Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

# Avis Technique 3/16-899

**Annule et remplace l'Avis Technique 3/13-743**

*Elément de structure vertical*
*Vertical structure element*

# Murs de façade en béton THERMEDIA®

**Titulaire :** LAFARGE France
2, avenue du Général de Gaulle
92140 Clamart

**Groupe Spécialisé n° 3.2**

Murs et accessoires de mur

Publié le 18 avril 2017

Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB. Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

© CSTB 2017

Avis Technique non valide

**Le Groupe Spécialisé N° 3.2 " Murs et accessoires de mur " de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné, le 8 Novembre 2016, le procédé « Mur de façade en béton THERMEDIA® » 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. L'Avis ne vaut que pour les utilisations en France métropolitaine.**

# 1. Description succincte

## 1.1 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.

Finitions intérieures : Complexes de doublage collés ou contre-cloison

Finitions extérieures : Enduits mortiers, revêtements céramiques et assimilés et pierres naturelles, RPE, béton brut …

## 1.2 Identification

Le procédé Thermedia® utilise des bétons isolants structuraux se caractérisant par leur conductivité thermique utile.

***Tableau 1 – Identification des bétons Thermedia®***

| Nom commercial | $\lambda_{utile}$ (W/m.K) |
|---|---|
| Thermedia® 0.6 | 0,54 |
| Thermedia® 0.45 | 0,45 |

# 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 structural.

L'utilisation dans le cas de balcons et loggias est admise, dans les conditions de limitation de flèche au 1/250ème 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.

En cas d'exigence incendie, l'utilisation est acceptée moyennant les conditions détaillées au §2.21 « Sécurité au Feu » du présent Avis.

Dans le cas d'emploi de prédalles suspendues, les exigences sont celles définies par les Règles Professionnelles pour les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes (novembre 2009) pour les utilisations hors exigences sismiques.L'association du procédé en façade avec une isolation thermique par l'extérieure n'est pas visée dans le cadre du présent Avis.

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

## 2.2 Appréciation sur le procédé

### 2.21 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/CN.

#### Stabilité

La stabilité des ouvrages à laquelle peuvent être associés les éléments réalisés selon ce procédé, dans les limites résultant de l'application 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 (zones 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22/10/2010 modifié) sous réserve du respect des conditions précisées aux Prescriptions Techniques.

#### Sécurité au feu

Le procédé de « Mur de façade en béton Thermedia® " » fait l'objet de l'Appréciation de Laboratoire N° 2016 CERIB 6917 du CERIB.
Le respect des contraintes admissibles indiquées dans le tableau ci-dessous pour une durée d'exposition X visée, et la mise en œuvre à minima d'un treillis ST10 en face exposée avec un enrobage de 40 mm, permet d'atteindre une performance REI X.

La hauteur des murs entre éléments de structure est limitée à 3 m.

***Tableau 2 – Résistance de voiles en Thermedia® en fonction de son épaisseur et de la durée d'exposition***

| | Durée | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 30 min | 60 min | 90 min | 120 min |
| Epaisseur du voile | $\sigma_{max\ admisible}$ [MPa] | | | |
| Voile de 16 cm | 3.8 | 1.9 | 0.9 | 0.6 |
| Voile de 18 cm | 5.0 | 3.4 | 1.4 | 0.8 |
| Voile de 20 cm | 5.9 | 5.3 | 2.8 | 1.6 |
| Voile de 23 cm | 6.9 | 6.3 | 4.7 | 3.8 |

Le calcul de la contrainte dans le voile est réalisé sous combinaison d'action en situation accidentelle (incendie) conformément aux prescriptions de la NF EN 1990 et son Annexe Nationale.

#### 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 pour une dalle de 20 cm).

***Tableau 3 – Propriétés thermiques des bétons Thermedia®***

| **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 | | |

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.

### Finitions-Aspect

Les finitions intérieures : Toutes les finitions intérieures de type complexe de doublage collé sont possibles dans les mêmes conditions que pour des murs en béton de densité courante, à condition de vérifier la compatibilité de la colle de doublage avec le support Thermedia selon les prescriptions de l'Annexe B du DTU 25.42 P1-2. La compatibilité de la colle PREGYCOLLE 120 avec le support Thermedia ® a été vérifiée à partir des tests d'adhérence suivant les recommandations du DTU 25.42 P1-2 Annexe B.

Les finitions extérieures :

- La mise en œuvre des enduits mortiers doit être réalisée conformément au DTU 26.1.
- Les revêtements collés céramiques et assimilés et pierres naturelles peuvent être utilisés à condition de vérifier la compatibilité entre le mortier-colle et le support Thermedia. Cette vérification est réalisée en suivant les recommandations décrites dans le Dossier Technique §8.2.
- Les façades en Thermedia peuvent également rester apparentes. Elles peuvent aussi recevoir les finitions de type RPE.

### Données environnementales

Le procédé « Mur de façade en béton Thermedia ® » ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

### Aspects sanitaires

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

### 2.22 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/CN

Les classes d'exposition prévues sont X0, XC1 à XC4, XF1 et XS1, telles que définies dans la norme NF EN 206/CN.

### 2.23 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 2.34 qui suit.

## 2.3 Prescriptions techniques

Sauf dispositions particulières des présentes Prescriptions Techniques, les prescriptions de la NF 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® structuraux, 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 la NF EN 1992 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 la NF EN 1992 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%, cela résulte de l'application de l'article 11.8.2 de la NF EN 1992-1-1.

Les éléments de balcons préfabriqués doivent reposer directement sur le mur sur une profondeur d'appui d'au moins 2 cm.

Un revêtement d'étanchéité doit être interposé à la jonction entre les balcons préfabriqués et le mur de façade afin d'éviter tout risque d'infiltration.

L'utilisation des chevilles de fixation (mécaniques, chimiques ou plastiques), sous ETE ou homologation nationale, est possible sur support Thermedia, sous condition d'avoir préalablement déterminé par essai leur résistance à l'arrachement sur support en Thermedia. Ces essais sont réalisés et interprétés par le fabricant de chevilles suivant les recommandations du cahier technique «Recommandations pour la réalisation d'essais de chevilles sur site (ou sur chantier) » du CISMA.

### 2.32 Conception en zone sismique

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

#### Lorsque le bâtiment comporte des éléments primaires en Thermedia :

- Les classes de ductilité utilisables sont DCL ou DCM ;
- En classe DCL, le coefficient de comportement $q$ est limité à 1,5, et il n'y a pas de restriction particulière à l'utilisation de murs en Thermedia®. Le choix de la classe DCL est encadré par la NF EN 1998-1 et son annexe nationale ;
- En classe DCM, l'utilisation du Thermedia est limitée aux murs de grandes dimensions en béton peu armé en limitant le coefficient de comportement $q$ à 2.

Les zones de sismicité visées sont limitées aux zones 1 à 4, au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

L'étude globale du bâtiment en situation sismique doit être réalisée en intégrant les caractéristiques des voiles de façade en béton Thermedia® afin de déterminer la répartition des efforts sur les éléments de contreventement et les déformations.

### 2.33 Fabrication

Le béton Thermedia est préparé dans les centrales à béton de LAFARGE France, ou dans des centrales tierces disposant d'agrément délivré par LAFRAGE France. Le contrôle de fabrication du béton Thermedia® doit être effectué conformément aux dispositions suivantes :

***Tableau 4 – Fréquences de contrôle***

| Propriété | Thermedia® 0.6 | Thermedia ® 0.45 | Fréquence de contrôle |
|---|---|---|---|
| Masse volumique humide du béton léger | 1440 à 1730 ± 30 kg/m$^3$ | | quotidiennement |
| Masse volumique sèche du béton léger | 1200 à 1400 ± 30 kg/m$^3$ | | 1 fois tous les 200 m$^3$ |
| Consistance applications horizontales | S3 / S4 (affaissement) | | quotidiennement |
| Consistance applications verticales | 450 à 600 mm ± 50 mm (étalement)<br>S5 (affaissement) | | quotidiennement |
| Résistance à la compression | moyenne de $n$ essais ($n \geq 15$) :<br>$\geq f_{ck}$ + 1,48σ<br>chaque résultat individuel d'essai :<br>$\geq f_{ck} - 4$ | | 1 fois tous les 150 m$^3$ (centrale non NF)<br>1 fois tous les 400 m$^3$ (pour centrale NF) |
| Conductivité thermique | ≤ 0,54 W/m.K | ≤ 0,45 W/m.K | 1 fois tous les 200 m3 |


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

- 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 CSTB.

### 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 boites d'attente, excepté dans le cas des balcons et dans le cas des prédalles suspendues avec exigence sismique.

La mise en œuvre des boites d'attentes pour les planchers à prédalles suspendues (hors exigences sismiques) doit respecter les recommandations professionnelles de 2009 éditées par la SEBTP.

Pour les balcons, la mise en place d'un lattis métallique nervuré (type Nergalto) impose l'utilisation d'un ferraillage 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

Jusqu'au 30 Novembre 2021

*Pour le Groupe Spécialisé n° 3.2*
*Le Président*

## 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n°3.2 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 n°20 pour les aspects thermiques, lors des comités du 26/03/2013 et du 25/04/2013.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3.2*


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

# A. Description

## 1. Définition du procédé

Le procédé de mur 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 conductivité thermique utile :

***Tableau 1 – Identification des bétons Thermedia®***

| Nom commercial | $\lambda_{utile}$ (W/m.K) |
|---|---|
| Thermedia® 0.6 | 0,54 |
| Thermedia® 0.45 | 0,45 |

Les bétons Thermedia® 0.6 et 0.45 sont des bétons légers conformes à la norme NF EN 206/CN.

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/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

Le procédé de mur Thermedia® consiste à utiliser un béton isolant structurel 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, plancher à prédalles) d'une part, et entre les façades et les refends d'autre part.

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 modifié, 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).

L'association du procédé en façade avec une isolation thermique par l'extérieure n'est pas visée.

## 3. Matériaux

### 3.1 Composition des bétons Thermedia® structurels

La composition des bétons Thermedia® 0.6 et 0.45 est conforme à la norme NF EN 206/CN.

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 ($D_{max}$ = 20 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/CN. Les granulats légers sont conformes à la norme NF EN 13055-1.

- Les classes de résistance des bétons Thermedia® structurels sont les suivantes, pour le Thermedia 0.6 et le Thermedia 0.45: LC 25/28 ou LC 30/33.

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

### - 3.2 Caractéristiques du béton frais

- pH : 13 ± 0,5
- Consistance : S3 à S5, maintien 2 heures
- 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 FRANCE.

### • 3.3 Caractéristiques du béton durci

***Tableau 2 - Caractéristiques du béton Thermedia® durci***

| - | - **Thermedia 0.6 / 0.45** |
|---|---|
| - Classe de masse volumique au sens de la norme<br>- NF EN 206/CN | - D 1.4<br>- (1200 à 1400 kg/m$^3$) |
| - 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 |
| - Conductivité thermique utile (W/m.K) | - 0,54 / 0,45 |

-

- Les caractéristiques mécaniques du béton durci s'obtiennent par l'application de la NF EN 1992 « 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 française (NF EN 1992-1-1/NA).
- A noter que le coefficient de dilatation thermique des différents bétons Thermedia® structurels, a été mesuré (de $10.10^{-6}$ à $13.10^{-6}$ m/m.K) et est cohérent avec la fourchette de valeurs issue de la NF EN 1992-1-1. Il est à prendre en compte pour les projets pour lesquels les effets de la température ne peuvent pas être négligés.

## 4. Fabrication et contrôles

### 4.1 Fabrication

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

Les bétons Thermedia® structurels peuvent également être produits dans des centrales à béton d'un fabriquant de béton prêt à l'emploi tiers ou dans une unité de préfabrication. Ces centrales font l'objet d'un agrément délivré par LAFARGE FRANCE 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.

### 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/CN, précisant notamment l'appellation commerciale du béton ainsi que sa dénomination normative au sens de la norme NF EN 206/CN.

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

## 4.3 Contrôles

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

***Tableau 3 - Fréquence de contrôles***

| 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<br>EN 12350-2 | quotidiennement |
| | wattmètre enregistreur | 1 fois par gâchée |
| Conductivité thermique | CT Mètre | 1 fois tous les 200 $m^3$ |
| Résistance à la compression | EN 12390-3 | 1 fois tous les 400 m3 (centrale NF)<br>1 fois tous les 150 m3 (centrale non NF) |

Les unités de production n'appartenant pas à LAFARGE FRANCE effectuent les mêmes contrôles du béton. Les mesures de conductivité thermiques restent réalisées par LAFARGE FRANCE dans ses laboratoires. Le respect des fréquences de contrôle et des critères d'acceptation par ces unités de production fait l'objet d'audits de suivi du contrôle de fabrication assurés par LAFARGE France.

### 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 granulat).

# 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 :

### 5.11 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 huilées.

### 5.12 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 450 et 600 mm + ou – 50 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 une bonne mise en place et un aspect de parement homogène.

Il est conseillé d'utiliser une aiguille vibrante standard de 50 mm de diamètre.

### 5.13 Décoffrage

L'enlèvement des mannequins de fenêtre ou de porte fenêtre doit se dérouler préférentiellement, au moins 3h après le décoffrage des banches.

Sous réserve des précautions d'emploi décrites ci-dessous, les bétons Thermedia® structurels permettent d'obtenir des parements identiques aux bétons destinés aux ouvrages à parements courants ou ordinaires :

- 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

### 5.21 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 « Planchers à prédalles - Carnet de Chantier : Guide de mise en œuvre » édité par la FFB et la FIB ; réalisation des voiles intérieurs en béton courant ;

**Phase 2 :** étaiement, coffrage, ferraillage (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.

### 5.22 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 façades en Thermedia® contribuent au respect de la Réglementation Thermique en limitant les déperditions par les ponts thermiques.

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

Le rapport CSTB n° 12-063 du 16 mai 2013, réf. DIR/HTO 2013- - FL/LS constitue un fascicule des coefficients de ponts thermiques (Ψ) utilisable pour les calculs thermiques réglementaires dans le cas de façades en Thermedia.


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

# 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 la NF EN 1992 « 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 française (NF EN 1992-1-1/NA) pour les calculs de structure ;
- selon la NF EN 1998 « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes» Partie 1 « Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments » pour les calculs sismiques.

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 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 la NF EN 1992 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 la NF EN 1992-1-1 et en particulier de la section 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 :

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

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

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

  Où :

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

  $\phi^{Th}$ et $\phi^{c}$ étant respectivement les coefficients de fluage du béton Thermedia® et du béton courant ;

  $\sigma_j^{Th}$ et $\sigma_j^{c}$ 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 « $j$ » considéré ($j$ > 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 $\phi^{Th} = \left(\frac{\rho}{2200}\right)^2 \times \phi^{c}$ ( $\rho$ étant la masse volumique du béton Thermedia®).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

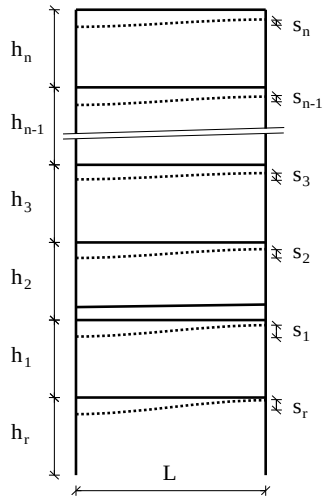



***Figure 1 – Calcul des sollicitations additionnelles liées au raccourcissement relatif des murs***

### 7.21 Ancrages et recouvrements

Les longueurs d'ancrage et de recouvrement sont évaluées conformément à la NF EN 1992-1-1 (§ 11.8.2) et son annexe nationale française, en considérant le coefficient $\alpha_{lctd}$ = 1 et moyennant la valeur de contrainte ultime d'adhérence suivantes :

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

### 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 liaisonner le plancher à la façade via la mise en œuvre de boites d'attentes dans la banche, avant coulage du voile.

### 7.23 Fixations mécaniques

L'utilisation de chevilles de fixations est possible dans du béton Thermedia®. Elles peuvent être :

- des chevilles métalliques ou chimiques avec ATE selon ETAG 001 parties 2 à 5
- chevilles avec ATE selon ETAG 001 partie 6
- chevilles plastiques avec ATE selon ETAG 014 et avec ATE selon ETAG 020
- chevilles chimiques avec ATE suivant ETAG 029
- chevilles sous homologation nationale

Toutes les chevilles doivent impérativement faire l'objet d'essais de traction sur site dans le support en Thermedia.

Ces essais doivent être réalisés avant la mise en œuvre des chevilles pour intégrer les résultats au dimensionnement des fixations. Ils ont pour but de déterminer une résistance caractéristique pour les supports en Thermedia, ceux-ci n'étant pas visés par l'homologation des chevilles.

Ces essais sont réalisés et interprétés par le fabricant de chevilles suivant les recommandations pour la réalisation d'essais de chevilles sur site (ou sur chantier) du CISMA

## 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 ensemble d'essais de résistance au feu, comportement au feu et de caractérisation thermomécaniques synthétisés dans l'Appréciation de Laboratoire AL 2016 CERIB 6917, ont permis d'établir pour différentes épaisseurs de voiles, et différentes durée d'exposition au feu nominal température/temps normalisé, la contrainte maximale admissible vue par la section (compte tenu des instabilités). Elle a été calculée en tenant compte d'une excentricité de 20 mm de l'effort normal et moyennant la mise en œuvre à minima d'un treillis ST10 en face exposée et présentant un enrobage de 40 mm.

La contrainte maximale admissible correspond à la valeur de pointe représentée sur la figure 2. Elle est générée par les effets des actions en situation d'incendie.

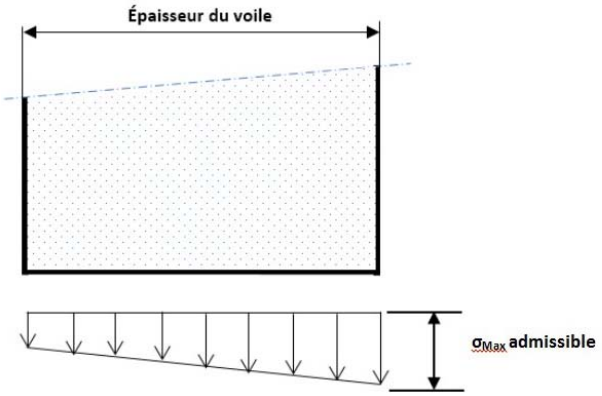



***Figure 2 - Représentation de $\sigma_{Max}$ admissible***

Le respect des contraintes admissibles indiquées dans le tableau ci-dessous pour une durée d'exposition X visée, et la mise en œuvre à minima d'un treillis ST10 en face exposée avec un enrobage de 40 mm, permet d'atteindre une performance REI X.

La hauteur des murs entre éléments de structure est limitée à 3 m.

***Tableau 4 - Résistance de voiles en Thermedia® en fonction de son épaisseur et de la durée d'exposition***

| | Durée | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 30 min | 60 min | 90 min | 120 min |
| Epaisseur du voile | $\sigma_{max\ admisible}$ [MPa] | | | |
| Voile de 16 cm | 3.8 | 1.9 | 0.9 | 0.6 |
| Voile de 18 cm | 5.0 | 3.4 | 1.4 | 0.8 |
| Voile de 20 cm | 5.9 | 5.3 | 2.8 | 1.6 |
| Voile de 23 cm | 6.9 | 6.3 | 4.7 | 3.8 |

Les conditions de vérification à température ambiante de la stabilité de l'ouvrage sont réputées satisfaites par ailleurs.

Le calcul de la contrainte dans le voile est réalisé sous combinaison d'action en situation accidentelle (incendie) conformément aux prescriptions de la NF EN 1990 et son Annexe Nationale.

## 7.4 Séisme

Le procédé est utilisable en zone sismique 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié. Le dimensionnement est conduit selon la NF EN 1998-1 et la NF EN 1992-1-1, complétés par leurs annexes nationales françaises. Les hypothèses de dimensionnement courantes d'un bâtiment comportant des murs en Thermedia® 0.6 ou 0.45 sont décrites dans ce paragraphe.

Les murs en Thermedia® peuvent être des éléments primaires ou secondaires, au sens de la NF EN 1998-1 § 4.2.2.

Si tous les murs en Thermedia® 0.6 sont des éléments secondaires, alors le dimensionnement sismique relève de l'application usuelle de la NF EN 1998-1 sur le système primaire constitué de murs en béton ordinaire (ou éventuellement d'autres types de structure).

Lorsque le bâtiment comporte des éléments primaires en Thermedia®, alors les dispositions suivantes s'appliquent :

- les classes de ductilité utilisables sont DCL ou DCM ;
- en classe DCL, le coefficient de comportement $q$ est limité à 1,5, et il n'y a pas de restriction particulière à l'utilisation de murs en Thermedia®. Le choix de la classe DCL est encadré par la NF EN 1998-1 et son annexe nationale ;
- en classe DCM, l'utilisation du Thermedia est limitée aux murs de grandes dimensions en béton peu armé en limitant le coefficient de comportement $q$ à 2 ;
- les vérifications de résistance des murs en Thermedia® sont réalisées en considérant une résistance de calcul $f_{lcd} = \alpha_{lcc} \times \frac{f_{lck}}{\gamma_c}$, avec $\alpha_{lcc}$ = 0,85 et $\gamma_c$ = 1,30, conformément à la NF EN 1992-1-1 § 11.3.5.

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 1er 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 lattis métallique nervuré) 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 l'optimisation du séquençage des coulages sur le chantier (coulage en 1 fois du balcon, du chaînage et de la talonnette) et le gain sur le poids propre.

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

- disposition des étaiements et des coffrages (plancher et balcon) conformément au plan de pose ;
- mise en place des ferraillages 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).

Et dans le cas de balcons préfabriqués, le phasage de mise en œuvre et de coulage est généralement le suivant :

- disposition des étaiements (plancher et balcon) et des coffrages (plancher) conformément au plan de pose ;
- pose du balcon préfabriqué ;
- mise en place de l'arrêt de bétonnage laissant passer les armatures du balcon au nu intérieur du voile (métal déployé par exemple) et des armatures du plancher et du chaînage. Les armatures de la dalle 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 plancher en béton de densité courante ; lors du coulage, l'entreprise devra s'assurer du maintien en place de l'arrêt de bétonnage ;
- coulage du chaînage faisant clavetage en Thermedia®. Ces 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).


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

## 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.

## 7.52 Balcons solidarisés en porte-à-faux

Les balcons en Thermedia® doivent faire l'objet d'un dimensionnement selon la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale.

La section de la dalle des balcons est dimensionnée et vérifiée à l'encastrement de celle-ci avec le voile de façade.

Les démarches pour le dimensionnement d'un balcon sont les suivantes :

- le dimensionnement de la section d'armatures nécessaire, à l'encastrement du balcon et de la dalle, en flexion simple (ELU) ;
- la vérification de la contrainte de compression du béton et de la contrainte de traction des armatures (ELS) ;
- la vérification de la section à l'effort tranchant (ELU) ;
- le calcul de la longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures ;
- la vérification de la flèche nuisible ($< L/250$) ;
- le calcul de la section des armatures de reprise des sollicitations supplémentaires engendrées par le dénivellement des dalles (dû aux dispositions constructives pour l'accessibilité PMR des balcons).

Pour le calcul, les propriétés mécaniques du béton Thermedia® sont celles données par l'application du § 11.3 de la NF EN 1992-1 et son Annexe Nationale (contraintes admissibles, module de déformation).

Afin de rendre les balcons accessibles aux personnes à mobilité réduite, il faut éliminer les obstacles qui entravent cette accessibilité. De plus, il est nécessaire de conserver une hauteur suffisante pour assurer l'étanchéité à l'eau de l'ouvrage. La mise en œuvre de cette disposition conduit à un dénivellement de la dalle des balcons (espace extérieur) par rapport à la dalle de plancher intérieur. Il est à noter que, quel que soit le dénivellement (avec une limitation du dénivellement par rapport au plancher tel que mentionné au §7.526), la méthode de calcul sera identique. La différence intervient principalement au niveau des dispositions constructives du ferraillage.

### 7.521 Dimensionnement de la section d'armatures tendues en flexion simple

La section d'armatures tendues est calculée pour les combinaisons à l'ELU des moments à l'encastrement de la dalle du balcon.

La section d'armatures tendues à l'appui de la dalle du plancher intérieur, en béton courant, est calculée pour les mêmes combinaisons de moments.

La section d'armatures à mettre en œuvre ne doit pas être inférieure à la section minimale préconisée par l'Eurocode 2 – NF EN 1992-1-1 § 9.2.1.1).

### 7.522 Vérification de la contrainte du béton et de l'acier en flexion simple

Les contraintes de l'acier et du béton sont calculées pour les combinaisons caractéristiques à l'ELS et comparées aux contraintes limites, aussi bien pour la dalle du balcon que pour la dalle du plancher intérieur.

L'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1 ; § 7.2) préconise de limiter la contrainte de compression dans le béton à : $0{,}6\, f_{lck}$ ; et la contrainte de traction dans les armatures à : $0{,}8\, f_{yk}$.

Vérification à l'effort tranchant

L'effort tranchant est vérifié à l'ELU à l'encastrement de la dalle du balcon suivant les prescriptions du §6.2 et de la section 11 de la NF EN 1992-1-1.

### 7.523 Vérification des flèches nuisibles

Pour un balcon en console, la limite de flèche nuisible considérée est $L/250$.

Les moments de flexion pour l'évaluation des flèches sont pris à l'encastrement de la dalle du balcon.

### 7.524 Ancrage des armatures

L'ancrage des armatures du balcon commence dans le béton Thermedia® du voile de façade et continue dans le béton courant de la dalle du plancher intérieur. Pour la longueur d'ancrage il faut tenir compte de la contrainte d'adhérence du béton Thermedia® (telle que spécifiée au §7.2.1) pour la partie ancrée dans le voile de façade et de la contrainte d'adhérence du béton courant pour la partie ancrée dans la dalle du plancher intérieur.

$$L_{b,req} = \left(\frac{A_{s,req}}{A_{s,pro}}\right) L_b$$

avec :

$L_{b,req}$ : Longueur d'ancrage à prévoir

$A_{s,req}$ : Section des armatures requises par le calcul

$A_{s,pro}$ : Section réelle des armatures

$L_b$ = Longueur d'ancrage de calcul dans le béton courant

$L_b = \phi/4 \,.\, \sigma_{sd}/f_{bd}$ ($\phi$ : diamètre de la barre ; $\sigma_{sd}$ : contrainte de calcul de l'acier)

$$L_b = L_{b1} + L_{b2}$$

Avec

$L_{b1}$ = la longueur fictive d'ancrage dans le béton Thermedia®, homogénéisée vis-à-vis du béton courant (c'est la longueur d'ancrage dans le béton courant qui produit la même capacité d'ancrage que l'ancrage dans le béton Thermedia® sur l'épaisseur du voile) :

$$L_{b1} = t \times \frac{f_{lbd}}{f_{bd}}$$

$L_{b2}$ = la partie d'ancrage droit dans le béton courant

$t$ = l'épaisseur du voile

$f_{bd} = 2{,}25 \times \frac{f_{ctk,0,05}}{1{,}5}$ : Contrainte ultime d'adhérence dans le béton courant

$f_{lbd} = 2{,}25 \times \frac{f_{lctk,0,05}}{1{,}5}$ : Contrainte ultime d'adhérence dans le béton Thermedia

$$L_{b2} = L_b - t \times \frac{f_{lbd}}{f_{bd}}$$

La longueur d'ancrage droit nécessaire dans le béton courant de la dalle, $L_{b2,req}$ sera :

$$L_{b2,req} = \frac{A_{s,req}}{A_{s,pro}} \times (L_b - L_{b1})$$

La longueur totale d'ancrage sera donc $L_s = L_{b2,req} + t$

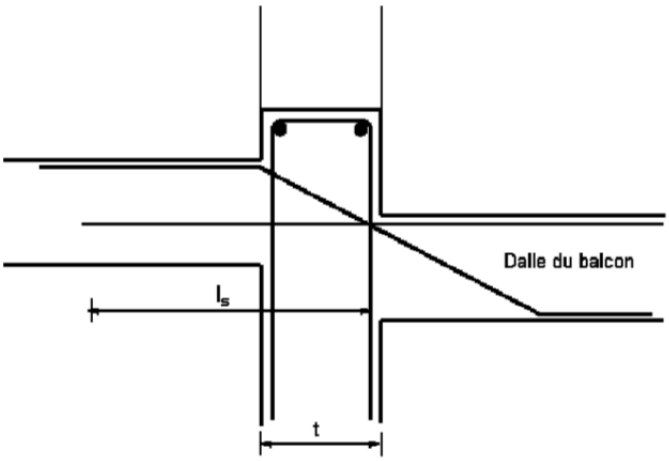



***Figure 3 – Longueur d'ancrage $L_s$***

L'emploi de béton Thermedia® a pour conséquence une diminution de la capacité d'adhérence entres les aciers et le béton, d'où un allongement des longueurs d'ancrage et de recouvrement.

### 7.525 Traction verticale due au dénivellement des dalles

Dans le cas de balcons en porte-à-faux, la différence de niveau entre la dalle du balcon et la dalle du plancher intérieur engendre une force verticale de traction qu'il faut reprendre par des armatures complémentaires.

Cette force verticale est due d'une part au décalage des zones comprimées du béton des deux dalles ($T_{v1}$), et d'autre part due à l'inclinaison éventuelle des aciers sur appuis de la dalle du plancher intérieur ($T_{v2}$).

Les armatures verticales mise en œuvre doivent être capables, en plus des autres fonctions, de résister à une traction verticale $T_v$ telle que $T_v = max\,(T_{v1}; T_{v2})$.

#### *7.5251 Evaluation de la force $T_{v1}$*

Le dénivellement $b$ des sous-faces de la dalle du balcon et de la dalle intérieure crée une bielle de compression inclinée. Cette inclinaison est montrée sur la figure 4 ci-après :


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

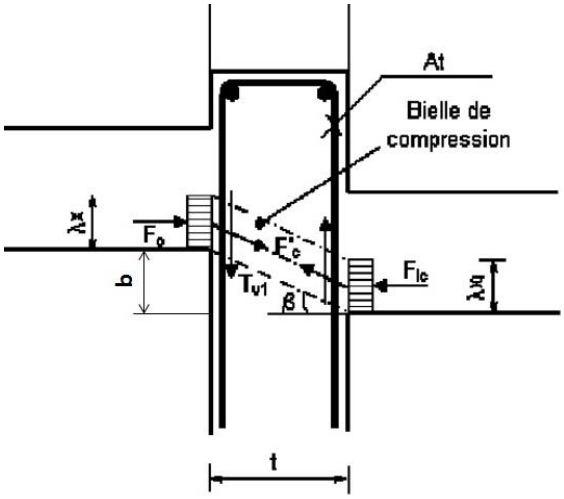



***Figure 4 – Inclinaison des bielles de compression***

L'angle d'inclinaison de la bielle de compression est :

$$\beta = \arctan\left(\frac{b}{t}\right)$$

Avec :

Epaisseur du voile : $t$ ;

Dénivellement entre les sous-faces : $b$ ;

La force de compression (par mètre linéaire) dans la section de la dalle du balcon :

$$F_{lc} = 0{,}8\,.\,x\,.\,f_{lcd}$$

Avec :

$x$ : hauteur de la zone de béton comprimée

$f_{lcd}$ : résistance de calcul en compression du Thermedia

La force de traction reprise par les armatures verticales :

$$T_{v1} = F_{lc}\tan\beta$$

$$\tan\beta \;=\; b\,/\,t$$

Le dénivellement de la sous-face du balcon par rapport à celle du plancher devra être limité par une pente de 1/3 ($\tan\beta = 1/3$), ce qui se traduit par la condition suivante : dénivellement inférieur ou égal au tiers de l'épaisseur du voile.

### *7.5252 Evaluation de la force $T_{v2}$*

Lorsque le dénivellement a entre l'arase supérieure de la section résistante de la dalle du balcon et la face supérieure de la dalle du plancher intérieur est supérieur à 4 cm, les armatures de l'appui de la dalle de plancher intérieur seront inclinées (angle $\varphi$) afin d'assurer la longueur d'ancrage nécessaire, comme le montre la figure 5.

La composante verticale de la traction des barres inclinées $T_{v2}$ est calculée de la manière suivante :

La force de traction des armatures supérieures de la dalle intérieure, $F_s$ :

$$F_s = A_{s,cal} \times f_{yd}$$

La traction dans la partie inclinée :

$$F_{sc} = F_s / \cos\varphi$$

Avec :

- $\tan\varphi = a\,/\,(t-c)$ ;
- $\varphi = \arctan[a\,/\,(t-c)]$ ;
- $c$ est l'enrobage des armatures du voile.

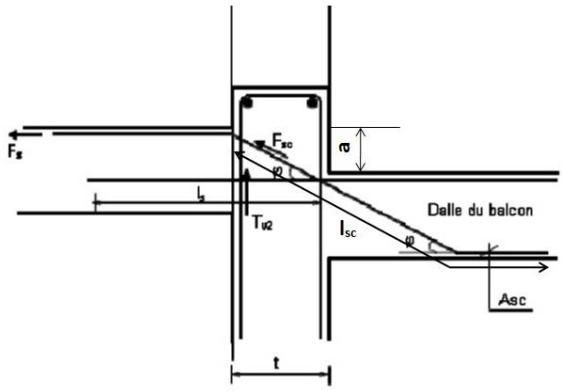



***Figure 5 – Inclinaison des armatures à l'appui de la dalle du plancher intérieur***

Section d'armatures nécessaire pour reprendre cette traction, $A_{sc}$ :

$$A_{sc} = F_{sc}\,/f_{yd}$$

La composante verticale de cette traction $T_{v2} = F_s \tan\varphi$

La section d'armatures pour reprendre cette traction verticale, $A_{s,v}$ :

$$A_{s,v} = Max[T_{v1}; T_{v2}]/f_{yd} + A_T$$

Cette section d'armatures sera ajoutée à la section $A_T$, prévue par l'Annexe Nationale de l'Eurocode 2 et le DTU 23.1. La valeur maximale de cette section est de :

$$A_T = 1\,cm^2/m$$

Ces armatures seront verticales et ancrées de part et d'autre du plancher. Au niveau de la baie des fenêtres elles seront en forme de « U ».

### 7.526 Croquis de principe de ferraillage pour les balcons en porte-à-faux

Le dénivellement « a » entre le balcon et le plancher conduit à prévoir deux types de ferraillages, un pour le dénivellement inférieur à 4 cm et un pour le dénivellement supérieur ou égal à 4 cm.

Les schémas de principe de ferraillage, pour les balcons en porte-à-faux, sont montrés sur les figures ci-dessous.

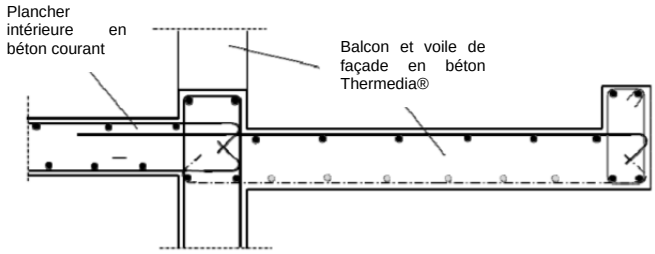



***Figure 6 – dénivellement $b$ inférieur 4 cm***

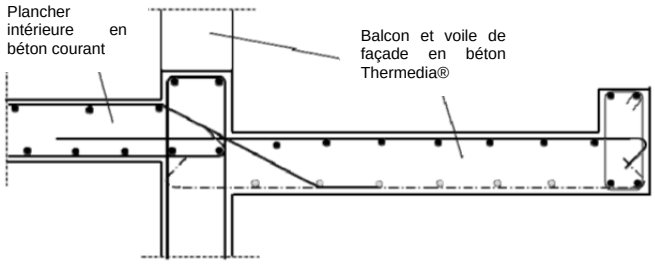



***Figure 7 – dénivellement $b$ supérieur ou égal à 4 cm (dénivellement limité par une pente de 1/3 : voir §7.526).***

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 $l_r$ des barres est égale à la longueur d'ancrage augmentée d'une valeur égale à la distance libre entre les barres.

Dans le deuxième cas, l'ancrage des barres de la dalle du balcon et des barres de la dalle du plancher intérieur, est réalisé par l'ancrage direct des barres.


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

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 (d'un angle φ par rapport à l'horizontale) afin de pouvoir être ancrées dans la dalle du balcon.

La force de traction est plus importante dans la partie inclinée des barres que dans la partie droite. Cette traction est déterminante dans le calcul du dimensionnement de la section d'armature de flexion à l'appui de la dalle du plancher intérieur. La majoration de la section d'armatures dépend de l'inclinaison des armatures (du dénivellement). Elle est de $(\cos\varphi)^{-1}$.

La longueur d'ancrage $l_{sc}$ de ces armatures de la dalle du plancher intérieur avec une partie inclinée est déterminée en prenant en compte la contrainte ultime d'adhérence dans le Thermedia®.

Des armatures transversales de couture sont nécessaires au droit des recouvrements pour s'opposer aux efforts transversaux de traction. La section totale des armatures de couture $\Sigma A_{st}$ (somme de tous les brins parallèles au plan du recouvrement) doit être supérieure ou égale à la section As d'une des barres du recouvrement ($\Sigma A_{st} \geq A_s$). Il convient de disposer les aciers de couture perpendiculairement à la direction du recouvrement. Ces armatures transversales sont composées d'épingles, d'étriers ou de cadres et sont disposées sur les tiers extrêmes du recouvrement. Voir figure 8.

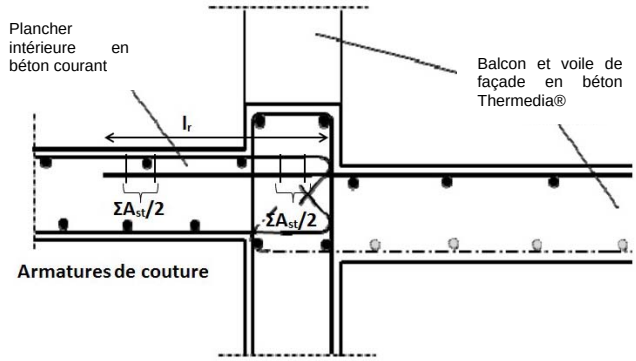



***Figure 8 – armatures de couture en cas de recouvrement à distance***

Dans le cas de balcons préfabriqués, leur face latérale en contact avec le clavetage en Thermedia du voile de façade doit présenter une rugosité suffisante pour assurer la transmission des efforts de cisaillement : reprise de bétonnage rugueuse au sens du § 6.2.5 de l'Eurocode 2 (aspérités obtenues par striage, arrêt de bétonnage en métal déployé, indentations …). Les éléments de balcons préfabriqués doivent reposer directement sur le mur sur une profondeur d'appui d'au moins 2 cm.

### 7.53 Dispositions constructives concernant l'étanchéité des balcons

Les sols des balcons et des loggias peuvent recevoir ou non un revêtement d'étanchéité, la nécessité de la mise en œuvre d'une étanchéité devra être appréciée par le concepteur, en fonction de la zone climatique et de l'exposition du balcon aux intempéries et précisé aux Documents Particuliers du Marché (DPM).

Dans le cas d'un balcon préfabriqué, un revêtement d'étanchéité doit être interposé à la jonction entre les balcons préfabriqués et le mur de façade afin d'éviter tout risque d'infiltration.

Les balcons sont pentés vers l'extérieur du bâtiment (1 % minimum).

Les principales côtes à respecter sont :

- Décrochement de 2 cm minimum entre l'arase supérieure du balcon et celle du plancher intérieur ;

Pour les portes fenêtres : garde d'eau de 5 cm minimum au-dessus de l'arase supérieure du balcon.Il convient aussi de procédé à un entretien régulier afin d'éviter toute rétention d'eau en surface du balcon.

Voir Annexe 3.E.

### 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 Acoubat, 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 :

***Tableau 5 –Performances acoustiques de doublages à titre informatif***

| | Epaisseur du voile de béton en cm | Type de doublage | Rw (C ; Ctr) en dB |
|---|---|---|---|
| **Thermedia 0.6 / 0.45** | 16 | Prégymax Th29,5 13+100 | 61 (-5 ; -12) |
| | | aucun | 51 (-2 ; -7) |
| | 20 | aucun | 57 (-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).

## 8. Finitions

### 8.1 Finitions intérieures

Le procédé de façades en béton Thermedia étant principalement destiné aux murs extérieurs isolés par l'intérieur, la finition classique consiste en la pose de complexes de doublage collés.

Toutes les finitions intérieures sont possibles dans les mêmes conditions que pour des murs en béton de densité courante.

### 8.2 Finitions extérieures

Toutes les finitions classiques sur béton armé sont possibles.

Dans le cas d'enduits de mortier les prescriptions du DTU 26.1 sont à respecter.

Dans le cas des revêtements collés céramiques et assimilés et pierres naturelles, la pose s'effectue dans les conditions du DTU 52.2 P1-1-2, à condition de vérifier la compatibilité entre le mortier-colle et le support en Thermedia. Le mortier-colle utilisé doit être certifié C2-S1/S2 et pour l'application en façade. La preuve de la compatibilité entre le support Thermedia et le mortier-colle s'obtient par la réalisation des essais suivants :

- vérification du temps ouvert (EN 1346) ;
- adhérence par traction après immersion dans l'eau ≥ 1 MPa selon la norme d'essai EN 1348 ;
- adhérence par traction après cycles de gel-dégel ≥ 1 MPa selon la norme d'essai EN 1348 ;
- Cisaillement après action de la chaleur selon l'annexe du DTU 52.2 P-2 avec une contrainte mesurée > 0,7 MPa.

La preuve de la compatibilité entre certains mortiers-colles et les supports en Thermedia a d'ores-et-déjà été apportée (Rapport d'essais n° R2EM/EM 15-113 du CSTB et d'essais n° R2EM/EM 15-104 du CSTB)

Les façades en Thermedia peuvent également rester apparentes. Elles peuvent aussi recevoir les finitions de type peinture et assimilées, RPE, hydrofuges de surface, lasures-béton.

### 8.3 Percements

Pour la réalisation de percements traversant, il est recommandé d'utiliser une carotteuse diamant afin d'éviter les épaufrures à la sortie.

# B. Résultats expérimentaux

***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 15ème. 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.
- FEST n°AI/AE11-D.

***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® 0.6 et 0.45:

- 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_B, NECS, 10 février 2012.
- 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.
- Caractérisation en compression d'un béton léger du LMC² d'octobre 2015.
- Appréciation de Laboratoire N° 2016 CERIB 6917

***Matériaux :***

- Constat de traditionalité Thermedia 0.6 B n° 20/10-170, CSTB, 18 mars 2010

***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.

***Finitions :***

- Rapport d'essais n°R2EM/EM 15-113 concernant un mortier colle sur support Thermedia
- Rapport d'essais n°R2EM/EM 15-104 concernant un mortier colle sur support Thermedia

***Retours d'expériences :***

- Synthèses des rapports d'audits externes dans le cadre du suivi de la production par le CSTB
- Synthèse des retours d'expériences sur la mise en œuvre du béton Thermedia

# C. Références

## C.1 Données environnementales

Le procédé « Mur de façade en Béton Thermedia® » ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

## C.2 Références chantier

Plus de 50 000 m3 de béton Thermedia livrés sur environ 250 chantiers

- Thermedia® 0.6 :
- Chantier test de 450 $m^3$ : 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 $m^3$ : 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 $m^3$ : réalisation des voiles de façade et de pignon de maisons individuelles à Le Havre (76) – Quille / Lafarge Bétons Agence Normandie (2009)
- Chantier de 218 $m^3$ : 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 $m^3$ : 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 $m^3$ : 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 $m^3$ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Bordeaux (33) - JTC / Lafarge Bétons Agence Aquitaine (2012)
- Chantier de 150 $m^3$ : 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 $m^3$ : 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 $m^3$ : 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 $m^3$ : 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 $m^3$ à Villecresnes (94) – Spie / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Brie (2012)
- Chantier de 400 $m^3$ à Marcoussis (91) – Dubocq / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (2012)
- Chantier de 400 $m^3$ à Choisy le Roi (94) – Léon Grosse / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (2012)
- Chantier de 360 $m^3$ à Sartrouville (78) – TBI SHAM / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Nanterre (2012)
- Chantier de 150 $m^3$ : 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 $m^3$ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Grabels (34) – Méditerranée Constructions / Lafarge Bétons Agence Languedoc Roussillon (2012)
- Chantier de 310 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectif à Pacé (35) – Angevin / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Bruz (2013)
- Chantier de 350 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectif à Le Relecq Kerhuon (29) – Personnic Bâtiment / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Morlaix (2013)
- Chantier de 76 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Pordic (22) – Construction Budet / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Langueux (2013)
- Chantier de 130 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Yffiniac (22) – Le Guern SARL / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Langueux (2013)
- Chantier de 17 m3 : réalisation de balcons voiles d'un bâtiment de logements collectifs à Gruchet Le Valasse (76) – Armabat / Lafarge Bétons Agence Normandie – Centrale de Yerville (2013)
- Chantier de 89 m3 : réalisation des casquettes d'un bâtiment de bureaux à Isneauville (76) – C SAM / Lafarge Bétons Agence Normandie – Centrale de Yerville (2013)
- Chantier de 189 m3 : réalisation des voiles de façades matricés et des balcons d'un bâtiment de logements collectifs à Gerzat (63) – EI GCC / Lafarge Bétons Agence Rhône-Alpes Auvergne – Centrale de Cournon (2013)
- Chantier de 306 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectif à Acigne (35) – Kotan Bâtiment / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Bruz (2014)
- Chantier de 171 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de bureaux à Grand Fougeray (35) – Jaffre / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Bain de Bretagne (2014)
- Chantier de 338 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Guipavas (29) – Lecouillard Construction / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Morlaix (2014)
- Chantier de 113 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment médico-éducatif à Quimper (29) – EGC René Joncour SAS / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Quimper (2014)
-
-


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

- Chantier de 331 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Le Rheu (35) – Eiffage Construction Bretagne / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Bruz (2014)
- Chantier de 186 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment tertiaire (Santé) à Plérin (22) – S.CO.BAT / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Langueux (2014)
- Chantier de 96 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Plouha (22) – Gouarin Père et fils / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Paimpol (2014)
- Chantier de 213 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Guivapas (29) – Lalouer Boucher / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Morlaix (2014)
- Chantier de 647 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Gentilly (92) – Eiffage Construction Val Seine / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (2014)
- Chantier de 837 m3 : réalisation des voiles de façades d'une résidence d'hébergement à Paris 13ème (75) – Bouygues Bâtiment Ile de France / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (2014)
- Chantier de 137 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Chatillon (92) – DL Bâtiment / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (2014)
- Chantier de 1097 m3 : réalisation des voiles de façades de bâtiments de logements collectifs à Palaiseau (91) – Eiffage Construction Val Seine / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale d'Evry (2014)
- Chantier de 153 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Boissy-Saint-Léger (94) – ROC 77 / Lafarge Bétons Agence Ile de France – Centrale de Bercy (2014)
- Chantier de 232 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Le Grand Quevilly (76) – ACA France / Lafarge Bétons Agence Normandie – Centrale de Yerville (2014)
- Chantier de 349 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Les Milles la Duranne (13) – Les Travaux du Midi / Lafarge Bétons Agence Provence – Centrale de Venelles (2014)
- Chantier de 456 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Marseille (13) – Besima / Lafarge Bétons Agence Provence – Centrale de Le Canet (2014)
- Chantier de 338 m3 : réalisation des voiles de façades et des balcons d'un bâtiment de logements collectifs à Clermont-Ferrand (63) – Avernoise Construction / Lafarge Bétons Agence Rhône-Alpes Auvergne – Centrale de Cournon (2014)
- Chantier de 462 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Villeurbanne (69) – Afonso Humberto / Lafarge Bétons Agence Rhône-Alpes Auvergne – Centrale de Vaise gare (2014)
- Chantier de 326 m3 : réalisation des voiles de façades et des balcons d'un bâtiment de logements collectifs à Givors (69) – PB Construction / Lafarge Bétons Agence Rhône-Alpes Auvergne – Centrale de Serezin (2014)
- Chantier de 180 m3 : réalisation des voiles de façades d'un hôtel à Chassieu (69) – Ste BGL Bâtiment / Lafarge Bétons Agence Rhône-Alpes Auvergne – Centrale de Vaise gare (2014)
- Chantier de 277 m3 : réalisation des voiles de façades et des balcons d'un bâtiment de logements collectifs à Clermont-Ferrand (63) – Avernoise Construction / Lafarge Bétons Agence Rhône-Alpes Auvergne – Centrale de Cournon (2014)
- Chantier de 216 m3 : réalisation des voiles de façade et des balcons d'un bâtiment de logements collectifs à Martigues (13) – Forbat / Lafarge Bétons Agence Provence – Centrale de Vitrolles (2015) ;
- Chantier de 149 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Boissy-Saint-Léger (94) – Rochefolle l'Oiseau / Lafarge Bétons Agence Ille de France – Centrale de Bercy (2015);
- Chantier de 409 m3 : réalisation des voiles de façades d'un bâtiment de logements collectifs à Mantes-la-Jolie (78) – SPH ENT / Lafarge Bétons Agence Normandie – Centrale de Saussay (2015);
- Chantier de 1455 m3 : réalisation des voiles de façades d'un immeuble de logements collectifs à Marseille (13) – SECTP / Lafarge Bétons Agence Provence – Centrale de Le Canet (2015);
- Chantier de 374 m3 : réalisation des voiles de façades d'un pôle de santé à Plerin (22) – Scobat / Lafarge Bétons Agence Bretagne – Centrale de Langueux (2015);
- …
- Thermedia® 0.45 :
- Chantier de 200 $m^3$ : réalisation des voiles de façade d'un bâtiment de logements collectifs à Yvetot (76) – Armabat/ Lafarge Bétons Agence Normandie (2012)
- Chantier de 512 m3 : réalisation des voiles de façades d'un EHPAD à Angoulême (16) – Sogea Atlantique / Lafarge Bétons Agence BCCL – Centrale d'Angoulême (2014)
- Chantier de 71 m3 : réalisation de balcons d'un bâtiment de logements collectifs à Le Havre (76) – C SAM / Lafarge Bétons Agence Normandie – Centrale de Gonfreville (2014)
- Chantier de 17 m3 : réalisation des balcons d'un bâtiment de logements collectifs à Le Neubourg (27) – Garnier STE / Lafarge Bétons Agence Normandie – Centrale de Incarville (2014)
- Chantier de 431 m3 : réalisation des voiles de façades et des balcons d'un bâtiment de logements collectifs à Rouen (76) – ACA France / Lafarge Bétons Agence Normandie – Centrale de Yerville (2014)
- Chantier de 1421 m3 : réalisation des voiles de façades et des balcons des bâtiments de logements collectifs à Villenave d'Ornon (33)- Harribey Construction / Agence Aquitaine Charente Limousin – Centrale de Lormont (2015)
- Chantier de 246 m3 : réalisation des voiles de façade et des balcons d'un collège à Mornant (69) - PEIX / Agence Rhone Alpes Auvergne – Centrale de Serezin (2015)

## 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/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/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 (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 sèche du béton léger selon la norme NF EN 12390-7 : 1 contrôle tous les 200 $m^3$
- 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 $m^3$)
- conductivité thermique selon la méthode de la plaque chaude gardée (ISO 8302 ou NF EN 12667) : essais externes 2 fois par an réalisé lors du contrôle externe pour le suivi de fabrication

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

| Propriété | Thermedia® 0.6 | Thermedia® 0.45 |
|---|---|---|
| Masse volumique humide du béton léger | 1440 à 1730 ± 30 kg/$m^3$ | |
| Masse volumique sèche du béton léger | 1200 à 1400 ± 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 | |
| Conductivité thermique | ≤ 0,54 W/m.K | ≤ 0,45 W/m.K |


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

## Annexe 2 du Dossier Technique

## Exemples de ponts thermiques de liaison intégrant le procédé Thermedia®

Cette annexe contient des valeurs 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® (Voir ci-après)

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.

**Limite de validité des valeurs de ponts thermiques fournies en annexe :**

Sauf indication particulière dans les tableaux, les valeurs de coefficients de ponts thermiques données ci-après ne sont valables que dans les limites d'utilisation suivantes :

- doublages intérieurs : épaisseur ≥ 100 mm ; conductivité thermique ≥ 29,5 mW/(m.K)
- isolation de la toiture terrasse : épaisseur ≥ 100 mm ; résistance thermique ≤ 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 ≤ 2,85 m².K/W
- Une densité d'armatures ≤ 0.25 % dans le sens du flux thermique au niveau des liaisons avec la façade. A titre d'illustration, un taux de ferraillage 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 5 cm² de section d'acier par mètre linéaire de plancher.

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 de ferraillage ≤ 0.25 % dans le sens du flux thermique au niveau des liaisons avec la façade.

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

D'autre part, le tableau ci-dessous donne les conductivités thermiques utiles des bétons Thermedia® à utiliser dans les autres calculs thermiques tels que la détermination de valeurs de $U_p$ (coefficient de transmission surfacique de parois).

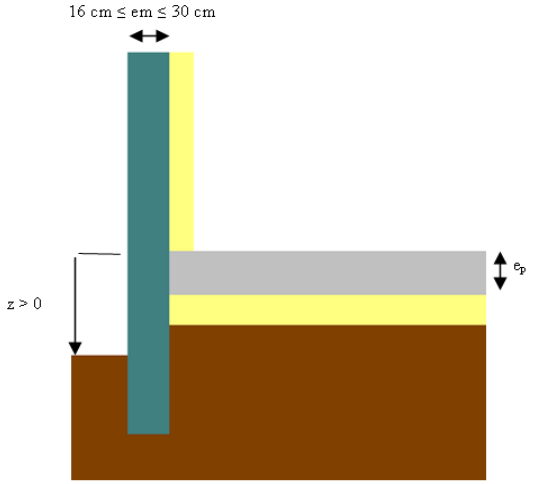
| Bétons | Masse volumique sèche (ρ) en kg/m³ | Conductivité thermique utile (λ) en W/m.K |
|---|---|---|
| Thermedia® | | |
| Thermedia® 0.6 | 1200 < ρ ⩽ 1400 | 0,54 |
| Thermedia® 0.45 | 1200 < ρ ⩽ 1400 | 0,45 |
| Thermedia® armé | | |
| Valeurs à prendre en compte lorsque le Thermedia® est armé avec un pourcentage en volume d'acier disposé parallèlement au flux thermique de : | | |
| - Thermedia armé avec % d'acier compris entre 0 et 0,25 : | | |
| Thermedia® 0.6 | 1200 < ρ ⩽ 1400 | 0,54 |
| Thermedia® 0.45 | 1200 < ρ ⩽ 1400 | 0,45 |
| - Thermedia® armé avec % d'acier compris entre 0,25 et 0,5 : | | |
| Thermedia® 0.6 | 1235 < ρ ⩽ 1550 | 0,79 * |
| Thermedia® 0.45 | 1235 < ρ ⩽ 1550 | 0,70 * |
| - Thermedia® armé avec % d'acier compris entre 0,5 et 1 | | |
| Thermedia® 0.6 | 1235 < ρ ⩽ 1550 | 1,04 * |
| Thermedia® 0.45 | 1235 < ρ ⩽ 1550 | 0,95 * |

* Nota : Ces valeurs ont été calculées en supposant que l'armature en acier, disposée parallèlement au flux thermique, traverse de part en part le voile en béton Thermedia®.


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

### 1. Liaison avec un plancher bas

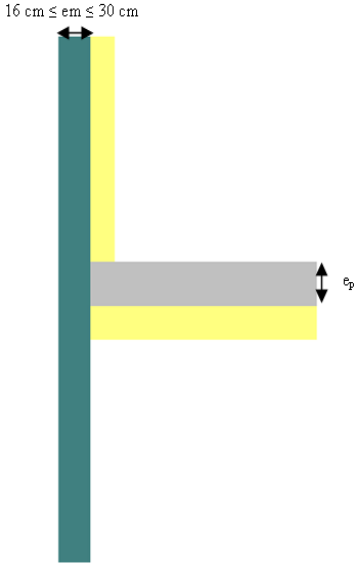
- Dallage en béton isolé en sous-face sur toute sa surface et soubassement en béton Thermedia




em = 16 cm

| z (en cm) | Epaisseur du plancher $e_p$ (cm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 15 | | 20 | |
| | Th 0.6 | Th 0.45 | Th 0.6 | Th 0.45 |
| z = -20 | 0,34 | 0,31 | 0,39 | 0,36 |
| z = +20 | 0,41 | 0,38 | 0,47 | 0,43 |

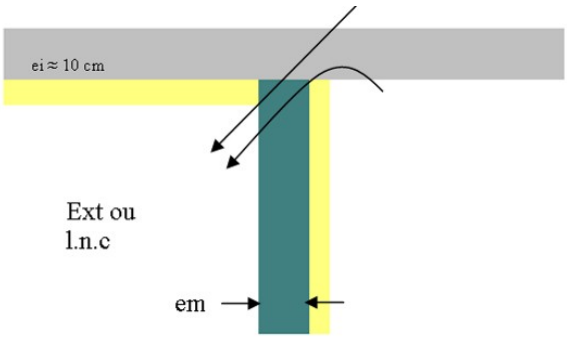
- Plancher bas donnant sur l'extérieur, un vide sanitaire ou sur un local non chauffé




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

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

| Plancher / Mur | 10 cm ≤ ep ≤ 35 cm | |
|---|---|---|
| | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m$ = 16 | 0,35 | 0,31 |
| $e_m$ = 20 | 0,39 | 0,35 |

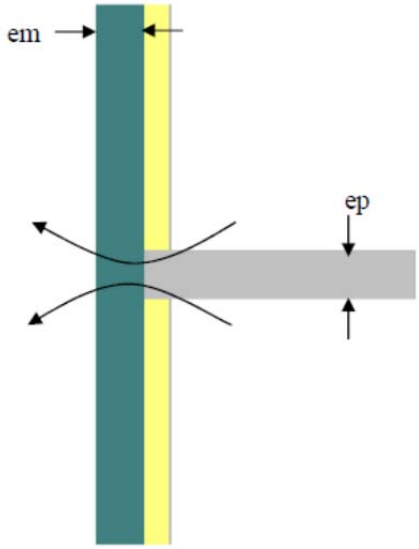




Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

## 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)



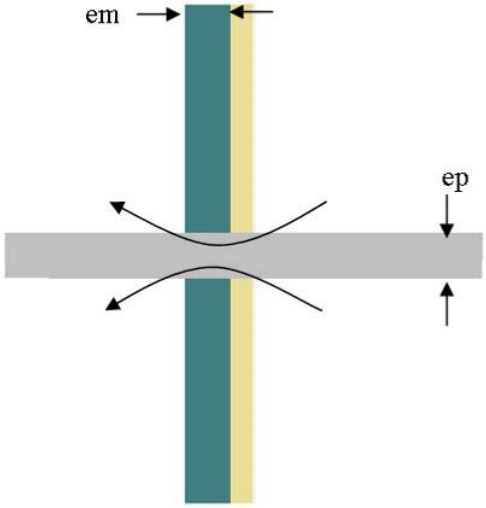

Avec un doublage de 10 cm d'épaisseur

| em (cm) | ep (cm) | |
|---|---|---|
| | 20 | |
| | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m = 16$ | 0,60 | 0,55 |
| $e_m = 20$ | 0,56 | 0,50 |

Avec un doublage de 14 cm d'épaisseur

| em (cm) | ep (cm) | |
|---|---|---|
| | 20 | |
| | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m = 16$ | 0,57 | 0,53 |
| $e_m = 20$ | 0,53 | 0,49 |

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



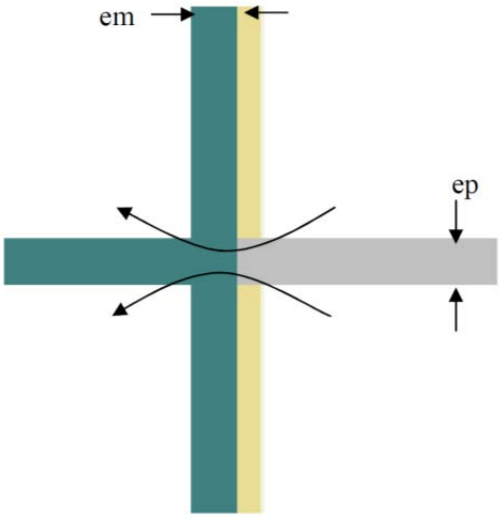

Avec un doublage de 10 cm d'épaisseur

| em (cm) | ep (cm) | |
|---|---|---|
| | 20 | |
| | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m = 16$ | 0,88 | 0,86 |
| $e_m = 20$ | 0,83 | 0,81 |

Avec un doublage de 14 cm d'épaisseur

| em (cm) | ep (cm) | |
|---|---|---|
| | 20 | |
| | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m = 16$ | 0,81 | 0,80 |
| $e_m = 20$ | 0,77 | 0,76 |

- Liaison du plancher intermédiaire avec un balcon et un mur donnant sur l'extérieur (balcon et chainage en Thermedia®)




Avec un doublage de 10 cm d'épaisseur

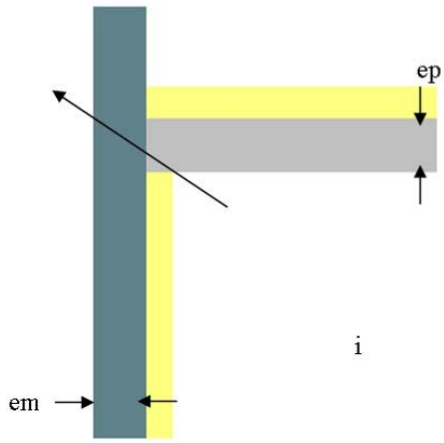
| em (cm) | ep (cm) | |
|---|---|---|
| | 20 | |
| | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m = 16$ | 0,58 | 0,53 |
| $e_m = 20$ | 0,54 | 0,48 |

Avec un doublage de 14 cm d'épaisseur

| em (cm) | ep (cm) | |
|---|---|---|
| | 20 | |
| | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m = 16$ | 0,55 | 0,51 |
| $e_m = 20$ | 0,52 | 0,47 |

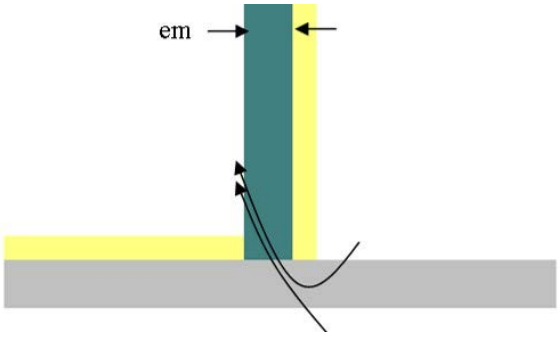
### 3. Liaisons avec un plancher haut

- 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 |
| $e_m = 16$ | 0,57 | 0,52 |
| $e_m = 20$ | 0,53 | 0,49 |

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



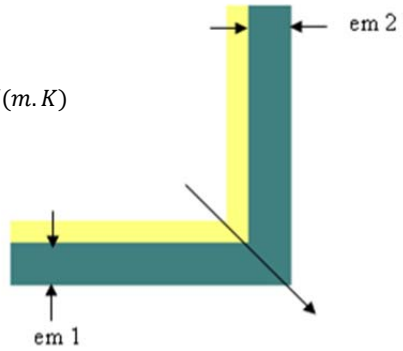

| em (cm) | Toute épaisseur de plancher | |
|---|---|---|
| | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m = 16$ | 0,34 | 0,28 |
| $e_m = 20$ | 0,38 | 0,32 |


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

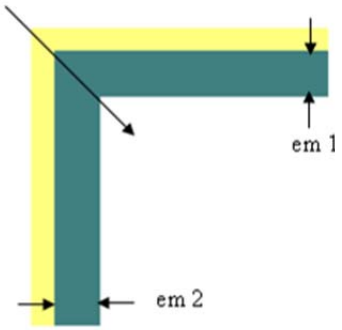
## 4. Liaisons entre parois verticales

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

$$\Psi = 0{,}02\ W/(m.K)$$

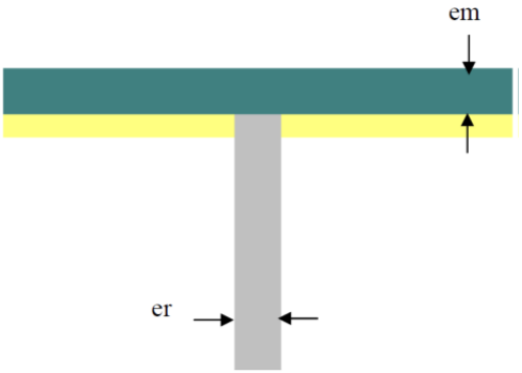



- Angle rentrant entre deux murs donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé



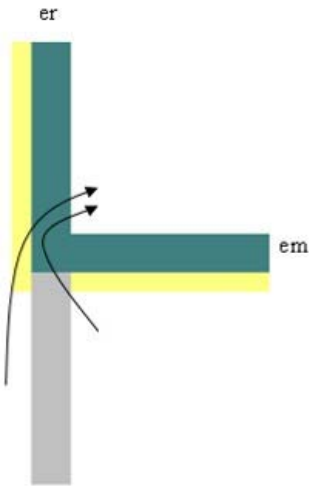

| em2 (cm) | em1 = em2 | |
|---|---|---|
| | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_{m2}$ = 16 | 0,08 | 0,08 |
| $e_{m2}$ = 20 | 0,10 | 0,10 |

- 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 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m$ = 16 | 0,51 | 0,46 | 0,61 | 0,56 |
| $e_m$ = 20 | 0,47 | 0,42 | 0,56 | 0,50 |

- 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



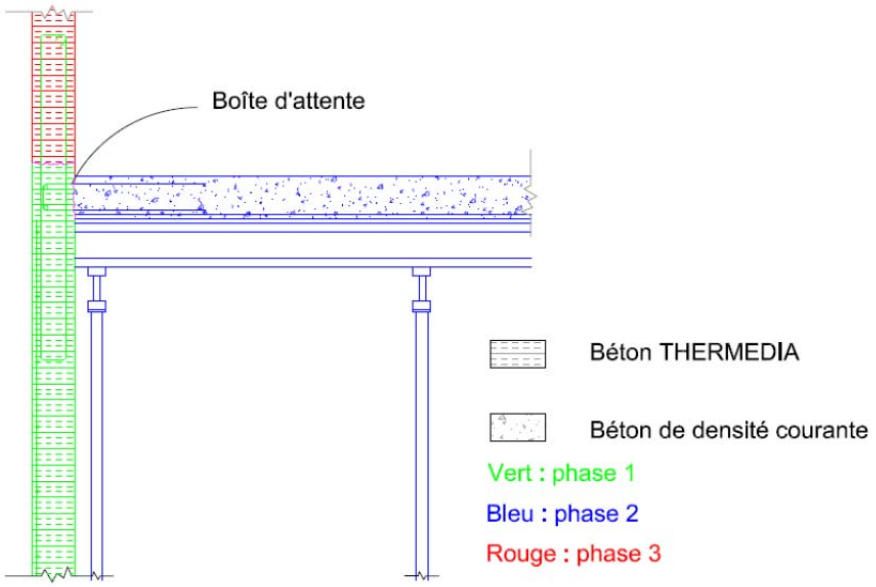

| em (cm) | er (cm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 15 | | 20 | |
| | Th 0.6 | Th 0.45 | Th 0.6 | Th 0.45 |
| $e_m$ = 16 | 0,40 | 0,36 | 0,43 | 0,39 |
| $e_m$ = 30 | 0,34 | 0,30 | 0,37 | 0,33 |


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

## Exemples de liaison façade Thermedia® - plancher

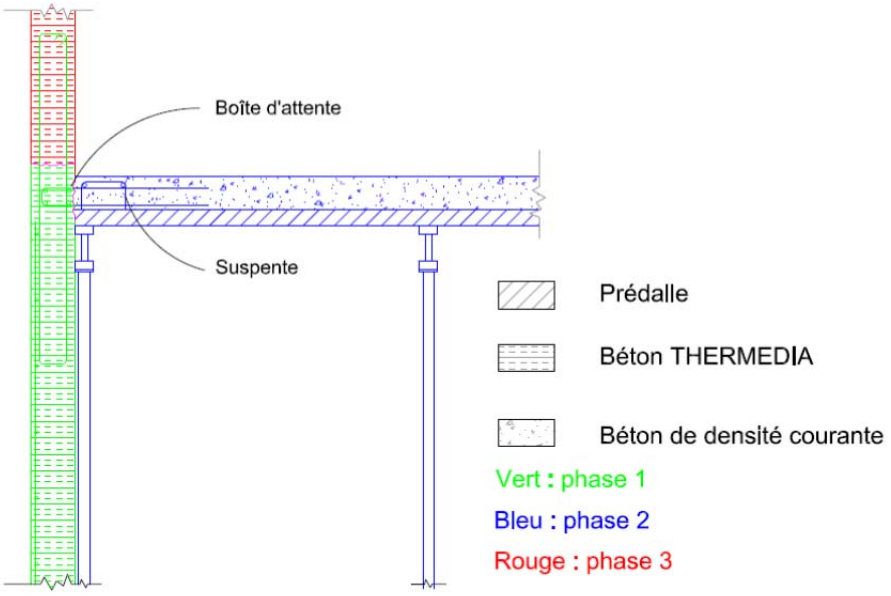
***A. Coupe étage courant avec dalle pleine suspendue :***

DALLE PLEINE SUSPENDUE




***B. Coupe étage courant avec prédalle suspendue***

PREDALLE SUSPENDUE

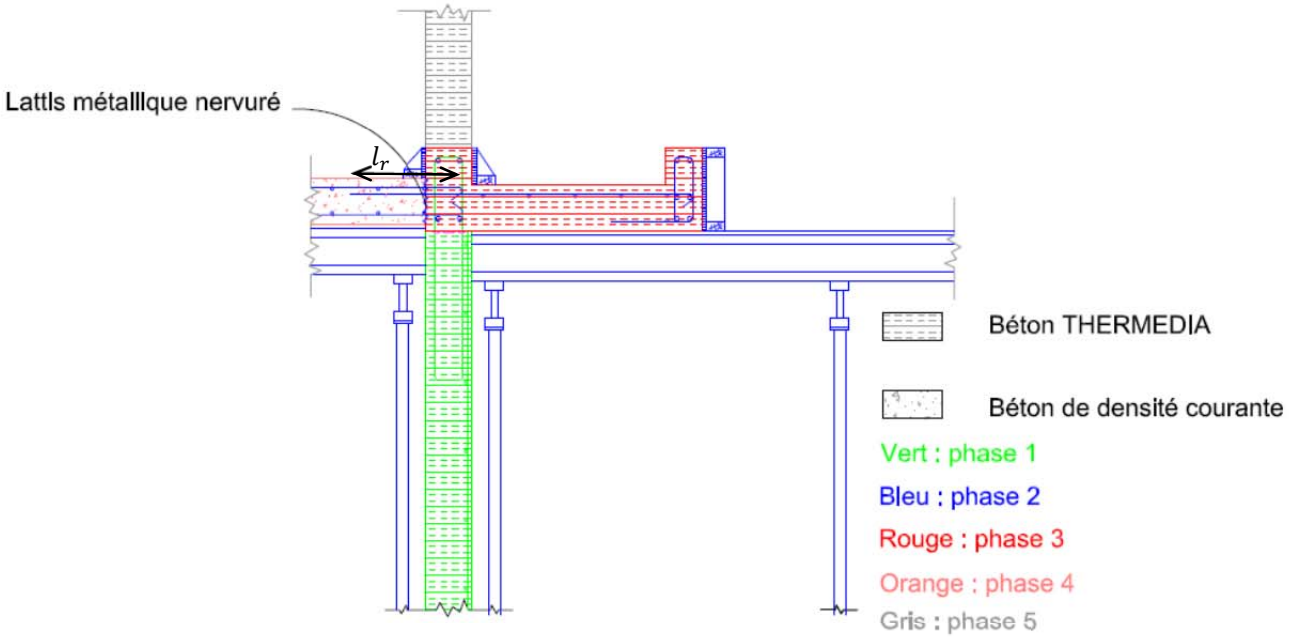



*NOTA : les prédalles suspendues avec boites d'attente suivant les recommandations de 2009 sont utilisables hors exigences sismiques*


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

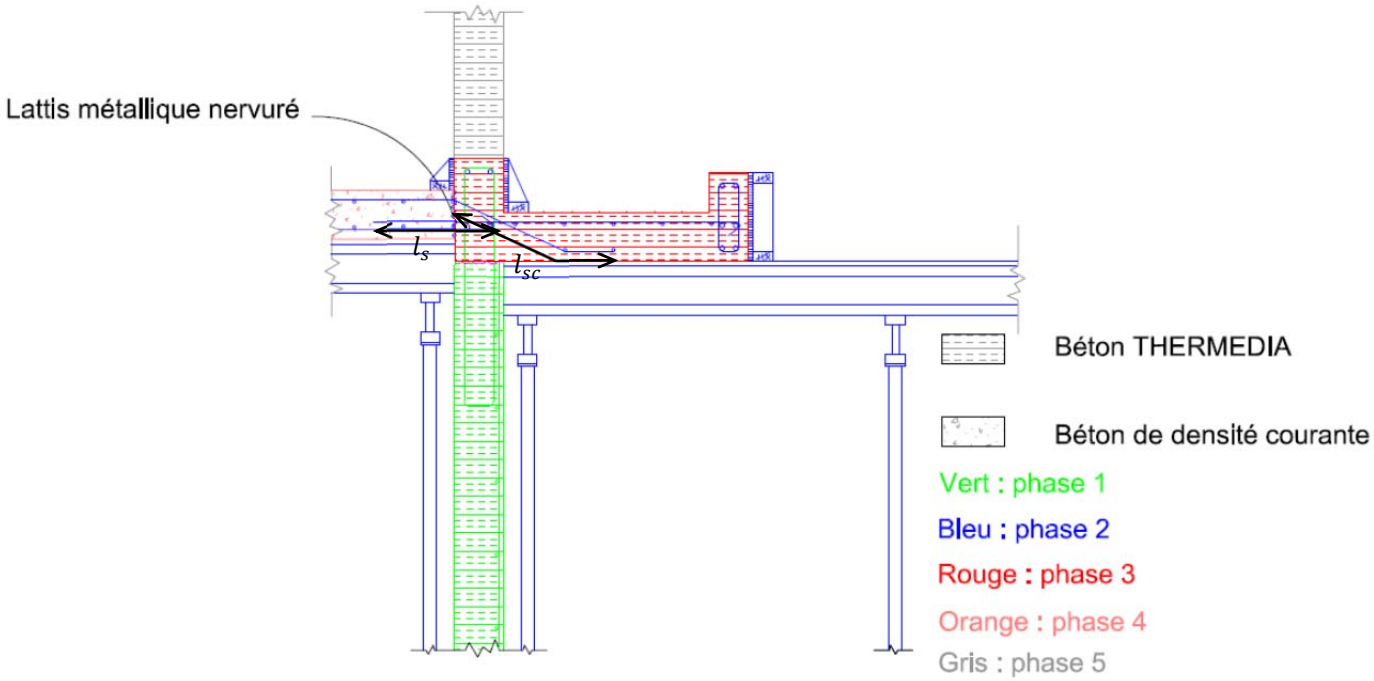
### C. Coupe étage courant avec balcon solidarisé en porte-à-faux coulé en place :

***Balcon sans dénivellement par rapport au plancher ou avec dénivellement < 4 cm***




$l_r$ : longueur de recouvrement des armatures supérieures du balcon et de la dalle

***Balcon avec dénivellement > 4 cm par rapport au plancher et dénivellement des sous-faces inférieur au tiers de l'épaisseur du voile conformément au § 7.526 du dossier technique***

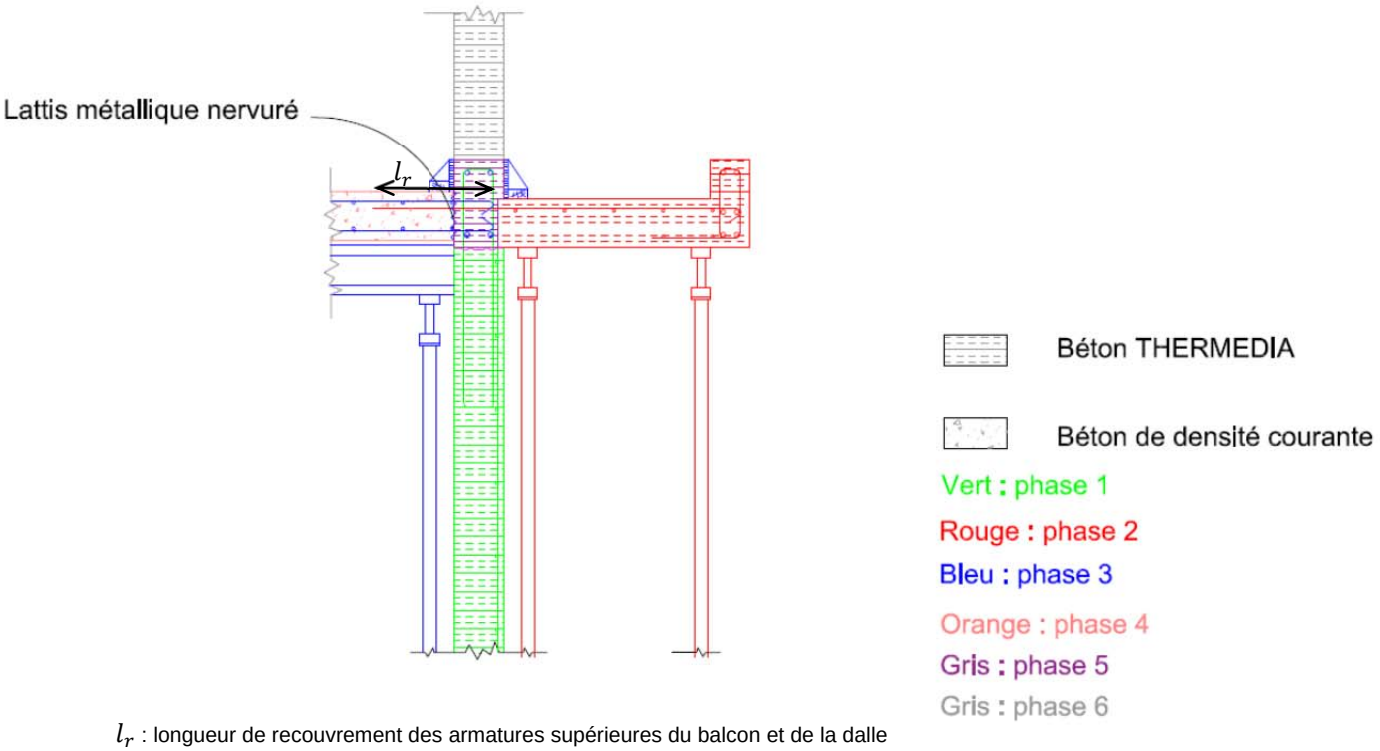



$l_s$ : longueur d'ancrage des armatures tendues du balcon

$l_{sc}$ : longueur d'ancrage des armatures à l'appui de la dalle de plancher intérieur

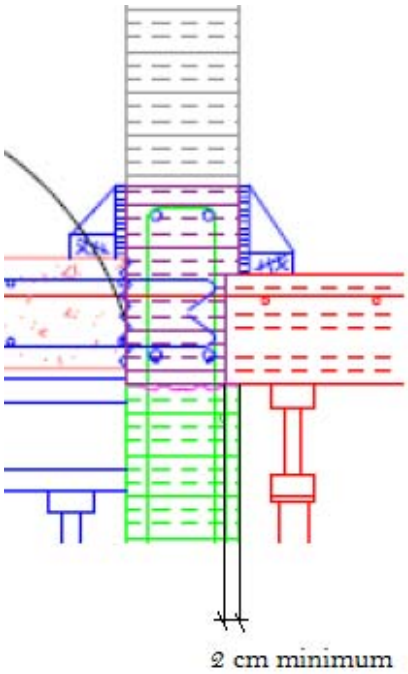
***D. Coupe étage courant avec balcon solidarisé en porte-à-faux, exemple pour balcons préfabriqués au nu extérieur du voile et clavetage en Thermedia :***

- ***Balcon sans dénivellement par rapport au plancher ou avec dénivellement < 4 cm***




$l_r$ : longueur de recouvrement des armatures supérieures du balcon et de la dalle

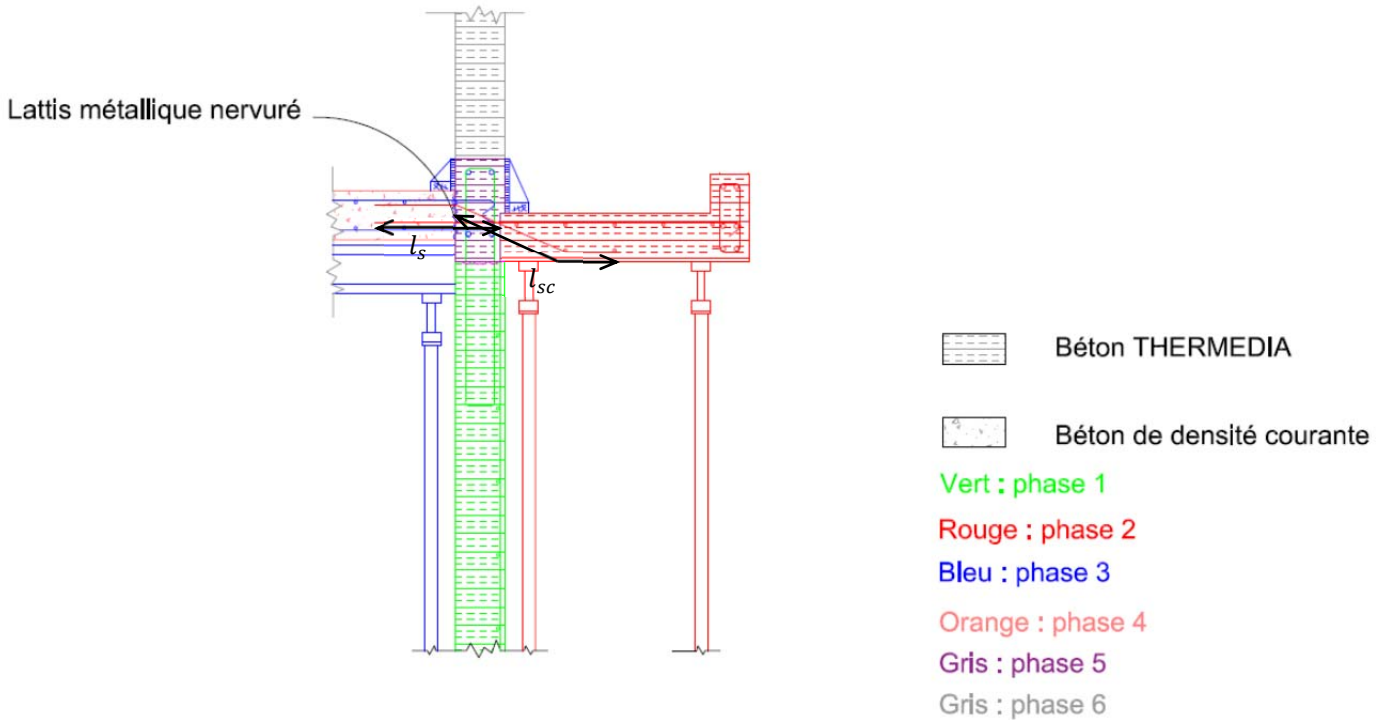
***Détail de l'appui du balcon préfabriqué***





Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

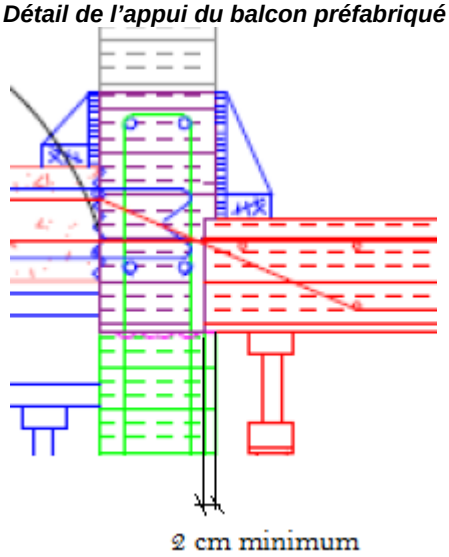
- ***Balcon avec dénivellement > 4 cm par rapport au plancher et dénivellement des sous-faces inférieur au tiers de l'épaisseur du voile conformément au § 7.526 du dossier technique***




$l_s$ : longueur d'ancrage des armatures tendues du balcon

$l_{sc}$ : longueur d'ancrage des armatures à l'appui de la dalle de plancher intérieur

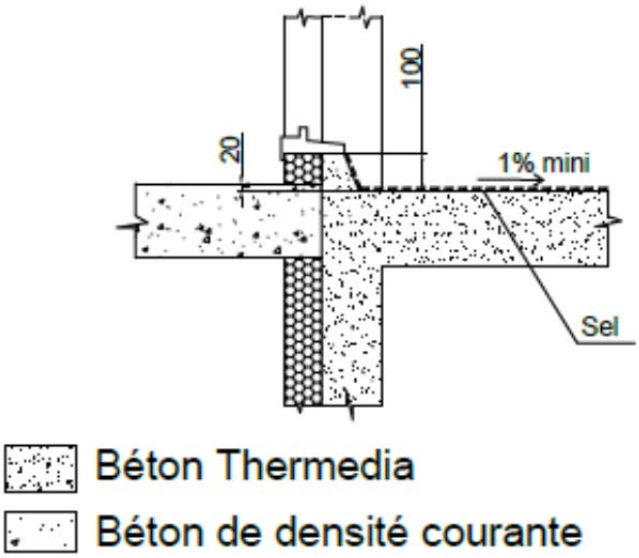
***Détail de l'appui du balcon préfabriqué***



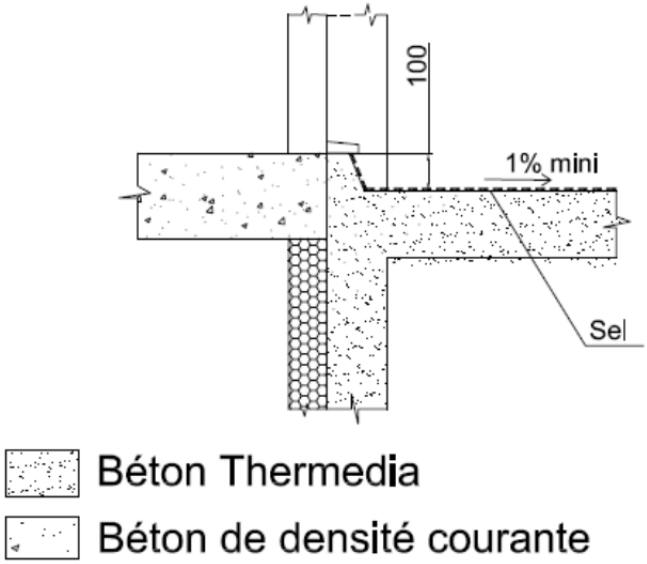
### E. *Dispositions constructives relatives aux balcons*

Les schémas ci-dessous ne font pas apparaitre les revêtements des balcons notamment nécessaires pour assurer l'accessibilité PMR (caillebotis, dalles sur plots, carrelage scellé …)

**Balcon avec étanchéité et faible dénivellement par rapport à la dalle du plancher** (<4 cm)



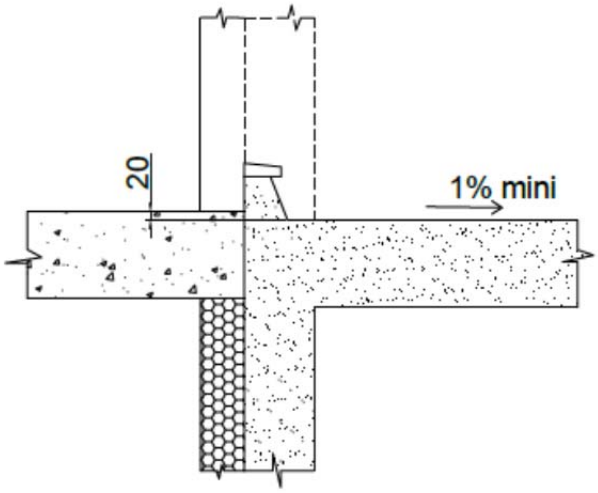

**Balcon avec étanchéité et dénivellement plus important par rapport à la dalle du plancher** (dénivellement >4cm ; limiter le dénivellement entre les sous-faces du balcon et de la dalle du plancher au tiers de l'épaisseur du voile : voir §7.526)





Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1

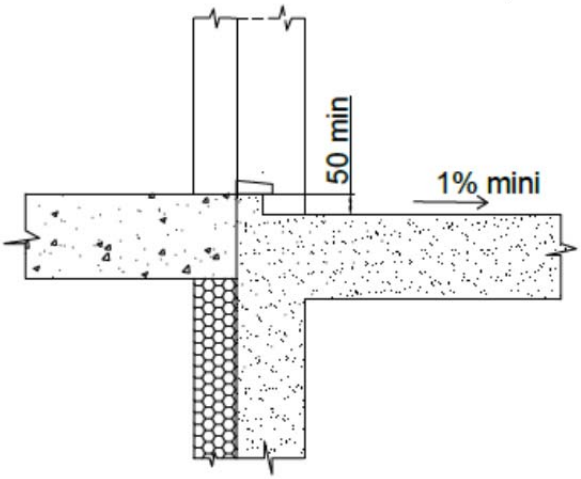
**Balcon sans étanchéité et faible dénivellement (<4cm ) par rapport à la dalle du plancher**




Béton Thermedia

Béton de densité courante

**Balcon sans étanchéité et dénivellement plus important par rapport à la dalle du plancher** (dénivellement >4cm ; limiter le dénivellement entre les sous-faces du balcon et de la dalle du plancher au tiers de l'épaisseur du voile)




Béton Thermedia

Béton de densité courante


Remplacé le : 27/10/2017 par le n° 3/16-899*V1