedia 0.6 sur le chantier de Convention – Paris 15^{ème}. Résultat : DnT,A ≥ 53 dB.
- Rapport de mesures acoustiques Socotec du 15 septembre 2011 sur le chantier de Saint Denis Emile Chrétien. Résultat : DnT,A ≥ 53 dB.
- Rapport de vérification in-situ, Cerqual. Chantier « Front de Parc » à Saint-Denis (93). Dossier n° AZ676 – AZ677, 16 août 2011.
- FEST n°AI11-B.

Thermedia® 0.3 :

- Rapport d'essais Acoustique CSTB n° AC12-26037180 concernant une paroi en béton avec et sans complexe de doublage.
- Rapport d'étude n°AC12-26038747 concernant la simulation de performances acoustiques de voiles béton comprenant un doublage.
- Rapport Bouygues du 04.03.13 et 04.04.13 : vérification des isolements acoustiques entre logements dont la façade est réalisée en Thermedia 0.3 sur le chantier d'Epinaay-sur-Seine.

Thermique :

Thermedia® 0.6 :

- Décision CTAT n° 103, Procédé de béton léger Thermedia 0.6 B. 12 novembre 2009.
- Rapport d'essai LNE, Dossier K011634 – Document DE/1. Février 2009.

Thermedia® 0.45 :

- Rapport d'essai LNE, Dossier P104550 – Document DE/2. Avril 2013.

Thermedia® 0.3 :

- Rapport d'essais HO 13 – E12 024, Concernant la détermination des caractéristiques thermiques de béton léger Thermedia 03. CSTB.

Thermedia® 0.6 – 0.45 – 0.3 :

- Validation d'un catalogue de ponts thermiques de liaison intégrant le procédé Thermedia. Rapport CSTB n° 12-063 FL/LS, mai 2013.

Structure :

- Etude de dimensionnement d'un bâtiment collectif – Expertise matériau et application de la norme EC2. Rapport n° N122_2009_LAFARGE_A, NECS, 14 juin 2009.
- Comportement sous séisme d'un bâtiment de logement avec voiles en Thermedia®. Etude de cas. Rapport n° N001_DA014_201_LAFARGE_A1, NECS, 8 juin 2011.
- Comportement sous séisme d'un bâtiment de logement avec voiles en Thermedia®. Etude de cas. Rapport n° N001_A355_2012_LAFARGE_A1, NECS, 11 décembre 2012.
- Etude de faisabilité de balcons en Thermedia dans le respect des réglementations thermique et accessibilité handicapés. Rapport n° N001_DA017_2010_LAFARGE_A, NECS, 30 janvier 2011.
- Procès-verbal de classement n° RS12-116 concernant la résistance au feu d'un élément de construction. CSTB, 14 mars 2013.
- Rapport d'essais n° RS12-116 concernant un élément de construction. CSTB, 14 mars 2013.
- Essais de flexion sur balcon, LGCIE INSA de Lyon, rapport n° LAFARGE/13/2012, septembre 2012.
- Essais de flexion sur balcon, LGCIE INSA de Lyon, rapport n° LAFARGE/01/2013, avril 2013.

Matériaux :

- Constat de traditionalité Thermedia 0.6 B n° 20/10-170, CSTB, 18 mars 2010
- ETPM Thermedia 0.3. CSTB, 19 juin 2012.

Caractérisation :

- Mesure du coefficient de dilatation thermique. Ginger CEBTP, dossier BMA1-C-4174 rapport d'essai n° 1, 14 septembre 2012.
- Mesure du coefficient de dilatation thermique. Ginger CEBTP, dossier BMA1-C-4174 rapport d'essai n° 2, 14 septembre 2012.
- Mesure du coefficient de dilatation thermique. Ginger CEBTP, dossier BMA1-C-4174 rapport d'essai n° 3, 16 novembre 2012.
- Mesure de chaleur massique. Influtherm, rapport d'essais n° CCE 407, 24 septembre 2012.

C. Références chantier

Thermedia® 0.6 :

- Chantier test de 450 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de Logements collectifs à Colombes ZAC Ile Marante (92) – Bouygues Construction Ile de France / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Nanterre (novembre 2008 à avril 2009)
- Chantier de 310 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Villetaneuse (93) - Bouygues Construction Ile de France / Lafarge Bétons Agence Ile de France (2010)
- Chantier de 1400 m³ : réalisation des voiles de façade et de pignon de maisons individuelles à Le Havre (76) – Quille / Lafarge Bétons Agence Normandie (2009)
- Chantier de 218 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Nanterre (92) - Bouygues Construction Ile de France / Lafarge Bétons Agence Ile de France (2010)
- Chantier de 355 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Saint-Denis (93) - Bouygues Construction Ile de France / Lafarge Bétons Agence Ile de France (2011)
- Chantier de 360 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Limeil Brévannes (94) - Bouygues Construction Ile de France / Lafarge Bétons Agence Ile de France (2011)

- Chantier de 100 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Bordeaux (33) - JTC / Lafarge Bétons Agence Aquitaine (2012)
 - Chantier de 150 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Boissy-Saint-Léger (77) – Vendôme/ Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (février à aout 2012)
 - Chantier de 450 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Créteil (94) – MTR/ Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (de mars à décembre 2012)
 - Chantier de 340 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Montreuil (93) – Brezillon/ Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (mars à décembre 2012)
 - Chantier de 400 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Pantin (93) – Brezillon/ Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (2012)
 - Chantier de 250 m³ à Villecresnes (94) – Spie / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Brie (2012)
 - Chantier de 400 m³ à Marcoussis (91) – Dubocq / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (2012)
 - Chantier de 400 m³ à Choisy le Roi (94) – Léon Grosse / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (2012)
 - Chantier de 360 m³ à Sartrouville (78) – TBI SHAM / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Nanterre (2012)
 - Chantier de 150 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Avrillé (49) - Bonnel / Lafarge Bétons Agence Centre Ouest (d'octobre 2011 à avril 2012)
 - Chantier de 150 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Grabels (34) – Méditerranée Constructions / Lafarge Bétons Agence Languedoc Roussillon (2012)
- Thermedia® 0.45 :
- Chantier de 200 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Yvetot (76) – Armabat/ Lafarge Bétons Agence Normandie (2012)
- Thermedia® 0.3 :
- Chantier test de 300 m³ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de Logements collectifs à Epinay-sur-Seine (93) – Bouygues Construction Ile de France / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Nanterre (juillet à octobre 2012)

Annexe 1 du Dossier Technique

Exemple de contrôles qualité internes

Les contrôles de conformité des bétons Thermedia® sont réalisés conformément à la norme NF EN 206-1/CN, avec les points supplémentaires ci-dessous.

Contrôles des granulats :

- humidité : contrôle à chaque livraison
- masse volumique et absorption selon NF EN 1097-6 Annexe C + NF EN 206-1/CN : contrôle sur les 3 premières livraisons

Contrôles du béton frais :

- consistance au cône d'Abrams (NF EN 12350-3 ou -8) : contrôle quotidien en centrale et sur les 3 premières livraisons au démarrage du chantier
- écoulement au O'funnel (mode opératoire LCR-ME-013, dérivé de la norme NF EN 12350-9) : contrôle pour le calage de la formule en centrale (écoulement < 30 s)
- masse volumique humide du béton léger au bol aéromètre (NF EN 12350-6) : contrôle quotidien au départ centrale et à l'arrivée sur chantier pour les 3 premières livraisons (phase de démarrage)
- teneur en air au Roll-o-meter (ASTM C-173) : contrôle pour le calage de la formule en centrale (teneur en air < 16%)

Contrôles du béton durci :

- masse volumique humide du béton léger selon la norme NF EN 12390-7 : 1 contrôle tous les 200 m³
- conductivité thermique selon la méthode du fil chaud CT-mètre (NF EN 993-15 ou ISO 8894-1) : essais internes (1 fois tous les 200 m³)
- conductivité thermique selon la méthode de la plaque chaude gardée (ISO 8302 ou NF EN 12667) : essais externes 2 fois par an

Tableau : Critères d'acceptation des contrôles spécifiques pour les bétons Thermedia®

Propriété	Thermedia® 0.6	Thermedia® 0.45	Thermedia® 0.3
Masse volumique humide du béton léger	1440 à 1700 ± 30 kg/m ³		1120 à 1400 ± 30 kg/m ³
Masse volumique sèche du béton léger	1200 à 1400 ± 30 kg/m ³		1000 à 1200 ± 30 kg/m ³
Consistance applications horizontales	S3 / S4 (affaissement)		
Consistance applications verticales	450 à 600 mm ± 50 mm (étalement) S5 (affaissement)		
Résistance à la compression moyenne	≥ 30 MPa si LC25/28 et ≥ 35 MPa si LC30/33		≥ 21 MPa (LC16/18)
Conductivité thermique	≤ 0,54 W/m.K	≤ 0,45 W/m.K	≤ 0,35 W/m.K

Annexe 2 du Dossier Technique

Exemples de ponts thermiques de liaison intégrant le procédé Thermedia®

Cette annexe contient des valeurs par défaut du coefficient linéique Ψ des liaisons les plus courantes entre deux ou plusieurs parois du bâtiment, dans le cas de voiles de façade en béton Thermedia®.

Un catalogue plus détaillé de valeur par défaut validé par le CSTB (rapport n° 12-063 du 16 mai 2013, réf. DIR/HTO 2013- -FL/LS) est disponible sur demande auprès de Lafarge.

Ces valeurs ont été déterminées conformément à la norme NF EN ISO 10211.

Les liaisons peuvent être calculées au cas par cas conformément à cette même norme. Les valeurs calculées dans la configuration précise du pont thermique considéré conformément à la norme NF EN ISO 10211 priment sur ces valeurs par défaut.

Hypothèses :

Les calculs d'isolation ont été menés avec les hypothèses suivantes :

- doublages intérieurs : épaisseur ≥ 100 mm ; conductivité thermique $\geq 29,5$ mW/(m.K)
- isolation de la toiture terrasse : épaisseur ≥ 100 mm ; résistance thermique $\leq 9,3$ m².K/W
- isolation en sous-face du plancher bas sur vide sanitaire : épaisseur ≥ 100 mm ; conductivité thermique ≥ 23 mW/(m.K)
- isolation en sous-face du plancher bas sur terre-plein : épaisseur ≥ 60 mm ; résistance thermique $\leq 2,85$ m².K/W

Le tableau suivant donne les conductivités thermiques utiles des bétons Thermedia® à utiliser dans les calculs thermiques.

Bétons	Masse volumique sèche (ρ) en kg/m ³	Conductivité thermique utile (λ) en W/m.K
Thermedia®		
Thermedia® 0.6	$1200 < \rho \leq 1400$	0,54
Thermedia® 0.45	$1200 < \rho \leq 1400$	0,45
Thermedia® 0.3	$1000 < \rho \leq 1200$	0,35
Thermedia® armé		
Valeurs à prendre en compte lorsque le Thermedia® est armé avec un pourcentage en volume disposé parallèlement au flux thermique de :		
0,5 < % d'acier ≤ 1		
Thermedia® 0.6	$1235 < \rho \leq 1550$	1,04
Thermedia® 0.45	$1235 < \rho \leq 1550$	0,95
Thermedia® 0.3	$1035 < \rho \leq 1350$	0,85
Pour les ouvrages dont le Thermedia® est armé avec moins de 0,5 % en volume d'acier dans le sens du flux thermique, la valeur à prendre en compte est la valeur définie pour le Thermedia® sans armature.		

Remarque : Pour que les calculs de coefficients de transmission linéiques Ψ prennent en compte l'influence des armatures aux liaisons avec la façade au droit des ponts thermiques, il convient de prendre en compte les conductivités thermiques majorées ci-après.

Ces conductivités thermiques majorées sont données pour une valeur forfaitaire de ferrailage de 0.25% dans le sens du flux thermique au niveau des liaisons avec la façade.

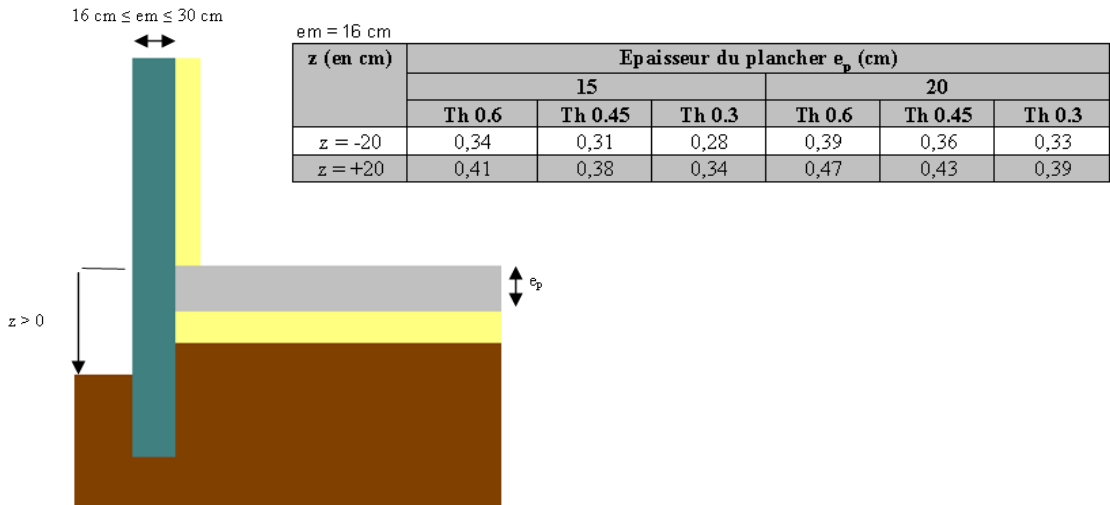
A titre d'illustration, un taux de ferrailage de 0.25% dans le sens du flux thermique correspond pour une dalle de 20 cm à des « U » HA 8 espacés de 20 cm, soit 5cm² de section d'acier par mètre linéaire de plancher.

Conductivités thermiques utiles prenant en compte l'influence des armatures pour la détermination des coefficients de pont thermique Ψ :

- Thermedia® 0.6 : 0,56 W/m.K
- Thermedia® 0.45 : 0,48 W/m.K
- Thermedia® 0.3 : 0,38 W/m.K

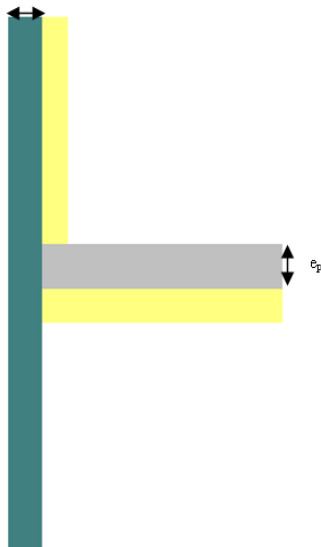
1. Liaison avec un plancher bas

- Dallage en béton isolé en sous-face sur toute sa surface et soubassement en béton Thermedia



- Plancher bas donnant sur l'extérieur, un vide sanitaire ou sur un local non chauffé

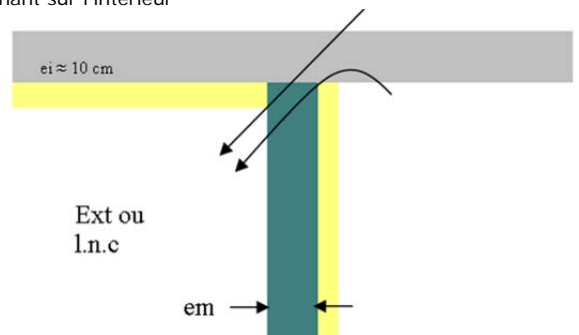
$16 \text{ cm} \leq e_m \leq 30 \text{ cm}$



em (cm)	ep (cm)					
	20			25		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
$e_m = 16$	0,50	0,46	0,41	0,56	0,52	0,46
$e_m = 30$	0,42	0,39	0,34	0,47	0,43	0,37

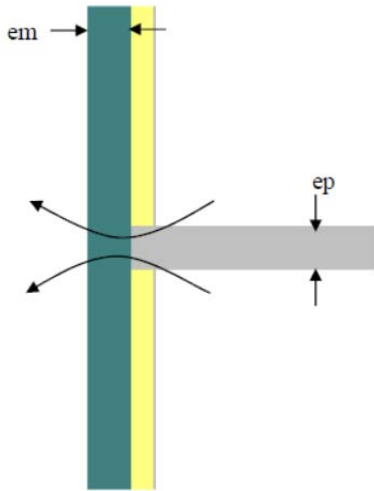
- Plancher bas donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé avec un mur donnant sur l'intérieur

Plancher Mur	$10 \text{ cm} \leq e_p \leq 35 \text{ cm}$		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
$e_m = 16$	0,35	0,31	0,26
$e_m = 20$	0,39	0,35	0,29



2. Liaisons avec un plancher intermédiaire

- Liaison du plancher intermédiaire avec mur donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé (plancher en béton plein)



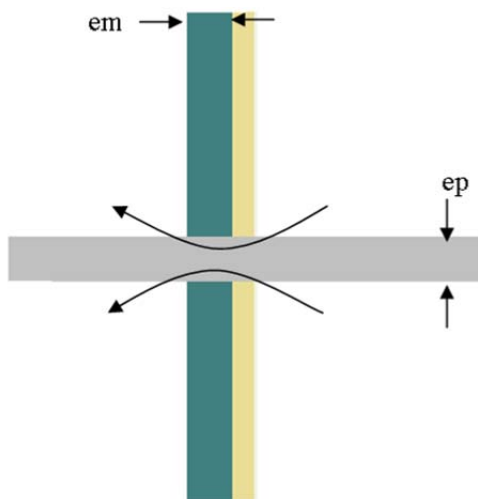
Avec un doublage de 10 cm d'épaisseur

em (cm)	ep (cm)		
	20		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
$e_m = 16$	0,60	0,55	0,48
$e_m = 20$	0,56	0,50	0,43

Avec un doublage de 14 cm d'épaisseur

em (cm)	ep (cm)		
	20		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
$e_m = 16$	0,57	0,53	0,46
$e_m = 20$	0,53	0,49	0,42

- Liaison du plancher intermédiaire avec un balcon et un mur donnant sur l'extérieur (balcon et chaînage en béton courant)



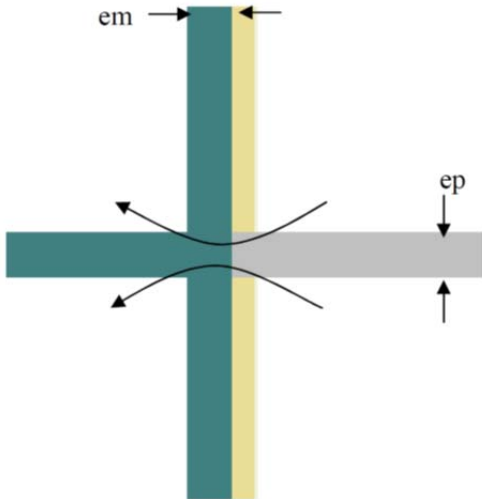
Avec un doublage de 10 cm d'épaisseur

em (cm)	ep (cm)		
	20		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
$e_m = 16$	0,88	0,86	0,85
$e_m = 20$	0,83	0,81	0,79

Avec un doublage de 14 cm d'épaisseur

em (cm)	ep (cm)		
	20		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
$e_m = 16$	0,81	0,80	0,79
$e_m = 20$	0,77	0,76	0,74

- Liaison du plancher intermédiaire avec un balcon et un mur donnant sur l'extérieur (balcon et chaînage en Thermedia®)
Avec un doublage de 10 cm d'épaisseur



em (cm)	ep (cm)		
	20		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
e _m = 16	0,58	0,53	0,45
e _m = 20	0,54	0,48	0,41

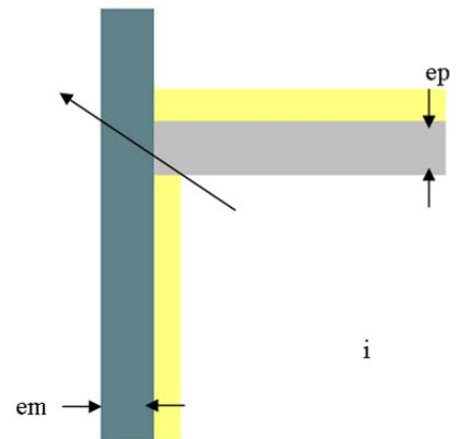
Avec un doublage de 14 cm d'épaisseur

em (cm)	ep (cm)		
	20		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
e _m = 16	0,55	0,51	0,44
e _m = 20	0,52	0,47	0,40

3. Liaisons avec un plancher haut

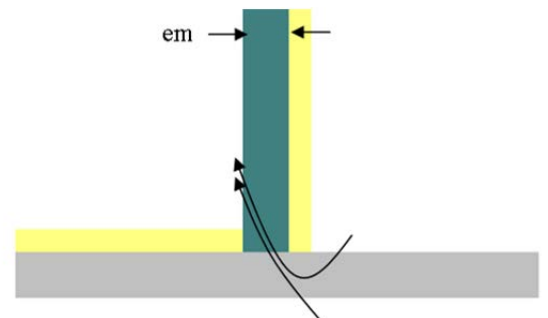
- Liaison du plancher haut lourd donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé, avec un mur extérieur (hauteurs des acrotères supérieures ou égale à 10 cm par rapport au dessus de l'isolant).

em (cm)	ep (cm)		
	20		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
e _m = 16	0,57	0,52	0,46
e _m = 20	0,53	0,49	0,43



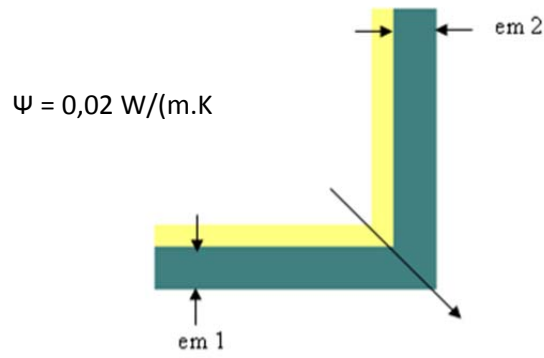
- Liaison du plancher haut avec un mur et donnant sur l'intérieur

em (cm)	Toute épaisseur de plancher		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
e _m = 16	0,34	0,28	0,24
e _m = 20	0,38	0,32	0,27

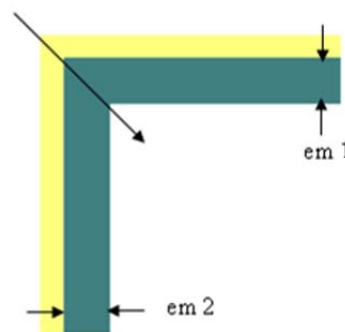


4. Liaisons entre parois verticales

- Angle sortant entre deux murs donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé



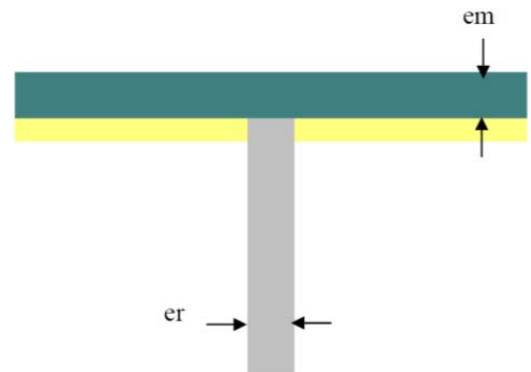
- Angle rentrant entre deux murs donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé



em2 (cm)	em1 = em2		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
e _{m2} = 16	0,08	0,08	0,07
e _{m2} = 20	0,10	0,10	0,09

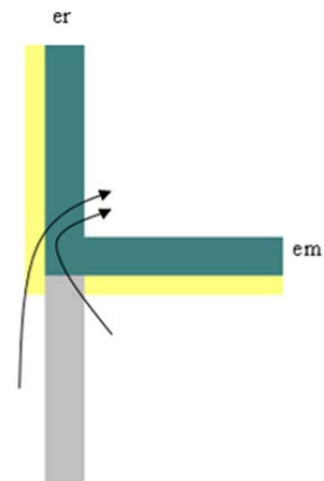
- Liaison en T entre un mur donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé et un refend entièrement situé dans le local chauffé (mur béton / refend en béton)

em (cm)	er (cm)					
	15			20		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
e _m = 16	0,51	0,46	0,40	0,61	0,56	0,48
e _m = 20	0,47	0,42	0,36	0,56	0,50	0,43



- Refend en béton et mur en béton avec isolation du refend qui s'arrête au niveau de la face intérieure de l'isolant du mur

em (cm)	er (cm)					
	16			20		
	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3	Th 0.6	Th 0.45	Th 0.3
e _m = 16	0,40	0,36	0,30	0,43	0,39	0,33
e _m = 30	0,34	0,30	0,25	0,37	0,33	0,27

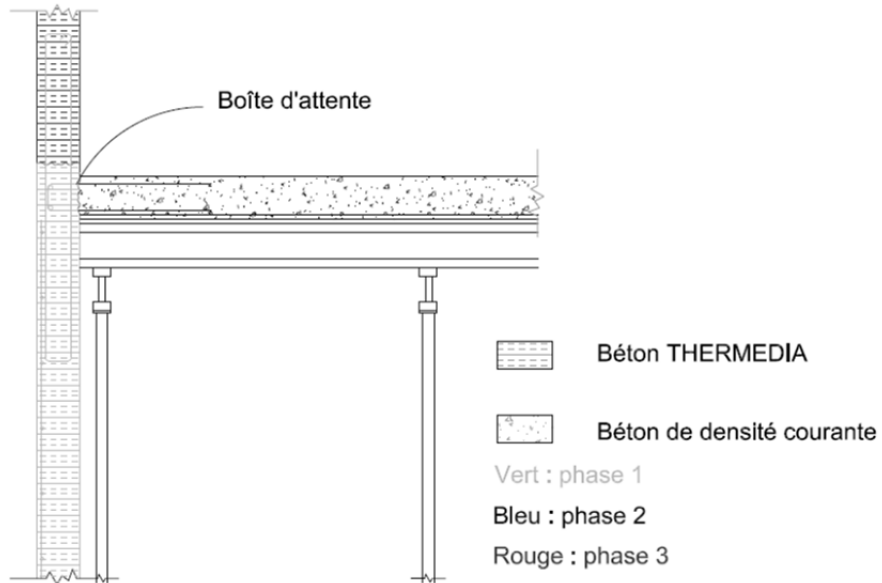


Annexe 3 du Dossier Technique

Exemples de liaison façade Thermedia® - plancher

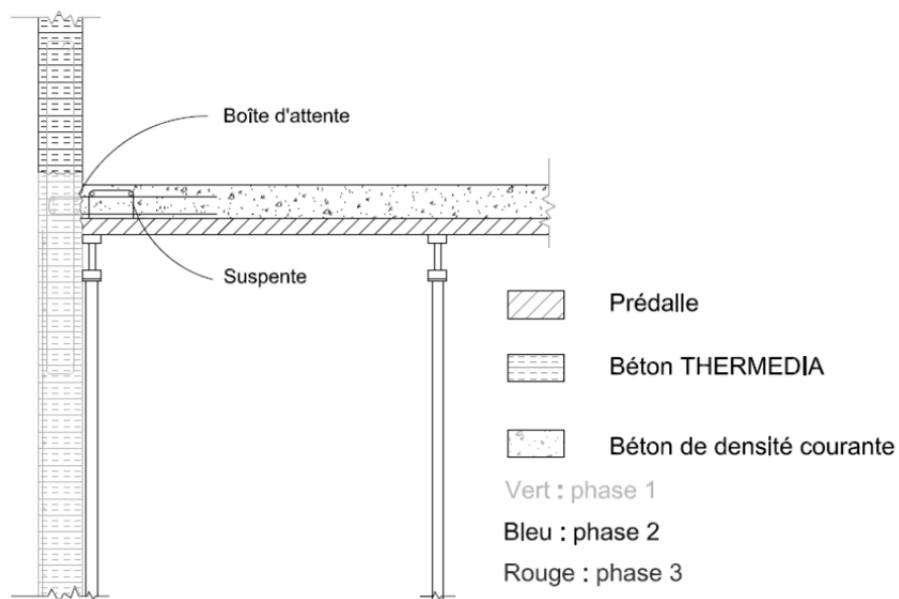
Coupe étage courant avec dalle pleine suspendue :

DALLE PLEINE SUSPENDUE



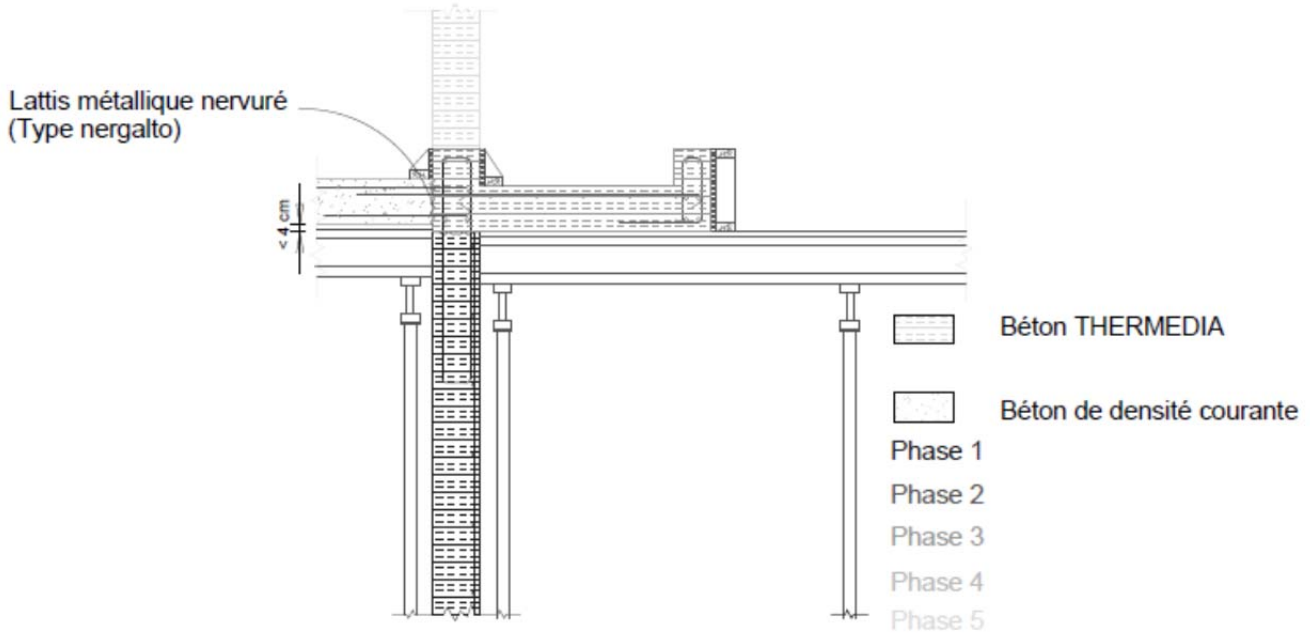
Coupe étage courant avec prédalle suspendue (hors exigence sismique) :

PREDALLE SUSPENDUE



Coupe étage courant avec balcon solidarisé en porte-à-faux :

- *Balcon sans décalage de niveau par rapport au plancher*



- *Balcon avec décalage de niveau par rapport au plancher*

