

Décembre 2021

Règles Professionnelles :
Conception et Exécution – Dispositifs de Traitement de
Ponts Thermiques in Situ (DTPTiS)

Version acceptée par la C2P – Publication semestrielle C2P édition janvier 2022 – Agence Qualité
Construction

Décembre 2021

Ont participé à la rédaction de ce texte :

BAUDET Philippe – Eiffage Construction

BLECHET Clément – Eiffage Construction

BODET Pascal – EGF

DELSAUX Raphaël – UMGO-FFB

DIONGUE N'Deye Déguène – Eiffage Construction

ERGÜN Orhan – UMGO-FFB

FULLHARDT Vianney – Eiffage Construction

LE GOFF Quentin – Eiffage Construction

LECARDONNEL Matthieu – Eiffage Construction

LEGER Bruno – Bouygues Bâtiment Grand Ouest

NAVE Georges – Médiane Construction

NDIAYE Aïssatou – Eiffage Construction

PEHAU Adrien – Eiffage Construction

THONIER Henry – EGF

Ont participé à leur relecture :

BERNARDIN-EZRAN Roseline – Bureau Veritas Construction

BURY Arnaud – Apave

LATOUR Joël - Qualiconsult

PAILLE Jean-Marie – Socotec Construction

AVANT-PROPOS

Les présentes Règles Professionnelles traitent de la conception, du dimensionnement et de la mise en œuvre des Dispositifs de Traitement des Ponts Thermiques in Situ (DTPTiS).

Ces règles ont été écrites par l'UMGO-FFB et EGF, et ont fait consensus au sein d'un groupe d'experts représentatifs des parties prenantes de l'acte de construire. Elles ont été acceptées par la C2P (Commission Prévention Produit) de l'AQC (Agence Qualité Construction) et sont donc considérées comme techniques courantes au sens assurantiel.

Table des matières

1	Contexte	5
2	Documents de référence	7
2.1	Références normatives	7
2.2	Autres documents	8
3	Termes et définitions	9
3.1	Balcon	9
3.2	Bande d'appui	9
3.3	Bande isolante	9
3.4	Bâtiments courants	9
3.5	Complexe de doublage	9
3.6	Dispositifs de Traitement des Ponts Thermiques in Situ (DTPTiS)	9
3.7	Loggia	9
3.8	Mur de refend	9
3.9	Zone courante	9
3.10	Zone de balcon	10
4	Domaine d'application	11
4.1	Types de bâtiments visés	11
4.2	Types d'ouvrages visés	11
4.3	Configurations visées	11
4.4	Liaisons en façade visées	11
4.5	Cas des balcons et loggias	12
4.5.1	Règles de conception	12
4.5.2	Niveau de la dalle et du balcon	13
4.5.3	Configurations visées	14
4.6	Zones sismiques visées	20
4.7	Hypothèses de conception	20
5	Choix des matériaux	25
5.1	Béton	25
5.2	Acier pour béton	25
5.3	Bande isolante	25
5.4	Complexe de doublage	26
6	Justifications préalables	27
6.1	Résistance mécanique	27
6.1.1	Cas des bâtiments courants	27
6.1.1.1	Règles de positionnement des bandes d'appui et des isolants	27
6.1.1.2	Dispositions constructives	30
6.1.2	Cas des bâtiments courants en zone sismique	37
6.1.2.1	Justifications hors effets sismiques	37
6.1.2.2	Justifications sous sollicitations sismiques	37
6.1.3	Justification des bandes d'appui	38
6.1.3.1	Justifications des bandes d'appui : hors plan de la dalle	38
6.1.3.2	Justifications des bandes d'appui : dans le plan de la dalle	41
6.2	Comportement au feu des DTPTiS	45
6.2.1	Vérification du critère mécanique (critère R)	45
6.2.2	Vérification des critères d'étanchéité et d'isolation (critères E et I)	46
6.3	Calcul des flèches	46
6.4	Justifications complémentaires nécessaires	46
6.5	Calcul du coefficient de déperdition thermique	48
6.5.1	Généralités	48

6.5.2	Règles de modélisation.....	48
6.5.2.1	Caractéristiques des matériaux	48
6.5.2.2	Conditions limites d'ambiance	49
6.5.2.3	Précisions sur la méthode de modélisation en 3D	49
6.6	Acoustique.....	52
7	Précautions préalables avant mise en œuvre	52
8	Mise en œuvre	52
8.1	Généralités	52
8.2	Mise en œuvre des bandes isolantes	53
8.2.1	Enduction.....	53
8.2.1.1	Raccords	54
8.2.1.2	Protection de l'isolant.....	55
8.2.2	Fixation.....	56
8.2.3	Principe de raccords.....	56
8.2.4	Méthodologie des solutions	57
8.2.4.1	Voile de façade arasé en sous-face de dalle	57
8.2.4.2	Réservations au droit des bandes d'appui - Empochement.....	62
8.2.4.3	Aciers à déplier	67
Annexe A (informative) Exemples de dispositions validant les objectifs acoustiques...		73
A.1	Hypothèses de calcul	73
A.2	Bâtiments de logement.....	74
A.3	Bâtiments d'hôtel.....	77
A.4	Bâtiments de bureaux.....	78
Annexe B (informative) Fiches d'autocontrôle		80
B.1	Fiche d'autocontrôle du gros-œuvre : voile arasé en sous-face de dalle	80
B.2	Fiche d'autocontrôle du gros-œuvre : Arase voile au-dessus du plancher (réservations au droit des appuis).....	83
B.3	Fiche d'autocontrôle du gros-œuvre : Armatures à déplier.....	86
Annexe C (informative) Exemples de valeurs de coefficients ψ_{moyen}.....		89
C.1	Plancher de 20 cm	89
C.2	Plancher de 23 cm	93
Annexe D (informative) Méthode de calcul de flèche simplifiée pour les dalles de balcons.....		97
D.1	Flèche de la console chargée uniformément et supposée parfaitement encastrée à son appui : f	97
D.2	Flèche due à la rotation d'appui : f'	97
D.3	Effet favorable des charges situées sur la travée assurant l'encastrement de la console : f'	99

OBJET

Les présentes Règles Professionnelles ont pour but de définir les bonnes pratiques en matière de Dispositifs de Traitement des Ponts Thermiques in Situ (DTPTiS). Elles définissent les règles de dimensionnement et de mise en œuvre.

Elles s'adressent aux entreprises, maîtres d'œuvre, bureaux de contrôle et bureaux d'études concernés (acoustique, thermique et structures) par l'intégration de ces dispositifs structuraux à la jonction entre planchers et façades en béton comportant une isolation thermique par l'intérieur.

Ces Règles Professionnelles sont applicables aux liaisons plancher-façade et ne sont pas applicables aux liaisons façade-refend.

1 Contexte

Les différentes réglementations thermiques ont conduit à des évolutions des liaisons entre les dalles et les façades pour diminuer les incidences des ponts thermiques.

La Réglementation Énergétique et Environnementale 2020 (RT 2020) donne une exigence sur la valeur moyenne des ponts thermiques formés par la liaison entre un mur extérieur et un plancher intermédiaire (pont thermique de catégorie L9). La valeur maximale de la valeur moyenne est fixée à 0,6 W/(ml.K) (Article 22 de l'Arrêté du 4 août 2021).

L'association d'une Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI) avec des murs porteurs et des planchers en béton traditionnel n'est pas adaptée au garde-fou décrit précédemment. Cette configuration oblige à traiter ce type de liaison pour réduire significativement les déperditions.

Plusieurs possibilités de traitement existent :

- Les rupteurs de ponts thermiques se substituant à la liaison en béton armé : procédés industriels non traditionnels qui font l'objet d'Avis Techniques
- Des liaisons en béton armé de faibles dimensions associées à des prédalles. Compte-tenu de la présence de la prédalle et des liaisons de faibles dimensions, ce type de système fait l'objet d'Avis techniques.
- Des liaisons discontinues en béton armé coulées en place de forte section (supérieure à 40 cm de largeur) : les Dispositifs de Traitement des Ponts Thermiques In Situ.

Cette dernière solution de par sa constitution est robuste et traditionnelle. Elle offre une souplesse de réalisation et un coût maîtrisé.

Cette solution est utilisée sur les chantiers. Toutefois, il a pu être constaté quelques approximations sur les particularités de cette technique au niveau de la mise en œuvre sur chantier, des extrapolations sur la justification au feu et des hypothèses pour la justification vis-à-vis du cadre normatif de l'Eurocode 2.

L'objet de ces Règles Professionnelles est donc de permettre une utilisation mieux encadrée des DTPTiS, pour cela :

- Les principes de mise en œuvre sont définis afin de limiter les risques d'une mauvaise exécution
- Le système constructif a fait l'objet d'essais pour sa résistance au feu et d'une appréciation de laboratoire pour justifier le respect de la réglementation incendie

Décembre 2021

- La résistance mécanique est justifiée conformément à l'Eurocode 2, notamment en ce qui concerne les variations linéaires différentielles entre le plancher et la façade.

2 Documents de référence

2.1 Références normatives

NF A35-027, Produits en acier pour béton armé - Armatures (Indice de classement : A35-027).

NF A 35-014, Aciers pour béton armé - Aciers inoxydables soudables - Barres et couronnes (indice de classement : A 35-014).

NF A 35-024, Aciers pour béton armé - Treillis soudés de surface constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm (indice de classement : A 35-024).

NF A 35-025, Aciers pour béton armé - Barres et couronnes galvanisées à chaud (indice de classement : A 35-025).

NF A 35-080-1, Aciers pour béton armé - Aciers soudables - Partie 1 : Barres et couronnes (indice de classement : A 35-080-1).

NF A 35-080-2, Aciers pour béton armé - Aciers soudables - Partie 2 : Treillis soudés (indice de classement : A 35-080-2).

NF EN 10080, Aciers pour l'armature du béton - Aciers soudables pour béton armé - Généralités (Indice de classement : A35-010).

NF DTU 21, Travaux de bâtiment - Exécution des ouvrages en béton - Cahier des clauses techniques (indice de classement : P18-201).

NF EN 1990, Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures (Indice de classement : P06-100-1) et son Annexe Nationale NF EN 1990/A1/NA (Indice de classement : P06-100-1/A1/NA).

NF EN 1991-1-1, Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments (Indice de classement : P06-111-1).

NF EN 1991-1-3, Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige + Amendement A1 (octobre 2015) (Indice de classement : P06- 113-1).

NF EN 1991-1-4, Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent + Amendement A1 (octobre 2010) (Indice de classement : P06- 114-1).

NF EN 1992-1-1, Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments (indice de classement : P18-711-1) et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-1/NA (indice de classement : P18-711-1/NA).

NF EN 1992-1-2, Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-2 : Règles générales - calcul du comportement au feu (indice de classement : P18-712-1) et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-2/NA (indice de classement : P18-712-1/NA).

NF EN 1998-1, Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments (indice de classement : P06-030-1) et son Annexe Nationale NF EN 1998-1/NA (indice de classement : P06-030-1/NA).

NF EN 206/CN, Béton - Spécification, performance, production et conformité - Complément national à la norme NF EN 206 (Indice de classement : P18-325/CN).

Décembre 2021

NF EN ISO 10211 (juillet 2017): Ponts thermiques dans les bâtiments - Flux thermiques et températures superficielles - Calculs détaillés (Module M2-5) (Indice de classement P50-732).

FD P18-717, Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Guide d'application des normes NF EN 1992 (Indice de classement : P18-717).

NF S31-080, Acoustique – Bureaux et espaces associés – Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace (indice de classement : S31-080).

2.2 Autres documents

[1] Efectis France – Procès-verbal de classement n°EFR-20-000692 – Dispositif de Traitement des Ponts Thermiques In Situ (DTPTiS), selon les Règles Professionnelles FFB de référence « Conception et Exécution – Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ (DTPTiS) », avec le système de référence LINEARIS.

[2] Efectis France – Appréciation de laboratoire n°EFR-21-000438 – FFB – Justification de la résistance au feu (R) des bandes d'appui en béton armé des Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ (DTPTiS), selon les Règles Professionnelles FFB de référence « Conception et Exécution – Dispositifs de Traitements de Ponts Thermiques in Situ ».

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Balcon

Plate-forme en saillie sur une façade.

3.2 Bande d'appui

Partie en béton coulée en place entre 2 bandes isolantes reliant ainsi les murs de façade et les planchers.

3.3 Bande isolante

Bande mise en œuvre entre les bandes d'appui. Leurs caractéristiques sont données à l'Article 5.3.

3.4 Bâtiments courants

Bâtiments dont les limites d'utilisation sont données au Tableau 1 – Article 4.7.

3.5 Complexe de doublage

Complexe permettant d'améliorer les performances thermiques et acoustiques par l'intérieur du bâtiment. Il est composé d'un isolant et d'un parement, et mis en œuvre sur la paroi verticale en béton.

3.6 Dispositifs de Traitement des Ponts Thermiques in Situ (DTPTiS)

Éléments réalisés sur chantier pour traiter la discontinuité d'isolation thermique des bâtiments, au niveau des jonctions façade/dalle et façade/balcon.

Ce dispositif associe :

- la mise en œuvre de manière discontinue d'isolant à la jonction entre les planchers et les voiles de façade ;
- la réalisation de jonctions en béton armé entre les planchers et les voiles de façade. Ces jonctions ont pour rôle d'assurer la transmission des charges gravitaires de la dalle vers les voiles et d'assurer la transmission des efforts de contreventement de la structure.

3.7 Loggia

Extrémité d'un plancher intermédiaire en retrait par rapport à la façade.

3.8 Mur de refend

Mur porteur séparatif intérieur d'un bâtiment. Il est généralement disposé transversalement à la façade pour jouer un rôle de contreventement et permettre de rigidifier la structure.

3.9 Zone courante

Jonction façade-plancher ne comprenant pas les zones au droit des balcons.

Décembre 2021

3.10 Zone de balcon

Jonction façade-plancher au droit des balcons.

4 Domaine d'application

4.1 Types de bâtiments visés

Les bâtiments entrant dans les catégories d'usage A, B, C et D selon la NF EN 1991-1-1 sont visés.

La hauteur du dernier plancher de ces bâtiments est limitée à :

- ≤ 28 m pour les bâtiments de catégorie B, C et D ;
- ≤ 50 m pour les bâtiments de catégorie A.

Les Immeubles de Grande Hauteur (IGH) n'entrent donc pas dans le domaine d'application du présent document.

4.2 Types d'ouvrages visés

Les planchers concernés sont de type dalle pleine en béton armé coulé en place. Les façades peuvent être en béton armé coulé en place ou préfabriquées (Murs à Coffrage Intégré).

Les balcons pourront être préfabriqués sous réserve que :

- les armatures en attente tiennent compte des dispositions des présentes règles ;
- que la dalle intérieure soit coulée en place.

Ne sont pas visés par le présent document les planchers constitués de :

- prédalles ;
- dalles alvéolées ;
- dalles pleines intégrant un plancher chauffant en dalle (dalle active).

4.3 Configurations visées

Sont admises les configurations concernant :

- locaux superposés ;
- locaux superposés à un parc de stationnement ;
- locaux superposés à un local d'activité.

4.4 Liaisons en façade visées

Le présent document vise les :

- liaisons façade béton armé/plancher intermédiaire ;
- liaisons façade béton armé/plancher bas ;
- liaisons façade béton armé/balcon, dans les conditions exposées à l'Article 4.5 ci-après.

Le présent document ne vise pas les planchers des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité.

4.5 Cas des balcons et loggias

Les balcons sont visés sous réserve du respect des prescriptions données aux Articles 4.5.1, 4.5.2 et 4.5.3. ci-après.

4.5.1 Règles de conception

L'appréciation de laboratoire conduit à introduire des règles de conception :

- L'absence de refend formant appui pour la dalle intérieure sur la longueur du balcon (Figure 1 a)).
Il est cependant possible de prévoir un joint de fractionnement dans les balcons au droit des refends intérieurs formant appui de continuité pour la dalle intérieure (Figure 1b)) ;

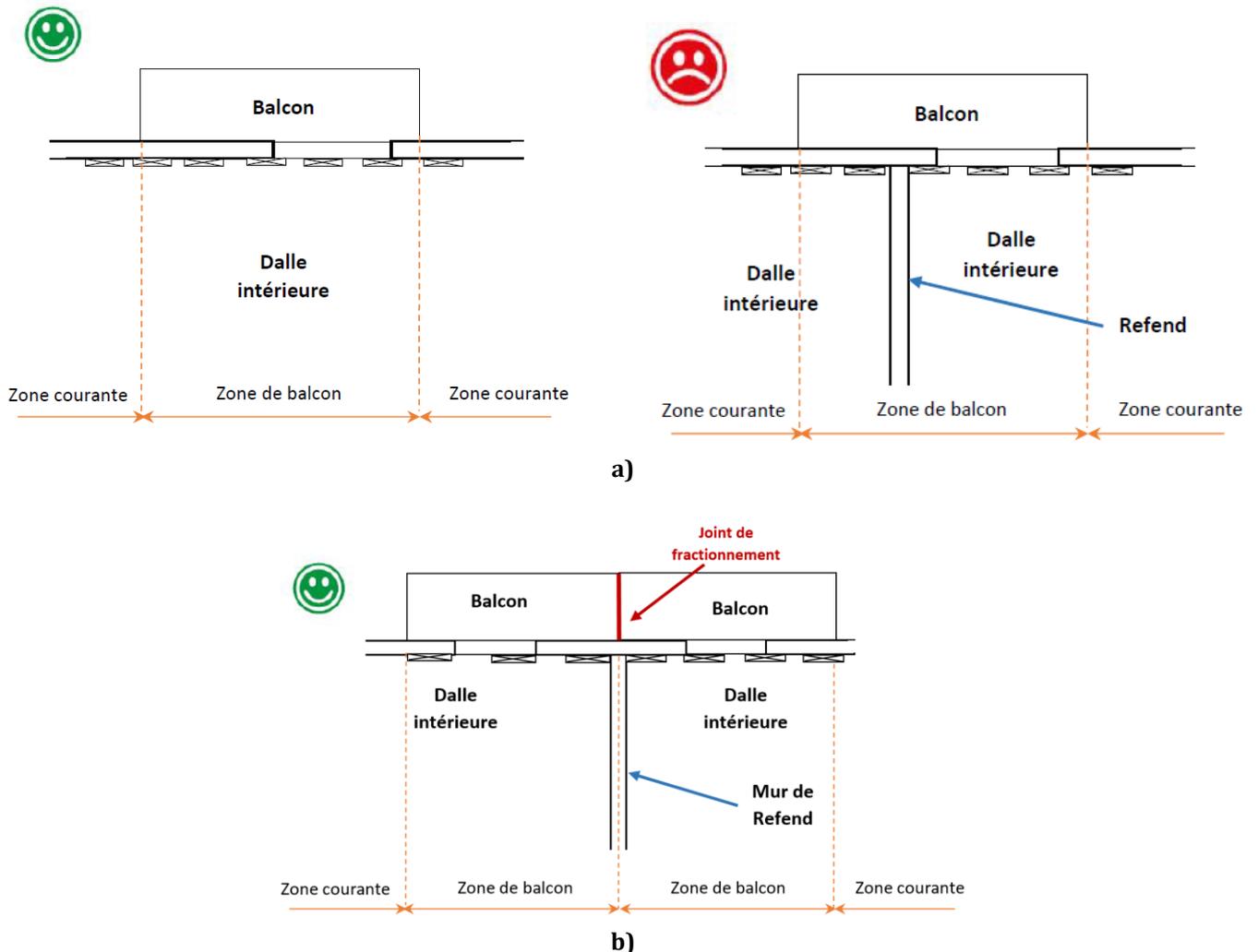


Figure 1 — Conception des balcons au droit des refends intérieurs formant appui pour la dalle intérieure sur la longueur du balcon

- les balcons de grande longueur doivent être recoupés en éléments indépendants par des joints espacés de 6 m au maximum ;
Les balcons doivent également respecter les prescriptions du FP P18-717 §2.3.3 (3) d'août 2021 concernant les éléments exposés. Dans les régions sèches et à forte opposition de température, la longueur recommandée entre joints de fractionnement est de 4 m.
Cette règle est rappelée en Figure 3 et en Figure 4.

- les longueurs de bandes d'appui L_{BA} doivent être de dimensions identiques. Les espacements entre ces bandes d'appuis L_{iso} doivent également être identiques (Figure 3). Cette règle s'applique pour tous les balcons munis de DTPTiS.
- le porte-à-faux en rive de balcon L_f est limité à la longueur L_{iso} , longueur de l'isolant (Figure 3) ;
- l'épaisseur maximale des balcons est de 25 cm.

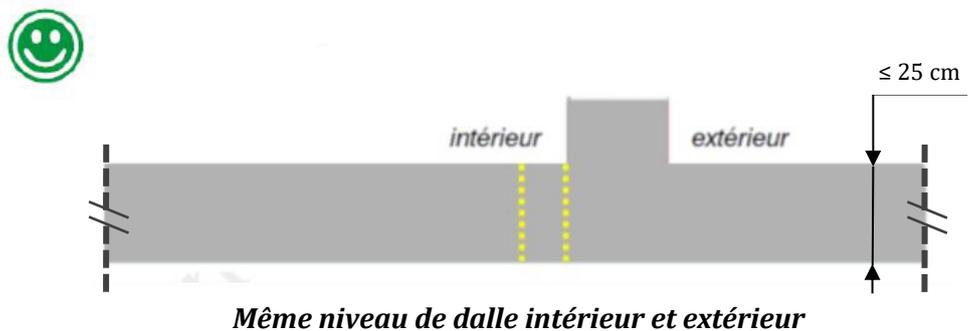
En complément, les DTPTiS au droit des balcons sont justifiés en respectant :

- les règles de l'Article 6.1 pour la résistance mécanique à froid ;
- les règles de l'Article 6.2 pour la résistance mécanique en situation d'incendie ;
- les règles de l'Article 6.3 pour la vérification des flèches.

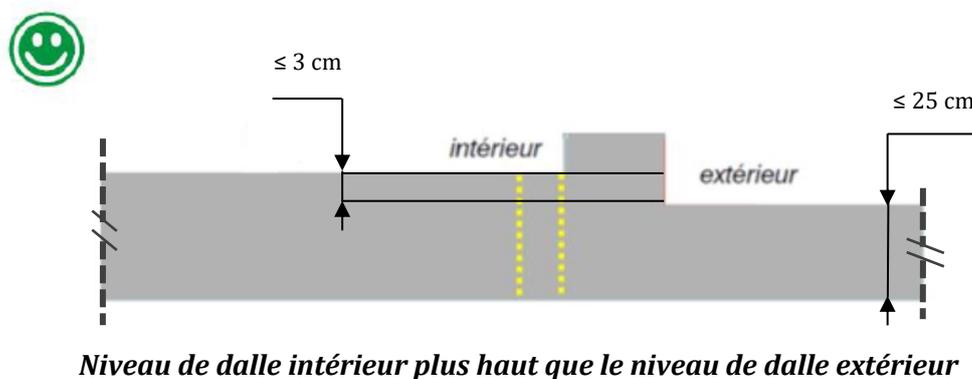
4.5.2 Niveau de la dalle et du balcon

Pour les balcons munis de DTPTiS, la continuité du niveau supérieur de la dalle structurale intérieure et de la dalle de balcon doit être assurée (Figure 2a). Il est autorisé un décrochement de 3 cm maximum (Figure 2b).

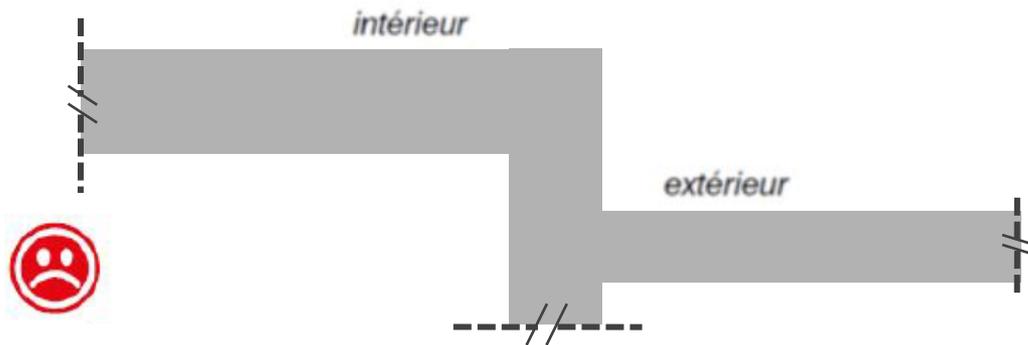
Les configurations entraînant un effet baïonnette des aciers supérieurs sont prosrites (Figure 2c).



a)



b)



Continuité de niveau non assurée (effet baïonnette) : tenue mécanique impossible

c)

Figure 2 — Configuration autorisée et configuration interdite selon le niveau des dalles

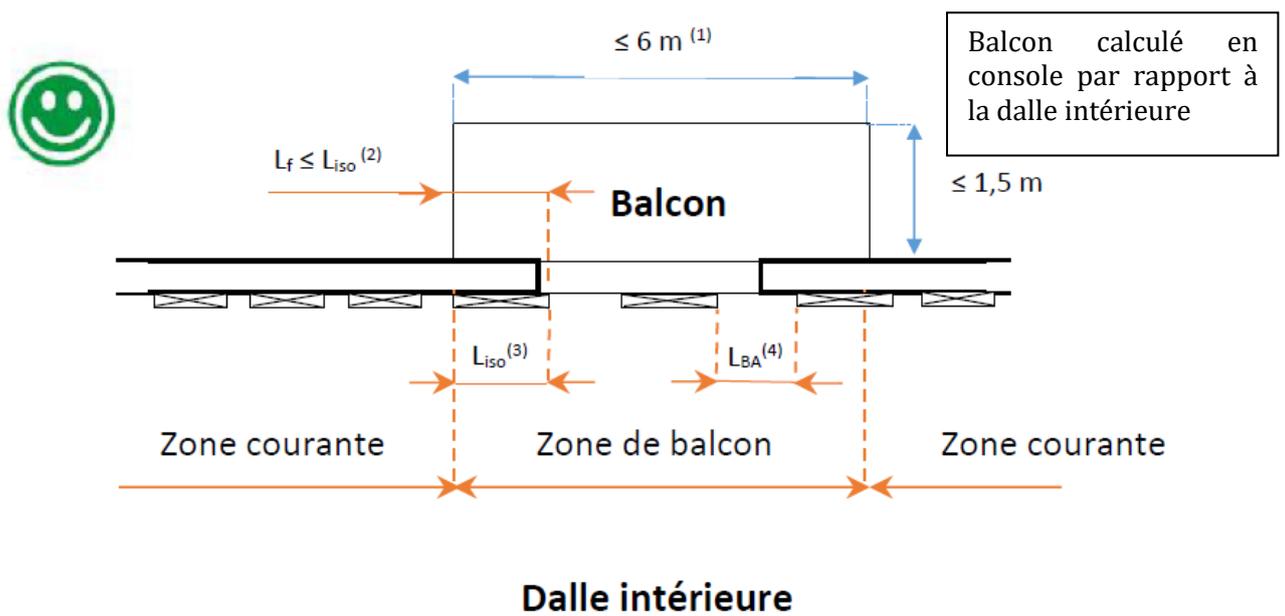
Le niveau supérieur de la dalle intérieure ne peut pas être plus bas que le niveau supérieur de la dalle de balcon.

NOTE: La Figure 2 ne fait mention que des sujets structurels. Les menuiseries et les éventuelles solutions d'étanchéité ne sont pas représentées.

4.5.3 Configurations visées

L'appréciation de laboratoire, en vue de justifier la tenue au feu des DTPTiS, conduit à introduire les configurations suivantes :

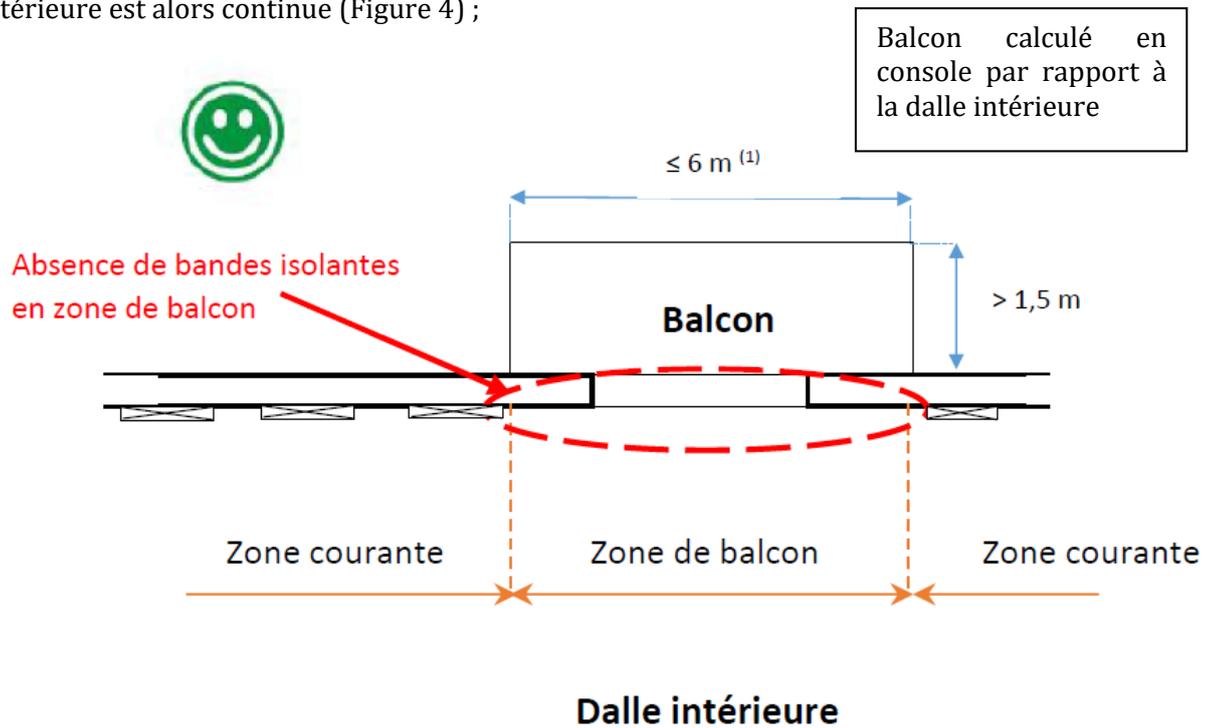
- 1) les bâtiments avec des balcons de portée inférieure ou égale à 1,50 m. La mise en œuvre des DTPTiS peut se faire en zone de balcon et en zone courante (Figure 3).



- (1) 4 m dans les régions sèches et à fortes opposition de température
- (2) Ici, L_f est égale à L_{iso} (limite maximale)
- (3) Les bandes isolantes L_{iso} sont de longueur identique dans la zone de balcon
- (4) Les bandes d'appui L_{BA} sont de longueur identique dans la zone de balcon

Figure 3 — Cas des balcons de portée inférieure ou égale à 1,50 m

- 2) les bâtiments avec des balcons de portée supérieure à 1,50 m, à condition que la mise en œuvre des DTPTiS ne se fasse qu'en zone courante. La liaison entre ces balcons et la dalle intérieure est alors continue (Figure 4) ;



⁽¹⁾ 4 m dans les régions sèches et à fortes opposition de température

Figure 4 — Cas des balcons de portée supérieure à 1,50 m

- 3) Toute zone de dalle extérieure (balcon, loggia...) pouvant être calculée sans prendre en compte de continuité avec la dalle intérieure est visée sans restriction (Figure 5, Figure 6 et Figure 7).

Les dalles intérieures au droit de ces dalles extérieures peuvent alors être considérées comme des zones courantes.

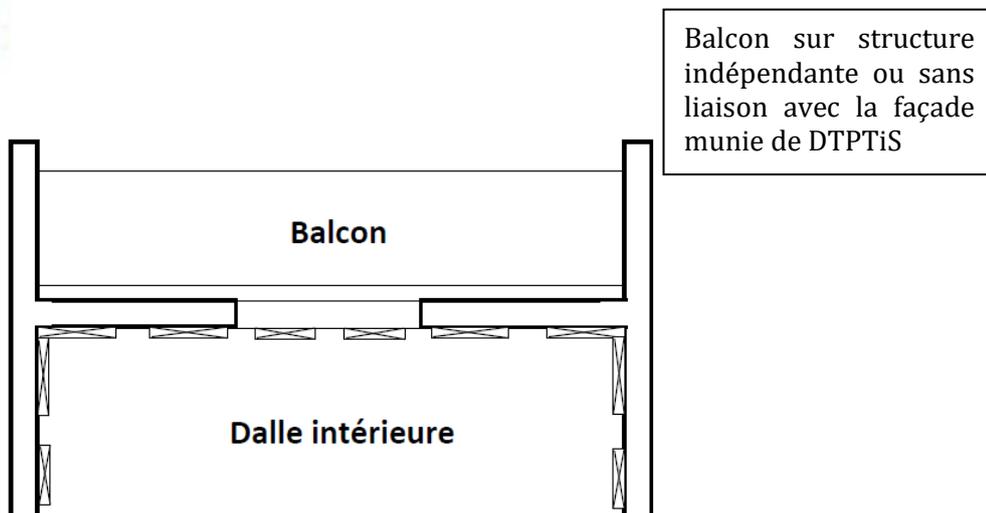


Figure 5 — Cas des balcons calculés sans continuité avec la dalle intérieure : balcon sur structure indépendante

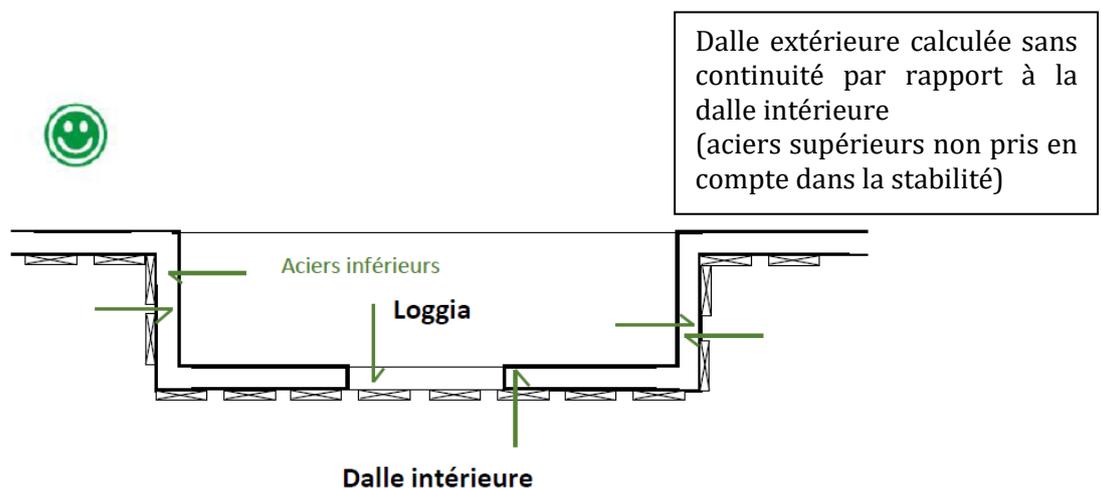
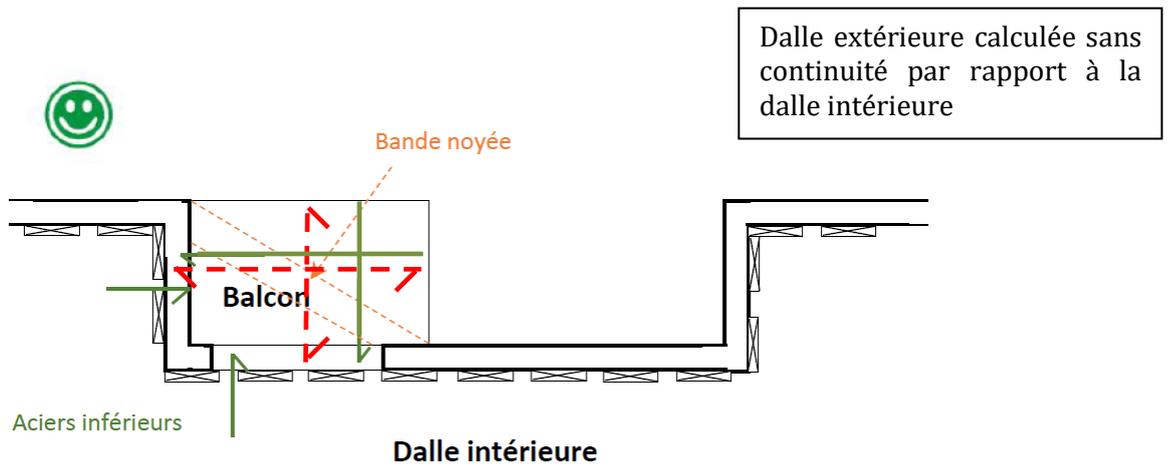


Figure 6 — Cas des balcons calculés sans continuité avec la dalle intérieure : loggia



L'équilibrage du balcon suppose, dans ce cas, la mise en place d'armatures inférieures et supérieures dans la dalle de balcon dans les 2 directions. Ces armatures doivent être totalement ancrées dans les voiles de façade sans continuité avec la dalle intérieure. L'équilibrage du balcon est assuré par la descente de charges reprise par la façade. Dans les autres cas, la disposition de la Figure 9 (droite) est à utiliser.

Figure 7 — Cas des balcons calculés sans continuité avec la dalle intérieure : balcon d'angle rentrant

- 4) La mise en œuvre de DTPTiS au droit des zones de balcons **calculés en continuité par rapport à la dalle intérieure** et liaisonnés aux façades sur plus d'un de leurs côtés n'est pas visée (Figure 8, Figure 9 et Figure 10).
Les balcons d'angle en double porte à faux ne respectent pas la condition précédente et sont exclus du domaine d'application des Règles Professionnelles.

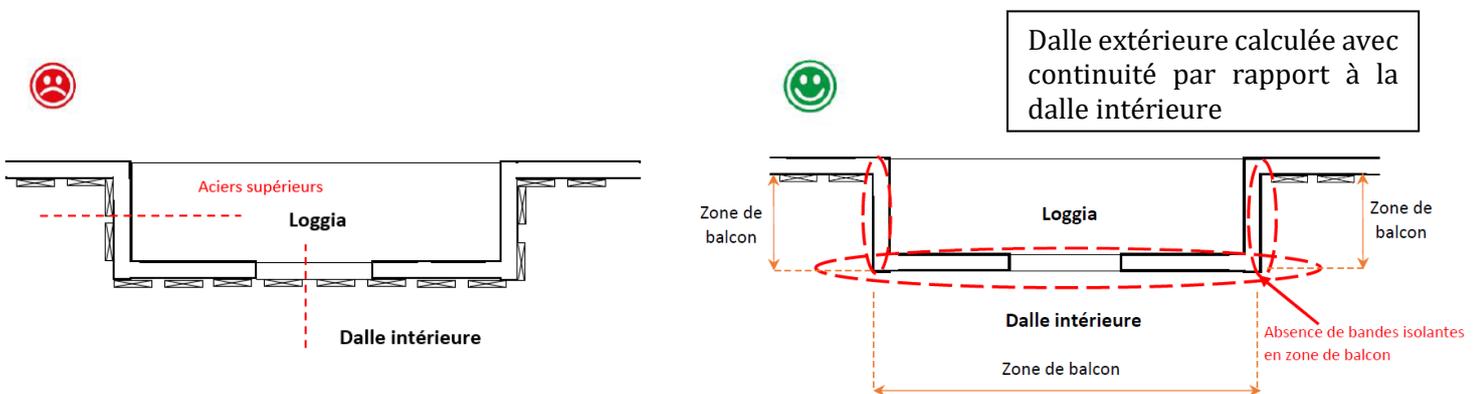


Figure 8 — Cas des balcons calculés en continuité avec la dalle intérieure : loggia

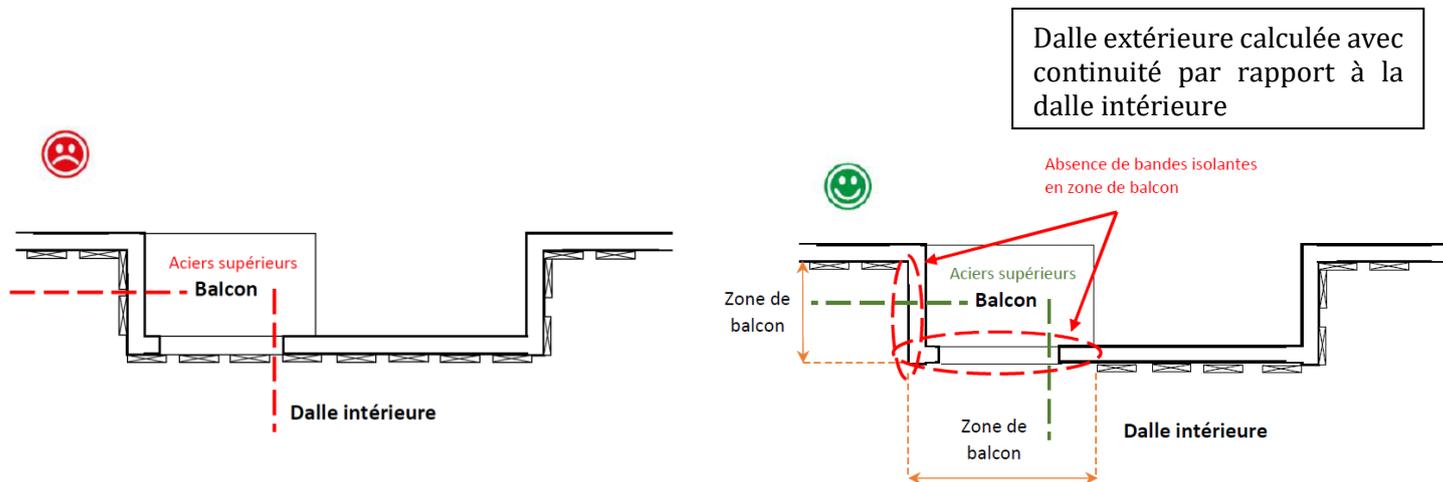


Figure 9 — Cas des balcons calculés en continuité avec la dalle intérieure : balcons d’angle rentrant

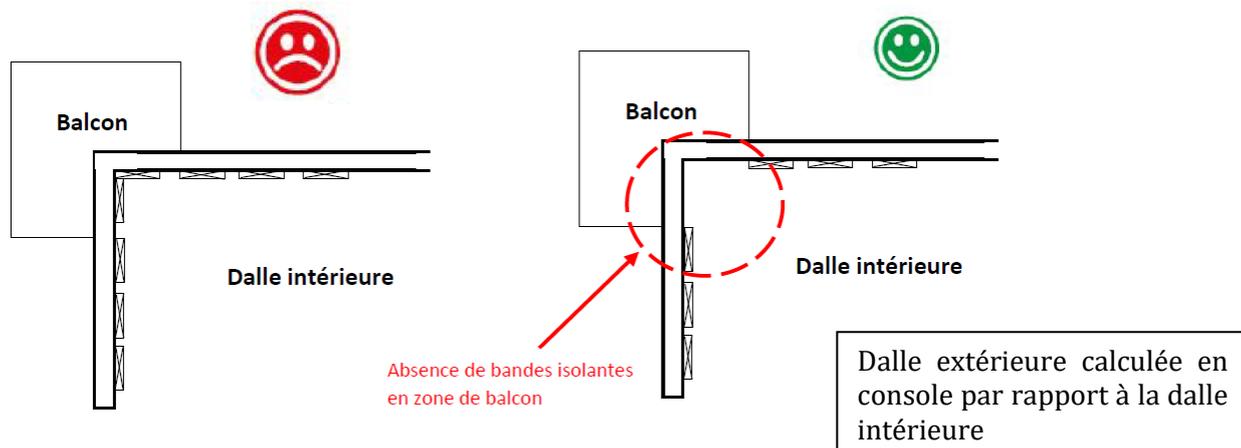


Figure 10 — Cas des balcons calculés en continuité avec la dalle intérieure : balcon d’angle sortant

4.6 Zones sismiques visées

L'utilisation en zone sismique est autorisée pour les zones 1 à 4 (France métropolitaine).

4.7 Hypothèses de conception

Les bâtiments respectant les exigences du Tableau 1 sont considérés comme des « bâtiments courants ». Ce tableau dispense de la prise en compte des effets thermiques sur la résistance mécanique de l'ouvrage.

Tableau 1 — Limites d'utilisation des DTPTiS

Exigences		Limites d'utilisation	Paramètre discriminant
Typologie de bâtiments courants			
Hauteur du dernier plancher accessible [m]		<p>≤ 50 m pour les bâtiments de catégorie d'usage A surplombant éventuellement un ou deux niveaux d'ERP de catégorie d'usage C (IGH exclus).</p> <p>≤ 28 m pour les bâtiments de catégories d'usage B, C et D (IGH exclus)</p>	Mécanique
Portée de dalles [m]	Dalle intérieure	≤ 8 m pour les dalles (petite dimension dans le cas des dalles portant dans 2 directions)	Incendie + mécanique
	Balcon (pour lesquels un critère de résistance au feu par le béton (R) est requis ^(*)).	<p>1) ≤ 1,50 m de portée pour les balcons en console munis de DTPTiS.</p> <p>2) > 1,50 m de portée pour les balcons, à condition de ne traiter les ponts thermiques qu'en partie courante (Figure 4)</p> <p>3) Aucune restriction pour les balcons calculés sans continuité avec la dalle intérieure</p> <p>4) Aucune restriction pour les balcons calculés en continuité avec la dalle intérieure et portés sur plus d'un de leurs côtés, <u>en l'absence de bande isolante en zone de balcon</u></p>	
Épaisseur de la dalle intérieure en béton coulé en place (h) [cm]		20 à 25 cm	Mécanique + Acoustique + Incendie

Épaisseur de la dalle de balcon en béton armé (h) [cm]	20 à 25 cm	Mécanique + Incendie
Épaisseur de l'élément vertical en façade en béton armé (e) [cm] (**)	16 à 25 cm	Mécanique + Incendie
Longueur entre joints de dilatation du bâtiment	Conforme à la NF EN 1992-1-1/NA	Mécanique
<p>Longueur d'isolant (L_{ISO}) [cm] (***)</p> <p>Longueur bande d'appui (L_{BA}) [cm] (***)</p> <p>Rapport d'isolant en façade $\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA}+L_{ISO}}$ (***)</p>	<p>1) Type 1 :</p> <p>— Bandes d'appuis de longueur :</p> <p>$40 \text{ cm} \leq L_{BA} \leq 60 \text{ cm}$;</p> <p>— Longueur d'isolant associée : $60 \text{ cm} \leq L_{ISO} \leq 90 \text{ cm}$ sur les façades servant d'appui à la dalle considérée.</p> <p>Rapport λ :</p> $0,6 \leq \lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA}+L_{ISO}} \leq 0,65$ <p>2) Type 2 :</p> <p>— Bandes d'appuis de longueur :</p> <p>$75 \text{ cm} \leq L_{BA} \leq 95 \text{ cm}$;</p> <p>— Longueur d'isolant associée : $75 \text{ cm} \leq L_{ISO} \leq 95 \text{ cm}$ sur les façades servant d'appui à la dalle considérée.</p> <p>Rapport λ :</p> $0,5 \leq \lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA}+L_{ISO}} \leq 0,55$ <p>Le long des façades non porteuses de la dalle intérieure considérée, la longueur des bandes d'isolant peut être augmentée sans pouvoir dépasser une longueur de 2,50 m. Les bandes d'appuis sont alors dimensionnées pour assurer la stabilité hors plan de la façade et pour assurer la bonne transmission</p>	<p>Thermique + Mécanique + Incendie</p>

	des efforts de cisaillement dus au contreventement (vent, séisme...)	
Caractéristiques de la bande isolante	<ul style="list-style-type: none"> — Masse volumique : 160 kg/m³ (-5/+10 kg/m³) — Conductivité thermique utile $\lambda_u \leq 0,039$ W/m.K — 60 mm \leq Épaisseur \leq 80 mm (Article 5.3)	Acoustique + Thermique + Incendie
Caractéristiques du complexe de doublage	1) Épaisseur du complexe du doublage intérieur \geq épaisseur de la bande isolante + 20 mm. 2) Épaisseur maximale du doublage = 14 cm d'isolant + plaque de plâtre (Article 5.4)	Acoustique + Thermique

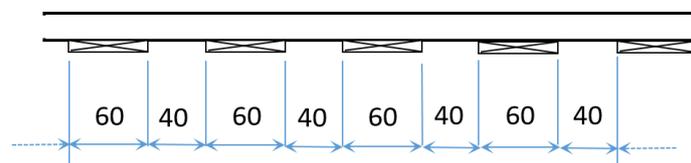
Les liaisons façade / refends ne sont pas un critère dimensionnant si les dispositions constructives données à l'Article 6.1.1.2 sont respectées. Les refends jouent un rôle favorable en réduisant les efforts dans les bandes d'appui.

() Les Articles 4.5 et 6.2.1 de ce document précisent les règles à suivre. La résistance sous charges gravitaires des balcons doit être assurée. Les conditions de résistance, de flèche et les dispositions d'armatures nécessaires peuvent conditionner la largeur des bandes d'appui.*

*(**) L'élément vertical en façade en béton armé peut être de différentes formes :*

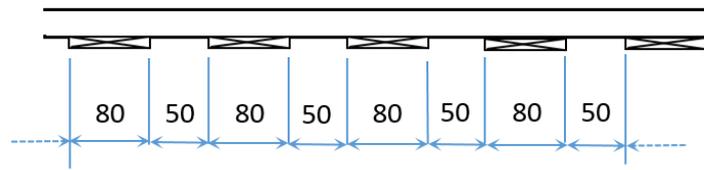
- Voile ;
- Allège ;
- Poutre ;
- Linteau.

*(***) Les Figures ci-après donnent des exemples de positionnement des bandes d'appui et des bandes isolantes selon les 2 Types (Type 1 et Type 2). Ces règles sont détaillées à l'Article 6.1.1.1.*



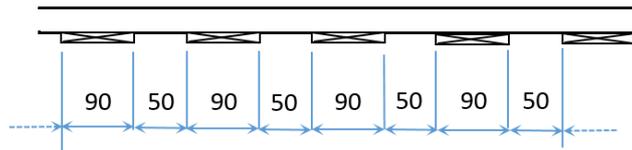
$$\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA} + L_{ISO}} = \frac{60}{40 + 60} = 0,6$$

a)



$$\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA} + L_{ISO}} = \frac{80}{50 + 80} = 0,615$$

b)

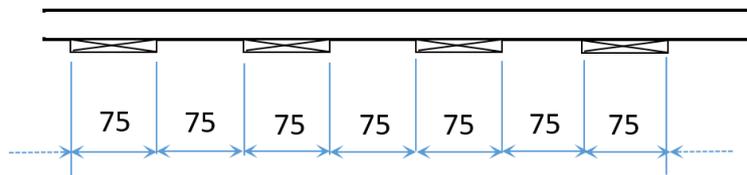


$$\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA} + L_{ISO}} = \frac{90}{50 + 90} = 0,642$$

c)

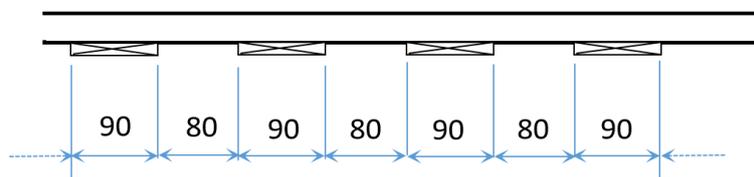
NOTE : les longueurs sont données en « cm ».

Figure 11 — Exemples de positionnement des bandes d'appui - Type 1



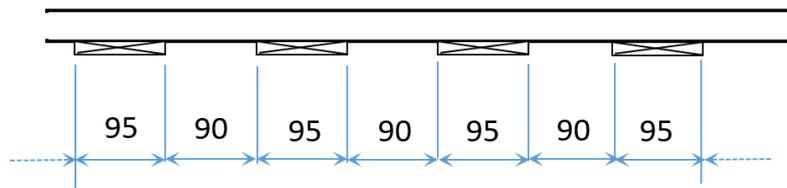
$$\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA} + L_{ISO}} = \frac{75}{75 + 75} = 0,5$$

a)



$$\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA} + L_{ISO}} = \frac{90}{80 + 90} = 0,529$$

b)



$$\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA} + L_{ISO}} = \frac{95}{90 + 95} = 0,513$$

c)

NOTE: les longueurs sont données en « cm ».

Figure 12 — Exemples de positionnement des bandes d'appui - Type 2

(****) L'appréciation de laboratoire a montré que l'augmentation de la longueur L_{BA} des bandes d'appuis avait un effet favorable sur les sollicitations qui avaient plutôt tendance à diminuer, les effets de pic d'efforts aux points singuliers étant lissés.

Le facteur prépondérant du point de vue mécanique est le rapport λ défini dans le tableau précédent. La variation de ce rapport λ , fonction des longueurs de bandes d'appuis et des longueurs d'isolant, ne doit pas excéder 5% sur les voiles de façade servant d'appui au plancher.

Le coefficient λ est vérifié par la moyenne des longueurs sur un niveau par type de traitement (Type 1 (40/60) ou Type 2 (75/75) dont les règles de positionnement sont décrites à l'Article 6.1.1).

Les bornes inférieures de rapport λ sont régies par le critère thermique.

5 Choix des matériaux

5.1 Béton

Le béton de granulats courants coulé en place doit être conforme aux normes NF EN 206/CN et NF DTU 21. Les caractéristiques du béton mis en place sont données à l'Article 8 du présent document.

Les ouvrages de classe d'exposition XC1 à XC4, XF1, XF3, XS1 et XS3 sont couverts par les présentes Règles Professionnelles.

5.2 Acier pour béton

Les aciers pour béton armé utilisés sont conformes à l'une des normes suivantes :

- NF EN 10080, NF A 035-014, NF A 35-024, NF A 35-025, NF A 35-080-1 et NF A 35-080-2.

Les armatures coupées, façonnées ou assemblées utilisées sont conformes à la norme NF A 35-027.

Les aciers de classe ductilité A, B ou C peuvent être utilisés sauf en cas de bâtiments en zone sismique pour lesquels les prescriptions de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale sont à appliquer.

5.3 Bande isolante

Les essais ont été menés avec une bande isolante LINEARIS. La bande isolante valide le domaine d'application des présentes Règles Professionnelles par un procès-verbal de classement *EFR-20-000692* [1].

Elle respecte les points ci-après :

- obligation d'un certificat ACERMI ;
- obligation de présenter les caractéristiques données au Tableau 2.

Tableau 2 — Caractéristiques des bandes isolantes

Caractéristiques	Limites d'utilisation
Masse volumique ⁽¹⁾	160 kg/m ³ (-5/+10 kg/m ³)
Conductivité thermique utile	≤ 0,039 W/m.K
Épaisseur minimale	60 mm
Épaisseur maximale	80 mm

⁽¹⁾ : La masse volumique minimale est attestée par le fabricant pour chaque lot et contrôlée par un essai selon la norme NF EN 1602 pour chaque lot de production

- validation par un procès-verbal de classement, conformément à l'arrêté du 22 mars 2004, modifié par arrêté du 14 mars 2011, sur l'évaluation des performances au feu des éléments de construction.

Le procès-verbal de classement de l'isolant doit montrer que l'élévation de la température dans les bandes d'appuis résulte d'une exposition au feu sur leur face inférieure uniquement.

NOTE : L'utilisation d'une autre bande isolante est proscrite, sauf si les critères ci-dessus sont remplis.

5.4 Complexe de doublage

Les complexes de doublage visés dans le présent document sont listés dans le Tableau 3.

Tableau 3 — Liste des doublages autorisés

Isolant		Parement	Épaisseur de l'isolant (hors parement)
Polystyrène expansé non élastifié	PSE	BA 13	80 mm à 140 mm
		BA 10	80 mm à 140 mm
Polystyrène graphité	PSE	BA 13	80 mm à 140 mm
		BA 10	80 mm à 140 mm
Polystyrène élastifié	PSE	BA 13	80 mm à 140 mm
Polyuréthane	PUR	BA 13	80 mm à 140 mm
		BA 10	80 mm à 140 mm
Polyisocyanurate	PIR	BA 13	80 mm à 140 mm
		BA 10	80 mm à 140 mm
Laine de verre	LDV	BA 13	80 mm à 140 mm
		BA 10	80 mm à 140 mm
Laine de roche	LDR	BA 13	80 mm à 140 mm
		BA 10	80 mm à 140 mm

NOTE : Les complexes avec isolant PUR, PIR, LDV et LDR d'épaisseur supérieure à 120 mm doivent bénéficier d'un Document Technique d'Application.

6 Justifications préalables

6.1 Résistance mécanique

6.1.1 Cas des bâtiments courants

Les études réalisées sur des bâtiments courants avec la prise en compte du comportement non linéaire des matériaux ont montré que la mise en œuvre de Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ en béton armé n'avait pas de conséquence sur la résistance de la structure et n'engendrait pas une ouverture de fissure préjudiciable sous réserve de respecter les règles énoncées dans les articles qui suivent.

Ces règles concernent à la fois le coffrage avec des recommandations de disposition des bandes d'appui et les armatures avec la mise en place de dispositions constructives minimales dans les dalles et dans les voiles de façade.

L'application de ces règles dispense de calculs complexes prenant en compte les effets du retrait de la dilatation thermique pour tous les bâtiments entrant dans la catégorie « bâtiment courant ».

6.1.1.1 Règles de positionnement des bandes d'appui et des isolants

Tableau 4 — Règles de positionnement des DTPTiS pour des longueurs de bande d'appui comprise entre 40 et 60 cm

	Borne inférieure	Borne supérieure
<u>Type 1 (40/60):</u>		
Longueur des bandes d'appui (L_{BA}) [cm]	40	60
Longueur de l'isolant (L_{ISO}) [cm]	60 (*)	90
Pourcentage d'isolant par ml de façade (λ)	60% (*)	65%
Entraxe des bandes d'appuis sur les façades porteuses de la dalle considérée [cm]	100 (*)	150
Épaisseur d'isolant [cm] Largeur du DTPTiS	6	8
Distance bande d'appui / tout angle de façade (L_{ANG}) [cm]	70	90

Exemple :

Pour une longueur de bande d'appui de 40 cm, la longueur de l'isolant associé est comprise entre 60 ($\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA}+L_{ISO}} = \frac{60}{40+60} = 0,6$) et 75 cm ($\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA}+L_{ISO}} = \frac{75}{40+75} = 0,65$).

Pour une longueur de bande d'appui de 60 cm, la longueur de l'isolant associé ne peut être que de 90 cm ($\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA}+L_{ISO}} = \frac{90}{60+90} = 0,6$).

Tableau 5 — Règles de positionnement des DTPTiS pour des longueurs de bande d'appui comprise entre 75 et 95 cm

	Borne inférieure	Borne supérieure
<u>Type 2 (75/75):</u>		
Longueur des bandes d'appui (L_{BA}) [cm]	75	95
Longueur de l'isolant (L_{ISO}) [cm]	75 (*)	95
Pourcentage d'isolant par ml de façade (λ)	50% (*)	55%
Entraxe des bandes d'appui sur les façades porteuses de la dalle considérée [cm]	150 (*)	190
Épaisseur d'isolant [cm] Largeur du DTPTiS	6	8
Distance bande d'appui / tout angle de façade (L_{ANG}) [cm]	85	95

Exemple :

Pour une longueur de bande d'appui de 75 cm, la longueur de l'isolant associé est comprise entre 75 ($\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA}+L_{ISO}} = \frac{75}{75+75} = 0,5$) et 95 cm ($\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA}+L_{ISO}} = \frac{95}{75+95} = 0,55$).

Pour une longueur de bande d'appui de 95 cm, la longueur de l'isolant associé ne peut être que de 95 cm ($\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA}+L_{ISO}} = \frac{95}{95+95} = 0,5$).

(*) Le non-respect de ces valeurs minimales peut être toléré ponctuellement si cela ne remet pas en cause la valeur moyenne du coefficient de déperdition au niveau des planchers intermédiaires ($\psi_{\text{moyen L9}}$) sur le bâtiment.

Il est possible sur une même opération et sur un même niveau de mixer les 2 types de dispositifs précédents selon les contraintes géométriques locales.

La disposition des bandes d'appui est réalisée par le BET Structure afin de respecter les présentes règles ainsi que les exigences de tenue structurelle. Le BET Thermique vérifie que la répartition proposée permet de respecter les exigences de traitement des ponts thermiques.

Exemple de disposition autorisée :

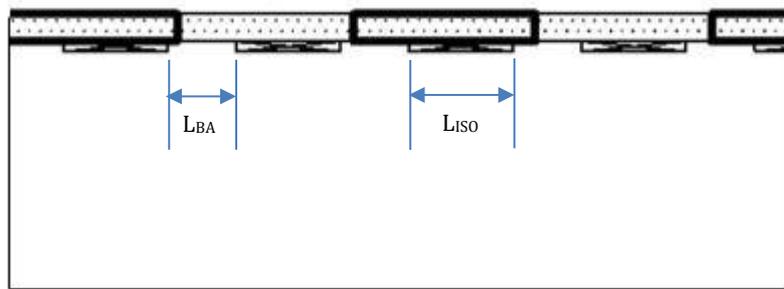


Figure 13 — Vue en plan

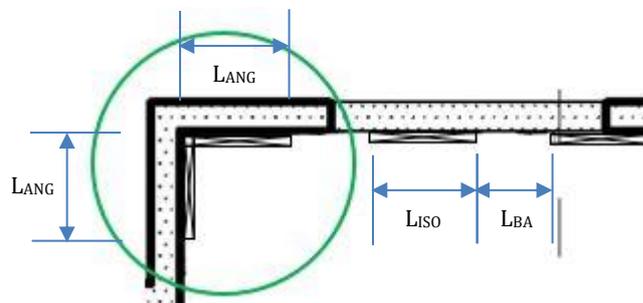


Figure 14 — Disposition autorisée pour le positionnement des bandes isolantes aux angles

Exemple de disposition proscrite :

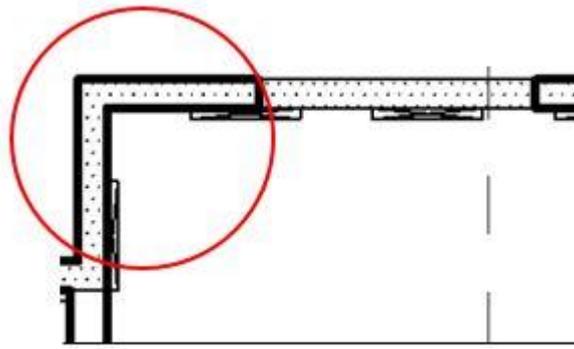


Figure 15 — Disposition proscrite pour le positionnement des bandes isolantes aux angles

6.1.1.2 Dispositions constructives

Les dispositions décrites ci-dessous sont représentées sur les schémas ci-après.

Chaque section d'armatures, y compris le chaînage du voile de façade, doit faire l'objet d'un calcul de dimensionnement tenant compte des charges appliquées (actions gravitaires G, Q, action du vent W, action sismique E le cas échéant) tout en respectant des valeurs minimales indiquées dans les paragraphes suivants.

6.1.1.2.1 Chaînage horizontal dans les façades : [CHF]

Le chaînage horizontal filant dans les façades munies de Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ est constitué d'armatures à haute adhérence B500 représentant une section d'au moins $3,1 \text{ cm}^2$ (2 HA14 par exemple).

Ces aciers sont continus, recouverts conformément aux prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale, totalement ancrés dans les angles de façade.

La section des chaînages horizontaux peut être majorée si des raisons structurelles ou si des sollicitations calculées sous charges gravitaires (G, Q, S) et sous l'action du vent (W) ou du séisme (E) l'imposent :

- efforts de contreventement ;
- façade fonctionnant en poutre-échelle, en poutre-voile ou en voile-drapeau sous charges gravitaires ;
- effort des phases provisoires de construction, tenue des PTE (Plateforme de Travail en Encorbellement) ;
- ...

Ces aciers sont au moins de classe de ductilité B dans le cas des bâtiments en zone sismique dimensionnés selon les prescriptions de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

6.1.1.2.2 Chaînage horizontal en rive de dalle intérieure : [CHD]

Le chaînage horizontal en rive de dalle a pour rôle :

- de fonctionner en bande noyée de rive pour reporter les charges des planchers vers les bandes d'appui assurant la jonction avec la façade ;
- de répartir les efforts de contreventement transitant dans les planchers vers les bandes d'appui assurant la jonction avec la façade.

Le chaînage horizontal filant en rive de dalle le long des façades munies de Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ est constitué d'armatures à haute adhérence B500 représentant une section d'au moins $3,1 \text{ cm}^2$ (4 HA10 par exemple).

Ces aciers sont continus, recouverts conformément aux prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale, et totalement ancrés dans les angles de ces planchers.

Ces aciers sont répartis par moitié en face inférieure et en face supérieure de la dalle.

La section des chaînages horizontaux peut être majorée si des raisons structurelles ou si des sollicitations calculées sous charges gravitaires (G, Q) et sous l'action du vent (W) ou du séisme (E) l'imposent.

Ces aciers sont au moins de classe de ductilité B dans le cas des bâtiments en zone sismique dimensionnés selon les prescriptions de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

6.1.1.2.3 Aciers de fermetures de la rive de dalle intérieure : [FRD]

Les bords des dalles le long des façades munies de Dispositifs de Traitement de Ponts thermiques in Situ sont bordés sur toute leur longueur d'armatures à haute adhérence B500 représentant une section minimale de $2,5 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (constitués de U HA8 e=20 cm par exemple) et totalement ancrés dans le plancher ou recouverts avec les treillis soudés constituant l'armature principale du plancher.

Ces aciers entourent le chaînage horizontal en rive de dalle intérieure [CHD] en dehors de l'emprise des bandes d'appui.

Ces aciers ont pour rôle :

- d'assurer l'ancrage en rive des armatures principales du plancher ;
- de remonter les charges en fibre supérieure de la rive de dalle pour le bon fonctionnement de la bande d'appui de rive de dalle.

Ces aciers sont au moins de classe de ductilité B dans le cas des bâtiments en zone sismique dimensionnés selon les prescriptions de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

6.1.1.2.4 Armatures des bandes d'appui en zone courante : [ABA]

Les ferraillements des bandes d'appui de jonction avec la façade sont constitués d'armatures à haute adhérence B500 perpendiculaires à la façade.

Le ferraillement minimum est constitué de barres HA10 espacées de 10 cm au maximum sur les deux faces.

À défaut de justifications plus précises, conformément aux prescriptions de la NF EN 1992-1-1 Article 9.3.1.2 (1), les armatures [ABA] représenteront au minimum la moitié des armatures calculées en travée. Il est néanmoins possible de justifier les armatures via l'épure d'arrêt des barres et le calcul des armatures nécessaires pour ancrer l'effort tranchant.

Ces armatures sont ancrées totalement dans la façade (armatures crossées ou en forme de U).

Coté dalle les armatures des bandes d'appui sont ancrées droites.

La longueur d'ancrage est comptée au-delà du chaînage horizontal de rive de dalle [CHD] et est constituée de la longueur de scellement droit l_{bd} (au sens de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale) majorée de la moitié de l'entraxe des bandes d'appui.

Ces aciers sont au moins de classe de ductilité B dans le cas des bâtiments en zone sismique dimensionnés selon les prescriptions de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

6.1.1.2.5 Armatures des bandes d'appui en zone de balcon : [ABAB]

Les ferraillements des bandes d'appui de jonction avec la façade sont constitués d'armatures à haute adhérence B500 perpendiculaires à la façade.

Le ferraillement minimum est constitué de barres HA10 espacées de 10 cm au maximum sur les deux faces.

Conformément à l'Article 6.2.1, les armatures supérieures ABAB qui assurent la stabilité du balcon doivent être majorées de 50 %.

Coté dalle intérieure les armatures des bandes d'appui sont ancrées droites.

Coté balcon les armatures des bandes d'appui sont ancrées droites ou avec des crosses si la longueur du balcon n'est pas suffisante.

La longueur d'ancrage coté intérieur est comptée au-delà du chaînage horizontal de rive de dalle [CHD] et est constituée de la longueur de scellement droit l_{bd} (au sens de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale) majorée de la moitié de l'entraxe des bandes d'appui.

La longueur d'ancrage coté balcon est comptée au-delà du chaînage horizontal de façade [CHF] et est constituée de la longueur de scellement droit l_{bd} (au sens de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale) majorée de la moitié de l'entraxe des bandes d'appui.

La longueur d'ancrage des barres supérieures sera adaptée aux exigences d'équilibrage du porte-à-faux constitué par le balcon.

Ces aciers sont au moins de classe de ductilité B dans le cas des bâtiments en zone sismique dimensionnés selon les prescriptions de NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

6.1.1.2.6 *Cadre de confinement : [CCF]*

Les armatures [ABA] et [ABAB] sont munies d'un cadre de confinement [CCF] en HA8 dans l'épaisseur de la bande isolante (Figure 18 et Figure 21).

6.1.1.2.7 *Éléments structurels supportant les bandes d'appui*

Les éléments supports de bandes d'appuis (voile, poutre, linteau, allège...doivent être localement dimensionnés pour reprendre en situation courante à l'Etat Limite Ultime « à froid » l'effet des actions issues des bandes d'appui $E_{d,bandes\ d'appui}$ majoré d'un coefficient 1,5. Ils doivent également être stables au feu pour la durée requise par le projet. Cette justification peut être réalisée par application des valeurs tabulées de la NF EN 1992-1-2 et son Annexe Nationale ou par un calcul en situation incendie en considérant pour effet des actions issues des bandes d'appui la valeur $E_{d,fi,bandes\ d'appui}$:

$$E_{d,fi,bandes\ d'appui} = 1,5 \times 0,7 \times E_{d,bandes\ d'appui} = 1,05 E_{d,bandes\ d'appui}$$

Avec :

- $E_{d,fi,bandes\ d'appui}$: Valeur de calcul de l'effet des actions issues des bandes d'appui en situation incendie ;
- $E_{d,bandes\ d'appui}$: Valeur de calcul de l'effet des actions issues des bandes d'appui pour une conception en température normale pour la combinaison fondamentale d'actions (NF EN 1990).

6.1.1.2.8 *Croisement des bandes d'appui et du chaînage horizontal de rive de dalle*

Chaque croisement de barre entre les armatures des bandes d'appui et les armatures du chaînage horizontal de rive de dalle [CHD] est muni d'une épingle HA 8 perpendiculaire au plan du plancher [EP].

Ces aciers ont pour rôle :

- de remonter les charges gravitaires en fibre supérieure des bandes d'appui de jonction avec la façade ;
- de renforcer localement la dalle au cisaillement.

Un façonnage différent de ces aciers (cadres, étriers...) peut être envisagé s'il assure le même rôle.

Ces aciers sont au moins de classe de ductilité B dans le cas des bâtiments en zone sismique dimensionnés selon les prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

6.1.1.2.9 *Dispositions constructives minimales d'armatures pour les bandes d'appui en zone courante*

Les schémas ci-après explicitent ces dispositions constructives minimales d'armatures.

Coupe au droit d'une bande d'appui :

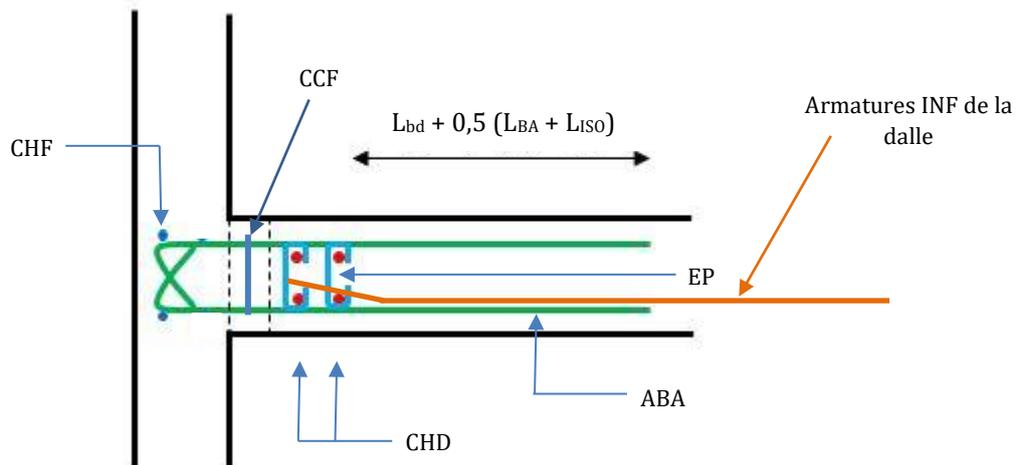


Figure 16 — Exemple de dispositions constructives au droit d'une bande d'appui en zone courante

Coupe au droit d'un isolant :

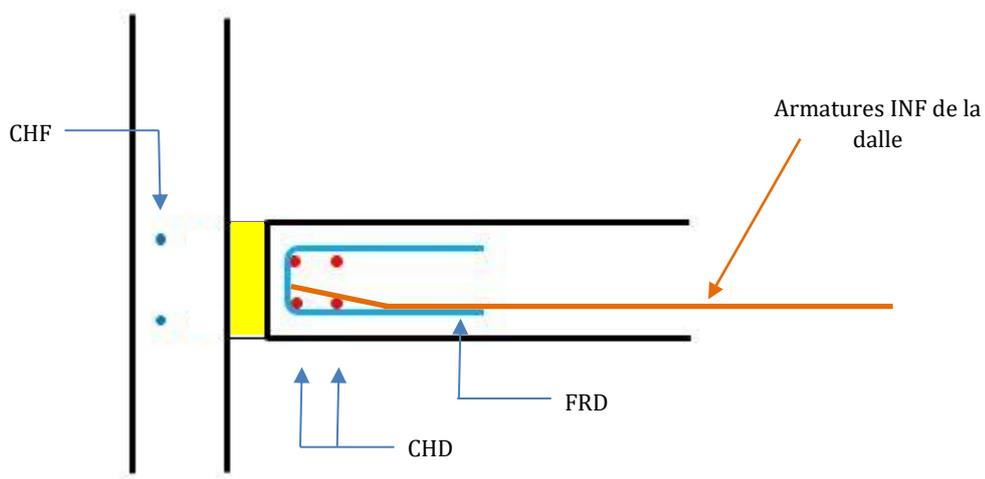
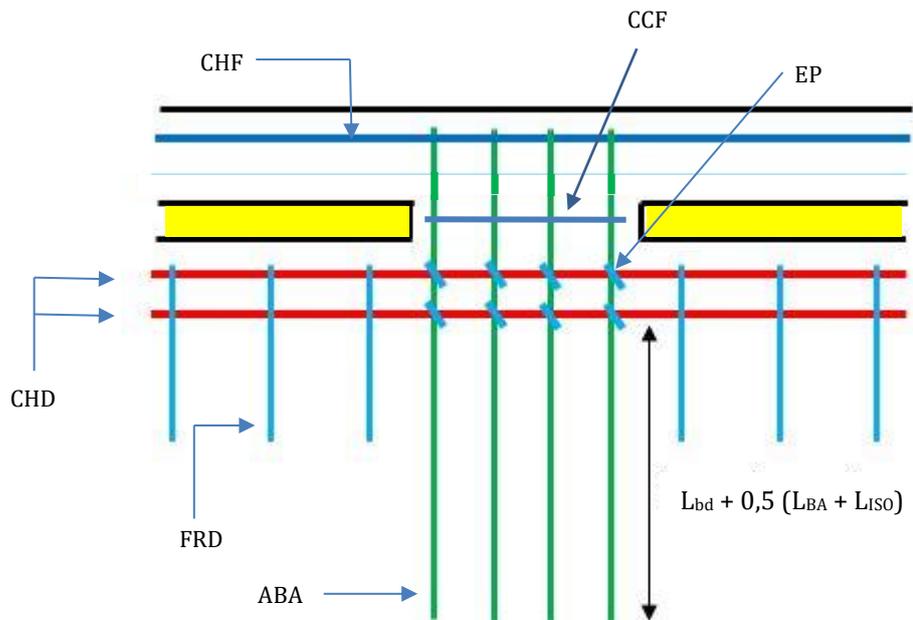


Figure 17 — Exemple de dispositions constructives au droit d'un isolant

Vue en plan :



NOTE : Les armatures inférieures de la dalle ne sont pas représentées sur cette vue en plan.

Figure 18 — Exemple de dispositions constructives - Vue en plan

6.1.1.2.10 Dispositions constructives minimales d'armatures pour les bandes d'appui en zone de balcons

Les schémas ci-après explicitent ces dispositions constructives minimales d'armatures.

Coupe au droit d'une bande d'appui :

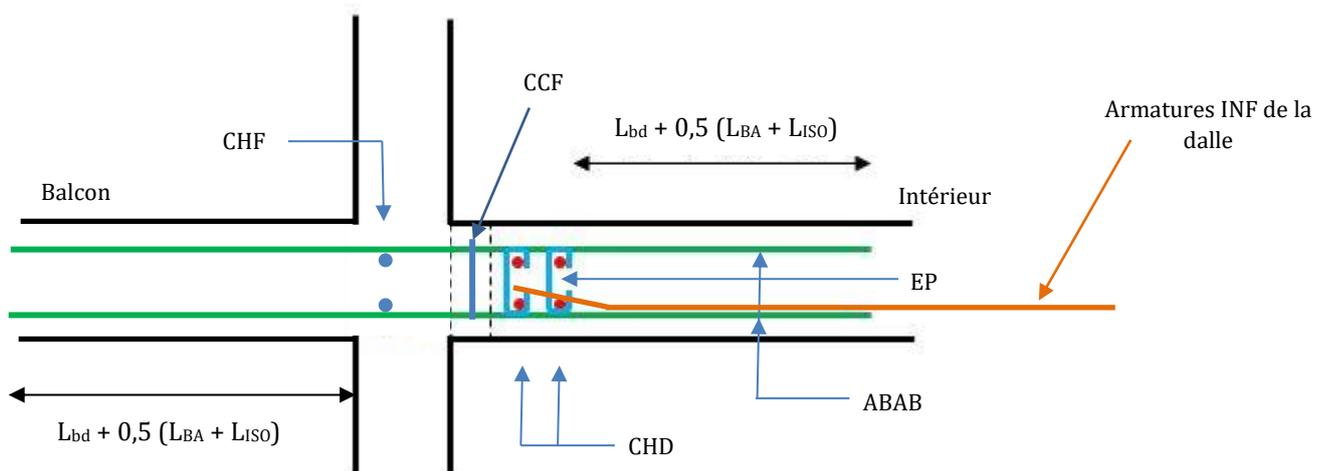


Figure 19 — Exemple de dispositions constructives au droit d'une bande d'appui en zone de balcon

6.1.2 Cas des bâtiments courants en zone sismique

Les bâtiments qui respectent les règles précédentes et qui sont situés en zone sismique doivent faire l'objet d'une modélisation aux éléments finis afin de déterminer les efforts de contreventement qui transitent dans les bandes d'appui sous l'effet du séisme.

6.1.2.1 Justifications hors effets sismiques

Le respect des règles de l'Article 6.1.1 conduit à justifier l'ensemble des éléments (bandes d'appui, chaînage de rive de dalle, dalles, voiles, ...) uniquement sous l'effet des charges gravitaires (G, Q) et de l'effet du vent (W).

Les effets du retrait et de la température sont réputés traités en s'assurant que les armatures ainsi calculées respectent au moins les dispositions minimales d'armatures indiquées à l'Article 6.1.1.

6.1.2.2 Justifications sous sollicitations sismiques

La réalisation d'un modèle de calcul aux éléments finis est nécessaire.

Les calculs sont réalisés selon les principes énoncés dans la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

Les sollicitations sont déterminées avec des méthodes de calculs linéaires-élastiques.

La géométrie du modèle doit tenir compte de la présence de ces bandes d'appui et du fait que les dalles sont accrochées de manière discontinue sur les voiles de façade.

Les bandes d'appui sont modélisées en éléments filaires encastrés dans les dalles et articulés sur les voiles de façade. On utilise des éléments filaires du type « poutre courte » du fait de la prédominance de l'effort tranchant dans ces éléments.

Les dimensions modélisées sont celles correspondant à la géométrie réelle des bandes d'appui ainsi qu'à leur position réelle.

Conformément à la NF EN 1998-1, pour le calcul sismique, le module d'Elasticité du béton est divisé par 2 et le cisaillement de calcul doit être multiplié par un coefficient de sur-résistance $\gamma_d = 1,3$.

Conformément à la NF EN 1990, et à la combinaison accidentelle sismique, les bandes d'appui seront justifiées sous l'effet combiné des charges gravitaires (G, Q) et des sollicitations sismiques (Ex, Ey, Ez).

Les effets de la température et du retrait ne sont pas pris en compte dans les combinaisons accidentelles sismiques.

Les justifications des armatures et des contraintes sont ensuite réalisées selon les méthodes classiques conformément aux prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

Sous combinaison accidentelle sismique, il est tenu compte de la possibilité de défaillance d'une bande d'appui de jonction avec la façade.

Pour ce faire :

- Le dimensionnement du chaînage horizontal en rive de dalle intérieure [CHD] doit tenir compte d'une portée double en situation accidentelle sismique.
- Un coefficient $\gamma_{rep} = 1,50$ est à considérer sur la capacité portante des bandes d'appui.

Le coefficient γ_{rep} s'applique uniquement :

- pour la détermination des armatures des bandes d'appui de jonction avec la façade ;
- pour la vérification des contraintes de cisaillement dans ces éléments.

6.1.3 Justification des bandes d'appui

Les justifications des bandes d'appui de jonction avec la façade sont réalisées selon les prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et sous l'effet des combinaisons ELU ou ELU accidentel selon les situations envisagées :

Les bandes d'appui sont soumises aux sollicitations M_{Ed} , N_{Ed} , $V_{\text{Ed},y}$ et $V_{\text{Ed},z}$.

Avec :

- M_{Ed} : moment de flexion dans la bande d'appui (par exemple le moment d'encastrement de la dalle balcon)
- N_{Ed} : Effort normal dans la bande d'appui (traction ou compression) supposé appliqué à l'axe de la bande d'appui.
- $V_{\text{Ed},z}$: Effort tranchant vertical dans la bande d'appui
- $V_{\text{Ed},y}$: Cisaillement horizontal (parallèle à la façade) dans la bande d'appui

Les justifications doivent respecter les principes ci-après.

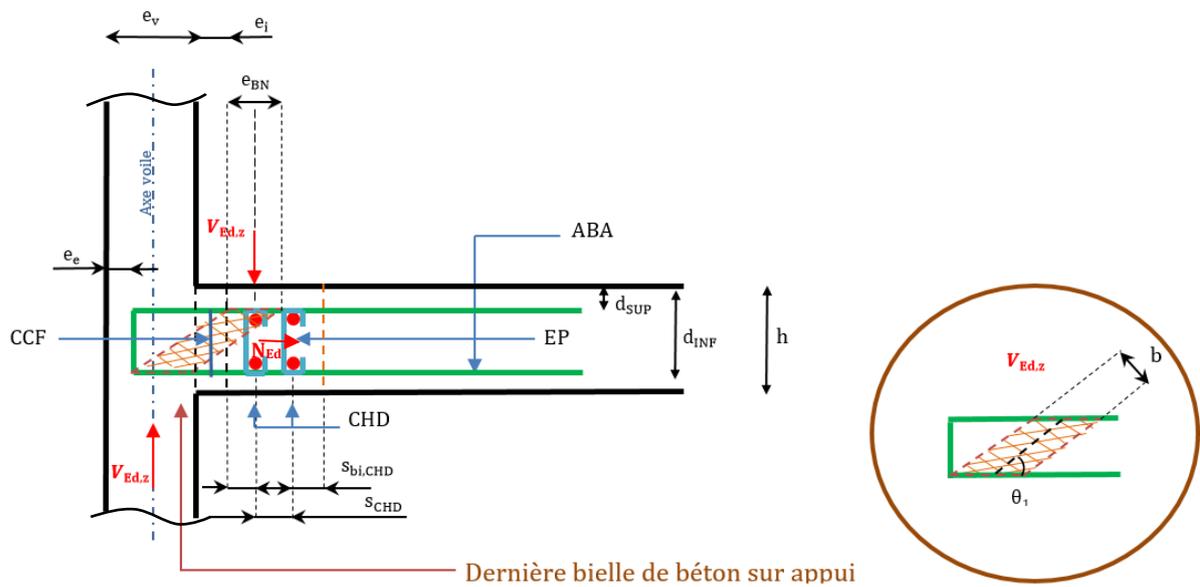
6.1.3.1 Justifications des bandes d'appui : hors plan de la dalle

Les armatures inférieures d'ancrage de la bande d'appui dans le voile doivent également être justifiées par la méthode bielle tirant sous l'effet de la réaction d'appui $V_{\text{Ed},z}$,

Pour les bandes d'appui assurant l'encastrement d'une dalle de balcon, les armatures supérieures sont justifiées en flexion composée sous l'effet du moment M_{Ed} et de l'effort normal N_{Ed} .

Pour les bandes d'appui assurant l'encastrement d'une dalle de balcon l'effort normal N_{Ed} ne doit pas être pris en compte s'il s'agit d'une compression.

Pour ce faire le schéma ci-dessous peut être appliqué.



Légende :

e_e : enrobage extérieur des aciers du voile

e_v : épaisseur du voile

e_i : épaisseur d'isolant

e_{BN} : largeur de la bande noyée de rive de dalle (cela correspond au double de $s_{bi,CHD}$)

h : épaisseur de la dalle

d_{INF} : distance entre l'axe des aciers inférieurs et le dessus de la dalle

d_{SUP} : distance entre l'axe des aciers supérieurs et le dessus de la dalle

b : largeur de la bielle de béton comprimé

θ_1 : angle d'inclinaison de la bielle de béton comprimé

CHD : chaînage horizontal de rive de dalle

ABA : armatures des bandes d'appui

CCF : cadre de confinement

EP : épingle ou équivalent

$s_{bi,CHD}$: position des armatures [CHD] dans la bielle, cela correspond à la distance entre l'isolant et l'axe de l'acier de CHD le plus proche (Tolérance de position : ± 2 cm)

s_{CHD} : entraxe entre les armatures [CHD] (Tolérance de position : ± 2 cm)

NOTE : Les armatures inférieures de la dalle et les armatures [FRD] ne sont pas représentées sur cette vue en plan.

Figure 22 — Schéma de bielle pour la vérification des bandes d'appui hors plan de dalle

Il convient :

- de déterminer l'angle d'inclinaison de la bielle en fonction des dispositions géométriques de la bande d'appui ;

$$\theta_1 = \text{Arctan} \frac{d_{INF} - d_{SUP}}{\frac{e_v - e_e}{2} + e_i + \frac{e_{BN}}{2}}$$

NOTE: Il convient de s'assurer que $\theta_1 \geq 26,5^\circ$.

- de déterminer l'effort dans le tirant et les armatures nécessaires pour son équilibrage ;

$$F_{td} = \frac{V_{Ed,z}}{\tan \theta_1}$$

$$A_{inf} = \frac{F_{td}}{f_{yd}}$$

- de vérifier la contrainte de compression dans la bielle ;

$$b = (e_v - e_e) \sin \theta_1$$

$$\sigma_{bc} = \frac{V_{Ed,z}}{b \cdot L_{BA} \cdot \sin \theta_1}$$

On vérifie que :

$$\sigma_{bc} \leq \sigma_{Rd,max}$$

$$\text{avec } \sigma_{Rd,max} = 0,85 v' f_{cd}$$

$$\text{et } v' = 1 - \frac{f_{ck}}{250}$$

6.1.3.2 Justifications des bandes d'appui : dans le plan de la dalle

Les bandes d'appui de jonction avec la façade sont justifiées par la méthode des bielles-tirants comme des consoles courtes encastées dans le plan de la dalle et soumises aux sollicitations (N_{Ed} , $V_{Ed,y}$, $V_{Ed,z}$).

Par sécurité on justifie la console courte avec l'effort :

$$V_{Ed,yz} = \sqrt{V_{Ed,y}^2 + V_{Ed,z}^2}$$

Pour ce faire le schéma ci-dessous peut être appliqué.

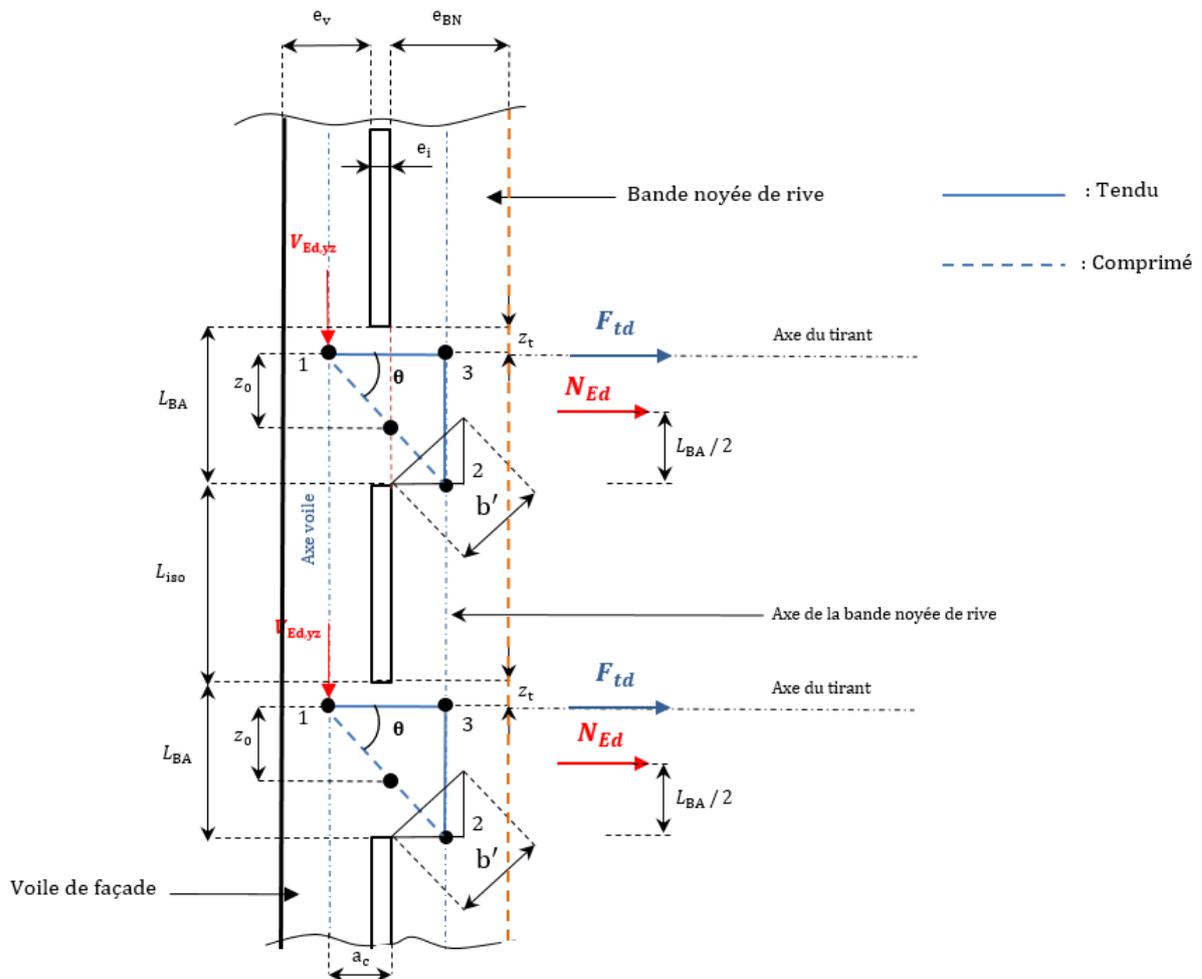


Figure 23 — Schéma de bielle pour la vérification des bandes d'appui dans le plan de la dalle

On définit :

$$z_0 = a_c \cdot \tan \theta$$

Avec :

- $\tan \theta = \frac{L_{BA} - z_t}{a_c + \frac{e_{BN}}{2}}$
- $a_c = \frac{e_v}{2} + e_i$

- z_t : centre de gravité des armatures du tirant reprenant l'effort de traction F_{td}

Il convient de vérifier que : $1 \leq \tan\theta \leq 2,5$

Cas n°1 :

Si N_{Ed} est une traction et :

$$\frac{V_{Ed,yz} \cdot a_c}{|N_{Ed}|} \leq \frac{d - d'}{2}$$

Avec :

- $d - d'$: distance entre les aciers de bord de bande d'appui (Figure 24). d et d' sont les distances entre l'axe des armatures les plus proches des bords et le nu de la bande d'appui côté zone tendue.

Alors la section de la bande d'appui est totalement tendue.

L'excentricité de la résultante de traction dans la bande d'appui vaut :

$$e = \frac{V_{Ed,yz} \cdot a_c}{|N_{Ed}|}$$

Les armatures constituant [ABA] ou [ABAB] doivent respecter :

$$A_{tot} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

Soit une section d'armatures par mètre linéaire :

$$A_{tot,lin} = \frac{A_{tot}}{L_{BA} - 2 \cdot e}$$

Ces armatures sont mises en œuvre sur toute la longueur de la bande d'appui en fibre inférieure et supérieure.

Dans le cas d'une bande d'appui en zone courante la section calculée est répartie par moitié en fibre inférieure et en fibre supérieure.

La contrainte de compression dans la bielle doit également être vérifiée :

On doit s'assurer que :

$$\sigma_{bc} \leq \sigma_{Rd,max}$$

Avec :

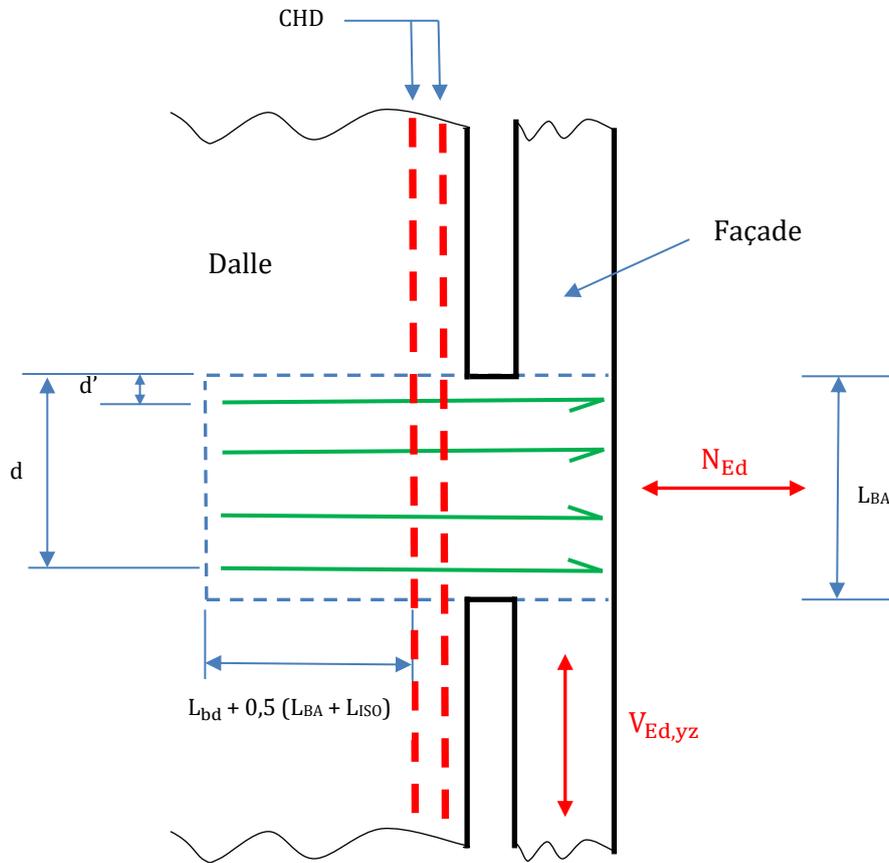
- $\sigma_{bc} = \frac{F_{cd}}{b' \cdot h}$

- $F_{cd} = \frac{V_{Ed,yz}}{\sin \theta}$

- $b' = e_{BN} \cdot \sin \theta$

- h : épaisseur de la dalle

- $\sigma_{Rd,max} = 0,85 \cdot v' \cdot f_{cd}$
- $v' = 1 - \frac{f_{ck}}{250}$



d' : distance entre l'axe de l'armature et la surface exposée la plus proche

NOTE : Les armatures inférieures de la dalle ne sont pas représentées sur cette vue en plan.

Figure 24 — Détail de mise en œuvre des armatures [ABA]

Cas n°2 :

Lorsque la section de la bande d'appui n'est pas entièrement tendue :
L'effort de traction dans le tirant vaut :

$$F_{td} = V_{Ed,yz} \cdot \frac{a_c}{z_0} + N_{Ed} \cdot \left(1 + \frac{z_t}{z_0} - \frac{L_{BA}}{2 \cdot z_0} \right)$$

Avec $N_{Ed} > 0$ en compression.

Les armatures constituant [ABA] ou [ABAB] doivent respecter :

$$A_{tot} = \frac{F_{td}}{f_{yd}}$$

Soit une section d'armatures par mètre linéaire :

$$A_{tot,lin} = \frac{A_{tot}}{2 \cdot z_t}$$

Ces armatures sont positionnées sur toute la longueur de la bande d'appui en fibre inférieure et supérieure.

Dans le cas d'une bande d'appui en zone courante la section calculée est répartie par moitié en fibre inférieure et en fibre supérieure.

La contrainte de compression dans la bielle doit également être vérifiée :

On doit s'assurer que :

$$\sigma_{bc} \leq \sigma_{Rd,max}$$

Avec :

- $\sigma_{bc} = \frac{F_{cd}}{b'.h}$
- $F_{cd} = \frac{V_{Ed,yz}}{\sin \theta} + \frac{N_{Ed}}{\sin \theta} \cdot \frac{z_0}{a_c}$
- $b' = e_{BN} \cdot \sin \theta$
- h : épaisseur de la dalle
- $\sigma_{Rd,max} = 0,85 \cdot v' \cdot f_{cd}$
- $v' = 1 - \frac{f_{ck}}{250}$

6.2 Comportement au feu des DTPTiS

6.2.1 Vérification du critère mécanique (critère R)

Conformément à l'arrêté du 22 mars 2004, modifié par arrêté du 14 mars 2011, l'évaluation des performances au feu des éléments de construction peut être déterminée par une ou plusieurs approches suivantes :

- essai conventionnel donnant lieu à un domaine d'application directe ;
- méthode de calcul et règle de dimensionnement ;
- référence à un procédé de fabrication ou de construction approuvé, (listé en annexe 3 de l'arrêté) ;
- appréciation de laboratoire agréé, établie selon l'annexe 4 de l'arrêté.

À ce jour, suite à la réalisation d'une étude paramétrique, une appréciation de laboratoire [2] validant les hypothèses et configurations données dans le présent document existe.

Référence de l'appréciation de laboratoire : n°EFR-21-000438 [2]

Les justifications apportées dans le cadre de l'appréciation de laboratoire ont mis en évidence les points suivants :

- les dispositions constructives minimales des bandes d'appuis de dalle courantes (sans continuité de balcon) apportent une marge suffisante pour la tenue au feu jusqu'au critère R90 inclus.
- les balcons liaisonnés sur plus d'un de leurs côtés engendrent des augmentations d'efforts notables dans les bandes d'appuis par effet de bridage de la déformation de ces balcons.
- le procès-verbal de classement de l'isolant doit montrer que l'élévation de la température dans les bandes d'appuis résulte d'une exposition au feu sur leur face inférieure uniquement.

A défaut de justifications complémentaires plus détaillées, les règles simplifiées suivantes peuvent être appliquées et permettent d'assurer la conformité aux résultats présentés dans l'appréciation de laboratoire.

Pour les structures R90 au maximum :

La résistance de la structure est réputée vérifiée par l'application de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale pour les dalles et les voiles, et par le calcul à froid des armatures sous charges gravitaires seules.

Le ferrailage des bandes d'appui doit respecter un enrobage mécanique (distance a selon la NF EN 1992-1-2) minimale de 30 mm pour garantir le critère R60 et de 40 mm pour le R90.

Ces enrobages s'appliquent également aux différentes armatures de chaînage mises en place et décrites aux Articles 6.1.1.2.1 à 6.1.1.2.8.

Pour l'enrobage des autres éléments de structures (voiles, dalles...), les prescriptions de la NF EN 1992-1-2 et son Annexe Nationale s'appliquent.

Le respect des dispositions constructives minimales listées dans ce document garantit également le critère R90 au maximum.

Cette règle est vérifiée quelles que soient les configurations des dalles intérieures.

La résistance des balcons munis de DTPTiS conçus selon les règles de l'Article 4.5 est réputée vérifiée par l'application de la NF EN 1992-1-1 et de son Annexe Nationale pour les dalles (enrobage des aciers) et par le calcul à froid des armatures sous charges gravitaires seules sous réserve de prendre en compte la règle complémentaire suivante :

- les armatures supérieures des bandes d'appuis assurant la stabilité des balcons sont calculées sous combinaison ELU fondamentale à froid sous charges gravitaires et majorées de 50%.

Les dispositions constructives minimales listées dans ce document restent nécessaires également dans ce cas.

6.2.2 Vérification des critères d'étanchéité et d'isolation (critères E et I)

Les essais ont été menés avec une bande isolante LINEARIS. La bande isolante valide le domaine d'application des présentes Règles Professionnelles par un procès-verbal de classement *EFR-20-000692* [1].

NOTE : L'utilisation d'une autre bande isolante sera valide uniquement sous réserve du respect des points cités au Paragraphe 5.3.

6.3 Calcul des flèches

L'affaiblissement de la section se faisant sur l'appui de rive considéré comme une rotule parfaite dans le calcul de flèche, les DTPTiS n'ont pas d'incidence sur les méthodes de calcul des flèches.

En cas de présence d'un balcon, l'effet de continuité favorable qu'il induit est négligé pour le calcul de la flèche de la dalle intérieure adjacente lorsque des DTPTiS sont prévus sur la longueur du balcon.

Pour la déformation du balcon, lorsque celui-ci respecte les portées maximales du domaine d'application du présent document et que l'épaisseur de la dalle respecte les conditions de l'Article 7.4.2 de la NF EN 1992-1-1, le calcul de la flèche totale n'est pas exigé.

On retient le critère simplifié des poutres en console pour s'affranchir du calcul ($L/d \leq 10$).

Lorsque le balcon ne respecte pas l'une ou l'autre des conditions précédentes, le calcul de la flèche totale est réalisé selon les méthodes proposées par la NF EN 1992-1-1 en tenant compte de la présence des DTPTiS pour évaluer la rotation d'appui. Un exemple de calcul est donné en Annexe D.

Dans le cas où une condition de flèche nuisible au sens du FD P18-717 est à respecter, il est également tenu compte de la présence des DTPTiS pour évaluer la rotation d'appui.

6.4 Justifications complémentaires nécessaires

Les phases provisoires suivantes doivent être vérifiées du point de vue de la résistance des bandes d'appui de jonction avec la façade :

- étaieusement pour le coulage de la dalle supérieure ;
- étaieusement de séchage des planchers ;

Décembre 2021

- reprise des efforts des outils de chantier (Plateforme de Travail en Encorbellement, Recettes à matériaux...).

6.5 Calcul du coefficient de déperdition thermique

6.5.1 Généralités

Ces règles s'appliquent pour la détermination de la performance thermique conventionnelle.

Les simulations doivent être réalisées selon les normes et méthodes de calculs prévues dans les règles Th-Bât en vigueur pour les calculs liés aux réglementations thermiques, en respectant selon le contexte dans lequel est réalisé le calcul certaines règles de modélisation.

Un calcul justifiant la valeur du coefficient ψ_{moyen} L9 sur l'ensemble du linéaire des zones traitées par les DTPTiS est à réaliser. Ce calcul permet de définir la valeur de pont thermique à prendre en compte pour le calcul réglementaire.

Il est à la charge du BET ayant la mission du calcul du ψ_{moyen} L9 sur le projet. Si aucun BET n'a cette mission, alors le calcul doit se faire par un autre intervenant qualifié.

Ce calcul consiste en une modélisation 3D aux éléments finis réalisée conformément à la norme NF EN ISO 10211.

NOTE: À partir d'une épaisseur de dalle supérieure à 20 cm, tous les types de répartitions du dispositif ne permettent pas de respecter le garde-fou fixé à ce jour par la Réglementation Thermique 2012 sur la valeur moyenne des ponts thermiques au niveau des planchers intermédiaires.

Lorsque le projet mixe plusieurs épaisseurs de dalles intermédiaires ou des dalles dont l'épaisseur est supérieure à 20 cm, l'équipe de conception doit vérifier que ledit garde-fou peut être respecté (doublage, épaisseur et longueur de traitement). Le calcul doit être réalisé pour chaque configuration.

6.5.2 Règles de modélisation

Les calculs doivent être réalisées en respectant certaines règles de modélisation, définies ci-après.

6.5.2.1 Caractéristiques des matériaux

- Caractéristiques des **éléments en béton plein** :
 - le plancher, le mur de façade et la bande d'appui sont en béton plein armé ;
 - le plancher peut être d'une épaisseur de 20 à 25 cm ;
 - l'épaisseur du mur de façade en béton dépend du projet ;
 - la conductivité du béton plein armé est prise égale à 2 W/(m.K). Cette valeur correspond à un béton plein armé avec moins de 1% en volume d'acier (cf. Paragraphe 2.2.2.1.1 et Paragraphe 2.2.2.1.3 des Règles Th-Bat 2020). C'est le cas général rencontré sur les projets visés par les présentes Règles Professionnelles. Dans le cas d'un béton plein armé aux caractéristiques différentes, il faut utiliser la valeur de conductivité correspondante.
- Caractéristiques de **l'isolant utilisé pour le traitement en nez de dalle** :
 - l'isolant utilisé pour le traitement en nez de dalle présente un essai au feu conforme à l'Article 6.2 ;
 - la hauteur du traitement est égale à celle de la dalle béton ;
 - l'épaisseur du traitement est de 6 ou 8 cm ;
 - la conductivité thermique utile du traitement doit être celle du produit utilisé. Cette valeur doit être inférieure ou égale à 0,039 W/(m.K).

- Caractéristiques du **doublage intérieur** :
 - l'épaisseur de l'isolant du complexe de doublage intérieur est supérieure ou égale à l'épaisseur de l'isolant en nez de dalle plus deux centimètres ;
 - l'épaisseur de l'isolant du doublage est de maximum 14 cm, conformément à l'Article 5.4 ;
 - il n'est pas indispensable de modéliser la plaque de plâtre du doublage car sa résistance thermique est marginale ;
 - la conductivité thermique du traitement doit être celle du produit utilisé.

6.5.2.2 Conditions limites d'ambiance

- l'ambiance extérieure est considérée à 0°C ;
- l'ambiance intérieure est considérée à 20°C ;
- les résistances superficielles doivent être prises comme suit, conformément au fascicule 1 des Règles ThBât 2020 :
 - face extérieure : $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
 - face intérieure du doublage (flux horizontal) : $R_{si_h} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
 - face supérieure du plancher (flux descendant) : $R_{si_d} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
 - face inférieure du plancher (flux ascendant) : $R_{si_a} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

6.5.2.3 Précisions sur la méthode de modélisation en 3D

- le logiciel utilisé doit être validé conformément à la norme NF EN ISO 10211 ;
- la modélisation en 3D est réalisée de sorte que la bande noyée en béton plein soit au centre de la modélisation. Vu du dessus, le centre de la bande noyée est un axe de symétrie de la modélisation (Figure 25). Cette façon de modéliser correspond à la norme NF EN ISO 10211. Elle permet de déterminer la valeur moyenne du pont thermique sur la zone modélisée (bande d'appui et zone traitée) ;
- le maillage doit être conforme au Paragraphe 5.2.3.3 des Règles ThBât 2020 : dans la zone du centre du pont thermique et pour les détails constructifs du gros œuvre comme les liaisons entre parois du bâtiment, la dimension de la maille ne doit pas dépasser 25 mm ;

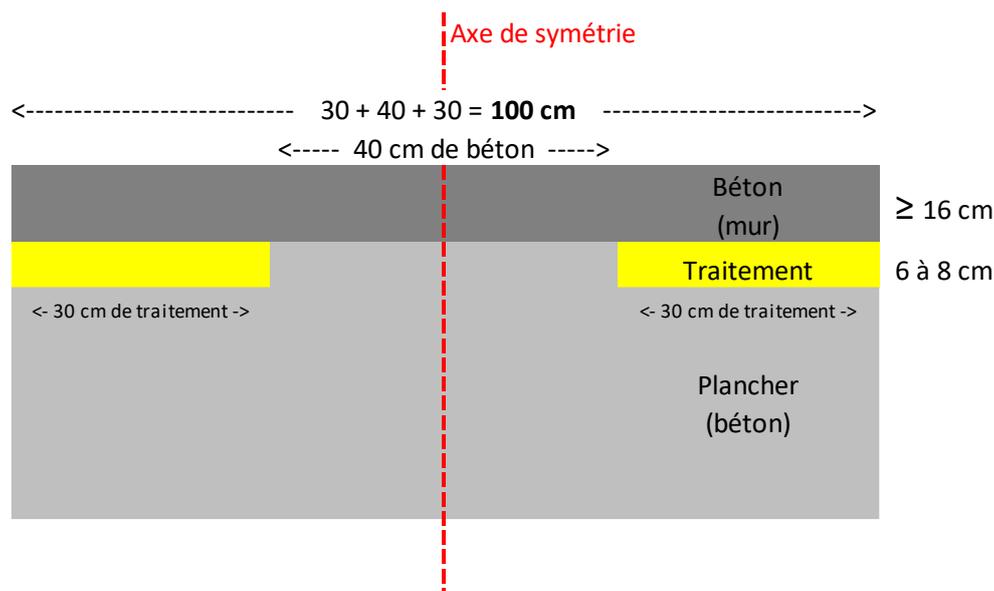


Figure 25 — Méthode de modélisation - Vue en plan du cas 60 cm (isolant) / 40 cm (béton)

- la hauteur finie du mur au-dessus et en-dessous du plancher modélisé doit être supérieure ou égale à un 1 m (Figure 26 et Figure 27) ;
- la profondeur finie du plancher (nu intérieur de l'isolant jusqu'au bout du plancher modélisé) doit être supérieure ou égale à 1 m (Figure 26 et Figure 27) ;

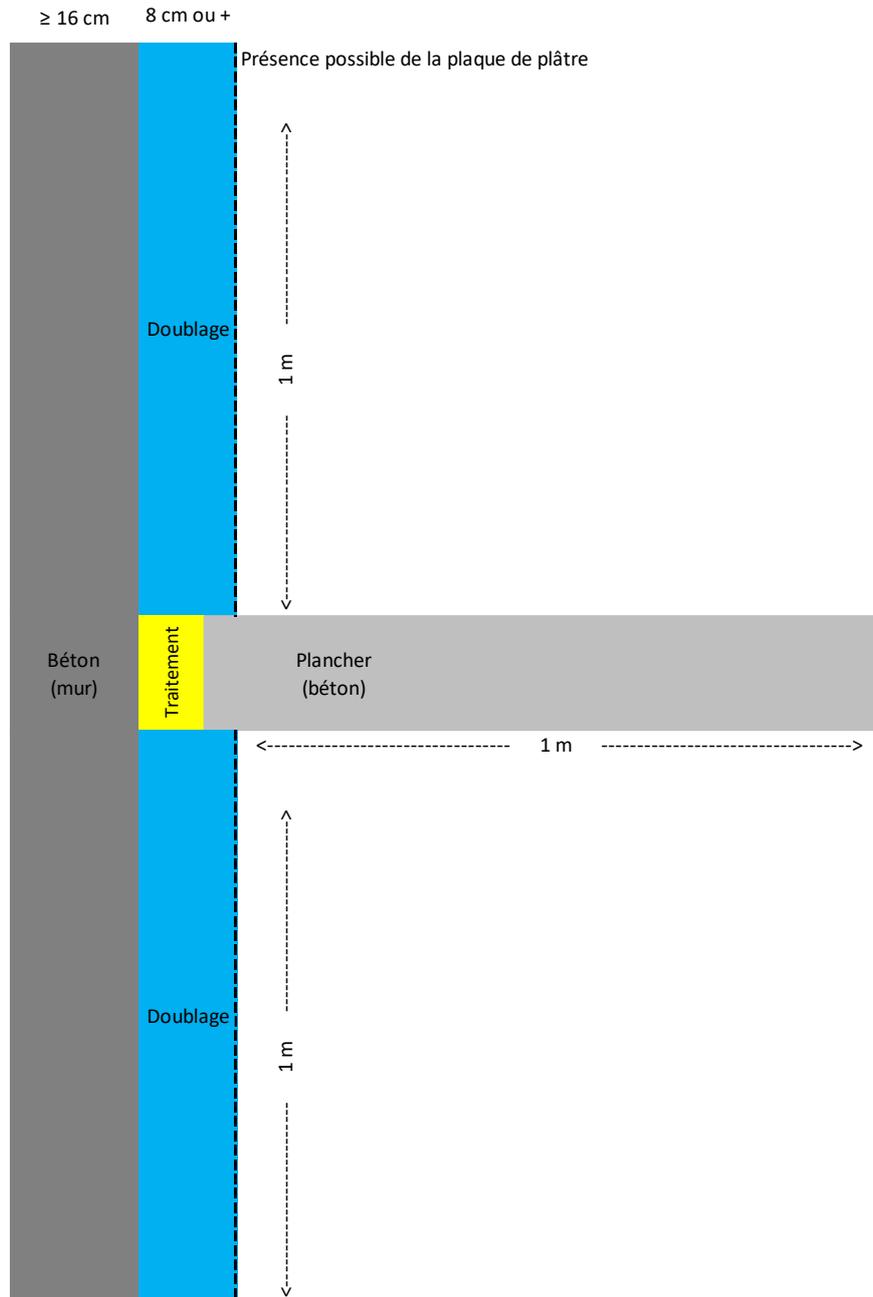


Figure 26 — Méthode de modélisation - Coupe verticale

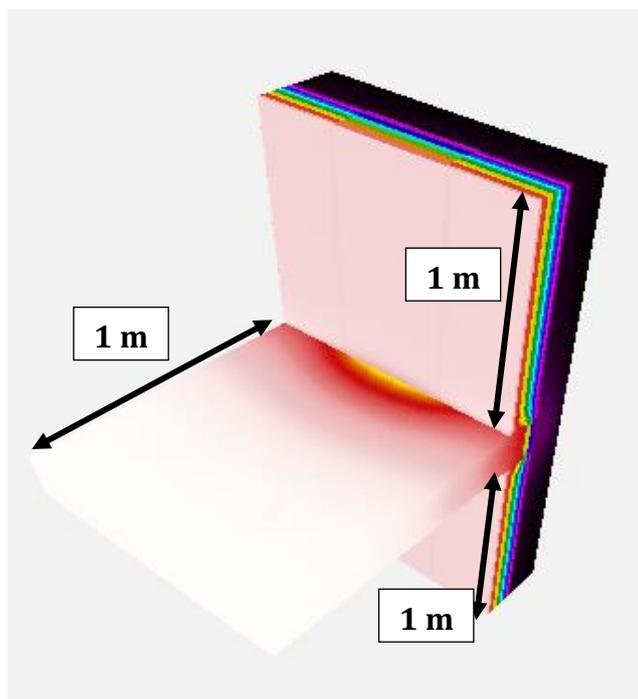


Figure 27 — Vue en 3D : Visualisation de la diffusion de la chaleur

6.5.2.3.1 Cas des balcons

Pour rappel, la présence d'un balcon ne modifie en rien la manière de modéliser et les règles ci-dessus. De plus, il est inutile de modéliser le cas avec balcon et le cas sans balcon. En effet, la présence d'un balcon ne change le coefficient obtenu qu'au-delà du troisième chiffre significatif.

Le cas du balcon avec menuiserie est traité de la même manière que la solution ITI sans traitement dans les règles Th-Bat :

- pont thermique identique au cas standard et prise en compte d'un pont thermique lié à la menuiserie (appui de baie ou linteau).

6.5.2.3.2 Cas des angles

En l'absence de balcons, les angles sont traités (voir Article 6.1.1.1). Par simplification, la valeur de pont thermique considérée sera celle des parties courantes adjacentes, ce qui correspond à une hypothèse conservatoire (pont thermique légèrement sur-évalué).

Pour les zones non traitées par des DTPTiS (pour des raisons de contraintes structurelles notamment), la valeur de pont thermique à considérer est celle d'une liaison plancher/façade avec isolation thermique par l'intérieur (cf. règles Th-Bat).

Les tableaux en Annexe C montrent des exemples de valeurs de coefficient ψ_{moyen} pour des planchers de 20 et 23 cm d'épaisseur. La présence de ces valeurs dans ce document ne soustrait pas à l'obligation de modélisation du pont thermique. Ces valeurs sont données à titre indicatif.

6.6 Acoustique

Il appartient aux constructeurs de valider ou de faire valider par un spécialiste l'atteinte des objectifs visés et des contraintes réglementaires en fonction de la spécificité de chaque bâtiment.

A titre d'exemple, sont données en Annexe A, des configurations permettant de répondre :

- à la réglementation et aux objectifs du référentiel Qualité Construction Logement NF pour les bâtiments d'habitation ;
- à la réglementation et aux objectifs du référentiel HQE Bâtiment Durable pour l'échelle d'évaluation "C" pour les bâtiments d'hôtel ;
- aux objectifs correspondant au niveau PERFORMANT de la norme française NF S 31-080.

Ces résultats sont valides sous réserve du respect des hypothèses décrites à l'Article 4 et ci-après :

- les locaux superposés avec une surface au sol $\geq 9 \text{ m}^2$ avec une hauteur sous plafond $\geq 2.5 \text{ m}$.

***NOTE :** Des locaux plus petits ou des hauteurs sous plafond plus faibles ainsi que des décalages entre locaux pourraient diminuer les isolements.*

- les dimensions et caractéristiques physiques du Dispositif de Traitement de Ponts Thermiques in Situ.

7 Précautions préalables avant mise en œuvre

La réalisation des DTPTiS doit faire l'objet d'un plan d'exécution.

Les différentes étapes de la mise en œuvre et les contrôles associés sont décrits à l'Article 8. Pour chacune des solutions exposées à l'Article 8, la traversée d'armatures dans les bandes isolantes et le scellement de barres sont strictement interdits.

Une attention particulière doit être portée aux conditions de stockage sur chantier des bandes isolantes avant leur mise en place. Elles sont tenues à l'abri de l'humidité.

***NOTE :** Une protection de l'isolant en phase chantier peut être envisagée afin de le protéger de la pluie.*

Les gaines et canalisations noyées dans le béton coulé en œuvre du plancher ne peuvent en aucun cas être mises en place dans les bandes d'appui entre les bandes isolantes au niveau de l'appui porteur.

8 Mise en œuvre

8.1 Généralités

Plusieurs solutions de mise en œuvre sont proposées :

- voile de façade arasé en sous-face de dalle ;
- réservations au droit des bandes d'appui ;
- armatures à déplier.

***NOTE :** Dans chacune des solutions proposées ci-après, le ferrailage et bétonnage des bandes d'appui et des zones de chaînage doit être effectué avec soin.*

Les sections d'armatures minimales pour chaque élément sont données au Tableau 6.

Tableau 6 — Sections d'aciers minimales

Élément considéré	Sections d'armatures minimales
Chaînage Horizontal Façade [CHF]	3,10 cm ²
Chaînage horizontal Dalle [CHD]	3,10 cm ²
Fermeture Rive de Dalle [FRD]	2,5 cm ²
Armature Bande d'Appui [ABA]	Barres HA10 espacées de 10 cm sur chaque face (inférieure et supérieure)
Cadre de Confinement [CCF]	HA 8
Epingle ou équivalent [EP]	HA 8 e = 10 cm

Pour rappel, la tolérance de position des armatures [CHD] est de ± 2 cm (Figure 22).

NOTE: Chaque section d'armatures doit faire l'objet d'un calcul de dimensionnement tenant compte des charges appliquées (actions gravitaires G, Q, action du vent W, action sismique E le cas échéant) tout en respectant des valeurs minimales indiquées dans le tableau ci-dessus.

8.2 Mise en œuvre des bandes isolantes

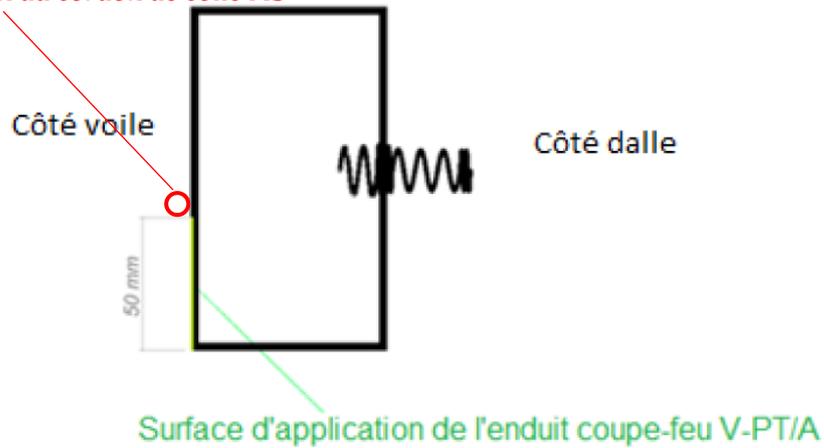
Les dispositions qui suivent dans les paragraphes 8.2.1, 8.2.2 et 8.2.3 relatives à la mise en œuvre des bandes isolantes LINEARIS sont fondées sur le PV EFR-20-000692.

Les bandes isolantes peuvent être mises en œuvre avec ou sans raccord.

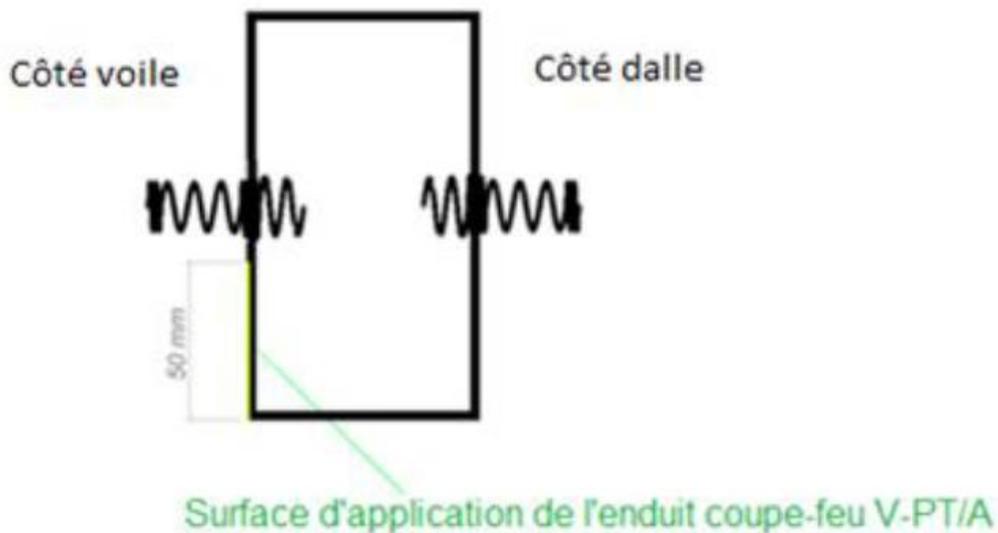
8.2.1 Enduction

Les bandes isolantes sont enduites du côté de l'élément vertical en béton sur une hauteur de 50 mm à partir de la face exposée au feu (Figure 28).

Point d'application du cordon de colle MS



a) Cas 1 : une face collée / une face coulée



b) Cas :2 deux faces coulées

Figure 28 — Mise en œuvre de l'enduit sur la bande isolante

8.2.1.1 Raccords

En cas de raccord, la face horizontale de la jonction des chicanes doit être encollée (Figure 29).

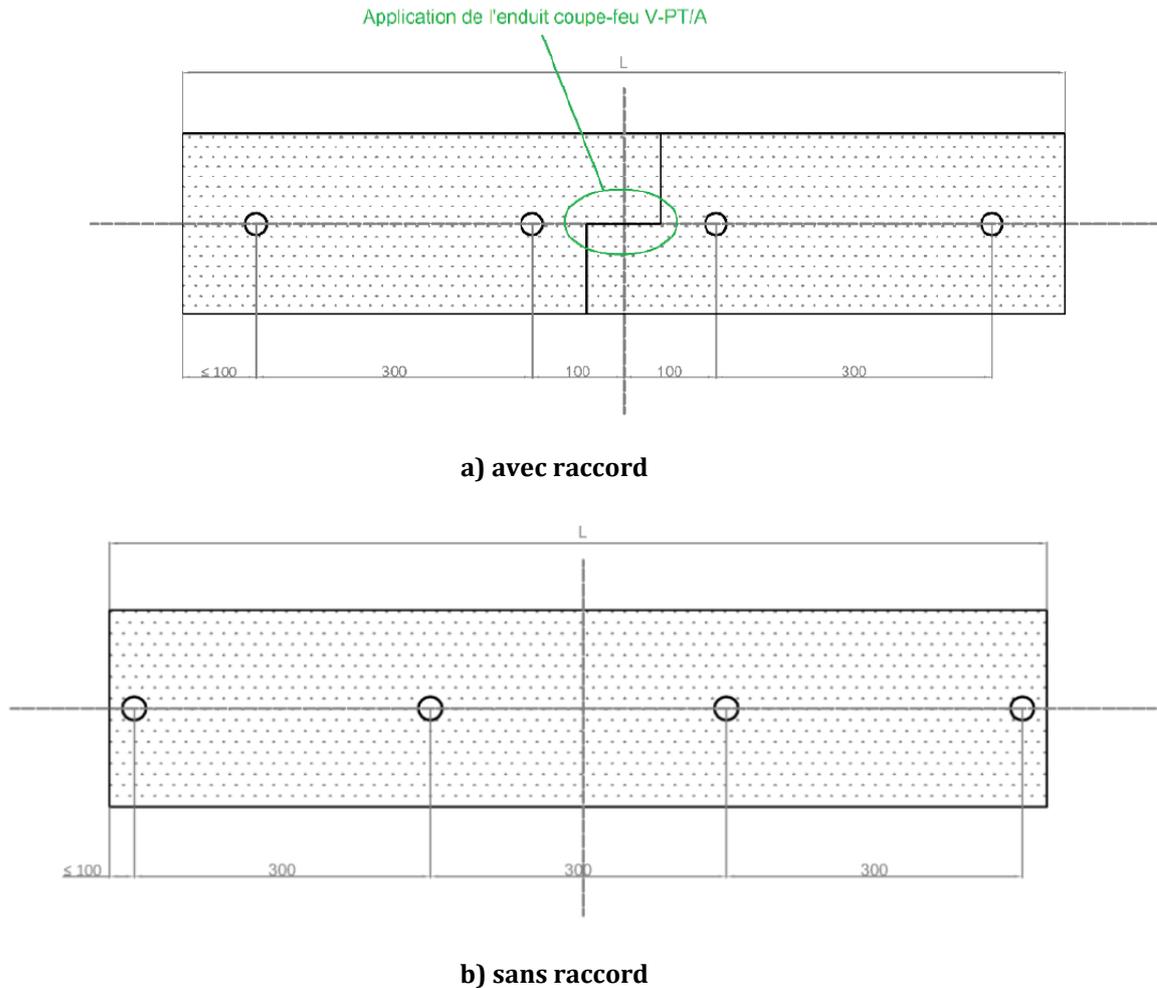


Figure 29 — Position des ancrages dans la bande isolante avec ou sans raccord

8.2.1.2 Protection de l'isolant

La protection de la bande isolante peut être constituée par un capot PVC, non obligatoire, en partie supérieure. La mise en place du capot ne modifie pas le classement au feu de l'isolant (Paragraphe 5.2 du PV EFR-20-000692).

En plus de l'enduction côté voile, il convient de prévoir un cordon de colle continu :

- à l'axe en tête des bandes isolantes ;
- à 50 mm à partir de la face exposée au feu ;
- sur le retour du capot PVC en tête, à mi-hauteur.

Ces points sont rappelés sur la Figure 30.

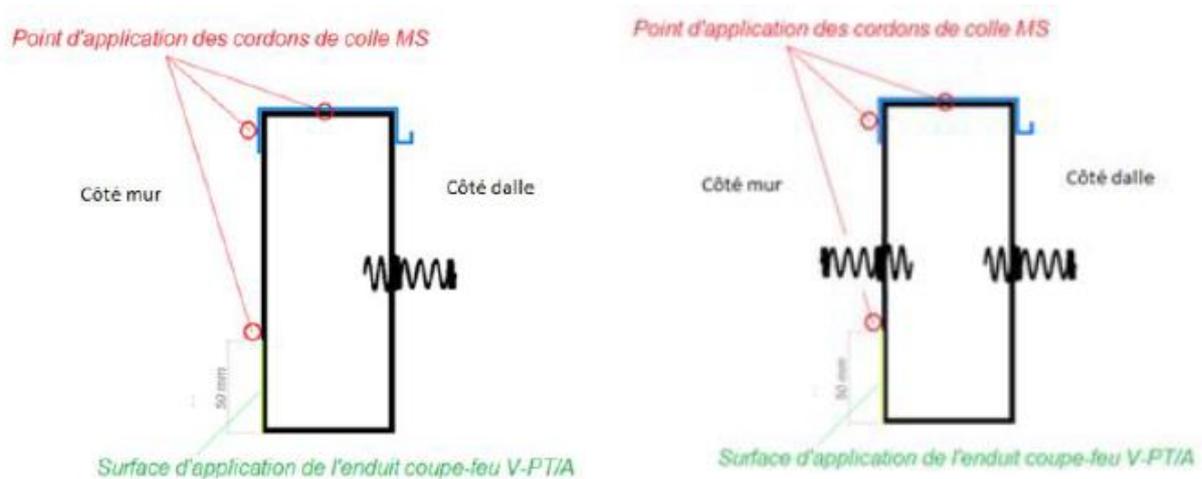


Figure 30 — Mise en œuvre de la colle en cas d'utilisation de capot PVC

8.2.2 Fixation

La fixation de l'isolant, par ancrage queue de cochon, à la dalle est obligatoire. Les fixations sont installées à mi-hauteur de la bande isolante en respectant :

- un entraxe maximum de 300 mm par panneau ;
- un départ maximum de 100 mm du bord ou du raccord,

Soit un nombre minimal de 3 (bande jusqu'à 80 cm de longueur sans raccord) à 4 fixations par bande isolante.

Ces points sont rappelés sur les Figure 28 et Figure 29.

Pour les voiles de façade arasé en sous-face de dalle (Article 8.2.4.1) et au droit des balcons, il convient de fixer des ancrages de chaque côté de l'isolant (Cas 2 - Figure 28).

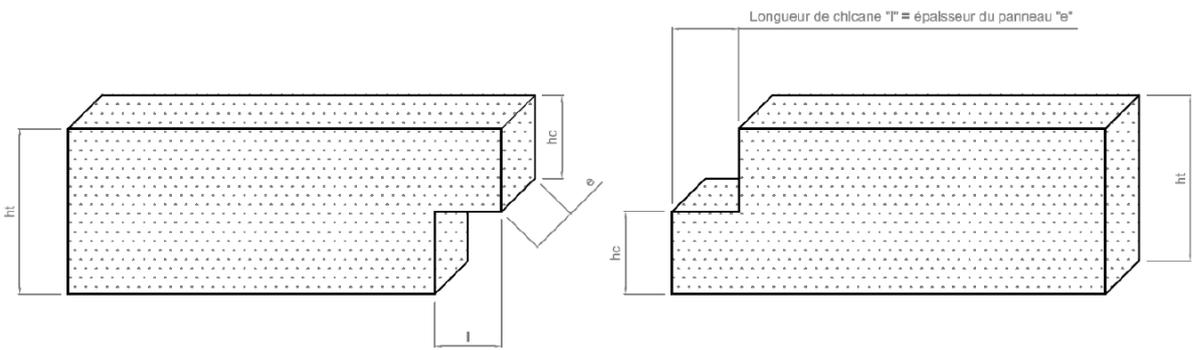
Pour les solutions avec réservations (paragraphe 8.2.4.2) et armatures à déplier (paragraphe 8.2.4.3), l'ancrage est fixé côté dalle (Cas 1 - Figure 28) et il convient de prévoir un cordon de colle continu à 50 mm à partir de la face exposée au feu côté mur.

8.2.3 Principe de raccords

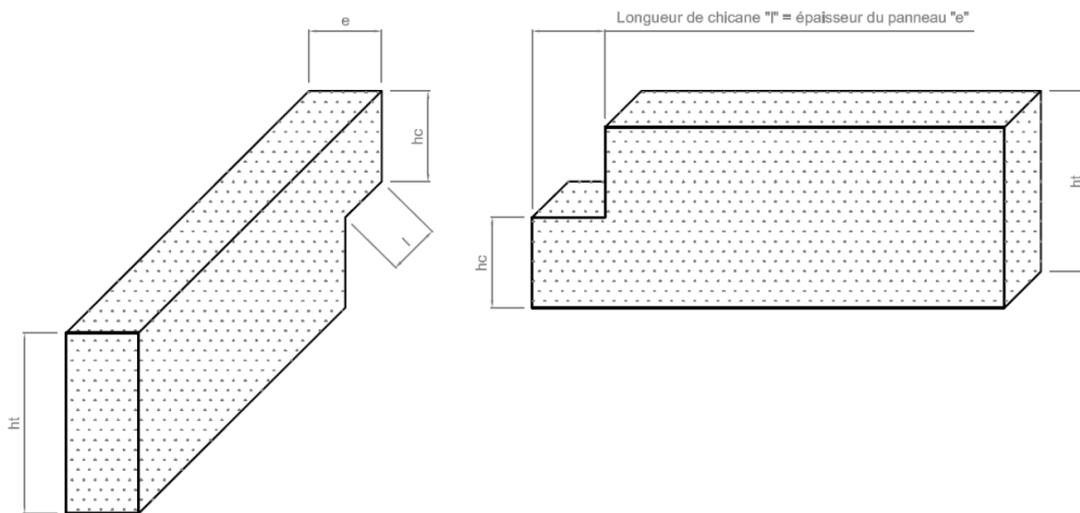
Les raccords droits (a) et (b) en angle sont traités selon les prescriptions ci-après :

- la longueur de la feuilure est égale à l'épaisseur de la bande isolante ;
- la hauteur de la feuilure est égale à la demi-hauteur de l'isolant.

Ces points sont rappelés sur la **Figure 31**.



a) droit



b) en angle

Légende :

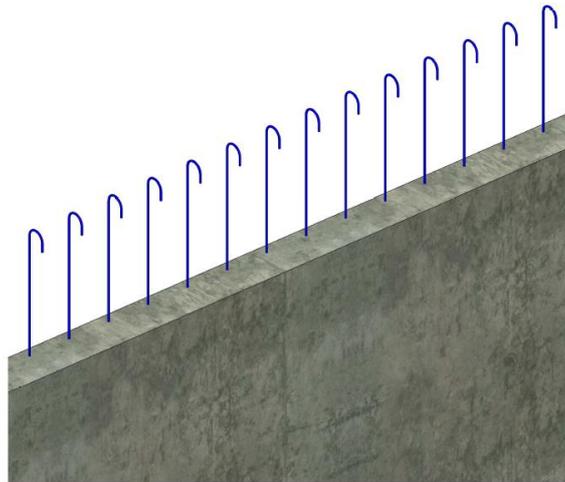
- e : épaisseur de la bande isolante
- ht : hauteur de la bande isolante
- l : longueur de la feuillure
- hc : hauteur de la feuillure

Figure 31 — Raccords droits et en angle

8.2.4 Méthodologie des solutions

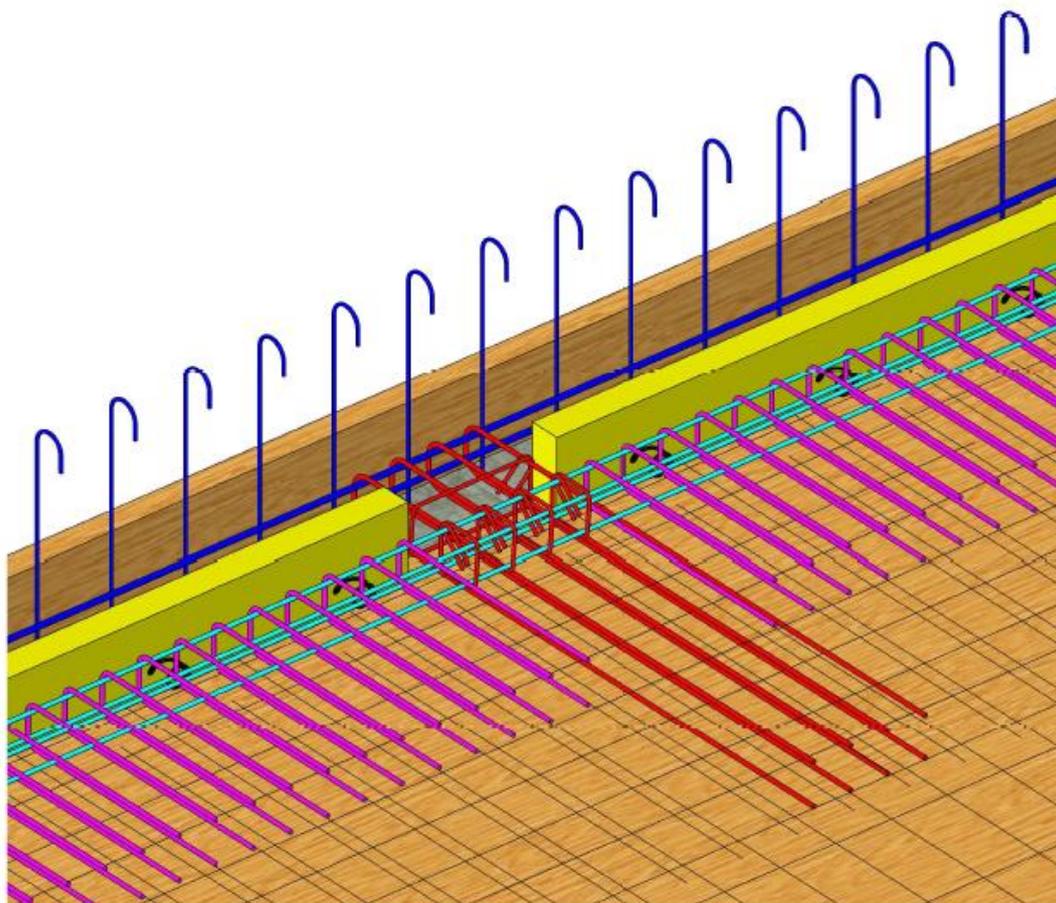
8.2.4.1 Voile de façade arasé en sous-face de dalle

- mise en place du coffrage et ferrailage du voile ;
- bétonnage du voile jusqu'à l'arase inférieure de dalle ;

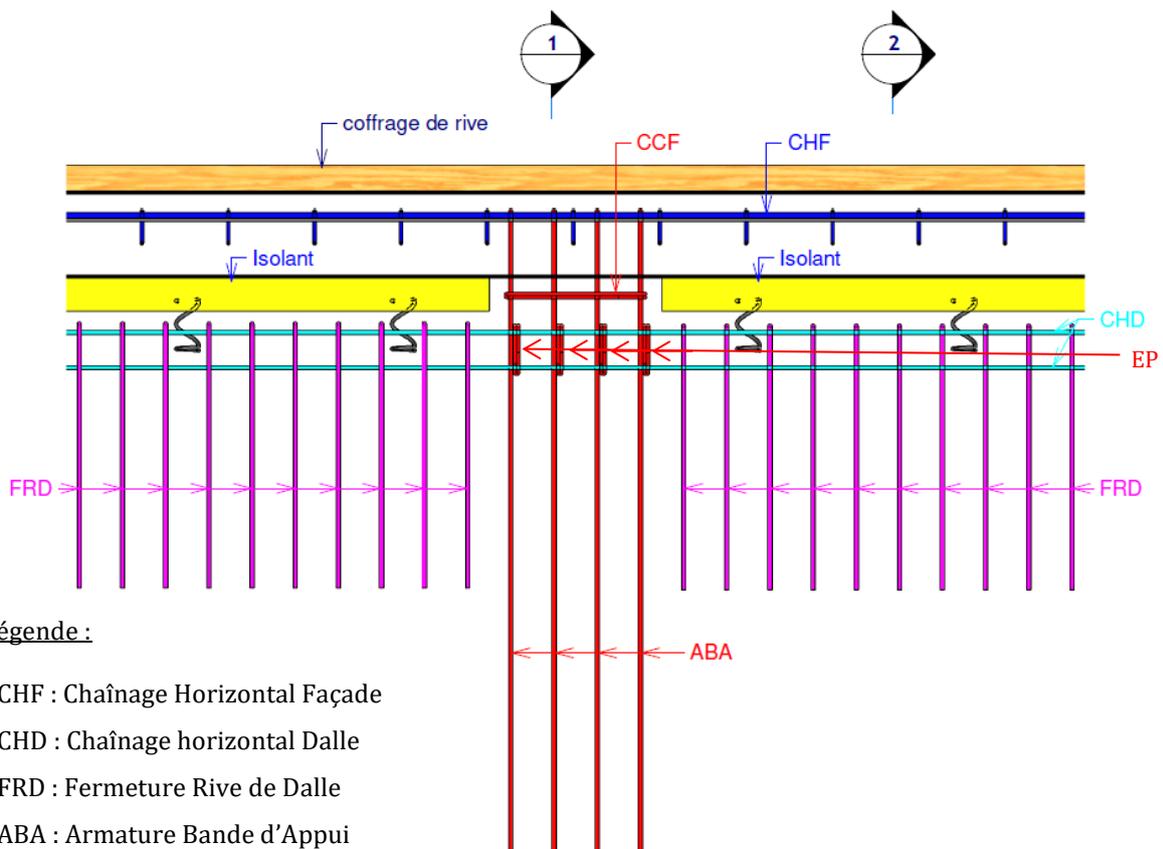


**Figure 32 — Solution 1 - Voile arasé en sous-face de dalle :
Bétonnage du voile jusqu'à l'arase inférieure de la dalle - Vue 3D**

- mise en place du coffrage de la rive de dalle et du plancher ;
- ferrailage de la façade et du plancher :
 - chaînage horizontal dans les façades [CHF] ;
 - armatures des bandes d'appui de jonction avec la façade [ABA] ;
 - cadre de confinement dans l'épaisseur de la bande d'appui [CCF] ;
 - chaînage horizontal en rive de dalle intérieure [CHD] ;
 - aciers de fermeture de la rive de dalle intérieure [RD] ;
 - chaque croisement entre les armatures des bandes d'appui et les armatures du chaînage horizontal de rive de dalle [CHD] sera muni d'une épingle HA 8 perpendiculaire au plan du plancher ;
- Pose des bandes isolantes selon l'Article 8.2. Les bandes ne peuvent pas empiéter en épaisseur de plus de 1 cm dans le mur. Cette exigence de pénétration doit figurer sur le plan d'exécution ;



**Figure 33 — Solution 1 - Voile arasé en sous-face de dalle :
Exemple de dispositions de ferrailage - Vue 3D**

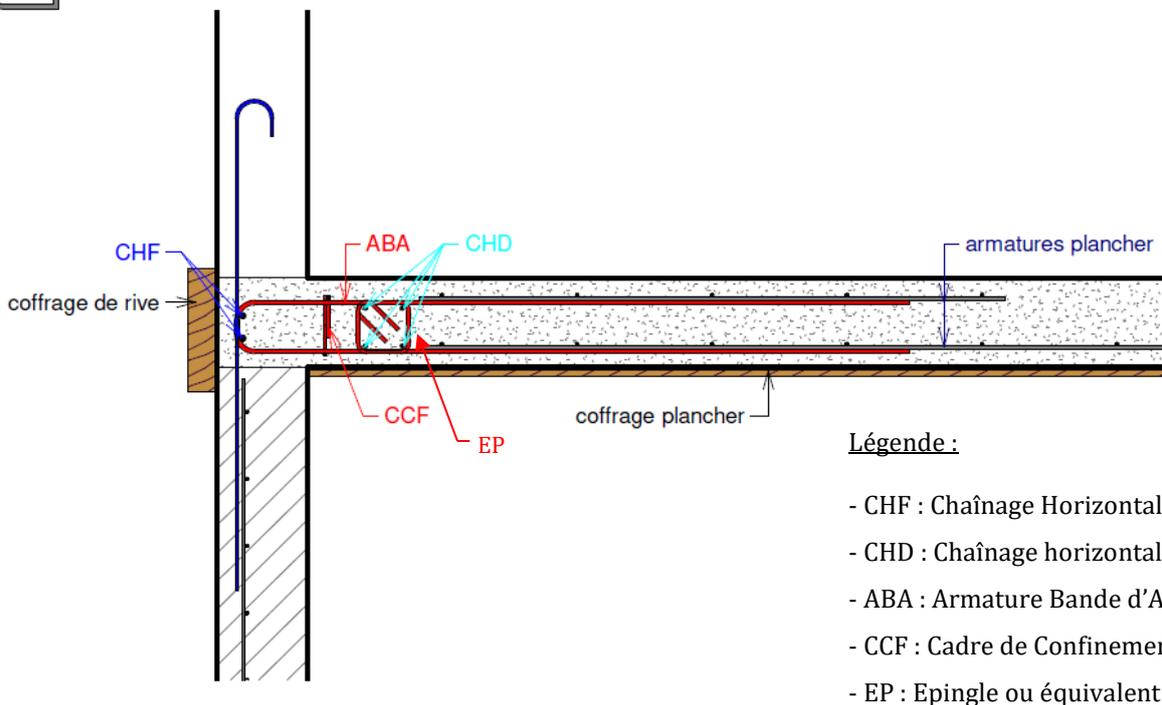


Légende :

- CHF : Chaînage Horizontal Façade
- CHD : Chaînage horizontal Dalle
- FRD : Fermeture Rive de Dalle
- ABA : Armature Bande d'Appui
- CCF : Cadre de Confinement
- EP : Epingle ou équivalent

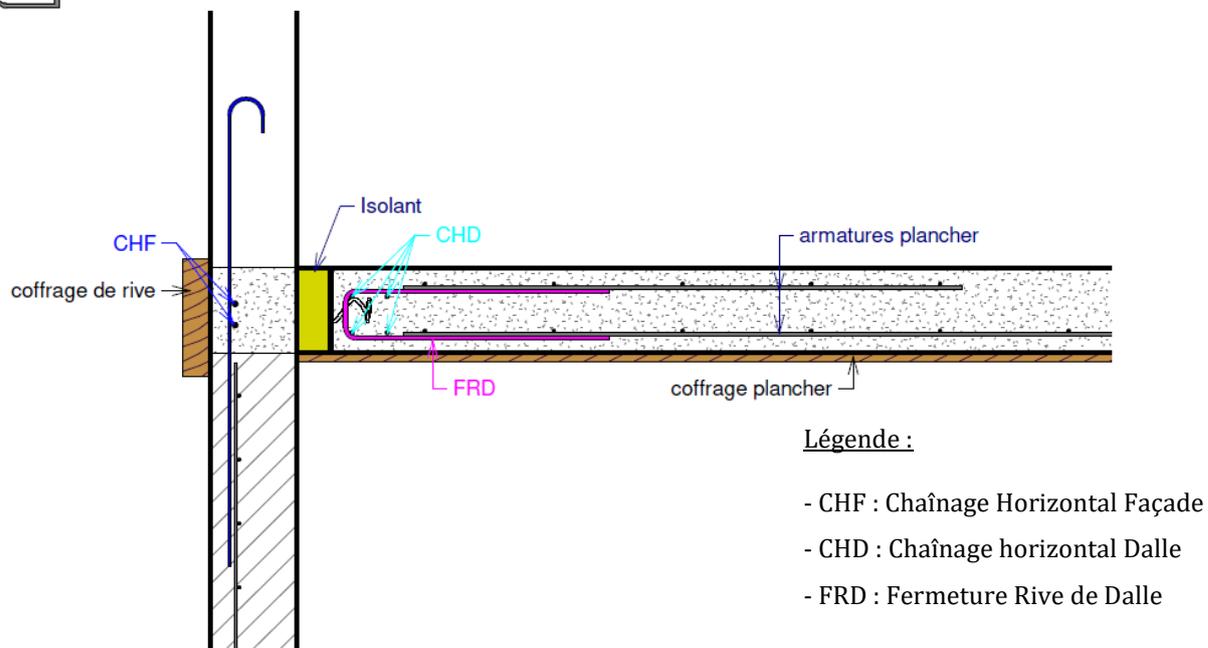
**Figure 34 — Solution 1 - Voile arasé en sous-face de dalle :
Exemple de dispositions de ferrailage - Vue en plan**

1 Phase 2 - Coupe sur liaison



**Figure 35 — Solution 1 – Voile arasé en sous-face de dalle :
Exemple de dispositions de ferrailage – Coupe sur bande d'appui**

2 Phase 2 - Coupe entre liaison



**Figure 36 — Solution 1 – Voile arasé en sous-face de dalle :
Exemple de dispositions de ferrailage – Coupe sur bande isolante**

- Bétonnage de la dalle de plancher.

8.2.4.2 Réservations au droit des bandes d'appui - Empochement

- mise en place du coffrage et ferrailage du voile ;
- bétonnage du voile de façade jusqu'au niveau de l'arase supérieure du plancher, avec les réservations au droit des bandes d'appui. Les réservations ont une profondeur de 10 cm minimum ;
- décoffrage des réservations au droit des bandes d'appui ;

 Phase 1 - Vue 3D

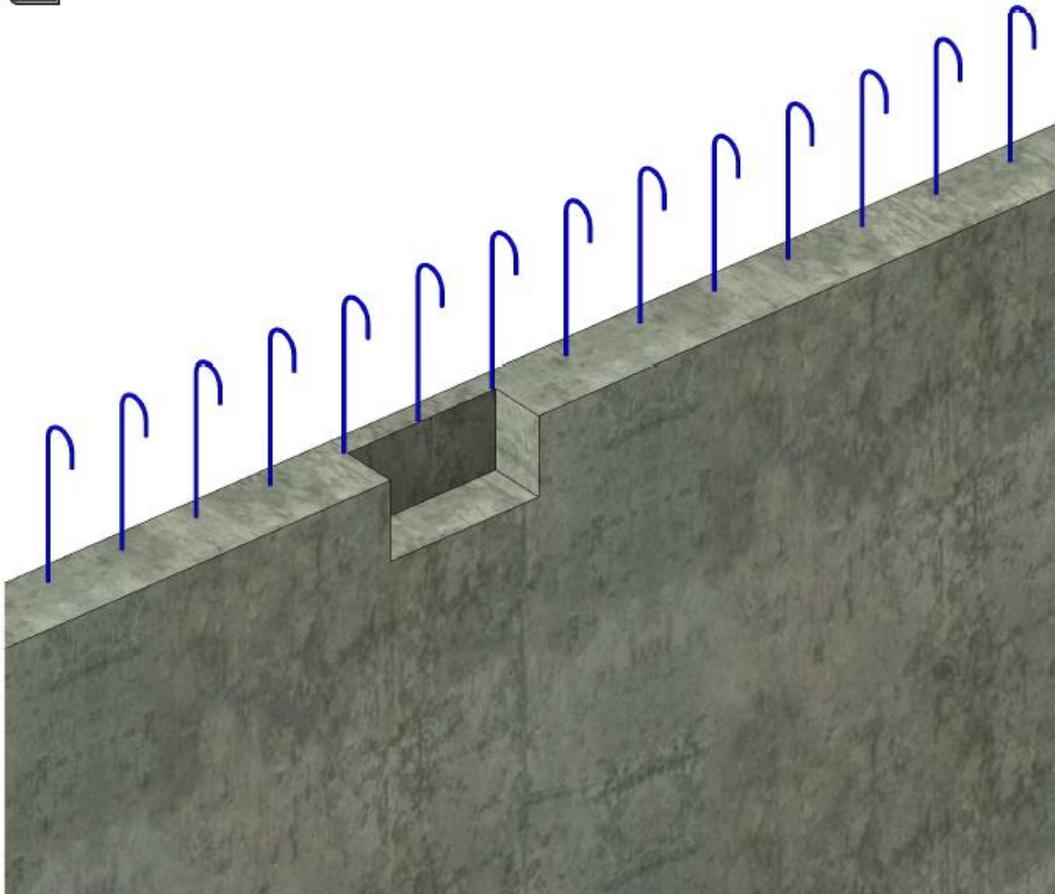
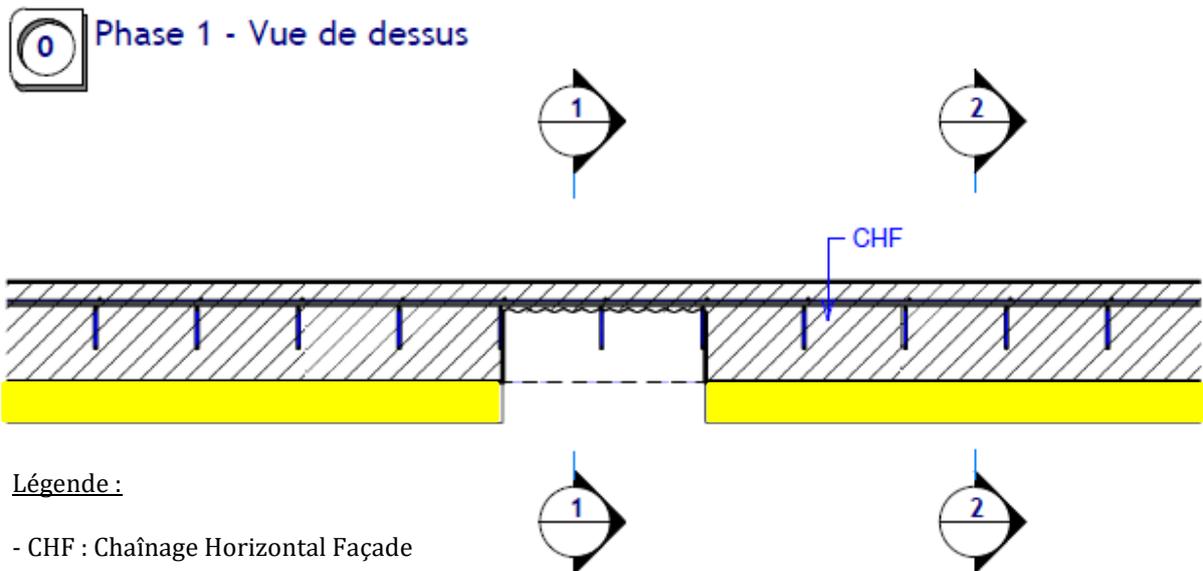
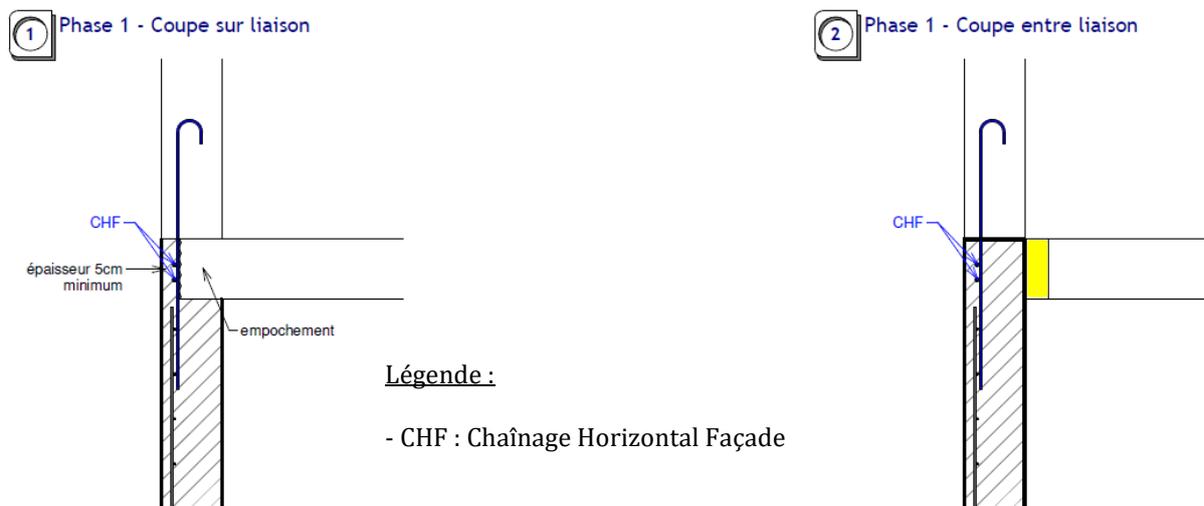


Figure 37 — Solution 2 - Réservations au droit des bandes d'appui : Dispositions de ferrailage du voile avant coffrage et ferrailage du plancher - Vue 3D



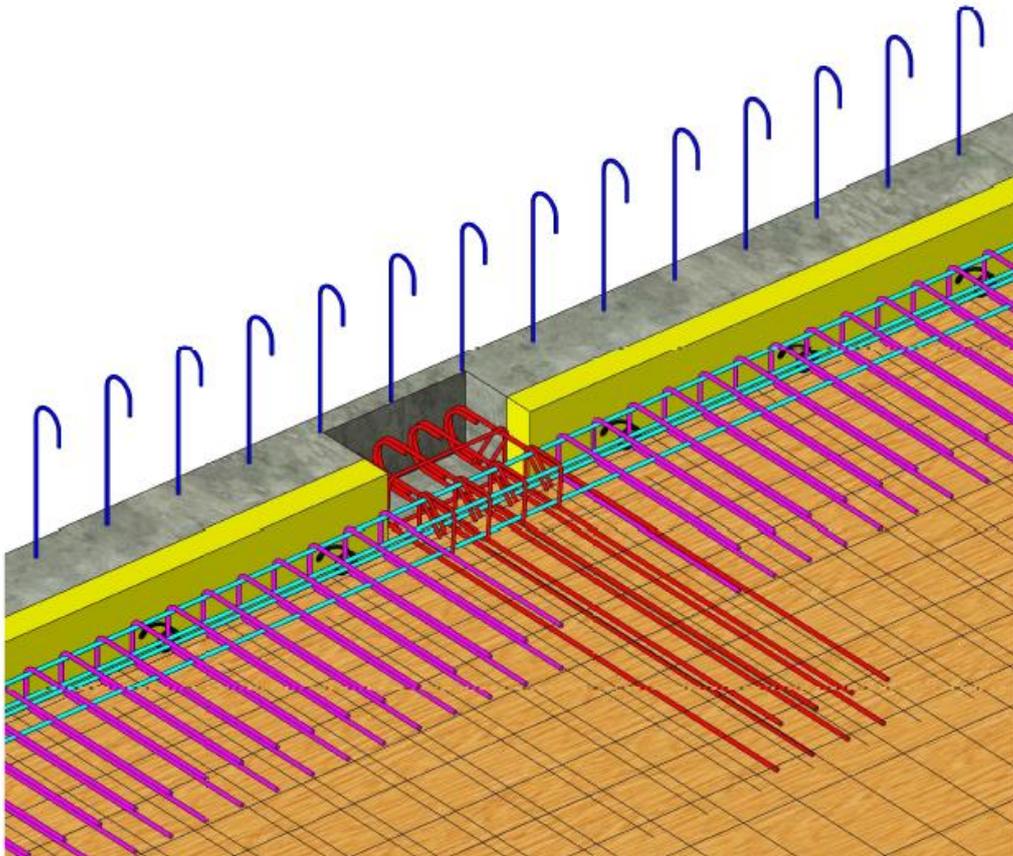
**Figure 38 — Solution 2 – Réservations au droit des bandes d'appui :
Dispositions de ferrailage du voile avant coffrage et ferrailage du plancher – Vue en plan**



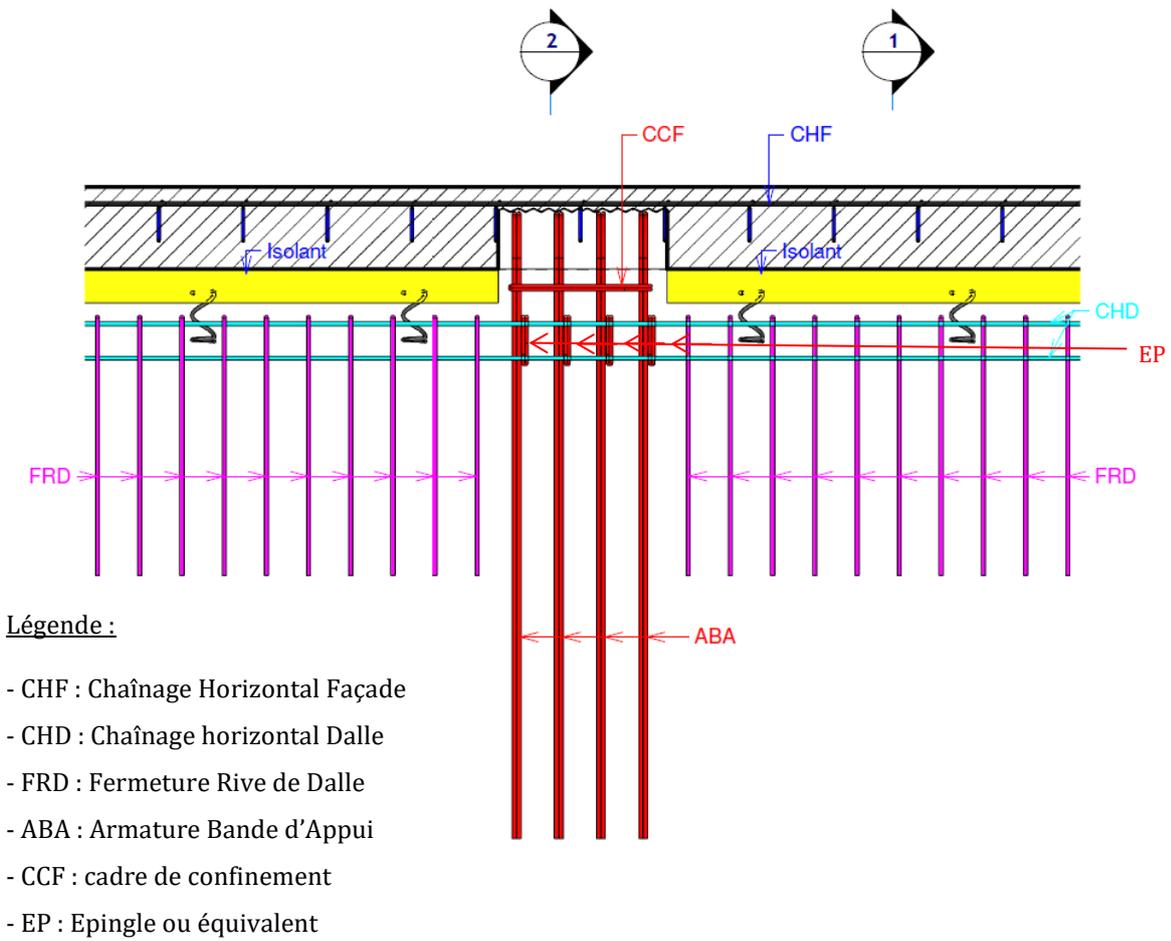
**Figure 39 — Solution 2 – Réservations au droit des bandes d'appui :
Dispositions de ferrailage du voile avant coffrage et ferrailage du plancher – Coupes
verticales sur bande d'appui et bande isolante**

- mise en place du coffrage du plancher ;
- traitement de la reprise de bétonnage ;
- ferrailage du plancher :
 - armatures des bandes d'appui de jonction avec la façade [ABA].
Les crosses des armatures des bandes d'appui de jonction avec la façade [ABA] doivent être positionnées dans le fond de l'empochement ;
 - cadre de confinement dans l'épaisseur de la bande d'appui [CCF] ;
 - chaînage horizontal en rive de dalle intérieure [CHD] ;
 - aciers de fermetures de la rive de dalle intérieure [FRD] ;

- chaque croisement entre les armatures des bandes d'appui et les armatures du chaînage horizontal de rive de dalle [CHD] sera muni d'une épingle HA 8 ou équivalent [EP] perpendiculaire au plan du plancher ;
- pose des bandes isolantes selon l'Article 8.2 ;



**Figure 40 — Solution 2 - Réservations au droit des bandes d'appui :
Exemples de dispositions de ferrailage - Vue 3D**



**Figure 41 — Solution 2 - Réservations au droit des bandes d'appui :
Exemples de dispositions de ferrailage - Vue en plan**

1 Phase 2 - Coupe entre liaison

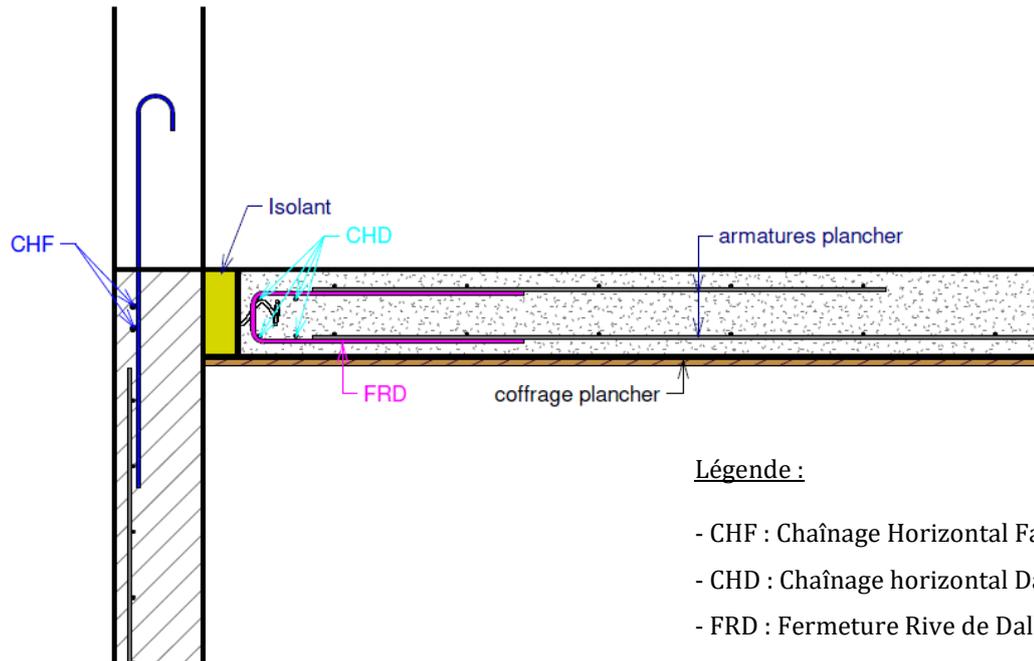


Figure 42 — Solution 2 – Réservations au droit des bandes d'appui : Exemples de dispositions de ferrailage – Coupe sur bande d'appui

2 Phase 2 - Coupe sur liaison

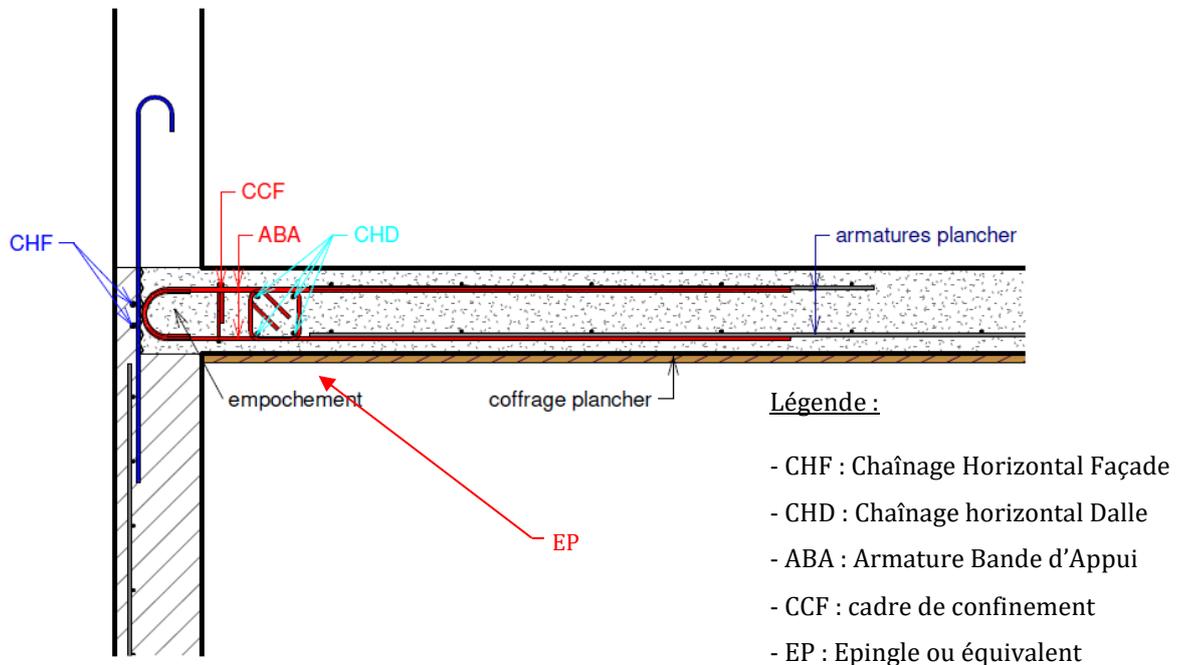


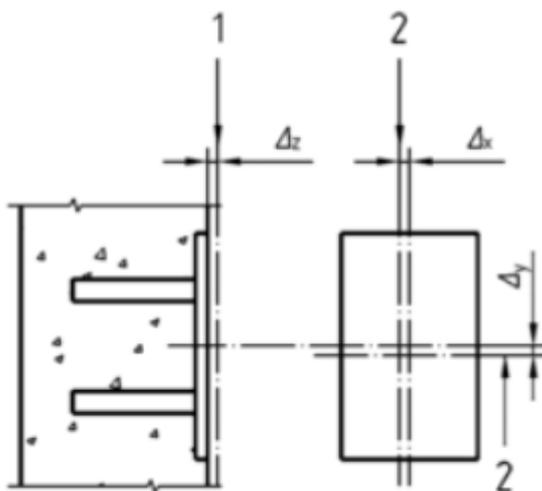
Figure 43 — Solution 2 – Réservations au droit des bandes d'appui : Exemples de dispositions de ferrailage – Coupe sur bande isolante

- bétonnage de la dalle de plancher.

8.2.4.3 Aciers à déplier

Les aciers utilisés sont certifiés AFCAB (procédure E4) pour leur aptitude au pliage redressage.

- coffrage et ferrailage du voile de façade :
 - chaînage horizontal dans les façades [CHF] ;
 - boîtes d'attente et armatures à déplier (armatures des bandes d'appui de jonction avec la façade) [ABA]. Pour garantir la liaison entre les éléments, le bon positionnement de la boîte d'attente doit être assurée. Les tolérances de positionnement sont données en Figure 44.



Écart en plan :
 $\Delta_x, \Delta_y = \pm 20 \text{ mm}$

Écart en profondeur :
 $\Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$

Légende :

- 1 Position en profondeur
- 2 Position en plan

Figure 44 — Tolérances de positionnement de la boîte d'attente

- ferrailage du voile ;
- bétonnage du voile jusqu'au niveau de l'arase supérieure du plancher ;

Phase 1 - Vue 3D

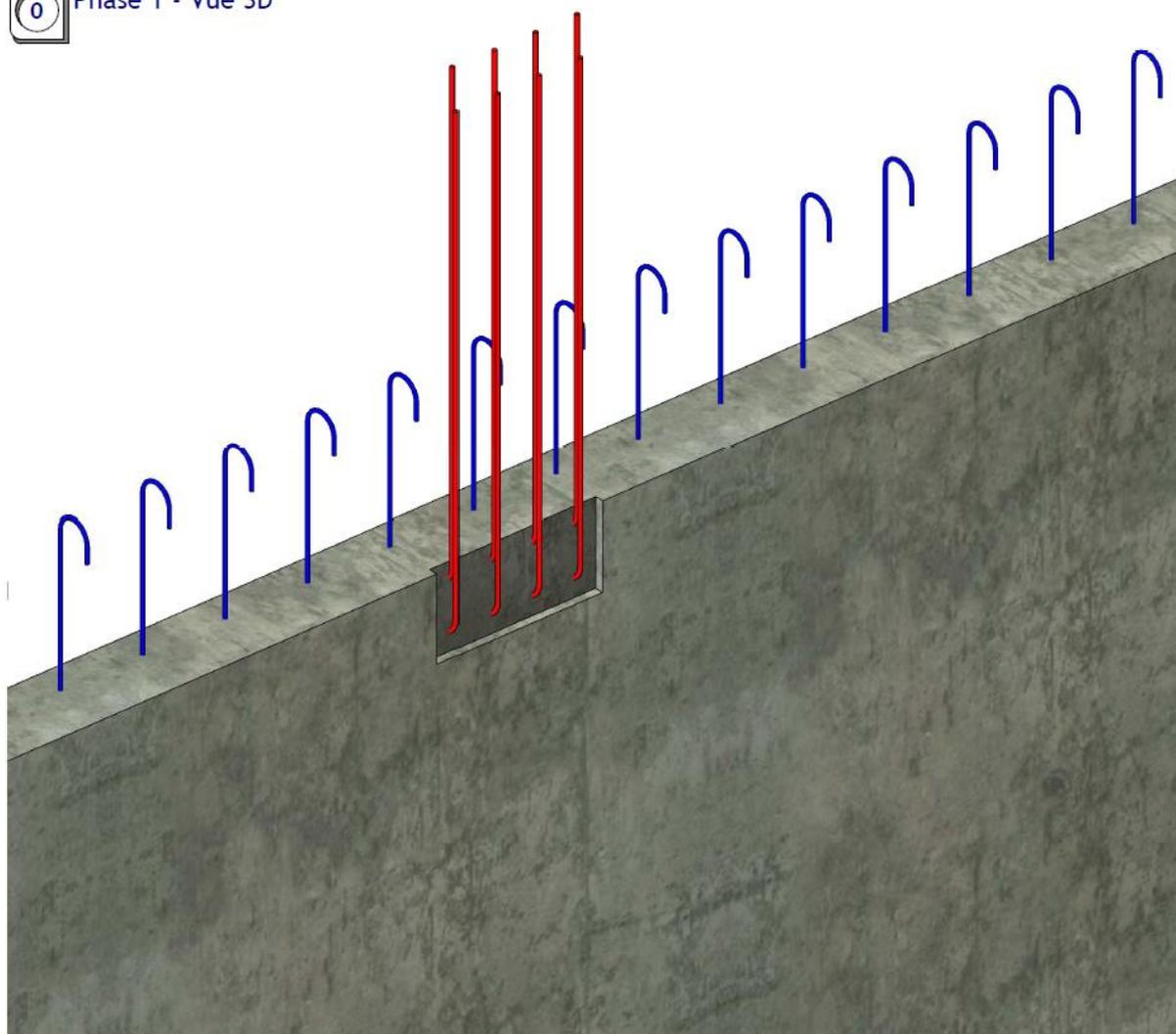


Figure 45 — Solution 3 - Aciers à déplier :
Dispositions de ferrailage du voile avant coffrage et ferrailage du plancher - Vue en 3D

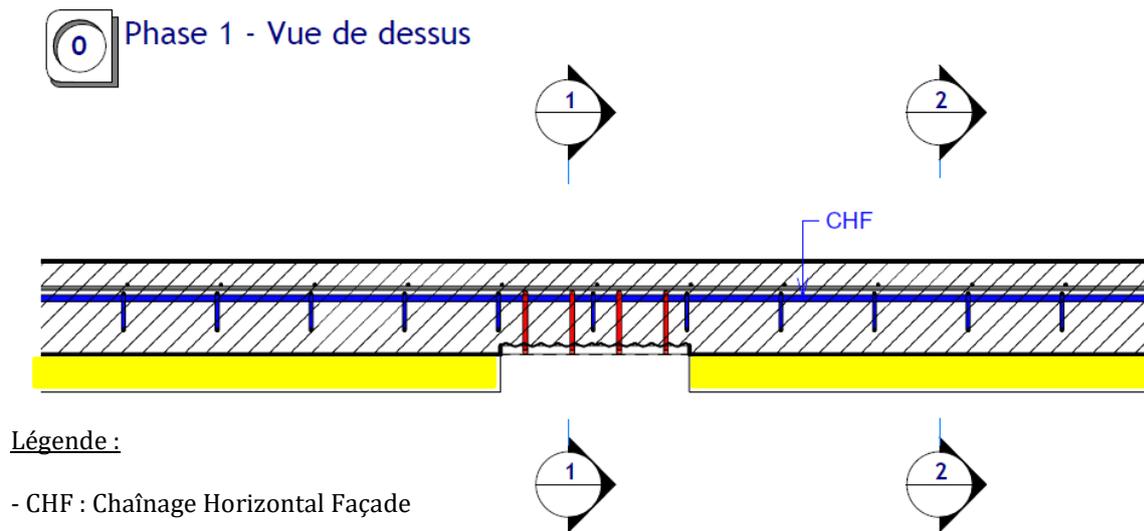


Figure 46 — Solution 3 – Aciers à déplier :
Dispositions de ferrailage du voile avant coffrage et ferrailage du plancher – Vue en plan

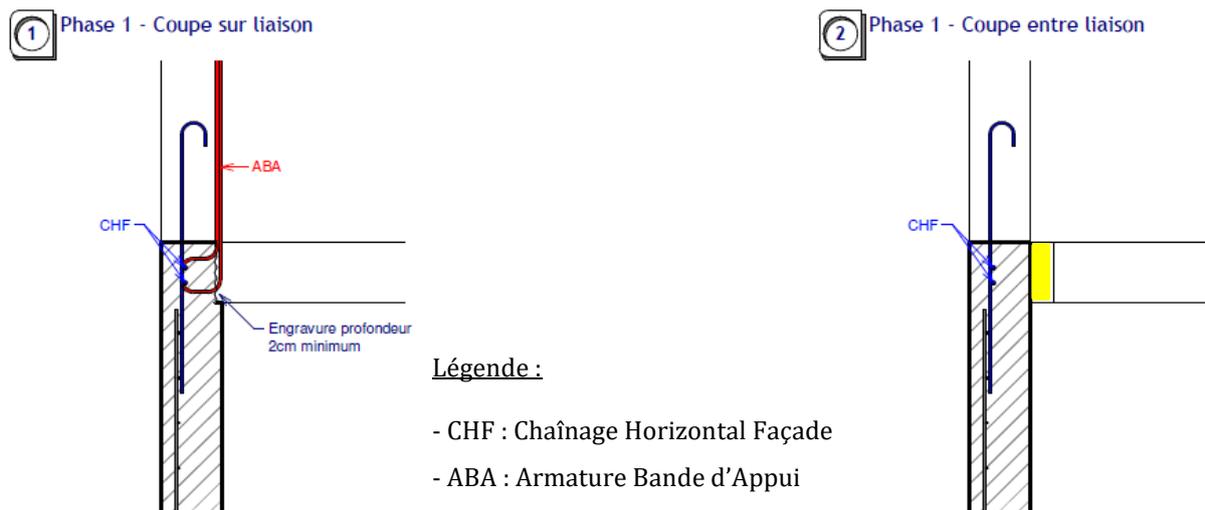
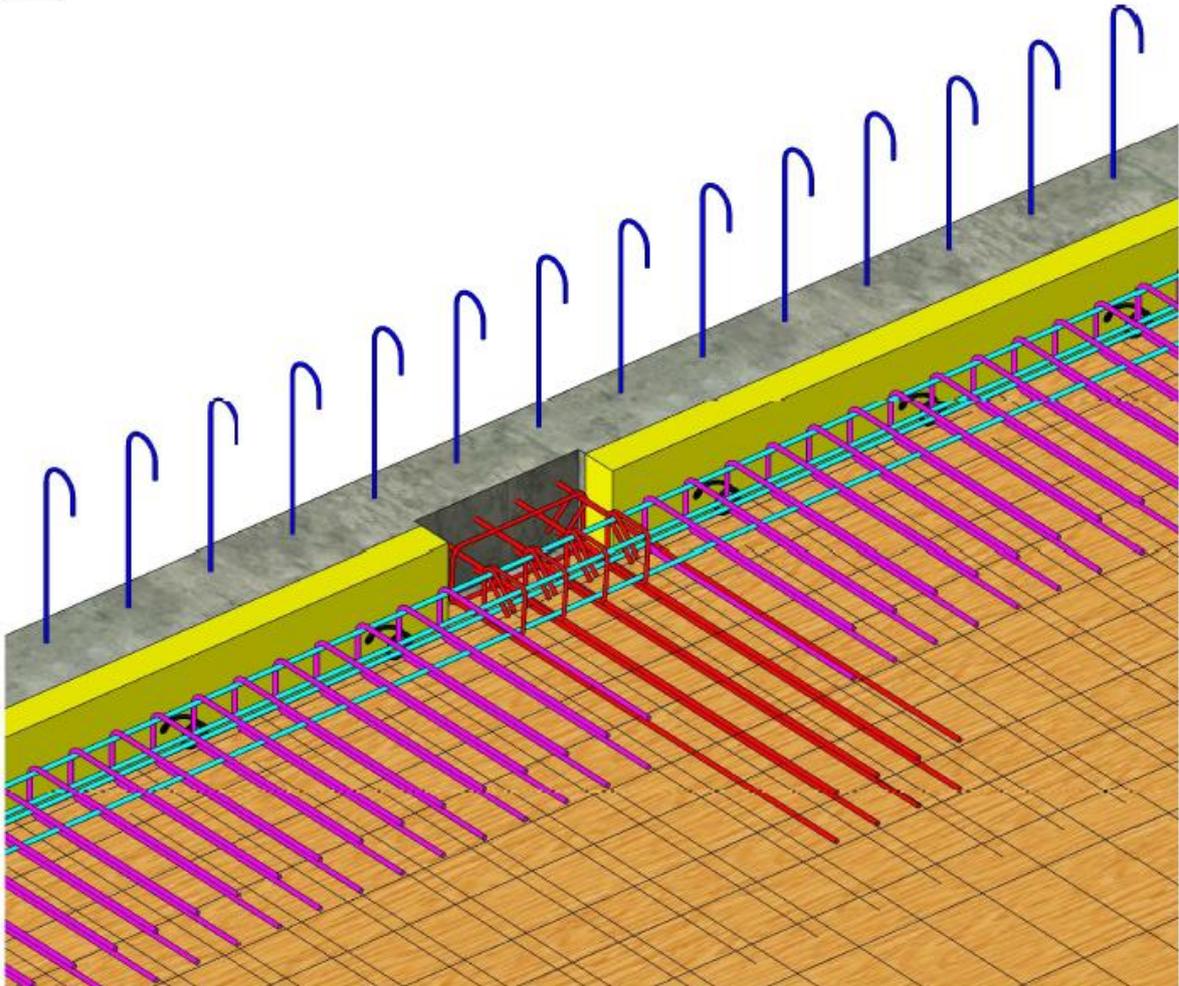


Figure 47 — Solution 3 – Aciers à déplier :
Dispositions de ferrailage du voile avant coffrage et ferrailage du plancher – Coupes verticales sur bande d'appui et bande isolante

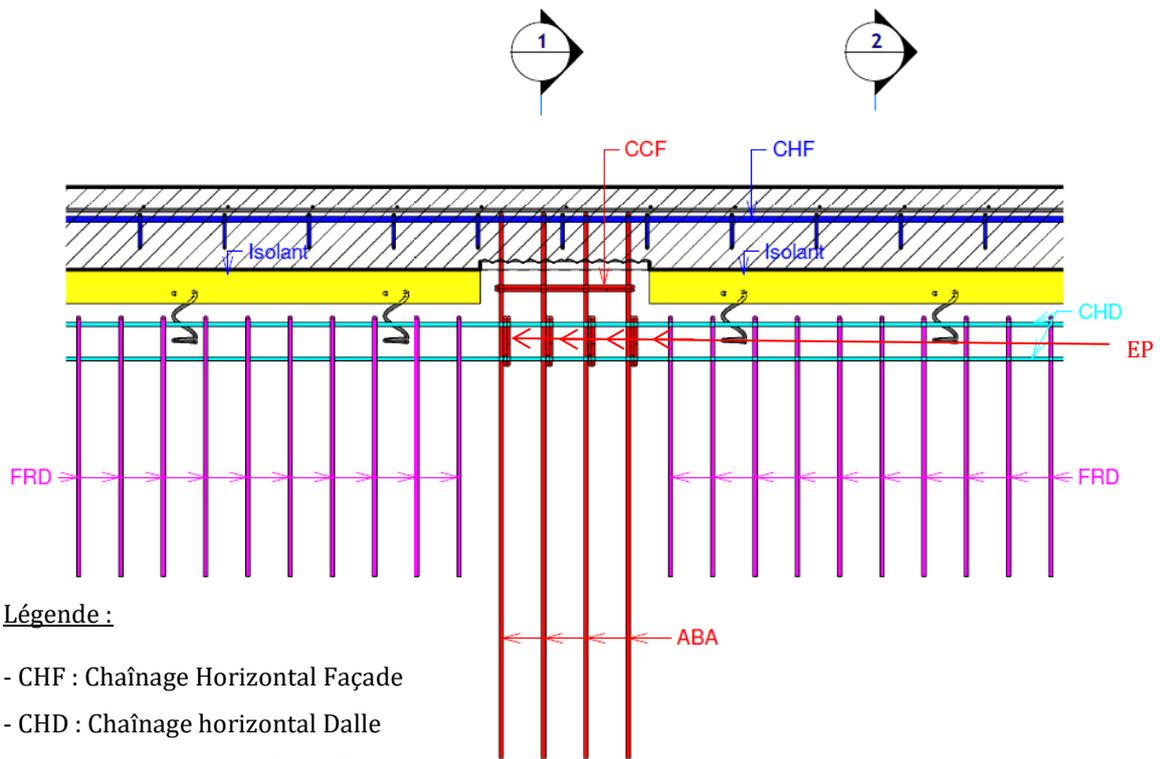
- mise en place du coffrage du plancher ;
- traitement de la reprise de bétonnage ;
- redressement des armatures en attente (armatures de bandes d'appui de jonction avec la façade) ;
- cadre de confinement dans l'épaisseur de la bande d'appui [CCF] ;
- ferrailage du plancher :
 - chaînage horizontal en rive de dalle intérieure [CHD] ;
 - aciers de fermeture de la rive de dalle intérieure [FRD] ;

- chaque croisement entre les armatures des bandes d'appui et les armatures du chaînage horizontal de rive de dalle [CHD] sera muni d'une épingle HA 8 perpendiculaire au plan du plancher ;
- pose des bandes isolantes selon l'Article 8.2 ;

0 Phase 2 - Vue 3D



**Figure 48 — Solution 3 - Aciers à déplier :
Exemple de dispositions de ferrailage - Vue en plan**

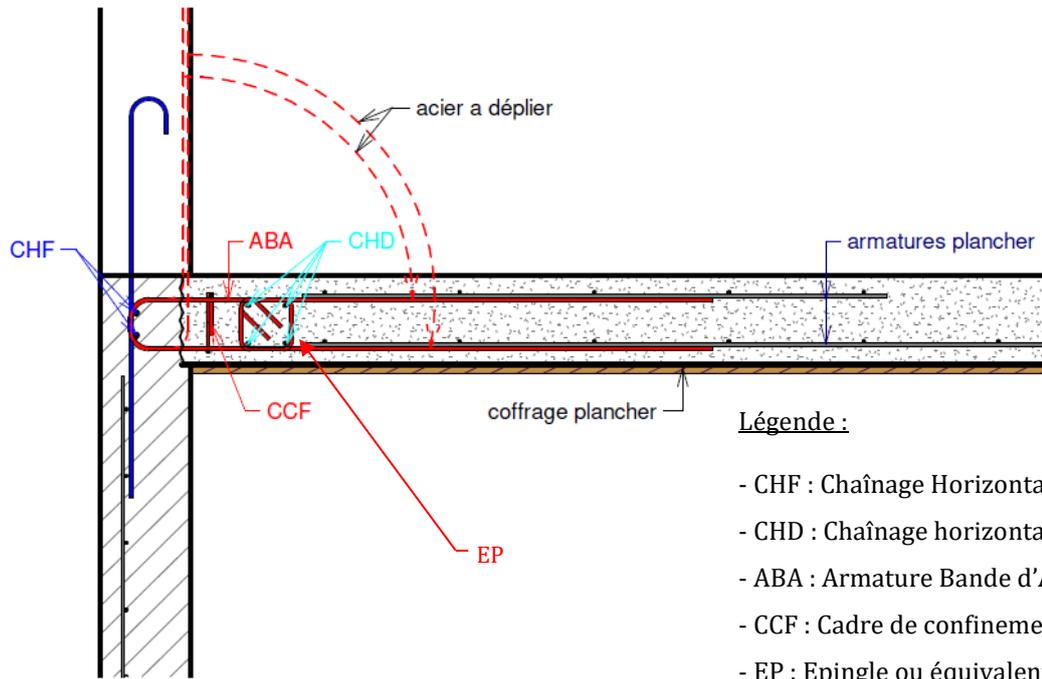


Légende :

- CHF : Chaînage Horizontal Façade
- CHD : Chaînage horizontal Dalle
- FRD : Fermeture Rive de Dalle
- ABA : Armature Bande d'Appui
- CCF : Cadre de Confinement
- EP : Epingle ou équivalent

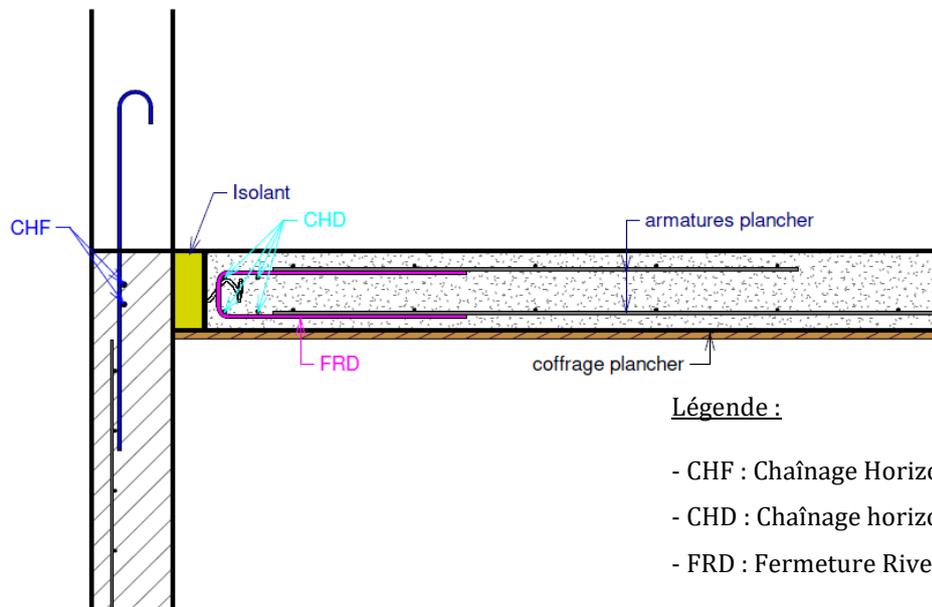
**Figure 49 — Solution 3 - Aciers à déplier :
Exemple de dispositions de ferrailage - Vue en plan**

1 Phase 2 - Coupe sur liaison



**Figure 50 — Solution 3 - Aciers à déplier :
Exemples de dispositions de ferrailage - Coupe sur bande d'appui**

2 Phase 2 - Coupe entre liaison



**Figure 51 — Solution 3 - Aciers à déplier :
Exemples de dispositions de ferrailage - Coupe sur bande isolante**

- bétonnage de la dalle de plancher.

Annexe A (informative)

Exemples de dispositions validant les objectifs acoustiques

A.1 Hypothèses de calcul

Les systèmes constructifs considérés sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau A.1 — Tableau d'hypothèses de dispositions constructives

Éléments constructifs	Nature	Épaisseur	Performance acoustique
Plancher	Béton armé	200 mm	$R_w + C = 58 \text{ dB}$ $L_{n,W} = 71 \text{ dB}$
		230 mm	$R_w + C = 63 \text{ dB}$ $L_{n,W} = 70 \text{ dB}$
Revêtement	Chape flottante	50 mm + résilient	$\Delta R_w + C = 4 \text{ dB}$ $\Delta L_w = 19 \text{ dB}$
	Sol souple	X	$\Delta R_w + C = 0 \text{ dB}$ $\Delta L_w = 18 \text{ dB}$
	Carrelage sur résilient	X	$\Delta R_w + C = -2 \text{ dB}$ $\Delta L_w = 18 \text{ dB}$
Façade	Béton armé	160 mm	$R_w + C = 56 \text{ dB}$
Doublage façade	PSE élastifié + BA13 collé par plot	PSE élastifié 80 mm + BA13	$\Delta R_w + C = 10 \text{ dB}$ sur béton armé
Cloisons intérieures	Cloison alvéolaire	50 mm	$R_w + C = 29 \text{ dB}$

A.2 Bâtiments de logement

Tableau A.2 — Exemple de configuration validant les exigences acoustiques entre pièces principales de logement

Configuration entre pièces principales de logements $D_{nT,W} + C \geq 53 \text{ dB}$ et $L'_{nT,W}$ et $L'_{nT,W} + C_{i_{50-2500}} \leq 55 \text{ dB}^*$	
Éléments constructifs	Description des systèmes constructifs permettant de respecter les objectifs**
Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ ***	DTPTiS en laine de roche 200 mm d'épaisseur et 60 mm de largeur doublé au moins d'un côté
Plancher	Plancher en béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 200 mm
Traitement en sous-face du plancher	Aucun traitement
Revêtement de sol	Chape sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$
	Carrelage sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$ et un $\Delta R_W + C = -2 \text{ dB}$
	Revêtement de sol souple possédant un $\Delta L_W \geq 18 \text{ dB}$
Façade	Béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 160 mm
Doublage	Doublage en PSE élastifié d'épaisseur supérieure ou égale à 80 mm + BA13 collé par plots
<p>* ces objectifs correspondent à la certification NF Habitat. Les objectifs réglementaires sont moins contraignants. ** pour des locaux superposés d'une hauteur sous plafond $\geq 2,5 \text{ m}$ et à des locaux d'une surface au sol $\geq 9 \text{ m}^2$ *** le doublage de façade doit masquer le DTPTiS au moins d'un côté du plancher (recouvrement $\geq 2 \text{ cm}$)</p>	

Tableau A.3 — Exemple de configuration validant les exigences acoustiques entre pièces principales de logement et garage

Configuration entre pièces principales de logements et garage $D_{nT,W} + C \geq 55 \text{ dB}$ et $L'_{nT,W}$ et $L'_{nT,W} + Ci_{50-2500} \leq 58 \text{ dB}^*$	
Éléments constructifs	Description des systèmes constructifs permettant de respecter les objectifs**
Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ ***	DTPTiS en laine de roche 200 mm d'épaisseur et 60 mm de largeur doublé au moins d'un côté
Plancher	Plancher en béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 230 mm
Traitement en sous-face du plancher	Isolation thermique possédant un $\Delta(R_w+C) \geq 0$
Revêtement de sol	Chape sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$
	Carrelage sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$ et un $\Delta R_w + C = -2 \text{ dB}$
	Revêtement de sol souple possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$
Façade	Béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 160 mm
Doublage	Doublage en PSE élastifié d'épaisseur supérieure ou égale à 80 mm + BA13 collé par plots
<p>* ces objectifs correspondent à la certification NF Habitat. Les objectifs réglementaires sont moins contraignants. ** pour des locaux superposés d'une hauteur sous plafond $\geq 2,5 \text{ m}$ et à des locaux d'une surface au sol $\geq 9 \text{ m}^2$ *** le doublage de façade doit masquer le DTPTiS au moins d'un côté du plancher (recouvrement $\geq 2 \text{ cm}$)</p>	

Tableau A.4 — Exemple de configuration validant les exigences acoustiques entre pièces principales de logement et local d'activité

Configuration entre pièces principales de logements et local d'activité $D_{nT,W} + C \geq 58 \text{ dB}$ et $L'_{nT,W}$ et $L'_{nT,W} + Ci_{50-2500} \leq 55 \text{ dB}^*$	
Éléments constructifs	Description des systèmes constructifs permettant de respecter les objectifs**
Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ ***	DTPTiS en laine de roche ≥ 200 mm d'épaisseur et 60 mm de largeur doublé au moins d'un côté
Plancher	Plancher en béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 250 mm
Traitement en sous-face du plancher	Isolation thermique possédant un $\Delta(R_w+C) \geq 0$
Revêtement de sol	Chape sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$
	Revêtement de sol souple possédant un $\Delta L_W \geq 18 \text{ dB}$
Façade	Béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 160 mm
Doublage	Doublage en PSE élastifié d'épaisseur supérieure ou égale à 80 mm + BA13 collé par plots
<p>* ces objectifs correspondent à la certification NF Habitat. Les objectifs réglementaires sont moins contraignants. ** pour des locaux superposés d'une hauteur sous plafond $\geq 2,5$ m et à des locaux d'une surface au sol $\geq 9 \text{ m}^2$ *** le doublage de façade doit masquer le DTPTiS au moins d'un côté du plancher (recouvrement ≥ 2 cm)</p>	

A.3 Bâtiments d'hôtel

Tableau A.5 — Exemple de configuration validant les exigences acoustiques entre chambre d'hôtel

Configuration entre chambre $D_{nT,W} + C \geq 50 \text{ dB}$ et $L'_{nT,W} \leq 60 \text{ dB}^*$	
Éléments constructifs	Description des systèmes constructifs permettant de respecter les objectifs**
Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ ***	DTPTiS en laine de roche 200 mm d'épaisseur et 60 mm de largeur doublé au moins d'un côté
Plancher	Plancher en béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 200 mm
Traitement en sous-face du plancher	Aucun traitement
Revêtement de sol	Chape sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$
	Carrelage sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$ et un $\Delta R_W + C = -2 \text{ dB}$
	Revêtement de sol souple possédant un $\Delta L_W \geq 18 \text{ dB}$
Façade	Béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 160 mm
Doublage	Doublage en PSE élastifié d'épaisseur supérieure ou égale à 80 mm + BA13 collé par plots
<p>* ces objectifs correspondent à la réglementation en vigueur en France et équivalent au niveau C de la certification CERTIVEA HQE pour la configuration entre chambres voisines.</p> <p>** pour des locaux superposés d'une hauteur sous plafond $\geq 2,5 \text{ m}$ et à des locaux d'une surface au sol $\geq 9 \text{ m}^2$</p> <p>*** le doublage de façade doit masquer le DTPTiS au moins d'un côté du plancher (recouvrement $\geq 2 \text{ cm}$)</p>	

A.4 Bâtiments de bureaux

Tableau A.6 — Exemple de configuration validant les exigences acoustiques entre pièces bureaux

Configuration entre bureaux $D_{nT,W} + C \geq 40 \text{ dB}$ et $L'_{nT,W} \leq 60 \text{ dB}^*$	
Éléments constructifs	Description des systèmes constructifs permettant de respecter les objectifs**
Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ ***	DTPTiS en laine de roche 200 mm d'épaisseur et 60 mm de largeur
Plancher	Plancher en béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 200 mm
Traitement en sous-face du plancher	Aucun traitement
Revêtement de sol	Chape sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$
	Carrelage sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$ et un $\Delta R_W + C = -2 \text{ dB}$
	Revêtement de sol souple possédant un $\Delta L_W \geq 18 \text{ dB}$
Façade	Béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 160 mm
Doublage	Doublage en PSE élastifié d'épaisseur supérieure ou égale à 80 mm + BA13 collé par plots
<p>* ces objectifs correspondent au niveau PERFORMANT de la norme NFS31-080. ** pour des locaux superposés d'une hauteur sous plafond $\geq 2,5 \text{ m}$ et à des locaux d'une surface au sol $\geq 9 \text{ m}^2$ *** le doublage de façade doit masquer le DTPTiS au moins d'un côté du plancher (recouvrement $\geq 2 \text{ cm}$)</p>	

Tableau A.7 — Exemple de configuration validant les exigences acoustiques entre bureaux et salle de réunion/salle de formation

Configuration entre bureaux et salle de réunion/formation $D_{nT,W} + C \geq 45 \text{ dB}$ et $L'_{nT,W} \leq 60 \text{ dB}^*$	
Éléments constructifs	Description des systèmes constructifs permettant de respecter les objectifs**
Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ ***	DTPTiS en laine de roche 200 mm d'épaisseur et 60 mm de largeur
Plancher	Plancher en béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 200 mm
Traitement en sous-face du plancher	Aucun traitement
Revêtement de sol	Chape sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$
	Carrelage sur sous-couche acoustique mince possédant un $\Delta L_W \geq 19 \text{ dB}$ et un $\Delta R_W + C = -2 \text{ dB}$
	Revêtement de sol souple possédant un $\Delta L_W \geq 18 \text{ dB}$
Façade	Béton armé d'épaisseur supérieure ou égale à 160 mm
Doublage	Doublage en PSE élastifié d'épaisseur supérieure ou égale à 80 mm + BA13 collé par plots
<p>* ces objectifs correspondent au niveau PERFORMANT de la norme NFS31-080. ** pour des locaux superposés d'une hauteur sous plafond $\geq 2,5 \text{ m}$ et à des locaux d'une surface au sol $\geq 9 \text{ m}^2$ *** le doublage de façade doit masquer le DTPTiS au moins d'un côté du plancher (recouvrement $\geq 2 \text{ cm}$)</p>	

Annexe B (informative)

Fiches d'autocontrôle

Ces fiches d'autocontrôles permettent aux entreprises de réaliser un contrôle à chaque étape clé de la mise en œuvre, pour s'assurer de la bonne exécution des solutions proposées par ces Règles Professionnelles.

B.1 Fiche d'autocontrôle du gros-œuvre : voile arasé en sous-face de dalle

Entreprise	Identification chantier
Responsable de l'autocontrôle	Localisation de l'élément

L'autocontrôle se fait sur plusieurs points :

1. Documents disponibles
2. A la mise en œuvre

1. Documents disponibles

	Numéro	Indice
Plans de coffrage :		
Elévation		
Plancher		
Plans de ferrailage :		
Elévation		
Plancher		
Plan de calepinage des Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ (Si non décrit dans coffrage plancher)		
Observations :		

2. Mise en œuvre

a) Avant coulage du voile

	Conformité ?	
	Oui	Non
Arase inférieure Plancher		
Armatures du voile		
Diamètre		
Nombre, Espacement		
Positionnement		
Enrobage		
Observations :		

b) Au coulage du voile

	Conformité ?	
	Oui	Non
Arase coulage (selon Altimétrie prévisionnelle)		
Observations :		

c) Avant coulage du plancher

	Conformité ?	
	Oui	Non
Mise en place des protections collectives		
Stabilité coffrage de rive		
Arase inférieure Plancher		
Armatures des Bandes d'Appui, renforts et chaînage en rive de dalle intérieure		
Diamètre		
Nombre, Espacement		
Positionnement (chaînage de rive de dalle : ± 2 cm)		
Enrobage		
Bande isolante		
Caractéristiques, Epaisseur Isolant (Selon prescription retenue)		
Etat Isolant (Sec, non dégradé)		
Positionnement et longueur (Selon plan)		
Enduit coupe-feu côté voile		
<u>Si raccord</u> : Enduit coupe-feu sur la face horizontale de la jonction des chicanes		
Dispositifs d'ancrage (Type « queues de cochons »)		
Ressort tous les 30 cm maximum sur la bande		
Ressort à 10 cm maximum du bord ou du raccord		
Mise en place de la protection contre les intempéries (Capot PVC)		
Collage du capot PVC à l'isolant (en tête et côté voile)		
Si raccord :		
Observations :		

d) Au coulage du plancher

	Conformité ?	
	Oui	Non
Vérification du bon de livraison du béton avec la commande		
Arase coulage (selon Altimétrie prévisionnelle)		

Arase / Positionnement bandes isolantes. (Vérification du non déplacement)		
Observations :		

e) Après coulage du plancher

	Conformité ?	
	Oui	Non
Planéité, état de surface du plancher		
Mise en place/ Maintien de la protection contre les intempéries (Selon prescription retenue)		
Etat des protections collectives		
Observations :		

A (*lieu*), le (*date*)

Signature :

B.2 Fiche d'autocontrôle du gros-œuvre : Arase voile au-dessus du plancher (réservations au droit des appuis)

Entreprise	Identification chantier
Responsable de l'autocontrôle	Localisation de l'élément

L'autocontrôle se fait sur plusieurs points :

1. Documents disponibles
2. A la mise en œuvre

1. Documents disponibles

	Numéro	Indice
Plans de coffrage :		
Elévation		
Plancher		
Plans de ferrailage :		
Elévation		
Plancher		
Plan de calepinage des Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ (Si non décrit dans coffrage plancher)		
Observations :		

2. Mise en œuvre

- a) Avant coulage du voile

	Conformité ?	
	Oui	Non
Réservations B.A. (Bandes d'Appui)		
Armatures complémentaires type chaînage en arase plancher côté externe		
Diamètre		
Nombre, Espacement		
Positionnement		
Enrobage		
Réservations B.A.		
Positionnement, largeur, profondeur en accord avec le plan de calepinage		
Observations :		

b) Au coulage du voile

	Conformité ?	
	Oui	Non
Arase coulage (selon Altimétrie prévisionnelle)		
Positionnement réservations B.A. (Vérification du non déplacement)		
Observations :		

c) Avant coulage du plancher

	Conformité ?	
	Oui	Non
Mise en place des protections collectives		
Arase inférieure Plancher / Réservations B.A.		
Etat de surface de reprise de bétonnage au droit des réservations des B.A.		
Armatures des Bandes d'Appui, renforts et chaînage en rive de dalle intérieure		
Diamètre		
Nombre, Espacement		
Positionnement (chaînage de rive de dalle : ± 2 cm)		
Enrobage		
Bande isolante		
Caractéristiques, Epaisseur Isolant (Selon prescription retenue)		
Etat Isolant (Sec, non dégradé)		
Positionnement et longueur (Selon plan)		
Enduit coupe-feu côté voile		
<i>Si raccord</i> : Enduit coupe-feu sur la face horizontale de la jonction des chicanes		
Dispositifs d'ancrage au plancher (Type « queues de cochons »)		
Ressort tous les 30 cm maximum sur la bande		
Ressort à 10 cm maximum du bord ou du raccord		
Contact Isolant / Voile (Planéité, Absence de défauts)		
Mise en place de la protection contre les intempéries (Selon prescription retenue)		
Collage du capot PVC à l'isolant (en tête et côté voile)		
Observations :		

d) Au coulage du plancher

	Conformité ?	
	Oui	Non
Vérification du bon de livraison du béton avec la commande		
Arase coulage (selon Altimétrie prévisionnelle)		
Arase / Positionnement bandes isolantes. (Vérification du non déplacement et du contact avec le voile)		
Observations :		

e) Après coulage du plancher

	Conformité ?	
	Oui	Non
Planéité, état de surface du plancher		
Mise en place/ Maintien de la protection contre les intempéries (Selon prescription retenue)		
Etat des protections collectives		
Observations :		

A (*lieu*), le (*date*)

Signature :

B.3 Fiche d'autocontrôle du gros-œuvre : Armatures à déplier

Entreprise	Identification chantier
Responsable de l'autocontrôle	Localisation de l'élément

L'autocontrôle se fait sur plusieurs points :

1. Documents disponibles
2. A la mise en œuvre
- 3)

1. Documents disponibles

	Numéro	Indice
Plans de coffrage :		
Elévation		
Plancher		
Plans de ferrailage :		
Elévation		
Plancher		
Plan de calepinage des Dispositifs de Traitement de Ponts Thermiques in Situ (Si non décrit dans coffrage plancher)		
Observations :		

2. Mise en œuvre

a) Avant coulage du voile

	Conformité ?	
	Oui	Non
Armatures à déplier		
Diamètre		
Nombre, Espacement		
Positionnement		
Enrobage		
Observations :		

b) Au coulage du voile

	Conformité ?	
	Oui	Non
Arase coulage (selon Altimétrie prévisionnelle)		
Observations :		

c) Avant coulage du plancher

	Conformité ?	
	Oui	Non
Mise en place des protections collectives		
Etat de surface de reprise de bétonnage au droit des aciers à redresser des B.A.		
Armatures des Bandes d'Appui, renforts et chaînage en rive de dalle intérieure		
Diamètre		
Nombre, Espacement		
Positionnement		
Enrobage		
Redressage		
Bande isolante		
Caractéristiques, Epaisseur Isolant (Selon prescription retenue)		
Etat Isolant (Sec, non dégradé)		
Positionnement et longueur (Selon plan)		
Enduit coupe-feu côté voile		
<i>Si raccord</i> : Enduit coupe-feu sur la face horizontale de la jonction des chicanes		
Dispositifs d'ancrage au plancher à mi-hauteur (Type « queues de cochons »)		
Ressort tous les 30 cm maximum sur la bande		
Ressort à 10 cm maximum du bord ou du raccord		
Contact Isolant / Voile (Planéité, Absence de défauts)		
Mise en place de la protection contre les intempéries (Capot PVC...)		
Collage du capot PVC à l'isolant (en tête et côté voile)		
Observations :		

d) Au coulage du plancher

	Conformité ?	
	Oui	Non
Vérification du bon de livraison du béton avec la commande		
Arase coulage (selon Altimétrie prévisionnelle)		
Arase / Positionnement bandes isolantes. (Vérification du non déplacement et du contact avec le voile)		
Observations :		

e) Après coulage du plancher

Conformité ?	
Oui	Non

Planéité, état de surface du plancher		
Mise en place/ Maintien de la protection contre les intempéries (Selon prescription retenue)		
Etat des protections collectives		
Observations :		

A (*lieu*), le (*date*)

Signature :

Annexe C (informative)

Exemples de valeurs de coefficients ψ_{moyen}

Les résultats donnés ci-après sont des calculs réalisés avec le logiciel Trisco, version 14w, avec un maillage de calcul de 4 mm.

Les tableaux de cette annexe montrent des exemples de valeurs de coefficient ψ_{moyen} . **La présence de ces valeurs dans ce document ne soustrait pas à l'obligation de modélisation du pont thermique pour chaque cas rencontré.** Ces valeurs sont données à titre indicatif. Les interpolations et extrapolations ne sont pas autorisées.

C.1 Plancher de 20 cm

Tableau C.1 — Valeur de Ψ_{moyen} pour 40 cm de bande d'appui et 60 cm de bande isolante pour un plancher de 20 cm

Répartition Isolant - Béton [m]	Isolant du traitement	Épaisseur de l'isolant du doublage	Conductivité de l'isolant	Façade	Ψ [W/(m.K)]
0,6 - 0,4	6 cm - Th39	8 cm	Th30	16 cm	0,590
			Th32	16 cm	0,590
			Th38	16 cm	0,587
		10 cm	Th30	16 cm	0,574
			Th32	16 cm	0,573
			Th38	16 cm	0,571
		12 cm	Th30	16 cm	0,559
			Th32	16 cm	0,558
			Th38	16 cm	0,556
		14 cm	Th30	16 cm	0,544
			Th32	16 cm	0,543
			Th38	16 cm	0,542
	8 cm - Th39	10 cm	Th30	16 cm	0,548
			Th32	16 cm	0,547
			Th38	16 cm	0,545
		12 cm	Th30	16 cm	0,533
			Th32	16 cm	0,532
			Th38	16 cm	0,530
		14 cm	Th30	16 cm	0,518
			Th32	16 cm	0,518
			Th38	16 cm	0,517

Tableau C.2 — Valeur de Ψ_{moyen} pour 40 cm de bande d'appui et 70 cm de bande isolante pour un plancher de 20 cm

Répartition Isolant - Béton [m]	Isolant du traitement	Épaisseur de l'isolant du doublage	Conductivité de l'isolant	Façade	Ψ [W/(m.K)]
0,7 - 0,4	6 cm - Th39	8 cm	Th30	16 cm	0,549
			Th32	16 cm	0,547
			Th38	16 cm	0,545
		10 cm	Th30	16 cm	0,534
			Th32	16 cm	0,533
			Th38	16 cm	0,531
		12 cm	Th30	16 cm	0,520
			Th32	16 cm	0,520
			Th38	16 cm	0,518
	14 cm	Th30	16 cm	0,506	
		Th32	16 cm	0,506	
		Th38	16 cm	0,505	
	8 cm - Th39	10 cm	Th30	16 cm	0,507
			Th32	16 cm	0,506
			Th38	16 cm	0,505
		12 cm	Th30	16 cm	0,494
			Th32	16 cm	0,493
			Th38	16 cm	0,491
14 cm		Th30	16 cm	0,481	
		Th32	16 cm	0,481	
		Th38	16 cm	0,479	

Tableau C.3 — Valeur de Ψ_{moyen} pour 75 cm de bande d'appui et 75 cm de bande isolante pour un plancher de 20 cm

Répartition Isolant - Béton [m]	Isolant du traitement	Épaisseur de l'isolant du doublage	Conductivité de l'isolant	Façade	Ψ [W/(m.K)]
0,75 - 0,75	6 cm - Th39	8 cm	Th30	16 cm	0,653
			Th32	16 cm	0,653
			Th38	16 cm	0,649
		10 cm	Th30	16 cm	0,632
			Th32	16 cm	0,631
			Th38	16 cm	0,629
		12 cm	Th30	16 cm	0,611
			Th32	16 cm	0,611
			Th38	16 cm	0,609
	14 cm	Th30	16 cm	0,593	
		Th32	16 cm	0,592	
		Th38	16 cm	0,591	
	8 cm - Th39	10 cm	Th30	16 cm	0,611
			Th32	16 cm	0,611
			Th38	16 cm	0,608
		12 cm	Th30	16 cm	0,591
			Th32	16 cm	0,591
			Th38	16 cm	0,589
14 cm		Th30	16 cm	0,572	
		Th32	16 cm	0,572	
		Th38	16 cm	0,570	

Tableau C.4 — Valeur de Ψ_{moyen} pour 75 cm de bande d'appui et 85 cm de bande isolante pour un plancher de 20 cm

Répartition Isolant - Béton [m]	Isolant du traitement	Épaisseur de l'isolant du doublage	Conductivité de l'isolant	Façade	Ψ [W/(m.K)]
0,85 - 0,75	6 cm - Th39	8 cm	Th30	16 cm	0,620
			Th32	16 cm	0,619
			Th38	16 cm	0,616
		10 cm	Th30	16 cm	0,601
			Th32	16 cm	0,599
			Th38	16 cm	0,597
		12 cm	Th30	16 cm	0,581
			Th32	16 cm	0,581
			Th38	16 cm	0,579
	14 cm	Th30	16 cm	0,564	
		Th32	16 cm	0,564	
		Th38	16 cm	0,563	
	8 cm - Th39	10 cm	Th30	16 cm	0,579
			Th32	16 cm	0,578
			Th38	16 cm	0,576
		12 cm	Th30	16 cm	0,560
			Th32	16 cm	0,559
			Th38	16 cm	0,558
14 cm		Th30	16 cm	0,543	
		Th32	16 cm	0,543	
		Th38	16 cm	0,541	

C.2 Plancher de 23 cm

Tableau C.5 — Valeur de Ψ_{moyen} pour 40 cm de bande d'appui et 60 cm de bande isolante pour un plancher de 23 cm

Répartition Isolant - Béton [m]	Isolant du traitement	Épaisseur de l'isolant du doublage	Conductivité de l'isolant	Façade	Ψ [W/(m.K)]
0,6 - 0,4	6 cm - Th39	8 cm	Th30	16 cm	0,653
			Th32	16 cm	0,652
			Th38	16 cm	0,649
		10 cm	Th30	16 cm	0,635
			Th32	16 cm	0,635
			Th38	16 cm	0,632
		12 cm	Th30	16 cm	0,619
			Th32	16 cm	0,618
			Th38	16 cm	0,617
	14 cm	Th30	16 cm	0,603	
		Th32	16 cm	0,603	
		Th38	16 cm	0,601	
	8 cm - Th39	10 cm	Th30	16 cm	0,607
			Th32	16 cm	0,606
			Th38	16 cm	0,604
		12 cm	Th30	16 cm	0,591
			Th32	16 cm	0,590
			Th38	16 cm	0,588
		14 cm	Th30	16 cm	0,575
			Th32	16 cm	0,575
			Th38	16 cm	0,574

Tableau C.6 — Valeur de Ψ_{moyen} pour 40 cm de bande d'appui et 70 cm de bande isolante pour un plancher de 23 cm

Répartition Isolant - Béton [m]	Isolant du traitement	Épaisseur de l'isolant du doublage	Conductivité de l'isolant	Façade	Ψ [W/(m.K)]
0,7 - 0,4	6 cm - Th39	8 cm	Th30	16 cm	0,606
			Th32	16 cm	0,605
			Th38	16 cm	0,603
		10 cm	Th30	16 cm	0,591
			Th32	16 cm	0,590
			Th38	16 cm	0,588
		12 cm	Th30	16 cm	0,576
			Th32	16 cm	0,576
			Th38	16 cm	0,575
	14 cm	Th30	16 cm	0,563	
		Th32	16 cm	0,563	
		Th38	16 cm	0,561	
	8 cm - Th39	10 cm	Th30	16 cm	0,562
			Th32	16 cm	0,561
			Th38	16 cm	0,559
		12 cm	Th30	16 cm	0,547
			Th32	16 cm	0,547
			Th38	16 cm	0,545
14 cm		Th30	16 cm	0,534	
		Th32	16 cm	0,534	
		Th38	16 cm	0,533	

Tableau C.7 — Valeur de Ψ_{moyen} pour 75 cm de bande d'appui et 75 cm de bande isolante pour un plancher de 23 cm

Répartition Isolant - Béton [m]	Isolant du traitement	Épaisseur de l'isolant du doublage	Conductivité de l'isolant	Façade	Ψ [W/(m.K)]
0,75 - 0,75	6 cm - Th39	8 cm	Th30	16 cm	0,719
			Th32	16 cm	0,718
			Th38	16 cm	0,714
		10 cm	Th30	16 cm	0,696
			Th32	16 cm	0,695
			Th38	16 cm	0,693
		12 cm	Th30	16 cm	0,675
			Th32	16 cm	0,674
			Th38	16 cm	0,672
	14 cm	Th30	16 cm	0,655	
		Th32	16 cm	0,654	
		Th38	16 cm	0,653	
	8 cm - Th39	10 cm	Th30	16 cm	0,674
			Th32	16 cm	0,673
			Th38	16 cm	0,670
		12 cm	Th30	16 cm	0,652
			Th32	16 cm	0,652
			Th38	16 cm	0,649
		14 cm	Th30	16 cm	0,633
			Th32	16 cm	0,632
			Th38	16 cm	0,631

Tableau C.8 — Valeur de Ψ_{moyen} pour 75 cm de bande d'appui et 85 cm de bande isolante pour un plancher de 23 cm

Répartition Isolant - Béton [m]	Isolant du traitement	Épaisseur de l'isolant du doublage	Conductivité de l'isolant	Façade	Ψ [W/(m.K)]
0,85 - 0,75	6 cm - Th39	8 cm	Th30	16 cm	0,682
			Th32	16 cm	0,682
			Th38	16 cm	0,678
		10 cm	Th30	16 cm	0,662
			Th32	16 cm	0,661
			Th38	16 cm	0,658
		12 cm	Th30	16 cm	0,642
			Th32	16 cm	0,641
			Th38	16 cm	0,639
		14 cm	Th30	16 cm	0,623
			Th32	16 cm	0,623
			Th38	16 cm	0,622
	8 cm - Th39	10 cm	Th30	16 cm	0,639
			Th32	16 cm	0,638
			Th38	16 cm	0,634
		12 cm	Th30	16 cm	0,619
			Th32	16 cm	0,618
			Th38	16 cm	0,616
		14 cm	Th30	16 cm	0,600
			Th32	16 cm	0,600
			Th38	16 cm	0,598

Annexe D (informative)

Méthode de calcul de flèche simplifiée pour les dalles de balcons

La flèche nuisible du balcon au sens du FD P18-717 peut être calculée en suivant les étapes décrites ci-dessous :

D.1 Flèche de la console chargée uniformément et supposée parfaitement encastree à son appui : f

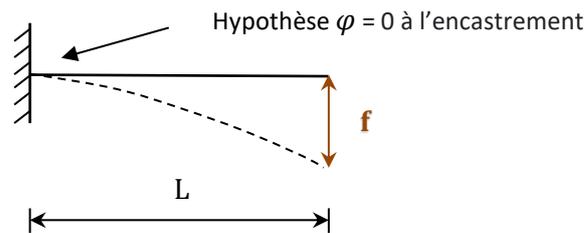


Figure D.1 — Flèche d'une poutre/dalle parfaitement encastree à l'appui

Flèche à l'extrémité :

$$f = \frac{p \cdot L^4}{8EI}$$

Avec :

p : charge linéaire uniforme appliquée sur la console.

Il est possible de faire le calcul de la flèche nuisible en assimilant la console chargée uniformément à une poutre sur 2 appuis chargée uniformément.

La flèche à mi-portée de cette poutre sur 2 appuis est identique à la flèche en extrémité de la console en prenant en compte, pour cette poutre, une portée fictive L' (avec $L' = 1,76 L$).

D.2 Flèche due à la rotation d'appui : f

Il convient d'ajouter à la valeur précédente la flèche induite par la rotation d'appui.

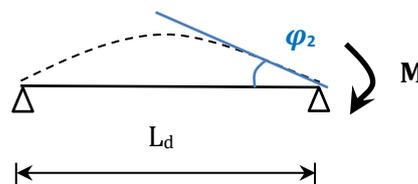


Figure D.2 — Flèche additionnelle induite par la rotation d'appui

$$\varphi_2 = \frac{M \cdot L_d}{3 \cdot E \cdot I}$$

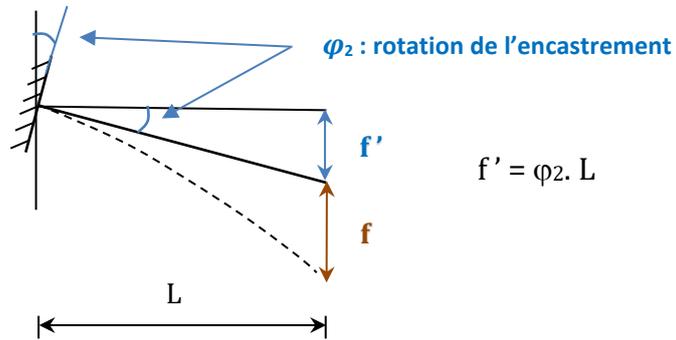


Figure D.3 — Flèche totale de la dalle de balcons

Flèche à l'extrémité de la console sous l'effet de la rotation d'appui :

$$f' = \frac{M \cdot L}{K_0} = \frac{p \cdot L^3}{2 \cdot K_0}$$

$$K_0 = \frac{3 \cdot E \cdot I}{L_d}$$

Avec :

\$p\$: charge linéaire uniforme appliquée sur la console.

\$L_d\$: portée de la dalle intérieure assurant l'encastrement de la console.

A défaut d'un calcul plus sophistiqué, on peut admettre que l'effet des DTPTiS modifie le coefficient \$K_0\$ comme suit :

$$K_0 = \frac{3 \cdot E \cdot \lambda \cdot I}{L_d}$$

Avec :

\$\lambda = \frac{L_{ISO}}{L_{BA} + L_{ISO}}\$, coefficient déterminant le pourcentage d'isolant sur la longueur du balcon (\$\lambda \le 1\$)

D.3 Effet favorable des charges situées sur la travée assurant l'encastrement de la console : f''

Il convient, le cas échéant, de réduire l'effet de la rotation d'appui calculée précédemment en tenant compte de la rotation sur appui induite par les charges de la travée assurant l'encastrement de la console :

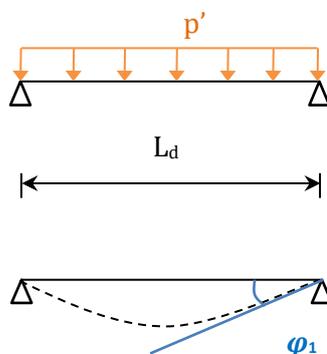


Figure D.4 — Effet favorable du chargement de la dalle intérieure

$$f'' = \varphi_1 \cdot L$$
$$f'' = \frac{p' \cdot L_d^3}{24 \cdot E \cdot I} \cdot L$$

Cette valeur f'' est à déduire de la valeur $f + f'$ calculée précédemment.

L'influence des DTPTiS sur la rotation d'appui de la dalle isostatique chargée uniformément est négligeable.