

Sur le procédé

Rupteur de ponts thermiques ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR

Famille de produit/Procédé : Rupteur de ponts thermiques structuraux en Isolation Thermique Intérieure (ITI)

Titulaire(s) : Société LESAGE DEVELOPPEMENT

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version, examinée le 8 avril 2026, annule et remplace l'Avis Technique n°3.1/22-1067_V1. Elle intègre les modifications suivantes : Ajout de deux isolants en laine de roche : Smartroof C (37) et Rockfeu Coffrage	PRAT Etienne	BERNARDIN-EZRAN Roseline
V1	Première demande, examinée par le GS n°3.1 le 17 février 2022	PRAT Etienne	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR est destiné à traiter les ponts thermiques situés à la jonction entre un plancher à prédalles et la façade en béton armé ou en maçonnerie dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur (ITI) uniquement.

Pour traiter le pont thermique, le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR consiste à disposer des rupteurs réalisés à partir de pains d'isolants interrompus par des nervures en béton armé munies de renforts d'armatures.

Les rupteurs ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR sont utilisables dans le sens porteur et non porteur du plancher et viennent interrompre le pont thermique sur la hauteur totale du plancher.

Les rupteurs mesurent 80 mm de largeur et plusieurs longueurs de rupteurs sont possibles. La gamme comporte 5 longueurs de pain d'isolant : 640, 540, 435, 335 et 205 mm.

Les nervures en béton armé ont une largeur de 180 mm au minimum et leur hauteur correspond à l'épaisseur du plancher.

La structure porteuse est en béton armé (préfabriqué en partie ou non) ou en maçonnerie.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	6
1.1.	Domaine d'emploi accepté	6
1.1.1.	Zone géographique	6
1.1.2.	Ouvrages visés	6
1.2.	Appréciation	6
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	6
1.2.2.	Durabilité	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	7
2.	Dossier Technique	8
2.1.	Mode de commercialisation	8
2.1.1.	Coordonnées	8
2.1.2.	Identification du produit	8
2.2.	Description	8
2.2.1.	Principe	8
2.2.2.	Matériaux	8
2.2.3.	Description des composants	9
2.2.4.	Paniers d'armature	10
2.2.5.	Pains d'isolants	11
2.2.6.	Plaques de fond et de protection	12
2.2.7.	Cales en béton	12
2.2.8.	Prédalles préfabriquées	13
2.2.9.	Données environnementales	13
2.3.	Conception et calculs	13
2.3.1.	Règles générales	13
2.3.2.	Justification en zone courante de plancher	13
2.3.3.	Justification des zones d'about de plancher au niveau des appuis d'extrémité	13
2.3.4.	Traitement des balcons	16
2.3.5.	Vérification sous sollicitations horizontales	17
2.3.6.	Sécurité incendie	19
2.3.7.	Isolation acoustique	19
2.3.8.	Isolation thermique	19
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	19
2.4.1.	Livraison et réception des prédalles	20
2.4.2.	Manutention et stockage des prédalles	20
2.4.3.	Pose des prédalles	20
2.4.4.	Armatures complémentaires en zone courante	20
2.4.5.	Armatures du chaînage intérieur	20
2.4.6.	Armatures disposées en about de prédalles munies de rupteurs	21
2.4.7.	Armatures disposées en rive non porteuse de plancher	21
2.4.8.	Passage de gaines et canalisations	21
2.4.9.	Mise en place du chaînage horizontal périphérique	21
2.4.10.	Mise en place des pains d'isolant	21
2.4.11.	Bétonnage de la dalle collaborante rapportée	21
2.4.12.	Enlèvement des étais du plancher après coulage	21
2.4.13.	Prescriptions particulières dans le cas des balcons préfabriqués	21
2.4.14.	Fixation des menuiseries	22
2.5.	Finition	22

2.5.1.	Sols	22
2.5.2.	Plafonds	23
2.5.3.	Doublages	23
2.5.4.	Étanchéité de toiture-terrasse	23
2.6.	Fourniture et assistance technique	24
2.7.	Fabrication et contrôle.....	25
2.7.1.	Fabrication des prédalles en béton armé pour planchers ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR.....	25
2.7.2.	Contrôle et traçabilité.....	25
2.7.3.	Contrôles des composants dans les prédalles.....	25
2.7.4.	Traçabilité des pains d'isolant	26
2.8.	Sites de production.....	26
2.9.	Mention des justificatifs.....	26
2.9.1.	Résultats expérimentaux	26
2.9.2.	Références chantiers.....	27
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	28
Annexe I : Pains isolants		28
Annexe II : Paniers d'armatures		29
II.1	Paniers d'armature disposés dans les nervures en béton situées en about et en rive de plancher	29
II.1.1	Panier (poutre) courant d'angle renforcé (PPCAR)	29
II.1.2	Panier (poutre) courant renforcé (PPCR)	30
II.1.3	Panier (poutre) courant standard (PPCS)	31
II.1.4	Panier (poutre) d'extrémité gauche renforcé (PPEGR)	32
II.1.5	Panier (poutre) d'extrémité gauche standard (PPEGS)	33
II.1.6	Panier (poutre) d'extrémité droite renforcé (PPEDR).....	34
II.1.7	Panier (poutre) d'extrémité droite standard (PPEDS)	35
II.2	Paniers d'armature disposés dans les nervures en béton situées en about et en rive de plancher prolongé par un balcon 36	
II.2.1	Panier spécial balcon courant (PSBC)	36
II.2.2	Panier spécial balcon d'extrémité gauche (PSBEG)	37
II.2.3	Panier spécial balcon d'extrémité droite (PSBED)	38
Annexe III : Détails de mise en œuvre		39
III.1	Détails liaison voile-plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR	39
III.2	Détails de mise en œuvre des ouvrages de plâtrerie	40
III.2.1	Exemple de mise en œuvre de doublages collés.....	40
III.2.2	Exemple de mise en œuvre de doublages sur ossature	41
III.3	Fixation des menuiseries	41
Annexe IV – Vue d'ensemble et principe		42
IV.1	Vue d'ensemble du procédé.....	42
IV.2	Principe de calepinage des rupteurs thermiques	42
Annexe V - Traitement des balcons		45
V.1	Cas de balcon parallèle au sens de portée	45
V.2	Cas de balcon perpendiculaire au sens de portée	46
V.3	Exemples d'illustrations de réalisation de balcon en prolongement d'un plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR.....	47
V.4	Disposition de l'étanchéité en toiture-terrasse	51
Annexe VI - Vérification de la résistance des nervures sous sollicitations d'effort tranchant horizontal		52
VI.1	Approche analytique de la résistance au cisaillement	52
VI.2	Résistance à la traction.....	54
VI.3	Vérification d'une nervure	55
Annexe VII - Performances et valeurs de ponts thermiques		62
VII.1	Généralités	62
VII.2	Tableaux des coefficients de ponts thermiques du procédé	63

VII.2.1 Plancher intermédiaire	63
Annexe VIII – Vérification sous sollicitations sismiques	70
VIII.1 Rappel du contexte réglementaire en situation sismique	70
VIII.2 Domaine des ouvrages nécessitant des justifications par calcul	70
VIII.3 Domaine des ouvrages ne nécessitant pas de justifications par calcul	71
VIII.3.1 Généralités	71
VIII.3.2 Critères géométriques à respecter	71
Annexe IX – Logigramme illustrant les étapes de calcul	75

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Le procédé est utilisable en France Métropolitaine.

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR est destiné à tous les niveaux de plancher (plancher intermédiaire, plancher haut, plancher bas, toiture terrasse), à tout type de structure et à toutes les catégories d'importance de bâtiments, réguliers ou non. Il est applicable aux ouvrages situés dans les zones de sismicité 1 à 4 et nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié et pour toutes les classes de ductilité.

L'utilisation du procédé dans les ouvrages classés IGH (immeuble de grande hauteur) n'est pas visée.

L'épaisseur totale du plancher est au moins égale à 180 mm.

La structure porteuse peut être en béton armé (préfabriqué en partie ou non) ou en maçonnerie.

Les distances maximales entre joints de dilatation doivent respecter :

- les prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et son AN pour les façades en béton ;
- les distances maximales entre joints de dilatation prévues par le NF DTU 20.1 pour les façades en maçonnerie.

Le prolongement d'un plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR par un balcon, dans le sens porteur ou non porteur, préfabriqué ou coulé en place, est réalisable.

Le procédé vise l'utilisation en toiture terrasse.

L'utilisation du système de rupteurs ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR avec un autre système de rupteurs n'est pas visée par le présent Avis Technique.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

Les planchers à prédalles réalisés à l'aide du procédé participent à la stabilité de l'ouvrage.

L'incorporation de rupteurs ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR n'altère pas la reprise des charges verticales par rapport à une jonction courante plancher/façade sans rupteurs.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Le procédé permet de satisfaire à la réglementation incendie pour le domaine d'emploi visé, dans la limite du domaine de validité des Appréciations de Laboratoire listées au §2.9.1 du Dossier Technique.

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR est couvert par l'Appréciation de laboratoire du CSTB n° AL 22-327_V3.1 qui permet de justifier d'une performance REI 120 pour l'ensemble des épaisseurs de plancher au moins égales à 200 mm, pour une portée maximale de 6 mètres. La structure porteuse peut être en BA ou en maçonnerie.

Les balcons qui viennent en continuité des « ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR » sont à prendre en compte dans le calcul du C+D au même titre que les balcons venant en continuité d'un plancher traditionnel coulé en place.

1.2.1.3. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

La sécurité de travail sur chantier peut être normalement assurée moyennant l'emploi de méthodes et de dispositifs de manutention adaptés aux dimensions, au poids et à l'encombrement des éléments ainsi que d'équipements classiques pour la mise en place de tels planchers.

1.2.1.4. Pose en zones sismiques

La stabilité du procédé en zone sismique (zones de sismicité 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié) est assurée dans les conditions de conception et de mise en œuvre précisées dans le Dossier Technique.

1.2.1.5. Isolation thermique

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR permet de corriger les ponts thermiques au niveau des jonctions plancher-mur périphérique et plancher-balcon, pour les bâtiments à isolation thermique par l'intérieur. La correction apportée est due à

l'insertion des rupteurs entre le plancher et le chaînage périphérique et l'interruption du béton complémentaire au droit des blocs d'isolant. Les calculs d'isolation sont menés conformément aux Règles Th-Bat.

Les isolants admis pour ce procédé sont en perlite expansée (EPB) relevant de la norme NF EN 13169+A1, ou en laine de roche relevant de la norme NF EN 13162+A1 et certifiés ACERMI.

Des valeurs de coefficient de transmissions linéiques ψ (W/m.K) sont données en Annexe VII du Dossier Technique. Ces valeurs ne sont valables qu'à condition de respecter les limites de validité mentionnées dans cette Annexe.

En toiture-terrasse, conformément au DTU 20.12, la totalité de l'isolation doit être disposée en partie supérieure du plancher.

1.2.1.6. Isolation acoustique

Des essais réalisés sur les planchers équipés des rupteurs ont montré que ces derniers peuvent permettre de répondre aux exigences de la réglementation acoustique dans le domaine considéré.

Les performances acoustiques d'un plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR sont similaires à celles d'un plancher béton coulé en place de même masse surfacique.

1.2.1.7. Finition des parois – étanchéité à l'eau entre les locaux

- Sol : Tout type de revêtement de sol. Un dispositif d'étanchéité à l'eau à base de joint souple doit être posé préalablement entre le doublage et le plancher brut, pour assurer le calfeutrement entre les pains d'isolant des rupteurs et le complexe de doublage.
- Plafonds : Tout plafond rapporté et tout type d'enduit applicable aux planchers à prédalles.

1.2.1.8. Aspects sanitaires

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

1.2.1.9. Impacts environnementaux

Il existe une Déclaration Environnementale (DE) pour ce procédé, mentionnée au paragraphe § 2.2.9 du dossier Technique. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.2.2. Durabilité

La durabilité des planchers ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR est la même que celle des planchers à prédalles sans rupteurs. Ils ne nécessitent pas un entretien spécifique.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Cet Avis ne vaut que pour les rupteurs ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR associés à un plancher à prédalles respectant les prescriptions du NF DTU 23.4 et de la NF P 19-206. Les prédalles sont décrites au § 2.2.8 du Dossier Technique.

Le Groupe Spécialisé tient à préciser que la prescription concernant l'étanchéité des balcons n'est pas spécifique au procédé de plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR et qu'elle s'appliquerait de la même manière dans le cas d'une liaison sans rupteur de ponts thermiques.

Dans le cas de toiture-terrasse, l'utilisation du système de rupteurs est limitée aux planchers non isolés en sous-face.

La notion de robustesse est prise en compte dans le dimensionnement proposé en Annexe VI grâce au coefficient γ_{Rd} .

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : LESAGE DEVELOPPEMENT

16 rue de Hirtzbach

BP 2538

68058 MULHOUSE CEDEX

2.1.2. Identification du produit

Chaque pain d'isolant porte une étiquette sur laquelle est mentionnée la codification permettant d'identifier :

- la nature de l'isolant ;
- les dimensions hauteur et longueur du pain.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR est un plancher en béton armé réalisé à partir de prédalles munies ou non de treillis raidisseurs permettant de traiter les ponts thermiques au niveau des jonctions mur-plancher, prolongé ou non d'un balcon, généralement en périphérie d'un bâtiment dont l'isolation est réalisée par l'intérieur. La vue d'ensemble du procédé et le principe de calepinage sont fournis en Annexe IV.

Pour traiter le pont thermique, le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR consiste à disposer des rupteurs réalisés à partir de pains d'isolants interrompus par des nervures en béton armé munies de renforts d'armature appelés paniers.

L'isolant du rupteur est enveloppé d'un film polyoléfine rétractable. Le rupteur est protégé en face inférieure par une plaque de fond et en face supérieure par une plaque de protection.

Les nervures en béton armé assurent le report des charges verticales vers les appuis et le transfert des efforts horizontaux vers les éléments porteurs.

Ces composants sont intégrés en usine directement dans les prédalles en béton armé :

- dans le sens porteur en about de prédalle ;
- dans le sens non porteur en rive de prédalle.

Les rupteurs règnent généralement sur l'épaisseur du plancher et sont positionnés dans la continuité verticale de l'isolation intérieure des murs ou sont protégés par le complexe d'étanchéité dans le cas de toiture terrasse.

Les rupteurs mesurent 80 mm de largeur et plusieurs longueurs sont possibles à savoir 640, 540, 435, 335 et 205 mm.

Les nervures en béton armé ont une largeur de 180 mm au minimum et leur hauteur correspond à l'épaisseur du plancher.

Les prédalles ont une épaisseur minimale de 50 mm et s'appuient de façon discontinue sur le support.

2.2.2. Matériaux

2.2.2.1. Armatures pour béton armé disposées dans la prédalle et sur prédalle

Les armatures de béton armé répondent aux spécifications des normes françaises correspondantes :

- NF A 35-080-1 : Aciers pour béton armé – Aciers soudables – Partie 1 : Barres et couronnes ;
- NF A 35-080-2 : Aciers pour béton armé – Aciers soudables – Partie 2 : Treillis soudés ;
- NF A 35-024 : Aciers pour béton armé – Treillis soudés de surface constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm ;
- NF A 35-028 : Aciers pour béton – Treillis raidisseurs.

Les armatures des paniers et des renforts disposés dans les nervures sont de type B500B dans le cas d'ouvrages pour lesquels la réglementation requiert des vérifications complémentaires vis-à-vis du risque sismique. Elles font l'objet d'une certification NF délivrée par l'AFCAB.

- Les aciers pour la fabrication des boucles de levage sont conformes à la norme française NF A 35-015 : Aciers pour béton armé – Aciers soudables lisses.

2.2.2.2. Natures des isolants du rupteur

2.2.2.2.1. Isolant PB100

L'isolant est obtenu par découpe de panneaux isolants PB100 principalement composés de perlite expansée (EPB) associée à des fibres de cellulose, fabriqués par la société SITEK INSULATION.

L'orientation des fibres de cellulose est réalisée dans le plan vertical, c'est-à-dire dans le sens de l'épaisseur du plancher.

Le produit fait l'objet du marquage CE conformément à la norme NF EN 13169+A1.

Les caractéristiques du produit sont :

- la conductivité thermique utile : 0.050 W/m.K ;
- la classe de réaction au feu : C-s1 d0 ;
- masse volumique nominale ≥ 150 kg/m³.

2.2.2.2.2. Isolant en laine de roche

Ce pain d'isolant est obtenu par découpe de panneaux isolants Rockfeu Coffrage ou Smartroof C (37), en laine de roche faisant l'objet :

- d'un marquage CE conformément à la norme NF EN 13162+A1 ;
- d'un certificat ACERMI n° 07/015/455 pour Rockfeu Coffrage.

Les caractéristiques du produit sont :

- la conductivité thermique utile :
 - 0,038 W/m.K (valeur certifiée ACERMI) pour le Rockfeu Coffrage ;
 - 0,043 W/m.K pour le Smartroof C (37) ;
- la classe de réaction au feu : classe A1 ;
- la masse volumique nominale ≥ 120 kg/m³
- la résistance en compression CS10 ≥ 30 kPa ;
- l'absorption d'eau à court terme WS.

2.2.2.3. Plaques de fond et de protection

Les plaques de fond et de protection sont obtenues par découpe de plaques à liant ciment FERMACELL POWERPANEL H₂O faisant l'objet du DTA n°9/11-932_V4 et relevant de l'ETE n°07/0087.

Les caractéristiques du produit fournies dans le DTA sont :

- la masse volumique nominale : environ 1000 kg/m³ ;
- la conductivité thermique déclarée : 0,173 W/m.K.

2.2.2.4. Sangles de maintien

Les sangles de maintien, de la plaque de protection disposée sur la face supérieure du pain d'isolant, sont réalisées à partir de feillard en polypropylène d'une largeur nominale de 12 mm et d'une épaisseur nominale de 0,63 mm.

2.2.2.5. Béton de prédalle

La composition du béton, pour la fabrication en usine des prédalles, respecte les exigences définies dans les tableaux NAF.1 ou NAF.2 de la norme NF EN 206+A2/CN, en fonction de la classe d'exposition retenue pour le plancher concerné de la structure. La classe d'exposition du béton fait partie des caractéristiques certifiées par le référentiel de la marque NF. La classe de résistance du béton est au minimum C25/30 pour les prédalles en béton armé.

2.2.2.6. Béton de la dalle collaborante rapportée

Béton conforme à la norme NF EN 206+A2/CN. La classe de résistance à la compression est supérieure ou égale à C25/30.

L'utilisation des bétons autoplaçants est également possible.

2.2.3. Description des composants

ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR : Procédé/système destiné à réaliser un plancher à partir de prédalles préfabriquées en usine fixe intégrant un dispositif de traitement de ponts thermiques sur tout ou partie de la périphérie d'un niveau de plancher d'un bâtiment à la liaison plancher-support.

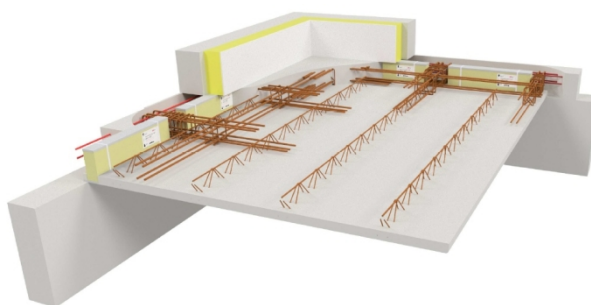


Figure 1 : Procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR

Éléments constituant le procédé/système ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR :

- **Prédalle** : prédalle en BA fabriquée industriellement en usine fixe
- **About de prédalle** : bord de prédalle parallèle à la ligne d'appui
- **Rive de prédalle** : bord de prédalle autre que ceux parallèles aux lignes d'appuis
- **Prédalle standard** : prédalle ne comportant pas de dispositif de traitement du pont thermique
- **Prédalle d'about** : prédalle située en périphérie du bâtiment et comportant un dispositif de traitement du pont thermique sur au moins un about
- **Prédalle de rive** : prédalle située en périphérie du bâtiment et comportant un dispositif de traitement du pont thermique sur au moins une rive
- **Prédalle d'angle** : prédalle située dans un angle de bâtiment et comportant un (ou des) dispositif(s) de traitement du pont thermique en rive et en (au moins sur un) about
- **Nervure en béton** : zone de béton bordée par les pains d'isolant, assurant la liaison entre la partie courante du plancher et le support
- **Panier** : cage d'armatures spécifiques au plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR, de différents types détaillés dans les paragraphes suivants
- **Panier courant (PC)** : panier généralement situé sur l'about en zone centrale de la prédalle ainsi qu'en rive de prédalle
- **Panier d'extrémité (PE)** : panier généralement situé sur l'about les rives gauche (PEG) et droite (PED) de la prédalle ainsi qu'en rive de prédalle
- **Panier courant d'angle renforcé (PCAR)** : premier panier situé en about et en rive d'une prédalle d'angle
- **Panier spécial balcon (PSB)** : panier situé en about ou en rive de prédalle en vis-à-vis des zones de balcon
- **Panier spécial balcon courant (PSBC)** : panier situé sur l'about en zone centrale de la prédalle ainsi qu'en rive de prédalle
- **Panier spécial balcon d'extrémité (PSBE)** : panier situé sur l'about des rives gauche (PSBEG) et droite (PSBED) de la prédalle ainsi qu'en rive de la prédalle
- **Plaque de fond** : plaque à liant ciment sur laquelle est collé le pain d'isolant
- **Cale béton** : pièce en béton collé sur la plaque de fond, disposée aux extrémités sur la face extérieure du pain d'isolant
- **Pain d'isolant** : élément d'isolation tel que défini au § 2.2.5, enveloppé d'un film polyoléfine rétractable. Sa hauteur additionnée à l'épaisseur de la plaque de fond ainsi que de la plaque de protection, est égale à l'épaisseur brute ou finie du plancher. De longueur variable, un pain d'isolant est toujours bordé à chaque extrémité de béton de la dalle collaborante rapportée avec ou sans panier d'armatures
- **Plaque de protection** : plaque à liant ciment maintenue à l'aide de sangles de maintien réalisées à partir de feuillard en polypropylène sur la face supérieure du pain isolant
- **Chânage intérieur (CI)** : armatures longitudinales à disposer sur chantier dans la zone des nervures en béton à l'intérieur du plancher dans la dalle de compression

2.2.4. Paniers d'armature

Les schémas illustrant les différentes descriptions de paniers d'armatures sont des exemples des dispositions constructives pouvant être réalisées. Ces dispositions peuvent différer de par la hauteur des armatures transversales, le diamètre et le nombre des armatures longitudinales supérieures et inférieures.

Pour chaque type de panier décrit ci-après, on distingue les paniers standards, les paniers renforcés et les paniers d'angles renforcés. Ces derniers sont principalement utilisés dans la première nervure se trouvant en façade et en rive, dans les angles du bâtiment.

La définition de ces paniers est donnée en Annexe II avec les tolérances de fabrication. La hauteur retenue de ces paniers est fonction de l'épaisseur du plancher. Le tableau propose des exemples de hauteurs de paniers pour une gamme d'épaisseurs courantes de planchers de 180 mm à 270 mm. Des hauteurs différentes de paniers peuvent être réalisées.

Pour une prédalle d'about de largeur standard (figure 2), différents paniers d'armatures peuvent être intégrés :

- des paniers courants (PC) disposés en zone courante de prédalle (PPCR et PPCS), voir figures 2 et 3 de l'Annexe II ;
- deux paniers d'extrémité (PE) disposés en extrémité de prédalle (PPEGR, PPEDR, PPEGS et PPEDS) voir figures 4 à 7 de l'Annexe II.

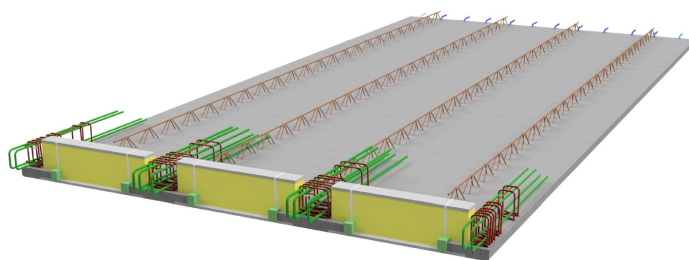


Figure 2 : Prédalle d'about

La prédalle de rive comporte, sur le côté non porteur, une succession de paniers courants ou d'extrémités associés à des pains d'isolant.

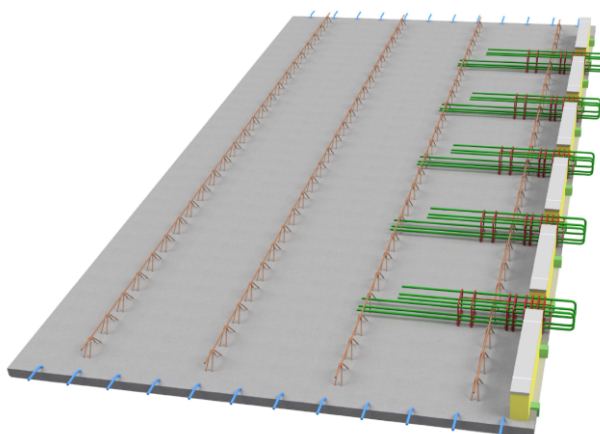


Figure 3 : Prédalle de rive

Pour une prédalle d'angle, différents paniers d'armatures peuvent être intégrés :

- des paniers courants d'angles renforcés (PPCAR) pour chacune des premières nervures en façade et en rive de bâtiment (voir figure 1 de l'Annexe II) ;
- en about, les dispositions sont les mêmes que pour une prédalle d'about ;
- sur la rive non porteuse, des paniers courants ou des paniers d'extrémité sont mis en place entre les pains d'isolants.

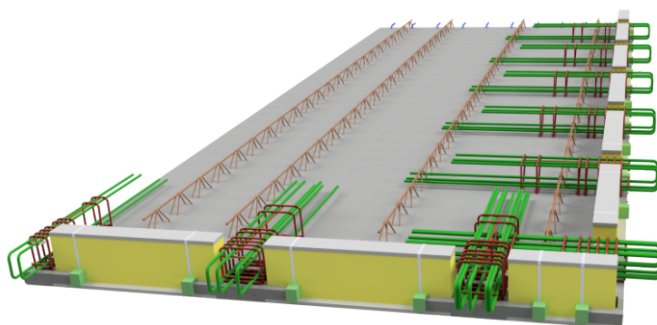


Figure 4 : Prédalle d'angle

Des paniers balcons peuvent être mis en place pour chacune des prédalles décrites précédemment, selon les figures 8 à 10 de l'Annexe II.

Les ferraillages de l'ensemble des paniers sont donnés en Annexe II.

2.2.5. Pains d'isolants

Les pains d'isolants sont obtenus par découpage de panneaux à l'aide d'un fil abrasif par une machine à commandes numériques pour le PB100, ou avec une lame de scie pour les isolants en laine de roche. Les opérations de découpage et de conditionnement sont réalisées dans un atelier spécialisé dans la découpe de matériaux, sous la responsabilité du titulaire.

Chaque pain est enveloppé d'un film polyoléfine rétractable pour être protégé lors du coulage de la dalle de compression et des intempéries durant le chantier avant la mise hors d'eau. Cette opération est effectuée à l'aide d'une machine à souder avec tunnel de rétraction (figure 5).

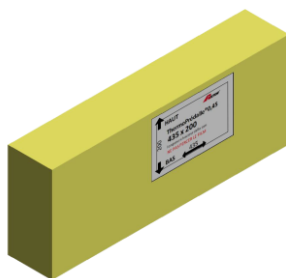


Figure 5 : Découpe des pains

D'une épaisseur de 80 mm, il existe plusieurs longueurs de pain d'isolant. La gamme comporte 5 longueurs : 640, 540, 435, 335 et 205 mm. La description des pains d'isolant est donnée en Annexe I figure 1.

L'identification des pains d'isolant est précisée au §2.1.2.

2.2.6. Plaques de fond et de protection

Les plaques de fond et de protection de 12,5 mm d'épaisseur, sont à liant ciment armé d'un treillis de fibres de verre.

Ces plaques servent respectivement de socle en partie inférieure et de protection en partie supérieure des pains isolants :

- la plaque de protection est maintenue sur le pain d'isolant par une sangle de maintien pour les pains de 205 mm et de deux sangles de maintien pour les autres longueurs de pain ;
- le pain d'isolant est collé sur la plaque de fond.

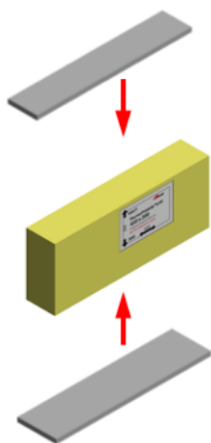


Figure 6 : assemblage du pain et des plaques

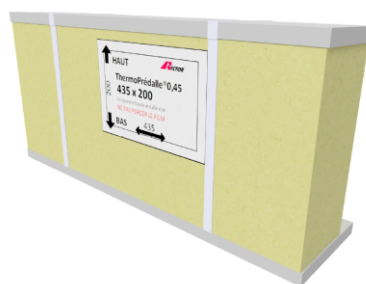


Figure 7 : Pain d'isolant avec plaques de fond et de protection

2.2.7. Cales en béton

Une ou deux cales en béton sont disposées aux extrémités de chaque pain d'isolant, sur sa face extérieure, et servent d'arrêt de bétonnage au béton de la prédalle derrière le pain.

Elles sont obtenues par découpage d'éléments en béton (figure 8).

Les cales ont pour dimensions 39 x 39 x 48 mm et sont collées sur la plaque de fond (figure 9).



Figure 8 : Cale béton

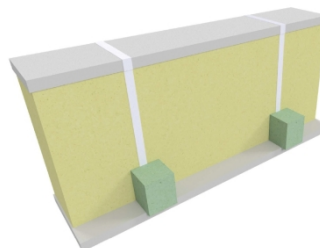


Figure 9 : Position des cales béton derrière le pain d'isolant

2.2.8. Prédalles préfabriquées

Les prédalles en béton armé ont une épaisseur nominale au moins égale à 50 mm. Elles sont conformes à la norme NF EN 13747 et font l'objet du marquage CE et d'une certification NF.

Elles peuvent être munies ou non de treillis raidisseurs. Les armatures longitudinales sont non dépassantes sur l'about côté rupteur thermique.

Les pains sont positionnés généralement à 39 mm de l'about ou de la rive de la prédalle. Leur hauteur est adaptée à l'épaisseur totale du plancher.

2.2.9. Données environnementales

La gamme « Rupteur ThermoPrédalle® BA 0,45 RECTOR » fait l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) en cours de validité. La FDES individuelle vérifiée par une tierce partie est disponible sur le site www.inies.fr.

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

Cette fiche est représentative des planchers réalisés à partir de prédalles en béton armé munies de rupteurs ThermoPrédalle® BA 0,45 RECTOR fabriquées par les sites de production RECTOR titulaires de la marque NF selon la norme NF EN 13747.

2.3. Conception et calculs

2.3.1. Règles générales

Les règles de justification des planchers ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR sont menées conformément à la norme NF P 19-206 ainsi que les trois parties (P1-1, P1-2 et P2) du NF DTU 23.4. Des compléments, pour certaines justifications spécifiques du procédé, doivent être apportés selon les éléments fournis ci-après.

Les épaisseurs des planchers ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR ne peuvent pas être inférieures à 180 mm.

Par défaut, la classe minimale du béton de la dalle collaborante rapportée est C25/30.

La limite élastique f_{yk} des aciers de béton armé est prise égale à 500 MPa.

2.3.2. Justification en zone courante de plancher

Les justifications en zone courante de plancher sont menées conformément aux § 5 et § 6 de la norme NF P 19-206 pour respectivement les vérifications à l'ELU et à l'ELS.

La justification de la limitation des flèches est menée conformément au § 6.5 de la norme NF P 19-206.

La vérification du monolithisme est réalisée conformément aux § 5.3.2 et 12.2.3 de la norme NF P 19-206. On considérera les coefficients c et μ correspondant à l'état de crantage obtenu (surfaces lisse, rugueuse ou crantée).

2.3.3. Justification des zones d'about de plancher au niveau des appuis d'extrémité

Les dispositions et justifications de l'about de la prédalle ne comportant pas de pain d'isolant sont celles définies à la norme NF P 19-206 pour ce qui concerne les vérifications d'ancrage (§ 5.5.1), de résistances à l'effort tranchant (§ 5.3.3) et à la flexion sous moment négatif éventuel (§ 5.2).

Pour les zones d'about en présence des pains isolants, l'enrobage latéral minimum des paniers d'armature des nervures en béton est de 10 mm, quelle que soit la classe d'exposition. Des cales sont mises en œuvre afin de respecter cette disposition, selon la figure 10 ci-dessous.

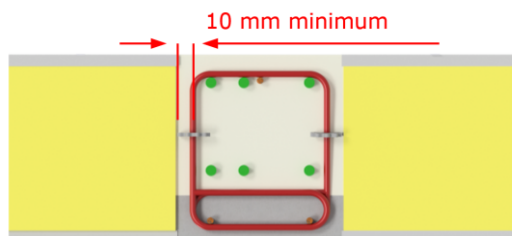


Figure 10 : Enrobage latéral minimum

Tous les éléments évoqués ci-après concernent les justifications spécifiques à l'about de la prédalle comportant des pains d'isolants sous l'action de charges verticales (voir figure 1 de l'Annexe III).

Les hypothèses retenues, pour les justifications par le calcul sous sollicitations d'effort tranchant horizontal, tiennent compte de la transmission par la prédalle au contact du béton de chaînage sur une distance limitée à la largeur de la nervure comme précisé sur les figures 11 et 12 ci-dessous.

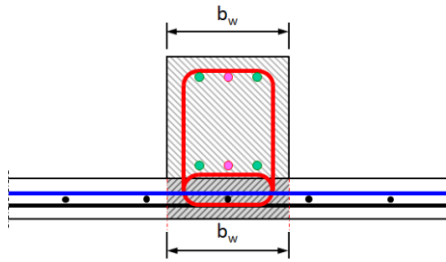


Figure 11 : Cas de nervure courante

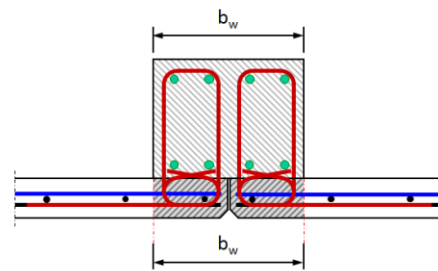


Figure 12 : Cas de nervure d'extrémité

2.3.3.1. Justification des nervures en béton

2.3.3.1.1. Vérification à la flexion au droit de la nervure

Il y a lieu de vérifier le moment de flexion à l'ELU, équilibré par les armatures inférieures mises en place dans les paniers, dans la zone de transition, située à l'aplomb des nervures, et la zone courante de la dalle. Cette vérification s'effectue en prenant en compte un moment décalé à une distance correspondant à la hauteur utile de la dalle.

La valeur du moment pris en compte pour cette vérification est déterminée en tenant compte de l'entraxe des nervures de la zone considérée.

2.3.3.1.1.1. Vérification de la capacité résistante sous moment positif

La capacité résistante de la dalle avec about muni de ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR est évaluée en considérant une section rectangulaire.

Cette section est constituée :

- d'une largeur comprimée évoluant depuis la nervure de largeur b_w avec une pente de 2/3 ;
- d'une membrure tendue correspondant à la largeur de la nervure b_w ;
- d'armatures tendues comportant :
 - les armatures passives longitudinales du panier ;
 - les armatures de flexion situées dans la prédalle dans la largeur de la nervure ;
 - les armatures de flexion, prises en compte pour la part ancrée, en deçà de la section Σ et de la droite à 45° rejoignant l'appui.

Les figures 13 et 14 ci-dessous explicitent ces prescriptions :

- le pointillé de couleur rouge représente l'évolution des sections pour la partie comprimée ;
- le pointillé vert définit l'abscisse à partir de laquelle est calculée la force disponible dans les armatures pour la vérification de la section Σ .

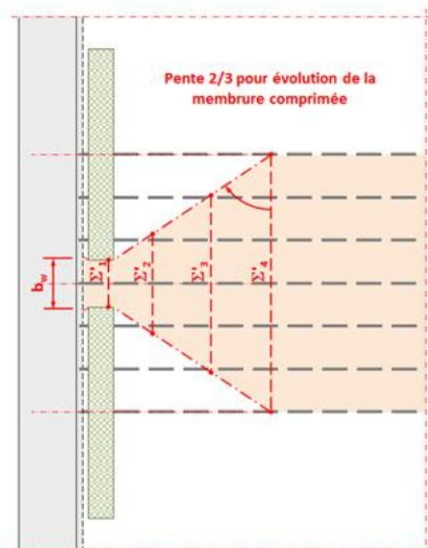


Figure 13 : Cas de la membrure comprimée

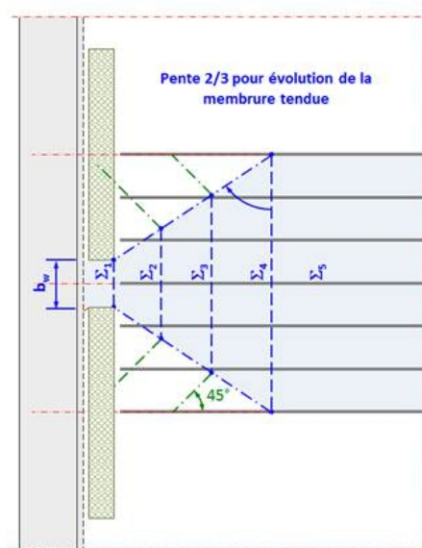


Figure 14 : Cas de la membrure tendue

2.3.3.1.1.2. Vérification des armatures supérieures des paniers d'armature sous moment négatif

Conformément à l'article 9.2.1.2 de la NF EN 1992-1-1 et de l'Annexe Nationale Française, il doit être disposé des armatures minimales capables de reprendre un moment fléchissant résultant d'un encastrement partiel calculé en tenant compte d'une fraction égale à 15% du moment maximal de flexion en travée.

La section béton résistante sur appui est la section rectangulaire correspondant aux dimensions de la nervure.

2.3.3.1.2. Vérification vis-à-vis de l'effort tranchant vertical

La justification à l'effort tranchant vertical peut être réalisée dans un modèle bielle-tirant, considérant des bielles d'inclinaison variable (angle θ tel que $1 \leq \cot \theta \leq 2,5$).

A l'extrémité de cette zone, la capacité résistante est évaluée à partir des formules 6.2.a et 6.2.b du § 6.2.2 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale en tenant compte de la section béton telle que définie au § 2.3.3.1.1 ci-dessus.

2.3.3.1.3. Vérification du cisaillement à l'interface entre le béton de prédalle et le béton de table rapporté

La couture au droit de la nervure est assurée par les brins verticaux des cadres des paniers d'armature en HA6 espacés tous les 30 mm. Cette justification s'effectue conformément § 6.2.5 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

Dans la zone d'emprise des paniers, en l'absence de traitement après vibration, l'état de surface de la prédalle est considéré comme lisse. En dehors de cette zone, l'état de surface à considérer est celui figurant dans le certificat NF de l'usine concernée.

La vérification de la résistance au cisaillement à l'interface peut être évaluée par plages en cohérence avec l'inclinaison des bielles retenues pour la vérification d'effort tranchant (voir § 2.3.3.1.2), la surface cisailée étant déterminée à partir de la section résistante telle que définie au § 2.3.3.1.1 ci-dessus.

2.3.3.1.4. Vérification de la bielle d'about

L'évaluation du niveau de la contrainte maximale dans la bielle de béton peut être déterminée conformément au § 6.5.4 (4) b) de l'EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale « nœud soumis à compression et à traction avec tirant ancré dans une direction ».

La naissance de la bielle de compression se situe à l'aplomb du nu intérieur de l'appui pour tout type de support, excepté dans le cas de support réalisé à partir de mur à coffrage intégré. Dans ce dernier cas, elle est décalée de la valeur correspondant à la valeur du maximum de ch_1 et ch_2 définie dans le cahier des prescriptions techniques communes aux procédés de murs à coffrage intégré, selon figure 15 ci-dessous.

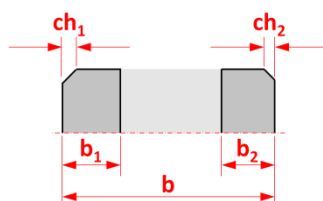


Figure 15

2.3.3.1.5. Vérification de l'ancrage des armatures longitudinales inférieures sur appui

Les éléments fournis ci-après précisent les justifications à apporter vis-à-vis de l'équilibre de la bielle d'about.

L'ancrage des armatures longitudinales sur appui est réalisé par les armatures inférieures du panier.

Pour les paniers, on peut considérer que les armatures sont ancrées pour une contrainte de calcul égale à $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$.

Note 1 : La justification est basée sur les essais réalisés au CSTB en traction compression avec ces différentes dispositions de ferrailage pour le procédé ThermoPrédalle RECTOR.

2.3.3.1.6. Vérification de la longueur des armatures inférieures des paniers

2.3.3.1.6.1. Méthode générale

La longueur des armatures est déterminée pour assurer la résistance en flexion suivant les indications définies au § 2.3.3.1.1.

2.3.3.1.6.2. Méthode simplifiée

On s'assure que les armatures longitudinales inférieures des paniers sont capables de reprendre seules la flexion en fonction de l'entraxe des nervures concernées par la vérification.

La longueur d'encombrement totale l_1 de l'armature est prise égale à :

$$l_1 = l_{\text{dép}} + d_1 + e_{\text{pi}} + l_{\text{be}} / 2 + l_o$$

- $l_{\text{dép}}$: longueur droite de dépassement de l'armature en about de prédalle ;
- d_1 : positionnement du pain d'isolant / à l'about de la prédalle ;
- e_{pi} : épaisseur du pain isolant ;
- l_{be} : longueur maximale du pain isolant ;
- l_o : longueur de recouvrement.

2.3.4. Traitement des balcons

La section béton résistante à considérer au droit des pains d'isolants est la section rectangulaire correspondant aux dimensions de la nervure.

Côté balcon, la section résistante, de part et d'autre du pain, est déduite de la section définie au § 2.3.3.1.1.1 en considérant un épanouissement de la largeur de la nervure tendue par recouvrement d'armatures correspondant. Le fonctionnement du balcon est de type dalle. Les vérifications vis-à-vis de l'effort tranchant sont réalisées à chaque étude, des armatures transversales peuvent être disposées dans la zone proche de l'appui du balcon si cela est nécessaire.

La section d'armatures à disposer dans les paniers en nappe inférieure correspond à la section d'armatures calculée pour l'ancrage de la bielle d'about en négligeant la présence du balcon, avec un minimum de 2 HA10. Ces armatures droites seront ancrées côté balcon en ménageant une longueur d'au moins 60 $\varnothing$ à partir du nu extérieur du support.

L'Annexe V fournit les illustrations qui sont des exemples non exhaustifs de traitement des balcons, reprenant certaines configurations décrites dans les « carnets de détails pour l'accessibilité des balcons, des loggias et des terrasses dans les constructions neuves » Référence MBPD 10 001 du CSTB.

2.3.4.1. Disposition des joints de fractionnement

En fonction du calepinage des rupteurs retenus par le bureau d'études RECTOR, la position des joints de fractionnement peut nécessiter d'être déplacée.

2.3.4.2. Balcons coulés en place ou réalisés à partir de prédalle

La liaison d'un balcon en continuité d'un plancher réalisé avec le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR s'effectue par la mise en place sur chantier d'armatures supérieures filantes traversantes au niveau des nervures en béton à l'intérieur des cadres des paniers, correctement ancrées à la fois dans le plancher et en extrémité de balcon.

Les schémas des paragraphes V-1 et V-2 de l'Annexe V illustrent, à titre d'exemple, un principe de ferrailage des armatures de balcons parallèlement et perpendiculairement au sens de portée du plancher.

Pour les calculs des balcons réalisés à partir de prédalles :

- la hauteur totale du balcon est considérée lorsqu'il y a contact béton/béton ;
- il convient de prendre en compte la hauteur seule du béton coulé en place s'il y a un jeu de construction entre la zone préfabriquée et la zone coulée en place.

2.3.4.3. Balcons préfabriqués

L'utilisation de balcons préfabriqués est envisageable, le principe de dimensionnement restant identique. Cette solution nécessite la prise en compte de tolérances d'exécution réduites pour assurer la mise en place des armatures longitudinales dans le volume des paniers, compte tenu des jeux de pose (voir § 2.4.13). Ces dispositions doivent être convenues, lors de la conception, avec le fournisseur de prédalles.

En présence ou non de caniveau avec engravure disposé du côté de l'appui du balcon préfabriqué, une étanchéité doit être mise en œuvre à l'interface entre l'arase supérieure du balcon et le mur de façade ou de pignon. Cette étanchéité doit être réalisée conformément à la NF DTU 43.1 ou à l'Avis Technique dont relève le procédé d'étanchéité, ainsi qu'aux Règles Professionnelles « SEL balcons et plancher sur espaces non clos » ou « Etanchéité sous protection lourde » publiées par la CSFE.

2.3.4.4. Balcons d'angle

Les armatures longitudinales disposées dans les paniers « spécial balcon » des nervures concernées par le balcon d'angle sont identiques aux armatures longitudinales disposées dans les nervures d'un balcon en zone courante de façade ou de pignon en considérant la même portée. La section d'armatures doit respecter les dispositions minimales vis-à-vis du gradient thermique et du retrait précisées au § 2.3.5.3.1.2 du Dossier Technique. Le bureau d'études RECTOR précise sur les plans d'armatures complémentaires du plancher, les armatures nécessaires à l'intérieur des paniers.

Les chaînages périphériques sont prolongés au-delà des angles du bâtiment et règnent au moins sur la demi-portée du balcon. Vis-à-vis des armatures disposées dans la zone du balcon, les sections d'armatures nécessaires ne diffèrent pas de celles retenues pour un balcon d'angle en prolongement d'un plancher dont la liaison est continue. Une zone de renforcement est à prévoir sur une largeur égale à la demi-portée du balcon. Le bureau d'études structure détermine les armatures nécessaires à prévoir. Le bureau d'études RECTOR peut porter une assistance si cela est nécessaire.

L'ensemble de ces dispositions est précisé sur les figures 9 à 11 de l'Annexe V.

2.3.5. Vérification sous sollicitations horizontales

2.3.5.1. Principe et méthode de justification

Les essais de cisaillement alterné, réalisés jusqu'à rupture des nervures en béton avec différents types de paniers d'armatures sur des maquettes de planchers muni de rupteurs ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR, ont permis de déterminer :

- les lois de comportement par interprétation des relevés force-déplacement fournis par le laboratoire du CSTB ;
- la raideur des nervures en béton ;
- une approche analytique basée sur la méthode des bielles-tirants.

Le principe de justification consiste à s'assurer du transfert des efforts horizontaux par les nervures en béton armé vers le voile de contreventement. Le schéma d'équilibre retenu est décrit à la figure 16 ci-dessous :

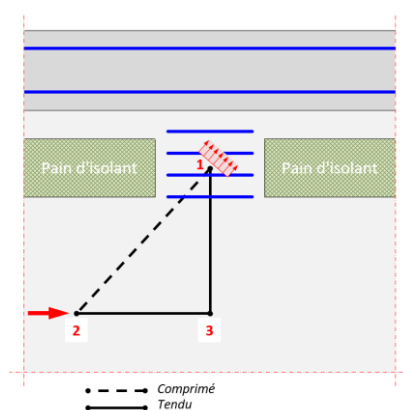


Figure 16

L'effort transite par une bielle de compression 1-2 à la fois pour partie dans le béton de prédalle et dans le béton de la table collaborante. L'équilibre est assuré à la fois par le tendeur 2-3 parallèle à la ligne d'appui (armatures du chaînage intérieur) et par le tendeur 1-3 (armatures longitudinales du type de panier retenu).

La méthode de calcul est détaillée en Annexe VI.

2.3.5.2. Principes de modélisation

La vérification des nervures ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR est réalisée sur la base du modèle aux éléments finis réalisé par le bureau d'études structure.

Les principes de modélisation par calcul aux éléments finis décrits ci-dessous sont utilisables pour toutes vérifications, en toutes zones sismiques et toutes catégories de bâtiment.

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR ne modifie ni le comportement global, ni l'intensité des efforts dans l'ouvrage. De ce fait, pour déterminer les efforts dans les nervures en béton armé, il est possible d'utiliser :

- un modèle sans rupteur correspondant à une liaison standard continue plancher-voile support ;
- un modèle avec rupteur en matérialisant les nervures en béton armé entre le voile support et le plancher.

Le maillage des éléments coques du plancher doit être raffiné conformément aux recommandations usuelles des calculs aux éléments finis.

2.3.5.2.1. Modélisation sans rupteur

La modélisation sans rupteur appelée méthode des coupures consiste à réaliser une coupure côté plancher décalée de 30 cm parallèlement à l'axe du voile porteur. L'effort dans une nervure correspond à l'intégration des efforts dans les coques du plancher sur un entraxe correspondant à la nervure considérée.

Cette méthode est conservatrice car les efforts sont surévalués par rapport à une modélisation complète.

2.3.5.2.2. Modélisation avec rupteurs

La modélisation avec rupteurs permet d'évaluer précisément les efforts dans les nervures en béton armé. La modélisation d'un bâtiment muni de ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR, consiste à matérialiser les nervures en béton, au niveau de la liaison voile-plancher en tenant compte de la raideur vis-à-vis des efforts tranchants horizontal et vertical ainsi que de la raideur en traction/compression.

Les nervures en béton armé sont modélisées à l'aide d'éléments filaires de type barre. Généralement :

- les raideurs vis-à-vis des efforts tranchants horizontal et vertical sont pris égales à $K_V = K_H = 1000 \text{ kN / mm}$;
- la raideur en traction ainsi qu'en compression est déterminée en fonction de la section mise en œuvre dans le panier. Par exemple pour une nervure munie de paniers PPCR, $K_N = 785 \text{ kN / mm}$.

Pour le reste de la structure à savoir les voiles et les planchers, la modélisation doit être réalisée à l'aide d'éléments surfaciques de type coque.

Les résultats numériques obtenus sur chaque nervure peuvent être directement pris en compte.

2.3.5.3. Prise en compte du gradient thermique et du retrait

Les efforts engendrés par le gradient thermique et le retrait dans les façades et les zones courantes de plancher muni de rupteur ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR sont similaires à ceux observés sur le même ouvrage non muni de rupteur thermique.

Les sollicitations induites dans les nervures par le gradient thermique et le retrait sont traitées au travers de dispositions constructives différenciées, selon qu'il s'agisse de voiles en béton armé ou de maçonnerie.

Ces vérifications sont valables en présence ou non de balcon dans les angles des bâtiments.

2.3.5.3.1. Cas des voiles en béton armé

2.3.5.3.1.1. Configuration sans présence de balcon d'angle

Dans les angles du bâtiment, on doit disposer les types de paniers d'armatures dans les nervures en béton armé tels que définis dans le tableau 2 ci-dessous.

Paniers d'armatures minimales à retenir dans les nervures vis-à-vis du gradient thermique et du retrait										Nervure n°1 dans l'angle du bâtiment PCAR : Panier Courant d'Angle Renforcé PCR : Panier Courant Renforcé PCS : Panier Courant Standard PER : Panier d'Extrémité Renforcé (Gauche ou Droite)
Nervure n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Sens non porteur	PCAR	PCR	PCS	PCS	PCS	PCS	PCS	PCS	PCS	
Sens porteur	PCAR	PCR	PER	PCS	PCS	PER	PCS	PCS	PER	

Tableau 2

Au-delà de ces nervures, le type de panier à retenir résulte du dimensionnement réalisé par ailleurs sous les efforts liés aux charges verticales ou aux actions sismiques.

On doit disposer 4 HA10 filants dans les chaînages périphériques ainsi que dans les chaînages intérieurs.

2.3.5.3.1.2. Configuration avec présence de balcon d'angle

En présence de balcon dans les angles de bâtiment, une section d'armatures minimales doit être disposée dans les nervures des paniers « spécial balcon ». Les armatures longitudinales supérieures sont de 4 HA16 et les armatures longitudinales inférieures doivent représenter au moins une section correspondant à la moitié de la section des armatures longitudinales supérieures soit 2 HA14 + 1 HA12 par exemple. Cette disposition concerne les quatre premières nervures en partant de l'angle. A partir de la cinquième nervure dans le sens porteur comme dans le sens non porteur, les armatures longitudinales inférieure et supérieure sont déterminées selon les critères de dimensionnement sous les efforts liés aux charges verticales ou aux actions sismiques, en présence ou non de balcon (voir figures 9 à 11 de l'Annexe V).

On doit disposer dans les chaînages périphériques ainsi que dans les chaînages intérieurs :

- 4 HA12 filants dans la zone concernée par les nervures du balcon d'angle ;
- 4 HA10 au-delà de ces nervures.

2.3.5.3.2. Cas des murs en maçonnerie

Dans le cas d'ouvrages réalisés en maçonnerie, ces dispositions ne sont pas nécessaires. Le type retenu résulte du dimensionnement réalisé sous les efforts liés aux charges verticales ou aux actions sismiques.

2.3.5.4. Vérification du contreventement des bâtiments

Le bureau d'études structures doit vérifier le contreventement du bâtiment dont les planchers sont munis de rupteur ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR.

Il n'y a pas lieu de vérifier les efforts transitant dans les nervures elles-mêmes au vu de leur capacité résistante, à condition de considérer au minimum les armatures des paniers standards, et en tenant compte des dispositions minimales définies au §2.3.5.3.

2.3.5.5. Vérification sous sollicitations sismiques

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR, en situation sismique, est destiné :

- à tout type de structure référencé à l'article 5.2.2.1 de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale française ;

- à tous les bâtiments réguliers ou non au sens de l'article 5.2.2.2 de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale française;
- à tous les niveaux de planchers, éventuellement prolongés par un balcon ;
- lorsque la conception des bâtiments assure à la structure une ductilité limitée (DCL) et moyenne (DCM) ;
- pour toutes les catégories de bâtiment définies dans l'Arrêté du 22 octobre 2010 quelle que soit la classe de sol ;
- pour toutes les zones de sismicité en France Métropolitaine.

Lorsque les vérifications en situation sismique s'imposent selon l'Arrêté du 22 octobre 2010 (voir Tableau 1 de l'Annexe VIII), les vérifications sont réalisées suivant les méthodes exposées ci-après. Le coefficient de comportement q retenu pour la détermination des sollicitations est identique à celui adopté pour l'ouvrage sans rupteur thermique en application de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale. Le tableau 2 de l'Annexe VIII rappelle les conditions de la valeur à prendre en compte.

Les éléments de réduction N_{Ed} , V_{EdV} et V_{EdH} dans les nervures en béton sont comparés à la capacité résistante à l'ELA selon le principe de vérification décrit en Annexe VI en fonction du type de panier retenu.

La vérification des nervures sous sollicitations sismiques peut être réalisée en fonction de la configuration du bâtiment :

- si le domaine ne nécessitant pas de justification par calcul défini au § 2.3.5.1 est vérifié, il n'y a pas lieu de déterminer les efforts et de vérifier la capacité résistante dans les nervures de la ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR ;
- dans l'autre cas, la justification des nervures doit être effectuée à l'aide d'une modélisation sans rupteur (§ 2.3.5.2.1) ou avec rupteur (§ 2.3.5.2.2).

2.3.5.5.1. Domaine ne nécessitant pas de justification par calcul

Compte tenu de leur faible niveau de sollicitation au regard de la résistance des nervures ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR, les ouvrages répondant aux critères définis au § VIII.3 de l'Annexe VIII ne nécessitent pas de justification par le calcul.

2.3.5.5.2. Méthodes par modélisation

Les méthodes de modélisation aux éléments finis sont décrites au § 2.3.5.2 et permettent de déterminer les sollicitations dans les nervures par les modélisations décrites aux § 2.3.5.2.1 et § 2.3.5.2.2.

2.3.6. Sécurité incendie

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR a fait l'objet d'un essai de résistance au feu réalisé au CSTB et d'une Appréciation de laboratoire de résistance au feu AL 22-327_V3.1, donnant lieu à une classification REI 120 pour l'ensemble des épaisseurs de plancher au moins égales à 200 mm, pour une portée maximale de 6 mètres et pour une structure porteuse pouvant être en béton armé ou en maçonnerie.

Les justifications, par le calcul en zone courante de plancher, s'effectuent conformément au § 11 de la norme NF P 19-206.

Dans les zones d'about comportant des pains d'isolant (sens porteur), au vu des valeurs de température relevées lors de l'essai au niveau des armatures inférieures et supérieures des paniers d'armatures, dans le béton des nervures ainsi que dans les pains isolants après 120 minutes, il n'y a pas lieu de réaliser des justifications particulières de résistance par le calcul.

De plus, la règle de calcul du C+D est satisfaite : cette configuration ne diffère pas d'un plancher dalle pleine réalisé ou non à partir de prédalles industrialisées en béton.

2.3.7. Isolation acoustique

La Nouvelle Règlementation Acoustique (NRA) étant une exigence de résultats et non de moyen : il n'y a pas d'exigence réglementaire sur le rupteur. Néanmoins, celui-ci participe à la réglementation puisqu'il peut influencer la performance globale. La performance d'un rupteur se traduit par la mesure de l'indice $D_{n,e,w}+C$ (en dB).

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR a été évalué en laboratoire, sans et avec masquage par un doublage recouvrant entièrement le rupteur. Les configurations testées permettent de répondre à la réglementation acoustique et sont classées ESA5 au sens des Exemples de Solutions Acoustiques du CSTB – édition janvier 2014.

2.3.8. Isolation thermique

Le procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR permet de traiter les ponts thermiques au niveau des jonctions plancher-mur périphérique et plancher-balcon, pour les bâtiments à isolation thermique par l'intérieur. Les calculs d'isolation sont menés conformément aux Règles Th-Bat.

Des valeurs courantes de transmissions linéiques ψ (W/m.K) sont données en Annexe VII.

En toiture-terrasse, conformément à la DTU 20.12, la totalité de l'isolation doit être disposée en partie supérieure du plancher.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

Les prédalles munies de rupteurs représentent tout ou partie de l'ensemble des prédalles du plancher. La mise en œuvre des prédalles munies de rupteurs est identique à celle de prédalles industrialisées courantes. Elle est réalisée conformément à la norme NF P 19-206 ainsi que les trois parties (P1-1, P1-2 et P2) du NF DTU 23.4.

Les plans de préconisation de pose sont établis par le bureau d'études de l'industriel. Ils comportent les éléments nécessaires à la mise en œuvre des prédalles, ainsi que la définition des armatures complémentaires nécessaires pour la réalisation du plancher.

Sur demande, les équipes commerciales et techniques de l'industriel peuvent assister les bureaux d'études d'exécution et les entreprises, de la prescription jusqu'à la mise en œuvre sur chantier.

2.4.1. Livraison et réception des prédalles

La livraison des prédalles est préalablement planifiée avec l'entreprise.

La réception des prédalles sur chantier doit s'effectuer conformément aux § 3.13 et § 5 du NF DTU 23.4 P1-1.

2.4.2. Manutention et stockage des prédalles

Les indications portées sur le plan de préconisation de pose, vis-à-vis de la manutention et du stockage éventuel sur chantier des prédalles, conformément au § 5.3 du NF DTU 23.4 P1-1, doivent être respectées.

Le matériel de manutention, à savoir élingues, crochets de levage et palonnier, vérifié par l'entreprise, doit être conforme aux normes en vigueur et aux indications de pose portées sur les plans de l'industriel.

En cas de stockage sur chantier, les dispositions doivent être prises pour éviter la détérioration des paniers d'armature et des pains d'isolant. Le système de calage doit en outre respecter les prescriptions § 5.3 du NF DTU 23.4 P1-1.

2.4.3. Pose des prédalles

La réception des supports doit être effectuée par l'entreprise avant la pose des prédalles conformément § 5.4 du NF DTU 23.4 P1-1. Pour les prédalles munies de rupteurs, elle doit vérifier l'absence de tout obstacle pouvant gêner la mise en place des armatures dépassantes des paniers.

En l'absence de dispositions particulières adoptées par l'entreprise de pose, les prédalles comportant des rupteurs sur la rive non porteuse doivent être posées en premier lieu, avant la prédalle adjacente, ceci afin de garantir le bon positionnement des pains. Les prédalles munies de rupteurs sont posées côte à côte, jointivement et toujours sur les files d'étais placées en général parallèlement aux lignes d'appui.

Le positionnement des prédalles comportant des rupteurs sur la rive porteuse est effectué de manière à respecter les conditions d'appui côté rupteur. Le repos d'appui nominal de la prédalle en présence de rupteurs est de 20 mm, ce qui nécessite la mise en place d'une lisse de rive.

Si les conditions de repos sur l'appui opposé ne sont pas vérifiées, il peut s'avérer nécessaire de disposer une lisse d'appui.

Par un contrôle visuel, l'entreprise doit s'assurer du bon alignement des rupteurs le long de la ligne d'appui et vérifier que le rupteur n'empiète pas sur le support de plus de :

- 5 mm dans le chaînage périphérique horizontal, dans le cas de mur réalisé en maçonnerie ;
- 1/15^e de l'épaisseur du support dans le chaînage horizontal pour les murs réalisés en béton armé.

Lorsqu'il est constaté sur le chantier, pour certaines prédalles, que les prescriptions d'appui minimal définies sur les plans de préconisation de pose ne sont pas respectées, l'entreprise doit procéder sans délai à la mise en place d'une lisse d'appui et prendre contact avec le bureau d'études de l'industriel.

Les dispositions prévues au § 6.5 du NF DTU 23.4 P1-1 doivent être retenues.

2.4.4. Armatures complémentaires en zone courante

Les armatures complémentaires en zone courante des prédalles sont précisées sur les plans de préconisation de pose établis par l'industriel et concernent :

- les armatures sur joints ;
- les renforts sur prédalles, lorsque cela est nécessaire, qui concernent notamment :
 - les armatures longitudinales ;
 - les armatures de répartition ;
 - les renforts de trémies avec ou sans chevêtre ... ;
- les armatures supérieures sur appuis.

La mise en place de ces armatures ne diffère pas par rapport aux armatures mises en place sur des prédalles industrialisées courantes.

2.4.5. Armatures du chaînage intérieur

Un chaînage est disposé sur prédalle, côté intérieur, en bordure des pains d'isolant sur toute la périphérie du bâtiment. Il est communément appelé « chaînage intérieur (CI) ».

Ce chaînage est constitué d'armatures filantes sans cadre, disposées à l'intérieur des paniers d'armatures, convenablement ancrées au droit des appuis dans le chaînage horizontal périphérique. La section d'armatures longitudinales du chaînage intérieur respecte les dispositions minimales définies pour les chaînages horizontaux périphériques et des exigences au § 2.3.5.3.

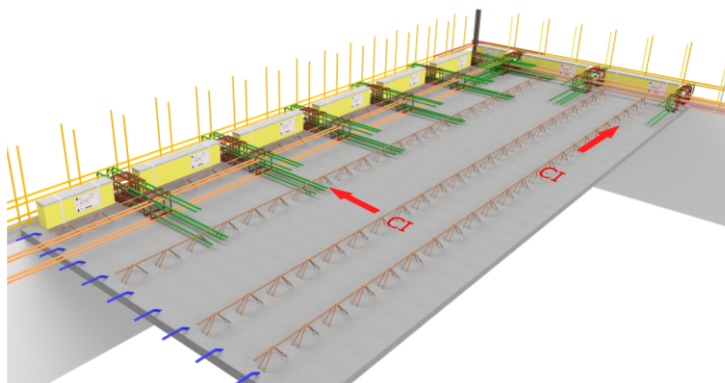


Figure 17 : Armatures du chaînage intérieur

2.4.6. Armatures disposées en about de prédalles munies de rupteurs

Les armatures de liaison avec le chaînage sont intégrées aux paniers, aucune armature complémentaire n'est à ajouter sur l'appui en about de la prédalle. Un réglage horizontal de la position des armatures de liaison avec le chaînage est nécessaire.

2.4.7. Armatures disposées en rive non porteuse de plancher

Les prédalles munies de pains d'isolant en rive non porteuse comportent également des paniers d'armatures intégrés dans la prédalle.

2.4.8. Passage de gaines et canalisations

En zone courante de plancher, l'incorporation de gaines et de canalisations est possible. Elle doit respecter les dispositions retenues au § 5.5.2.3 du NF DTU 23.4 P1-1.

Dans les zones de liaison avec rupteurs, les incorporations ne doivent en aucun cas être disposées dans les nervures en béton sauf si cette disposition est prévue à la conception.

2.4.9. Mise en place du chaînage horizontal périphérique

A la jonction plancher – murs périphériques, un chaînage horizontal est disposé conformément à la réglementation en vigueur ou aux règles de l'art.

2.4.10. Mise en place des pains d'isolant

Les pains d'isolants sont intégrés à la prédalle lors de sa fabrication selon les descriptifs précédemment mentionnés.

2.4.11. Bétonnage de la dalle collaborante rapportée

Le bétonnage de la dalle collaborante rapportée dans le cas de prédalles munies de rupteurs est similaire à celui d'un plancher à prédalles industrialisées courantes. L'entreprise doit se référer au § 5.5.2 du NF DTU 23.4 P1-1.

Un soin particulier doit être apporté :

- à la distribution équilibrée du béton de chaque côté des pains ;
- au bétonnage et à la vibration du béton des nervures dans les zones de forte densité d'armatures. Le diamètre des vibreurs utilisé ne doit pas excéder 50 mm ;
- au dressage et au surfaçage dans les zones de présence des pains d'isolant.

2.4.12. Enlèvement des étais du plancher après coulage

L'entreprise doit se référer au § 5.4.6 du NF DTU 23.4 P1-1 vis-à-vis des phases de désétalement et de l'exploitation du plancher en phase de chantier.

2.4.13. Prescriptions particulières dans le cas des balcons préfabriqués

L'utilisation de balcons préfabriqués est envisageable. Le principe de dimensionnement reste identique à un balcon coulé en place.

La pose du balcon préfabriqué doit être effectuée avec une lisse de rive.

Le mode de pose doit être défini lors de la préparation du chantier de façon à déterminer l'espace d'appui et le repos nominal, ce dernier ne pouvant être inférieur à 20 mm.

Lorsque l'état de surface d'appui est surfacé au sens de la norme NF DTU 21, la pose du balcon préfabriqué est réalisée à sec (figure 18). Dans le cas contraire, elle doit être réalisée soit à bain de mortier, soit sur lisse de rive coffrante tout en respectant une pénétration du balcon sur le support d'au moins 20 mm et le voile sera arasé 20 mm en dessous du niveau inférieur du balcon pour assurer un bétonnage correct en sous-face de balcon (figure 19).

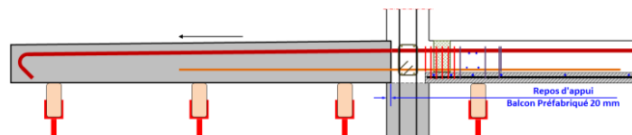


Figure 18

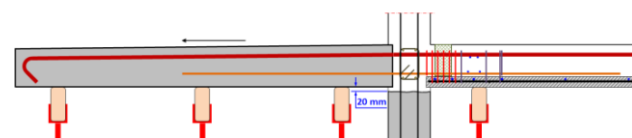


Figure 19

La conception et le dimensionnement sont à la charge du bureau d'études structures en tenant compte des précisions apportées aux § 2.3.4, § 2.3.5.3 et § 2.3.5.5. L'industriel fournira l'implantation des armatures en attente du balcon en tenant compte principalement du passage des armatures longitudinales de contrebalancement dans les paniers d'armatures des nervures de la ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR. Cette solution nécessite la prise en compte d'une distance de garde horizontale et verticale de 15 mm entre ces mêmes armatures et les cadres des paniers d'armatures telle qu'illustrée sur les figures 20 et 21. Cette distance de garde de 15 mm tient compte des tolérances d'exécution des différentes phases de fabrication et de construction. Les armatures longitudinales du balcon sont soit des armatures en attente soit des armatures manchonnées. Ces dispositions doivent être convenues, lors de la conception, avec le fournisseur de balcon.

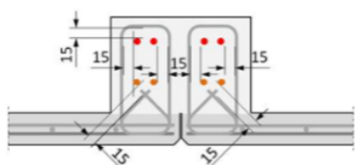


Fig. 20 : Nervures courantes

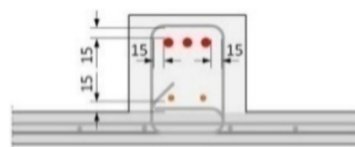


Fig. 21 : Nervures d'extrémité

L'implantation des points de levage pour la manutention des balcons préfabriqués, réalisée par le bureau d'études du fabricant des balcons, doit permettre de présenter l'élément horizontalement afin de faciliter l'introduction des armatures en attente dans les paniers d'armatures.

Note 2 : Compte tenu de ce mode d'exécution, la section maximale d'armature envisageable peut limiter la performance du balcon par rapport à une solution coulée en place ou réalisée à partir de prédalle.

Note 3 : Il appartient à l'entreprise de pose des balcons préfabriqués de s'assurer de leur bonne mise en œuvre. L'utilisation de fiche d'autocontrôle telle que celle présentée dans le Guide des bonnes pratiques Balcons en béton édité par la FFB est un moyen de s'en assurer.

2.4.14. Fixation des menuiseries

La fixation des menuiseries posées en applique intérieure sera effectuée par le biais de fixations déportées en partie arrière du dormant conformément aux préconisations du § 5.2 de la NF DTU 36.5 P1-1 (voir Figure 6 de l'Annexe III.3). Dans cette configuration, la fixation se trouve en zone courante du plancher et peut donc être réalisée de manière traditionnelle.

2.5. Finition

2.5.1. Sols

Tous les types de revêtements de sol peuvent être appliqués.

2.5.2. Plafonds

En zone courante, la nature de la sous-face est identique à la sous-face d'un plancher béton à dalle pleine coulée sur prédalles. Au niveau des abouts et des rives, les plaques de fond sont visibles en sous face, et celles-ci se trouveront dans la continuité verticale de l'isolation intérieure des murs.

2.5.3. Doublages

- Doublages collés : leur mise en œuvre est réalisée conformément à la NF DTU 25.42 P1-1. A titre d'exemple, des schémas de mise en œuvre de doublages collés sont fournis au § III.2.1 de l'Annexe III.
- Doublages sur ossature : le système est mis en œuvre conformément à la NF DTU 25.41 P-1-1. A titre d'exemple, des schémas de mise en œuvre de doublages sur ossature sont fournis au § III.2.2 de l'Annexe III.

2.5.4. Etanchéité de toiture-terrasse

2.5.4.1. Domaine d'emploi

La mise en œuvre et le domaine d'emploi du procédé de rupteur de ponts thermiques ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR sont conformes au CPT 3794 (février 2018) « Règles de conception des toitures terrasses, balcons et coursives étanchés sur éléments porteurs en maçonnerie munis de procédés de rupteurs de ponts thermiques faisant l'objet d'un Avis Technique ».

2.5.4.2. Compatibilité

Les rupteurs sont toujours surmontés d'une plaque de protection à liant ciment armé d'un treillis de fibres de verre.

La compatibilité du rupteur ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR à recevoir un pare-vapeur ou un revêtement d'étanchéité est définie dans le tableau 1 ci-dessous.

Aptitude à recevoir un :	Compatibilité de rupteurs ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR à recevoir un pare-vapeur ou un revêtement d'étanchéité
pare-vapeur synthétique en pose libre	Oui
pare-vapeur ou un revêtement d'étanchéité collé à froid	Oui
pare-vapeur ou un revêtement bitumineux auto-adhésif	Oui
pare-vapeur ou un revêtement d'étanchéité bitumineuse soudée à la flamme	Oui
pare-vapeur collé à l'EAC	Oui
isolant support d'étanchéité à base de verre cellulaire collé à l'EAC	Oui

Tableau 1

2.5.4.3. Prescriptions de mise en œuvre

2.5.4.3.1. Généralités

La mise en œuvre et la composition du revêtement d'étanchéité, du pare-vapeur et de l'équerre de renfort est décrite dans l'Avis Technique ou le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité et dans les DTU série 43 complétés par les prescriptions du CPT 3794 du CSTB « Règles de conception des toitures terrasses » (février 2018), ou suivant les Règles Professionnelles « Étanchéité sous protection lourde » de janvier 2025.

La mise en œuvre des panneaux isolants est décrite dans l'Avis Technique ou le Document Technique d'Application du panneau isolant, ou suivant les Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2021 et « Isolation inversée de toiture terrasse » de juin 2021.

L'équerre préalable sur le pare-vapeur est mise en œuvre de telle sorte que son retour horizontal présente un débord d'au moins 6 cm au-delà du rupteur (voir figure 12 de l'Annexe V).

Chaque pain est enveloppé d'un film polyoléfine rétractable pour être protégé lors du coulage de la dalle de compression et des intempéries durant le chantier avant la mise hors d'eau.

2.5.4.3.2. Enduit d'imprégnation à froid

Lorsqu'il est nécessaire d'appliquer sur le support un enduit d'imprégnation à froid (EIF), le corps du rupteur peut être recouvert, étant donné qu'il est toujours surmonté d'une plaque de protection.

2.5.4.3.3. Fixation mécanique en partie courante de toiture

Lorsque les revêtements d'étanchéité et/ou les panneaux isolants sont fixés mécaniquement, les fixations sont éloignées d'au moins 5 cm du bord du rupteur sans excéder une distance de 20 cm par rapport à l'acrotère tout en respectant les distances au bord préconisées pour ces fixations.

2.5.4.3.4. Fixation mécanique en périphérie de toiture

Dans le cas de relevés synthétiques, la fixation du revêtement en périphérie de la toiture est réalisée dans le relief. La bande de liaison du pare-vapeur au support (ex : bande butyle) est positionnée du côté du rupteur.

2.5.4.3.5. Bande auto-adhésive, équerre et pare-vapeur

La bande auto-adhésive, qui est définie dans un DTA de revêtement d'étanchéité, est mise en œuvre sur le rupteur et reçoit une équerre de continuité du pare-vapeur soudée.

2.5.4.3.6. Dalles sur plots

Dans le cas de dalles sur plots, les plots de rive ne se situent pas au-dessus des rupteurs.

La largeur du rupteur étant supérieure à 50 mm, un système de porte-dalle doit être prévu de façon à ce que les dalles ne soient pas en porte-à-faux.

2.5.4.3.7. Réservations

Les réservations dans le béton (évacuation d'eau pluviale, trop-plein, conduit de cheminée, ventilation mécanique, etc.) sont réalisées par le lot gros œuvre en prévoyant que le rupteur ne peut recevoir de fixation mécanique pour fixer les manchons/platines métalliques. Celles-ci sont espacées du rupteur de 50 mm minimum. La figure 22 donne l'exemple du cas d'une évacuation d'eau pluviale.

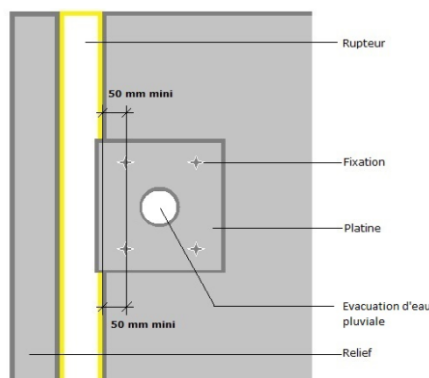


Figure 22

2.6. Fourniture et assistance technique

La conception et les calculs des planchers de la phase provisoire de chantier sont réalisés par le bureau d'études RECTOR selon le DTA n° 3.1/21-1041_V1 « Prédalle BA TR », selon la Norme NF EN 13747.

Toutes les données ainsi que les éléments d'information nécessaires pour la conception et l'approvisionnement des planchers, définis au § 3 de la NF P19 206 et au § 4 de la partie P1-2 du NF DTU 23.4 doivent être fournis au bureau d'études RECTOR chargé du dimensionnement du plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR.

Le bureau d'études RECTOR établit le plan de préconisation de pose conformément aux prescriptions du § 5 du NF DTU 23.4 P1-2. Ce plan comporte, entre autres, les conditions de manutention, de levage et de pose des prédalles, le repérage et la position des files d'étalement ainsi que le repérage et l'identification des pains isolants et des paniers d'armatures.

La coordination avec les autres intervenants est décrite au § 4 du NF DTU 23.4 P2. L'entreprise communique par ailleurs les informations relatives à l'approvisionnement des prédalles selon le § 4 de la partie P1-2 du NF DTU 23.4.

RECTOR peut apporter son assistance technique en cas de demande de l'entreprise et du bureau d'études chargé de l'étude générale d'exécution du bâtiment.

Il appartient au bureau d'études RECTOR et au bureau d'études du fabricant des balcons préfabriqués de s'assurer du respect des dispositions retenues au § 2.4.13 dans le cas de balcons préfabriqués en prolongement d'un plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR selon le mode de pose retenu.

Le logigramme de l'Annexe IX illustre les étapes de calcul et les méthodologies de dimensionnement du procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR.

Lorsqu'une justification en situation sismique d'un bâtiment dont les planchers sont munis du procédé ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR est nécessaire selon l'Arrêté du 22 octobre 2010, les justifications du domaine ne nécessitant pas de justification par calcul sont réalisées par RECTOR selon les modalités du § 2.3.5.5.1 du présent Dossier Technique.

Lorsqu'une modélisation s'avère nécessaire du fait de la nature de l'ouvrage ou de la non-application de la justification du domaine ne nécessitant pas de justification par calcul, une modélisation en situation sismique est nécessaire pour vérifier les

efforts dans les nervures à la liaison plancher-voile. Cette modélisation est réalisée par RECTOR sur la base du modèle réalisé par le bureau d'études structure selon les méthodes décrites au § 2.3.5.2. RECTOR détermine les éléments de réduction N_{Ed} , V_{EdV} et V_{EdH} et qui sont comparés à la capacité résistante à l'effort tranchant horizontal $V_{Rd,H}$.

2.7. Fabrication et contrôle

2.7.1. Fabrication des prédalles en béton armé pour planchers ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR

La fabrication des prédalles est effectuée sur une ligne de production sur laquelle on effectue les opérations de nettoyage, de traçage, de mise en place des armatures courantes de la prédalle, des paniers et des pains d'isolants, de bétonnage, d'étuvage et de démoulage.

Les armatures longitudinales (armatures de flexion) ainsi que les treillis raidisseurs sont découpés et mis en place en fond de coffrage sur des positionneurs métalliques avec cales plastiques préalablement disposés.

Les paniers d'armatures sont mis en place sur cales plastiques en fond de coffrage ou sur des positionneurs avec cales plastiques selon les fiches de fabrication établies par le bureau d'études de l'industriel.

Des cales en plastique sont également disposées latéralement sur les paniers au droit des pains d'isolants, afin de respecter les enrobages pour les nervures béton.

Les armatures de répartition sont mises en place conformément au plan de chaque prédalle.

Les rupteurs sont mis en place en about et/ou en rive de prédalle manuellement avant bétonnage de la prédalle.

Après bétonnage, un griffage mécanique ou ponctuellement manuel est effectué pour assurer la rugosité en surface de prédalle.

D'autres modes de fabrication peuvent également être envisagés.

2.7.2. Contrôle et traçabilité

L'industriel livre l'ensemble des constituants du procédé intégrés dans les prédalles et garantit leur conformité au présent Dossier Technique.

2.7.2.1. Contrôle des paniers d'armatures

Les tolérances dimensionnelles sont celles de la norme NF A 35-027 - Produits en acier pour béton armé, à l'exception des valeurs précisées ci-dessous :

- armatures transversales : +/- 2 mm sur largeur/hauteur ;
- espacement entre armatures transversales : +/- 2 mm ;
- armatures de liaison de chaînage périphérique : + 0 mm / - 5 mm.

Les nomenclatures de chaque panier d'armatures sont fournies à l'atelier d'armatures.

2.7.2.2. Contrôle des pains d'isolant

L'assemblage des différents éléments composant le pain d'isolant est réalisé par le titulaire.

Les tolérances dimensionnelles de chaque composant sont les suivantes :

- Pain d'isolant :
 - hauteur/épaisseur : +/- 2 mm ;
 - longueur : +0 mm / - 4 mm
- Plaques de fond et de protection :
 - épaisseur : +/- 1 mm ;
 - longueur/largeur : +/- 2 mm
- Cale béton :
 - longueur/largeur : +/- 1 mm ;
 - hauteur : +/- 2 mm

Les plans de chaque composant ainsi que la fiche de montage de chaque pain d'isolant sont fournis à l'atelier d'assemblage.

2.7.3. Contrôles des composants dans les prédalles

Les contrôles de la fabrication des prédalles sont effectués selon le référentiel de la certification NF. En complément des contrôles réalisés sur les prédalles courantes, un contrôle visuel portant sur les points suivants sera effectué.

- Avant bétonnage :
 - position des différents composants – pains d'isolant - types de panier, nombre d'armatures ;
 - dimension des pains d'isolant - longueur et hauteur ;
 - identification des paniers – hauteur et longueur - et vérification de l'enrobage des paniers par rapport aux pains d'isolant.
- Après bétonnage :
 - bétonnage correct dans la zone des nervures ;

- griffage du béton en face supérieure de la prédalle dans la zone autour des paniers ;
- état de la sous face de la prédalle dans les zones des plaques de fond après démoulage.

2.7.4. Traçabilité des pains d'isolant

Les contrôles du matériau isolant et la traçabilité sont réalisés à chaque étape pour garantir la performance thermique du procédé.

2.7.4.1. Au niveau des producteurs de panneaux isolants

- L'attestation de conformité pour le marquage CE ;
- Le certificat ACERMI.

2.7.4.2. Au niveau de l'atelier chargé de la découpe et du conditionnement des pains

La fabrication des pains est faite en atelier spécialisé sous le contrôle du titulaire.

- conservation des bons de livraisons à la réception des panneaux isolants ;
- lors de la découpe des pains, un contrôle dimensionnel est effectué (1 pain sur 100). La tolérance de coupe est de ± 2 mm. Les contrôles sont réalisés en référence aux normes NF EN 13162+A1 ou NF EN 13169+A1 suivant la nature de l'isolant ;
- archivage des fiches de production ;
- lors de la mise en place des pains dans les cartons : étiquetage de chaque carton avec informations des dimensions des pains, de la conductivité thermique, de la densité et du classement à la réaction au feu (Euroclasse).

2.7.4.3. Au niveau du titulaire

- réception dans chaque usine des palettes de carton de pains : conservation et archivage des bons de livraison ;
- report de la date de mise en service du lot sur le bon de livraison.

2.8. Sites de production

Les usines de production des prédalles de la ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR sont précisées ci-dessous :

- RECTOR Weyersheim - 24 rue du Ried, 67720 Weyersheim ;
- RECTOR Longueil Sainte Marie - 670 rue du Bief, 60126 Longueil Sainte Marie ;
- RECTOR Couëron - 8 route de Saint Etienne de Montluc, La Croix Gicquaud, 44220 Couëron ;
- RECTOR Voreppe - 220 route de Voiron, Route Départementale 75, 38343 Voreppe ;
- RECTOR Ravel - 4, Le Mas, 63190 Ravel ;
- RECTOR Berre l'Etang - ZAE Parc Euroflory, RD21, 13130 Berre l'Etang ;
- RECTOR Tournefeuille - 9 Boulevard Marcel Paul, 31170 Tournefeuille.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

Structure

- Appréciation Technique d'Expérimentation cas A n° 2647_V3 – ThermoPrédalle 2020 RECTOR
- Rapport d'essais CSTB n° MRF 16 26064298/A :
- Essai de caractérisation de la liaison plancher-mur du procédé rupteur prédalle 2020 soumise à des sollicitations de cisaillement horizontal et vertical – Cas de nervure munie de panier d'extrémité standard du 03 juillet 2017
- Rapport d'essais CSTB n° MRF 16 26064298/B :
- Essai de caractérisation de la liaison plancher-mur du procédé rupteur prédalle 2020 soumise à des sollicitations de cisaillement horizontal et vertical – Cas de nervure munie de panier courant standard du 03 juillet 2017
- Rapport d'essais CSTB n° MRF 16 26064298/C :
- Essai de caractérisation de la liaison plancher-mur du procédé rupteur prédalle 2020 soumise à des sollicitations de cisaillement horizontal et vertical – Cas de nervure munie de panier d'extrémité renforcé du 03 juillet 2017
- Rapport d'essais CSTB n° MRF 16 26064298/D :
- Essai de caractérisation de la liaison plancher-mur du procédé rupteur prédalle 2020 soumise à des sollicitations de cisaillement horizontal et vertical – Cas de nervure munie de panier courant renforcé du 03 juillet 2017

Feu

- Rapport d'essai n° RS17-044 concernant un système de rupture de ponts thermiques installés en nez de dalle du 06 décembre 2017
- Appréciation de laboratoire au feu n° AL 22-327 V3.1 Etude de la tenue au feu des rupteurs de ponts thermiques ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR du 22 septembre 2025

Thermique

- Vérification des calculs de coefficient de ponts thermique Psi pour des rupteurs ThermoPrédalle BA 0,45 Aff. : 22-075 Réf. : DEB/R2EB-BR/NZ-22-188 SAP : 70085467 du 8 décembre 2022

Acoustique

- Rapport d'essais acoustiques n° AC17-26069588 concernant deux rupteurs de ponts thermique du 23 février 2017 ;
- Courrier CSTBJBC/VG 16-177 du 13 juillet 2016, Performances acoustiques d'un plancher à prédalles BA et BP identiques à un plancher coulé en place
- Courrier CSTB JBC/VG 16-215 du 04 novembre 2016, Performances Acoustiques d'un plancher ThermoPrédalle identiques à un plancher dalle pleine

Toiture-Terrasse

- Rapport d'essai de compressibilité des pains isolants PB100 et PB 200 n° CLC-ETA-13-26045832 du 30 septembre 2014
- Rapport d'étude des essais de pelage du pare-vapeur avec pains isolants PB100 et PB200 n° DIR/HTO-EVAL/TOI-2014/01 du 01 décembre 2014

2.9.2. Références chantiers

Plusieurs milliers de mètres carrés de planchers ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR ont été réalisés en France Métropolitaine.

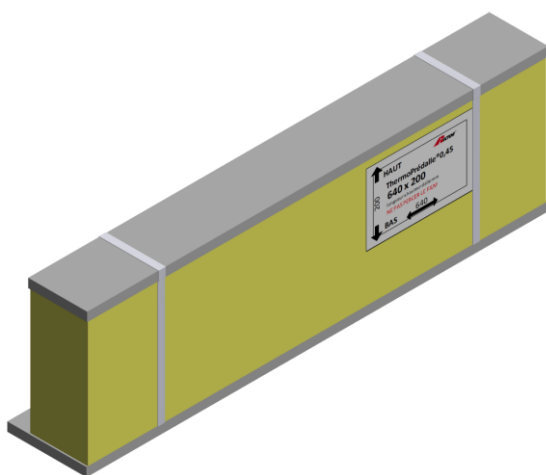
Lieu	Maitre d'ouvrage	Date	Quantité
CLERMONT-FERRAND	CREDIT AGRICOLE	2025	1100 m ²
CLERMONT-FERRAND	AUMOINE PROMOTION	2025	3000 m ²
MULHOUSE	Collectivité européenne d'Alsace	2025	5000 m ²

2.10. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

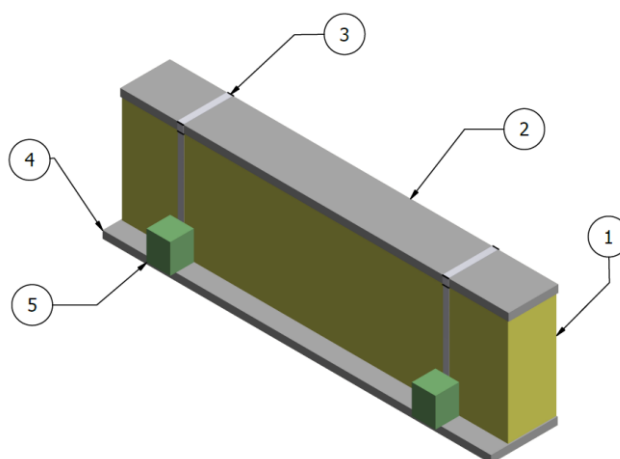
Annexe I : Pains isolants

Le pain d'isolant, pourvu d'une plaque de protection maintenue à l'aide de sangle, est posé sur une plaque de fond munie de cales béton sur la face arrière du pain isolant.

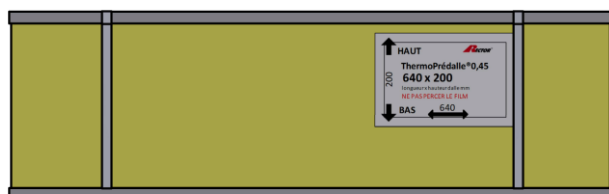
Repère	Désignation
1	Pain isolant
2	Plaque de protection supérieure
3	Sangle de maintien de la plaque de protection
4	Plaque de fond
5	Cale béton



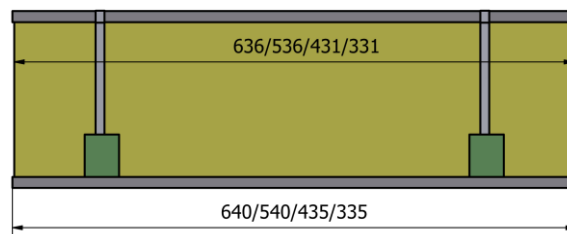
Vue de l'intérieur de la prédalle



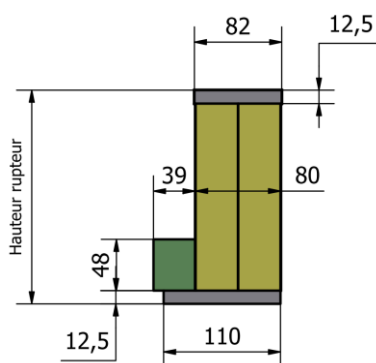
Vue de l'extérieur de la prédalle



Face intérieure



Face extérieure



Vue de profil



Gamme de longueur des pains

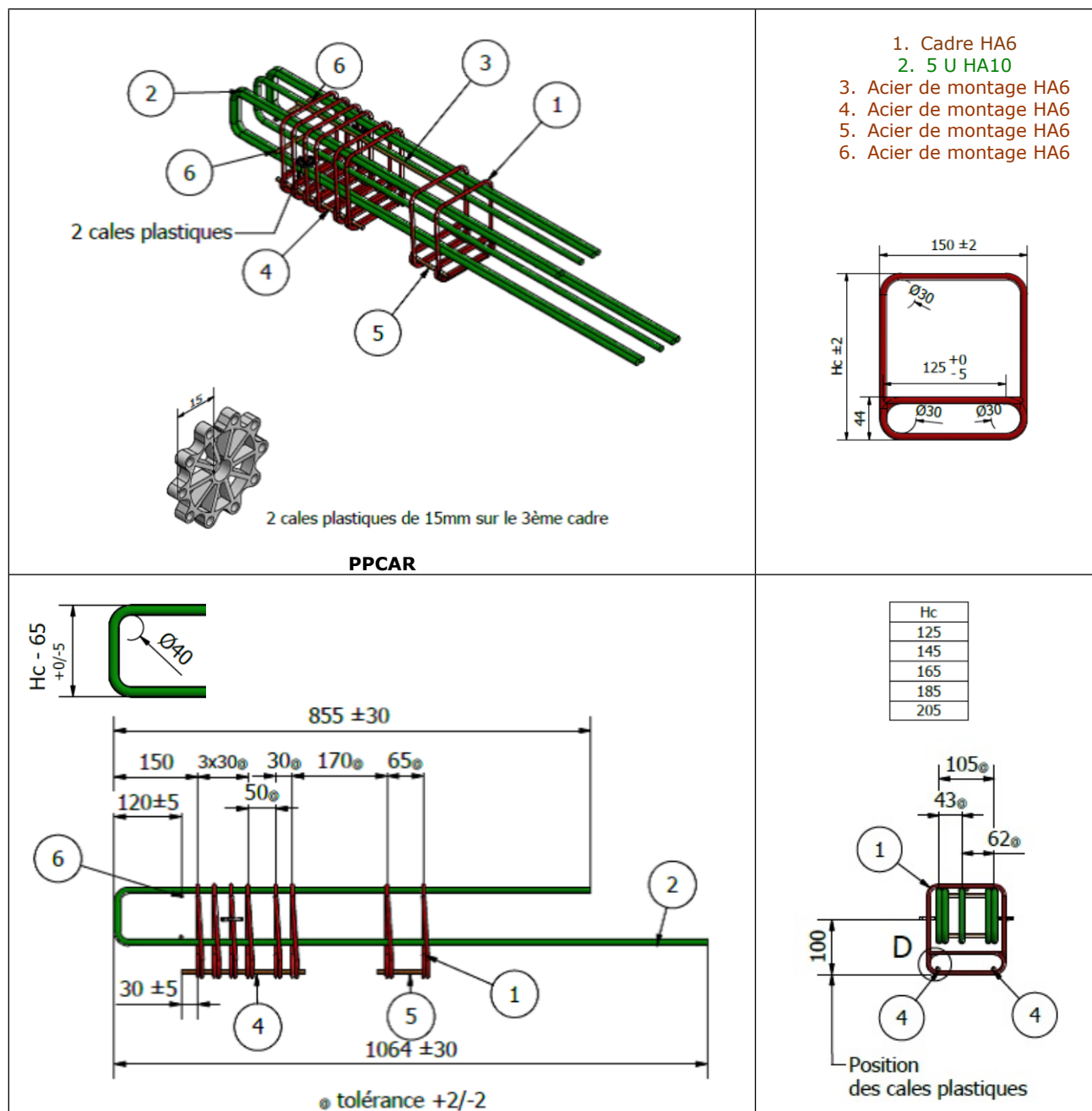
Figures 1

Annexe II : Paniers d'armatures

Les figures de l'Annexe II illustrant les différentes descriptions de paniers d'armatures sont des exemples des dispositions constructives pouvant être réalisées. Ces dispositions peuvent différer de par la hauteur des armatures transversales, le diamètre et le nombre des armatures longitudinales supérieures et inférieures.

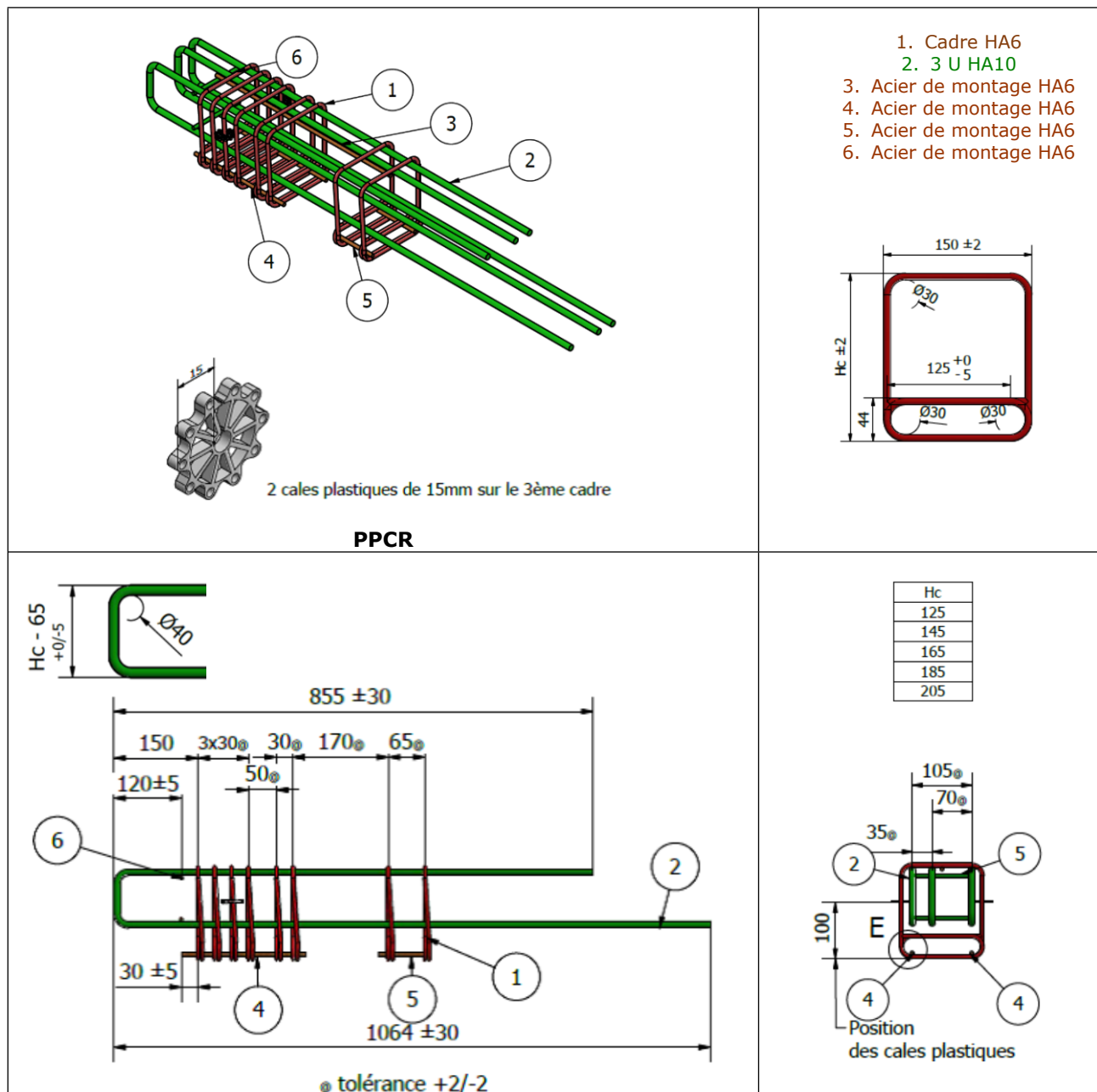
II.1 Paniers d'armature disposés dans les nervures en béton situées en about et en rive de plancher

II.1.1 Panier (poutre) courant d'angle renforcé (PPCAR)



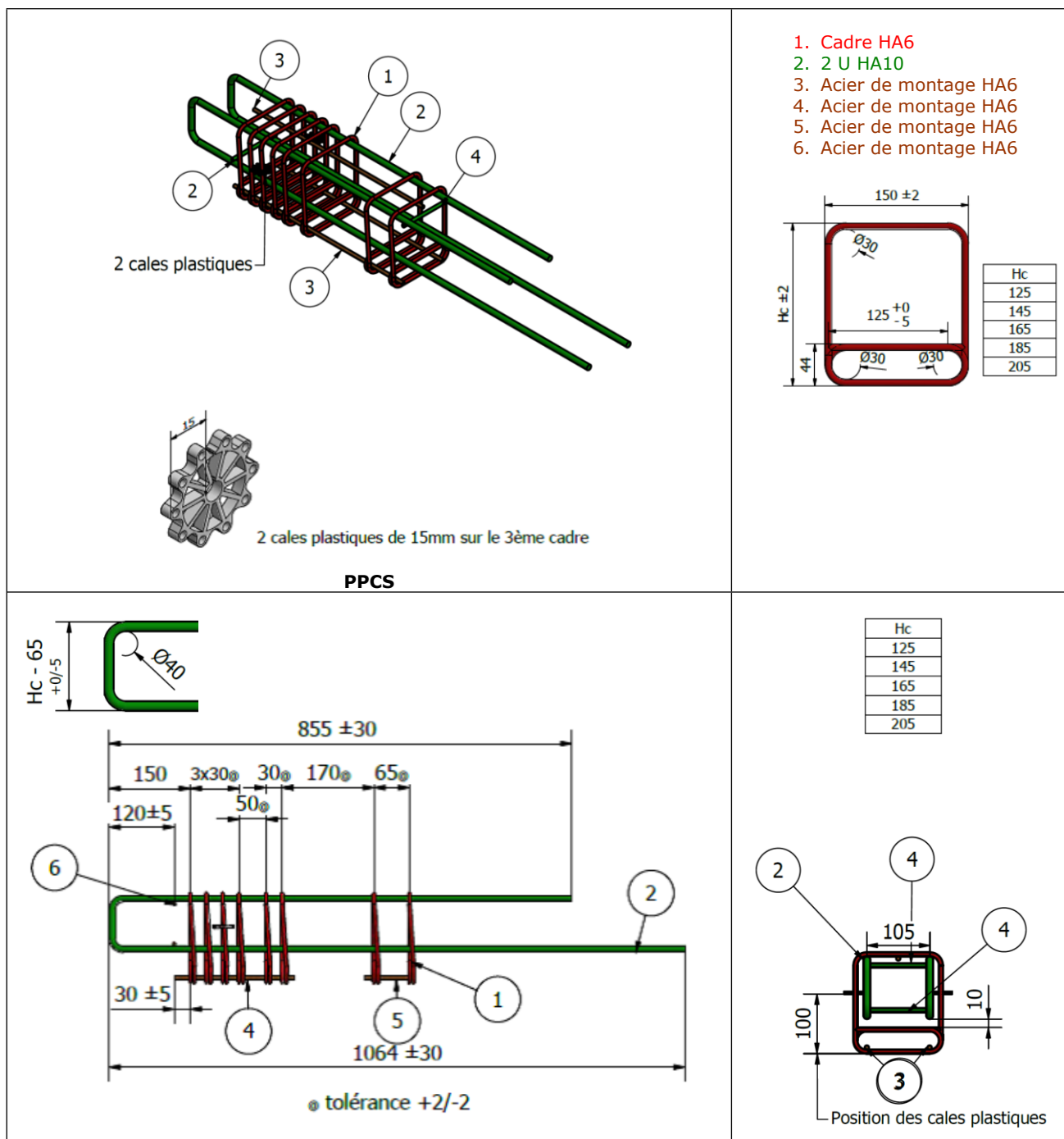
Figures 1

II.1.2 Panier (poutre) courant renforcé (PPCR)



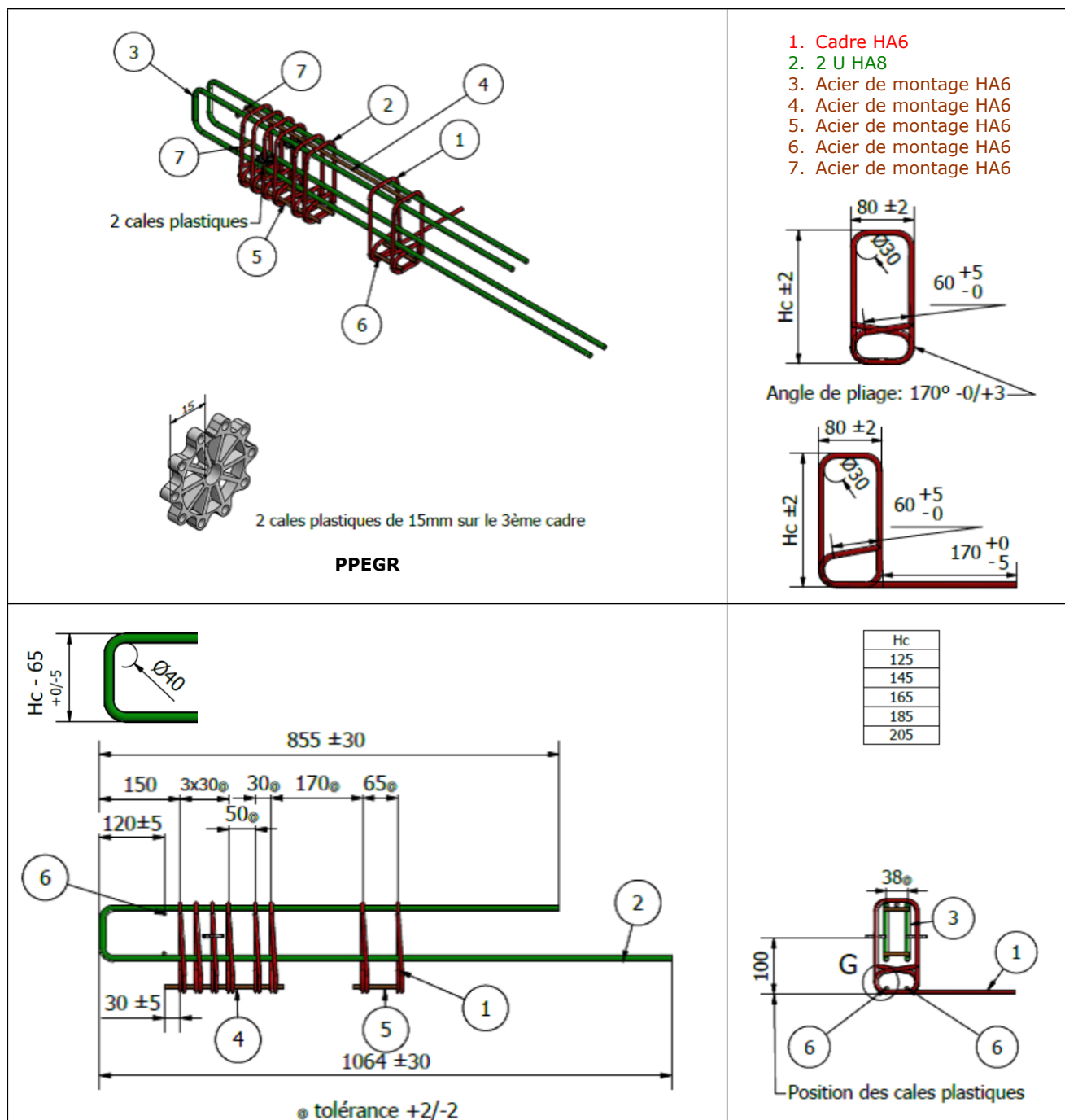
Figures 2

II.1.3 Panier (poutre) courant standard (PPCS)



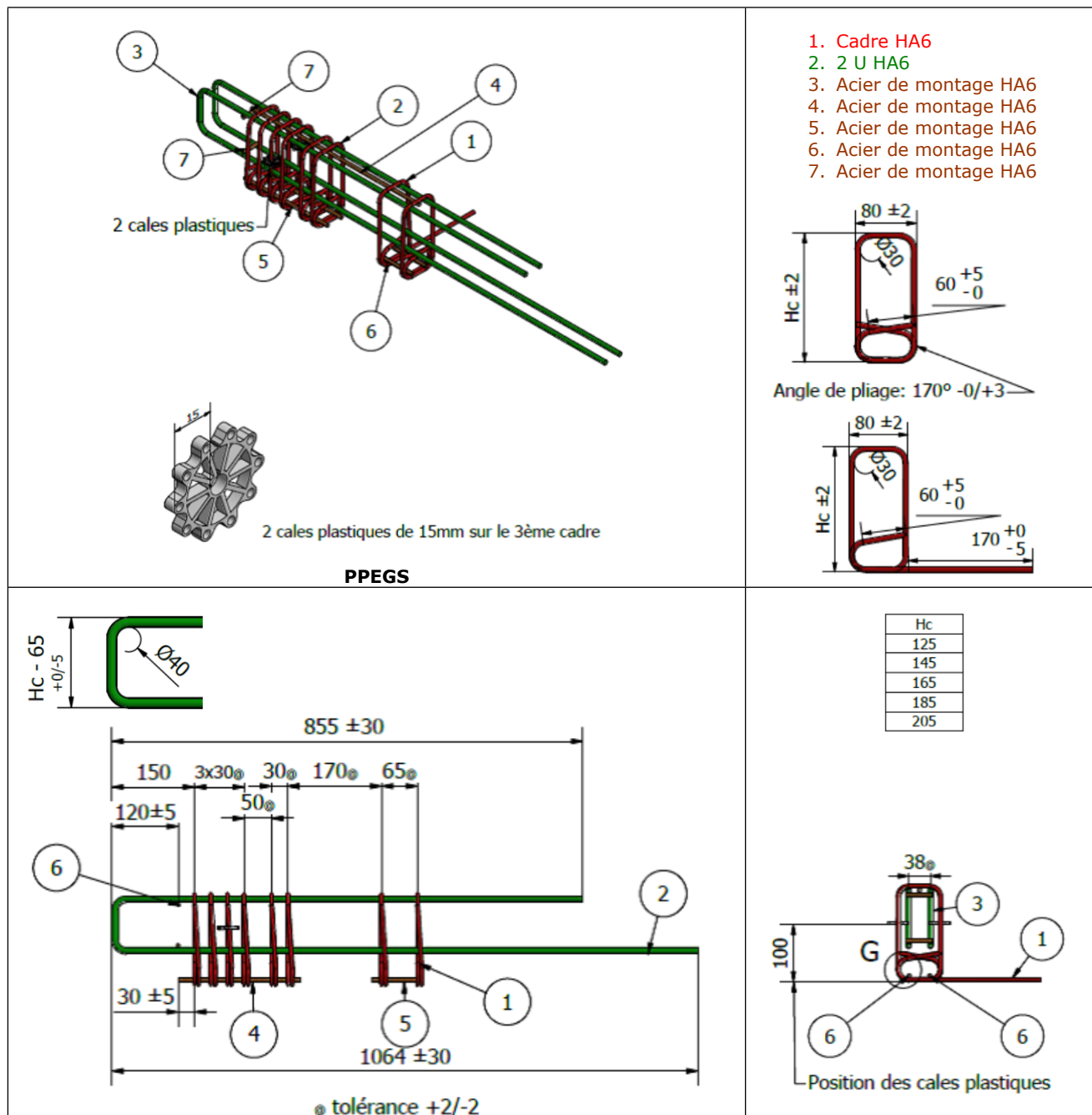
Figures 3

II.1.4 Panier (poutre) d'extrémité gauche renforcé (PPEGR)



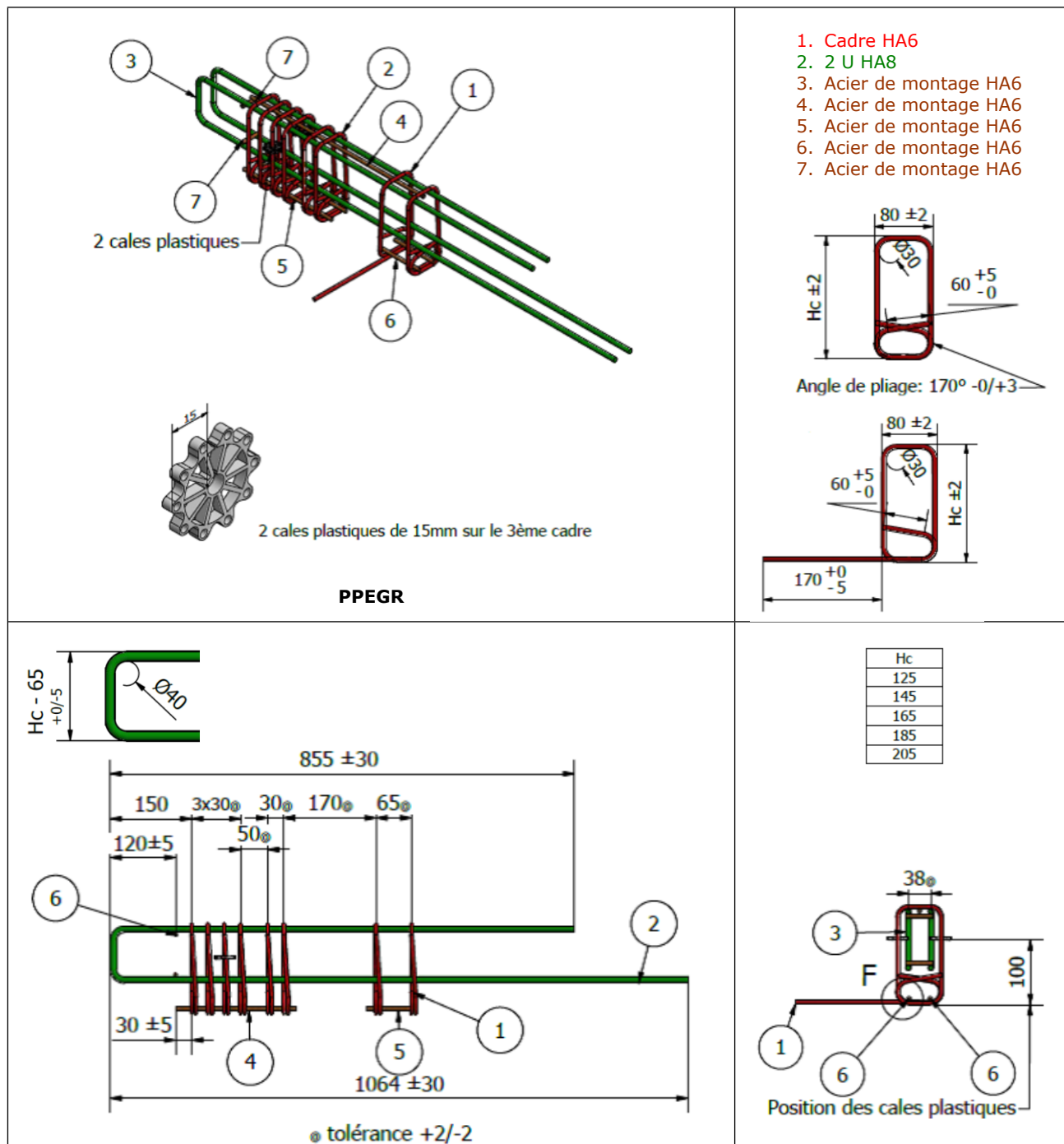
Figures 4

II.1.5 Panier (poutre) d'extrémité gauche standard (PPEGS)



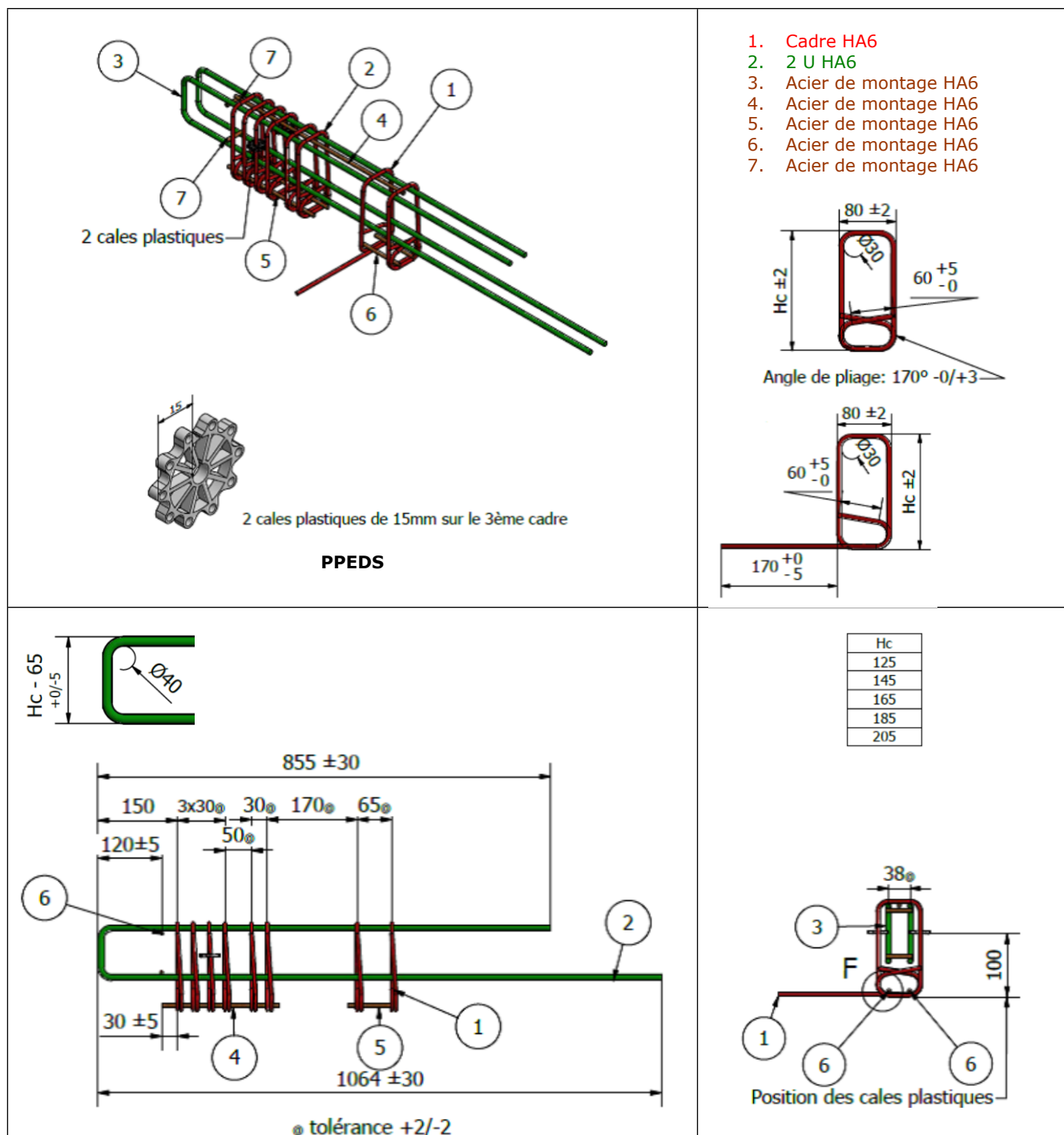
Figures 5

II.1.6 Panier (poutre) d'extrémité droite renforcé (PPEDR)



Figures 6

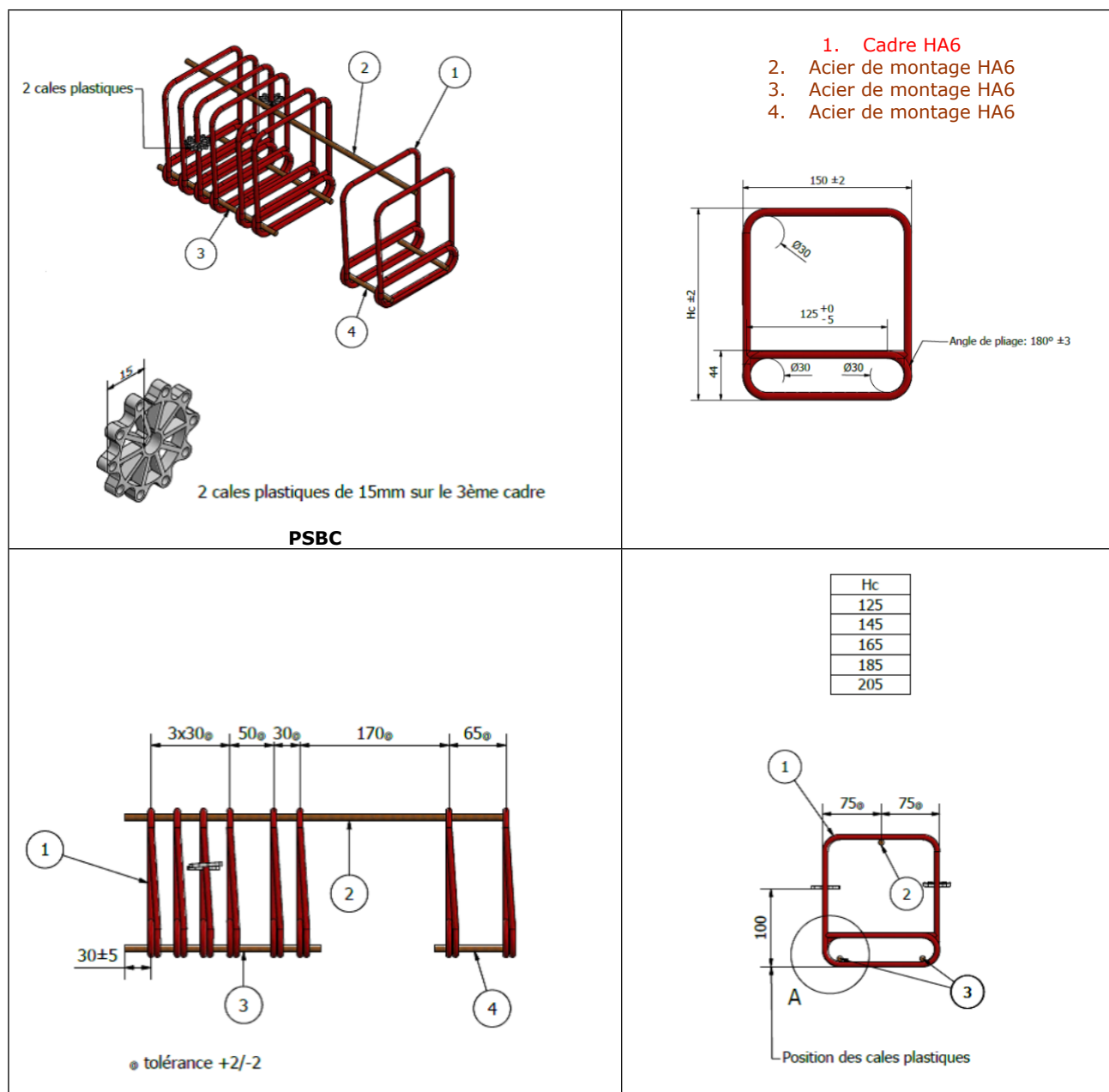
II.1.7 Panier (poutre) d'extrémité droite standard (PPEDS)



Figures 7

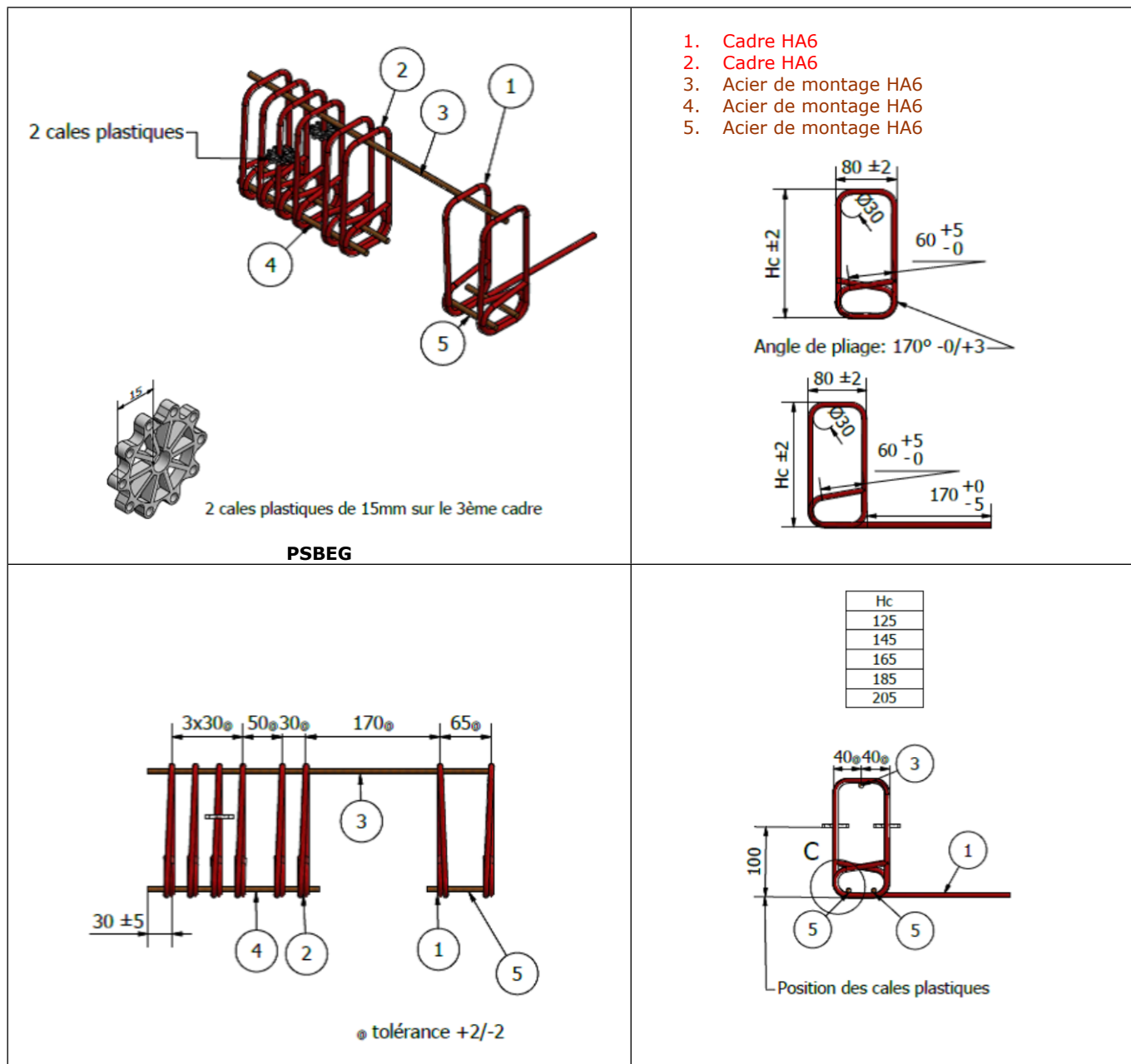
II.2 Paniers d'armature disposés dans les nervures en béton situées en about et en rive de plancher prolongé par un balcon

II.2.1 Panier spécial balcon courant (PSBC)



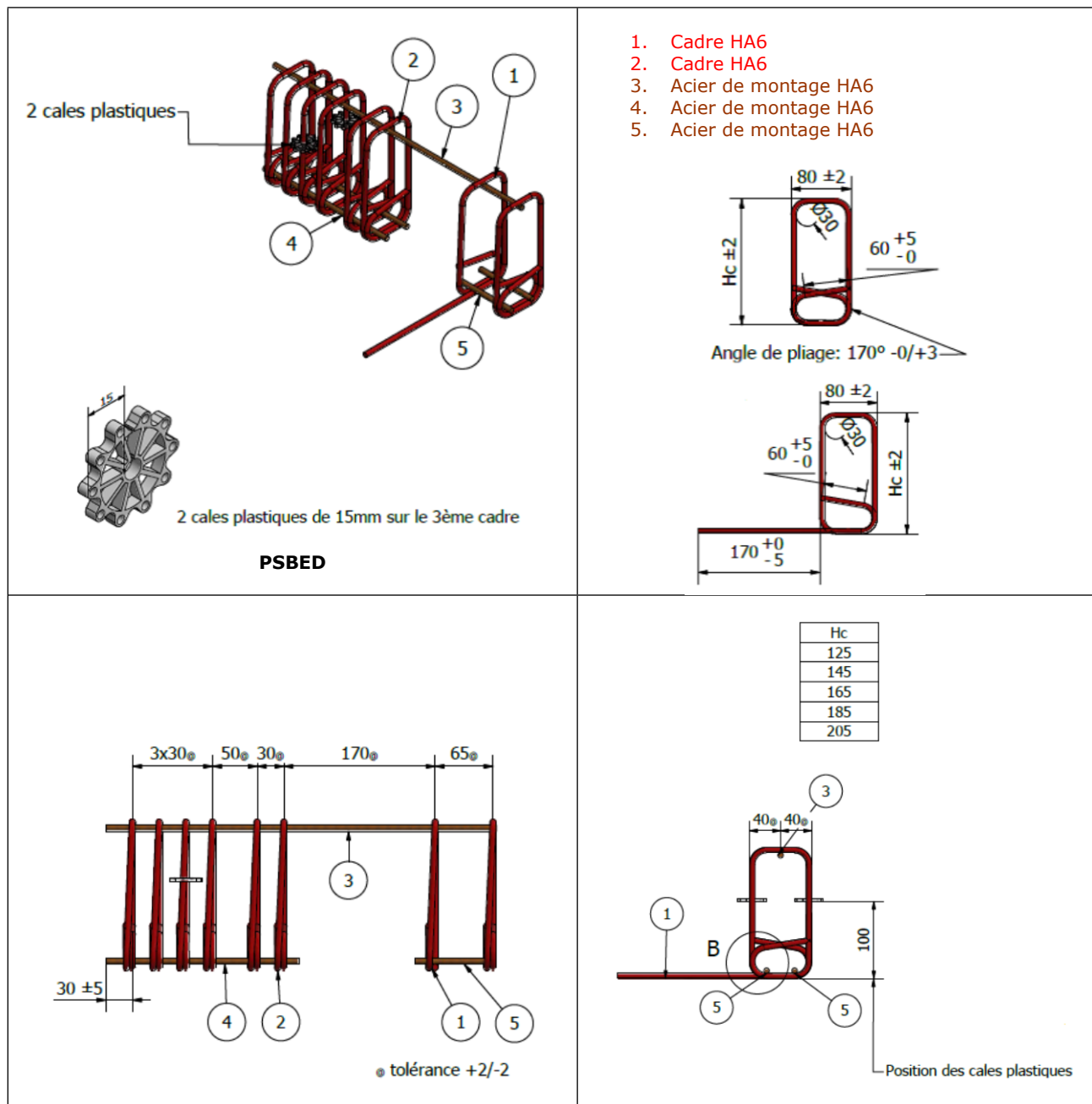
Figures 8

II.2.2 Panier spécial balcon d'extrémité gauche (PSBEG)



Figures 9

II.2.3 Panier spécial balcon d'extrémité droite (PSBED)



Figures 10

Annexe III : Détails de mise en œuvre

III.1 Détails liaison voile-plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR

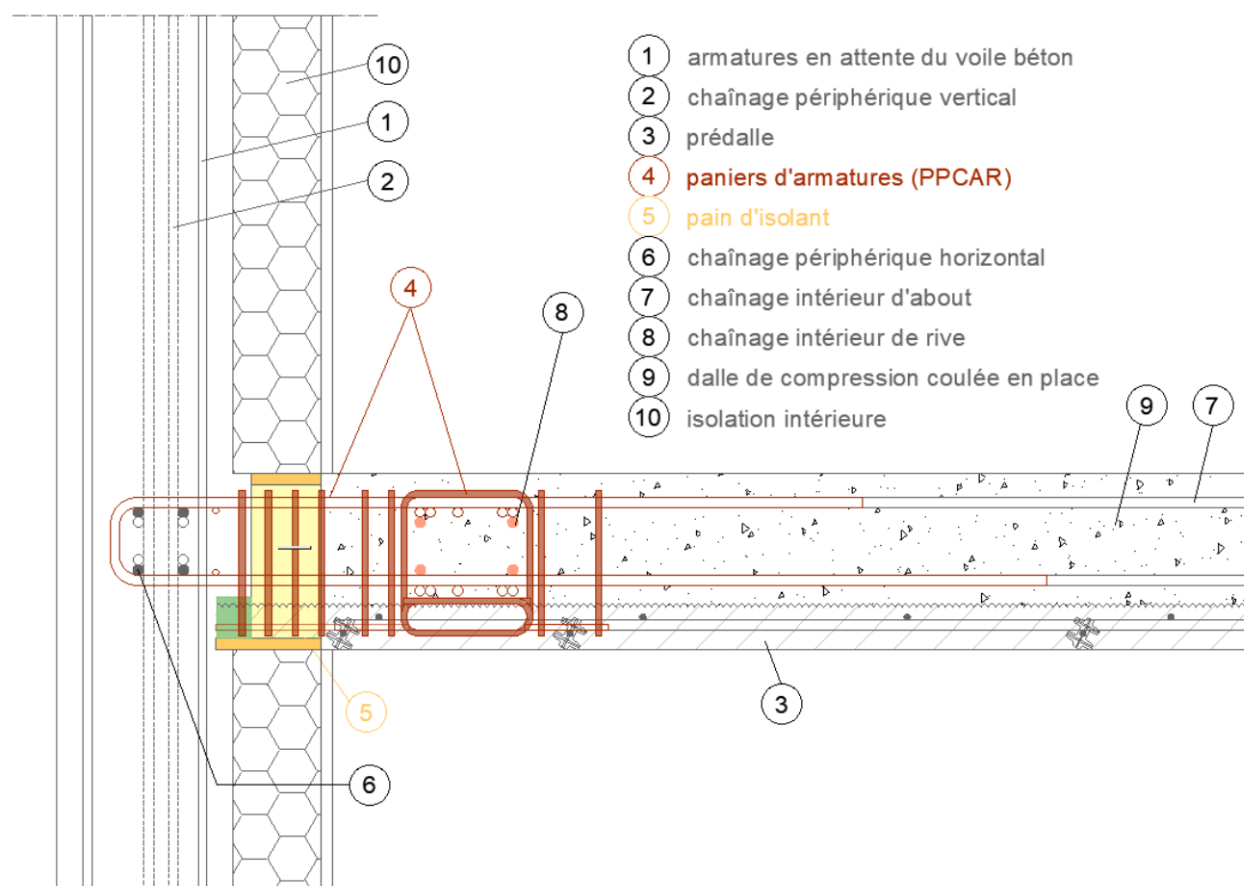


Figure 1

III.2 Détails de mise en œuvre des ouvrages de plâtrerie

Les schémas suivants sont représentatifs de la pose de panneaux d'isolation périphérique conformément au DTU 25.42.

III.2.1 Exemple de mise en œuvre de doublages collés

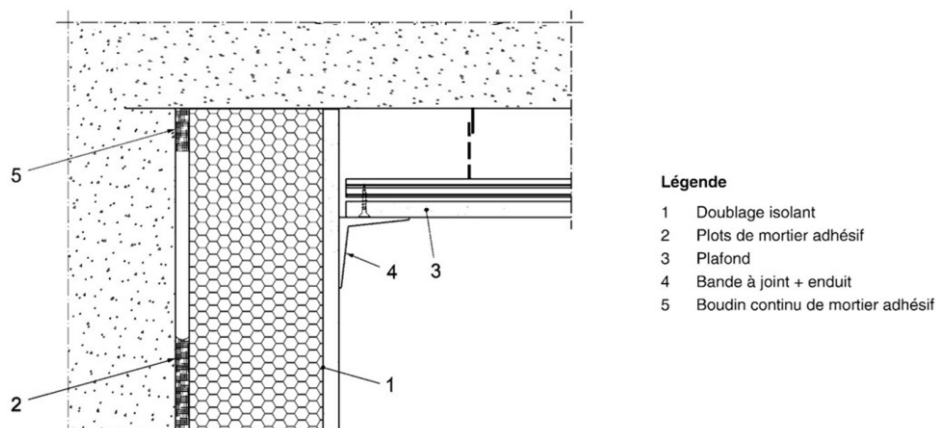


Figure 2 - Raccordement en partie haute pour isolation continue

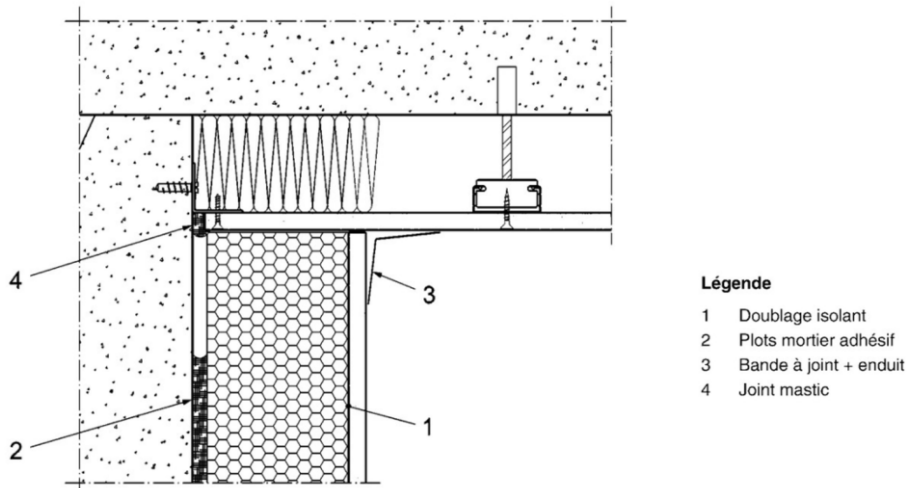


Figure 3 - Raccordement en partie haute pour isolation interrompue par le plafond

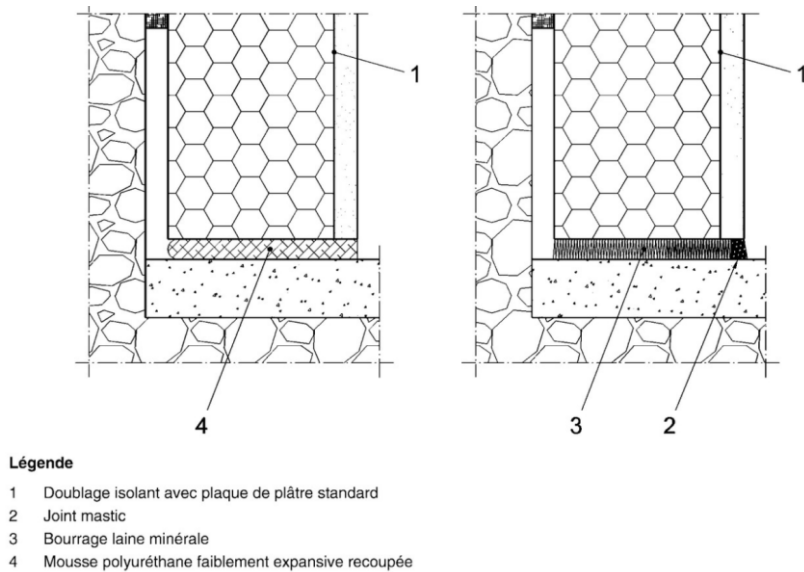


Figure 4 - Raccordement en partie basse

III.2.2 Exemple de mise en œuvre de doublages sur ossature

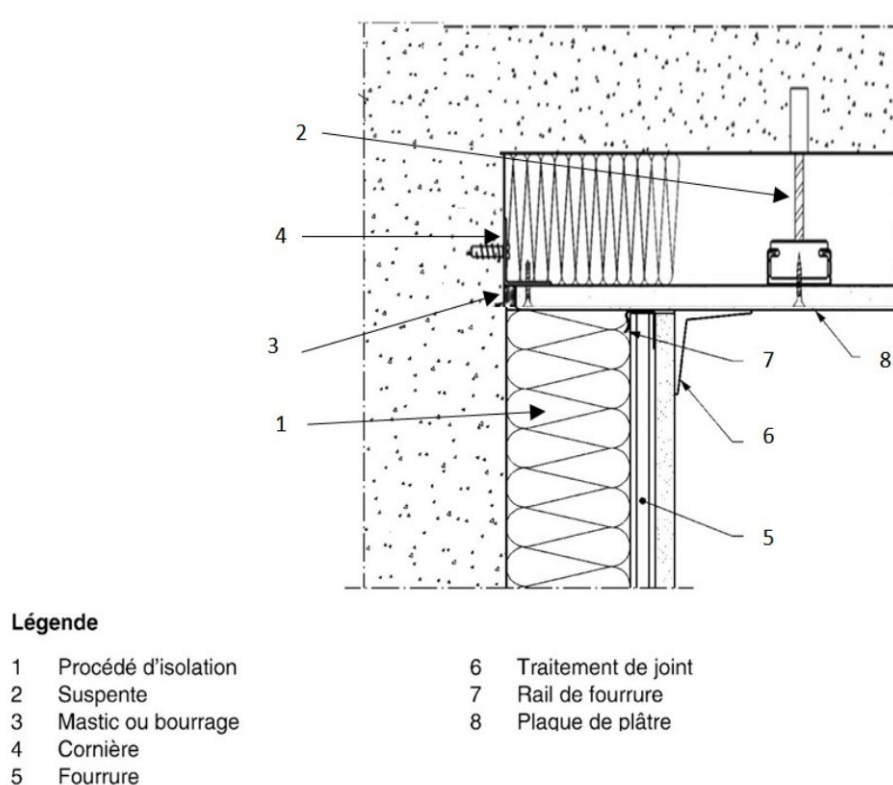


Figure 5 – Doublages sur ossature

III.3 Fixation des menuiseries

La fixation des menuiseries posées en applique intérieure sera effectuée par le biais de fixations déportées en partie arrière du dormant conformément aux préconisations du § 5.2 de la NF DTU 36.5 P1-1.

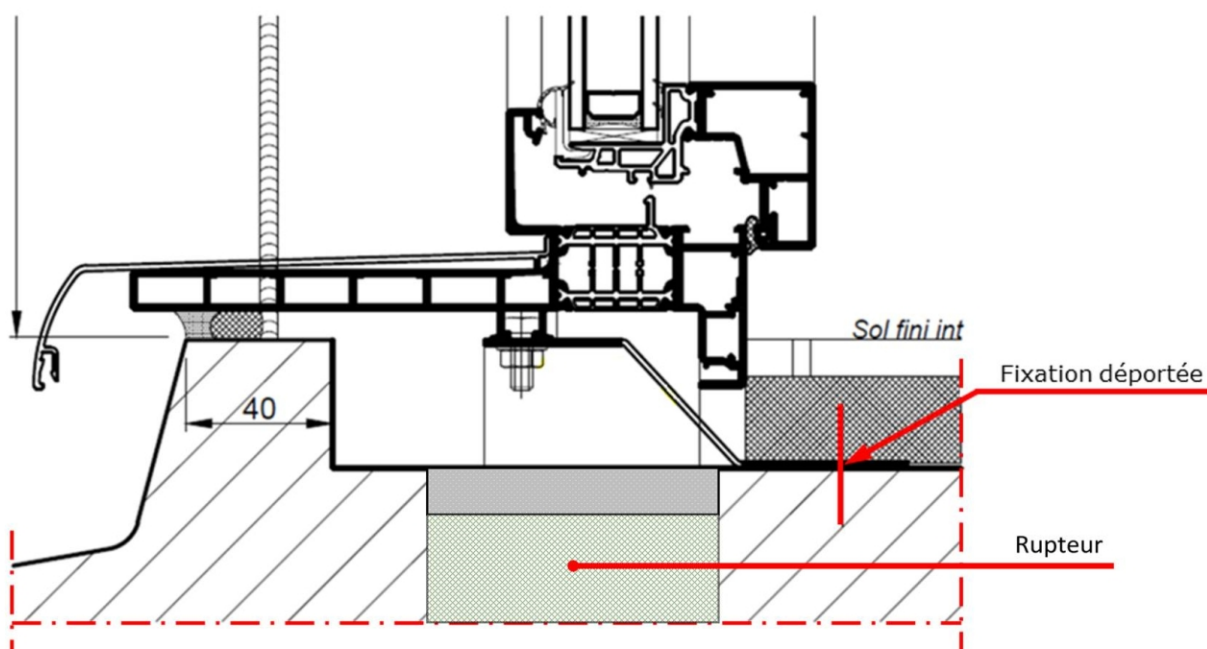


Figure 6 – Fixation déportée

Annexe IV – Vue d'ensemble et principe

IV.1 Vue d'ensemble du procédé

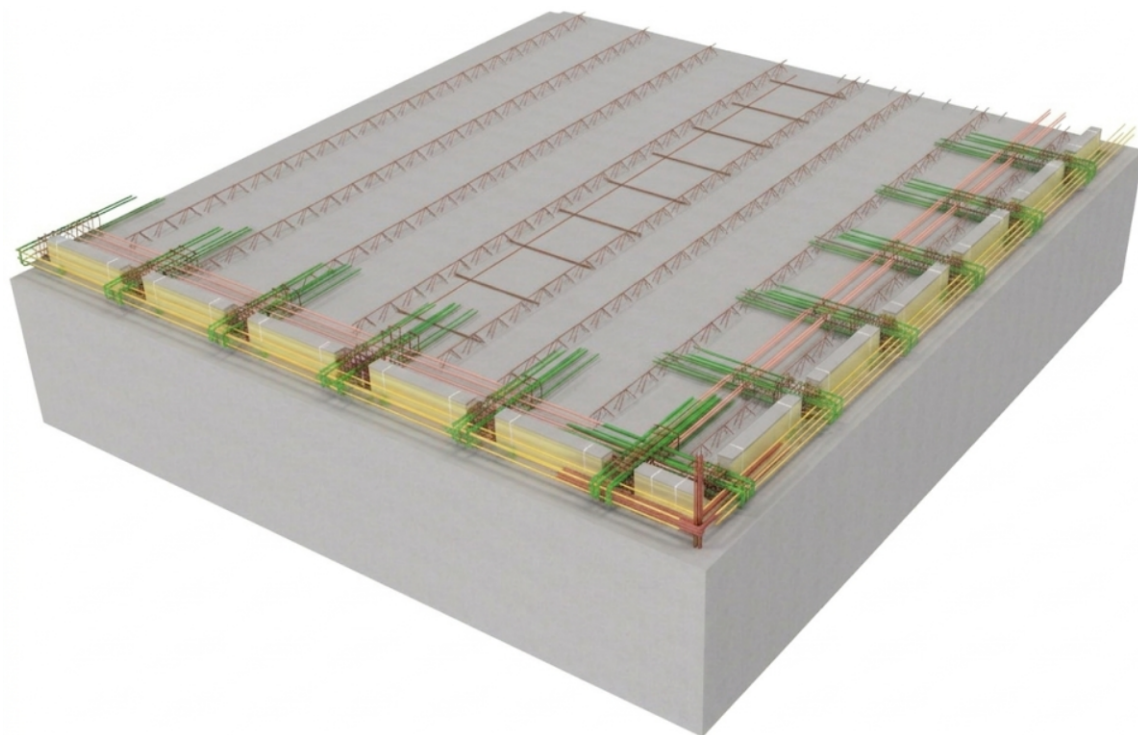


Figure 1 Représentation d'un angle de bâtiment

IV.2 Principe de calepinage des rupteurs thermiques

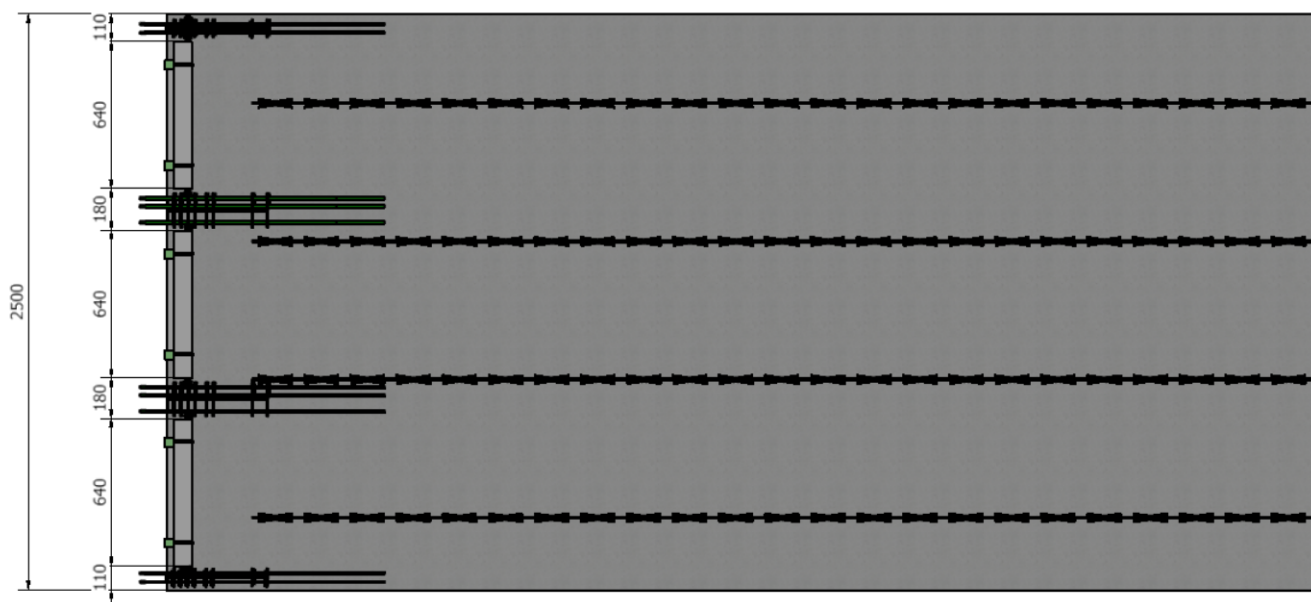


Figure 2 - Prédalle d'about - vue en plan

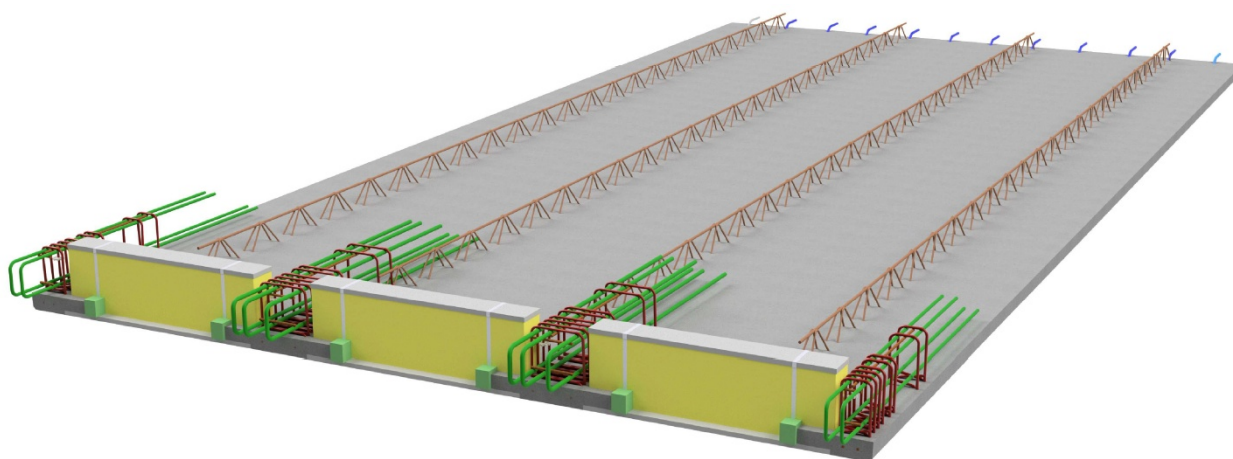


Figure 3 - Prédalle d'about - perspective

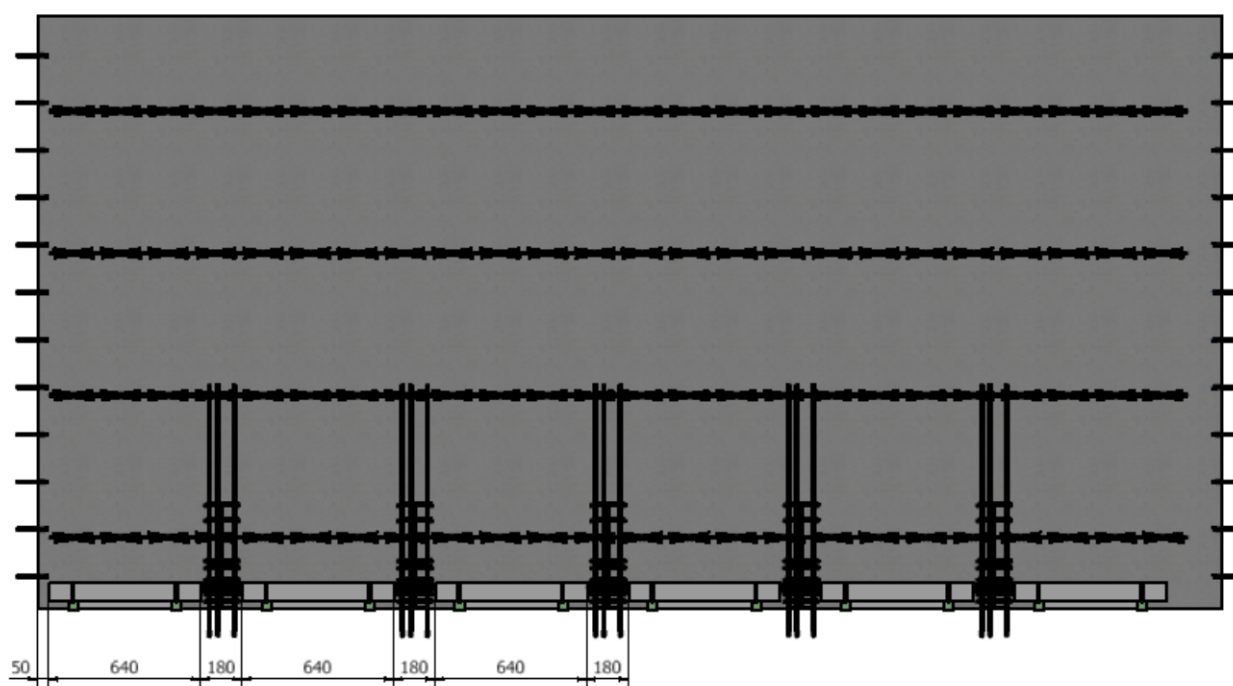


Figure 4 - Prédalle de rive - vue en plan

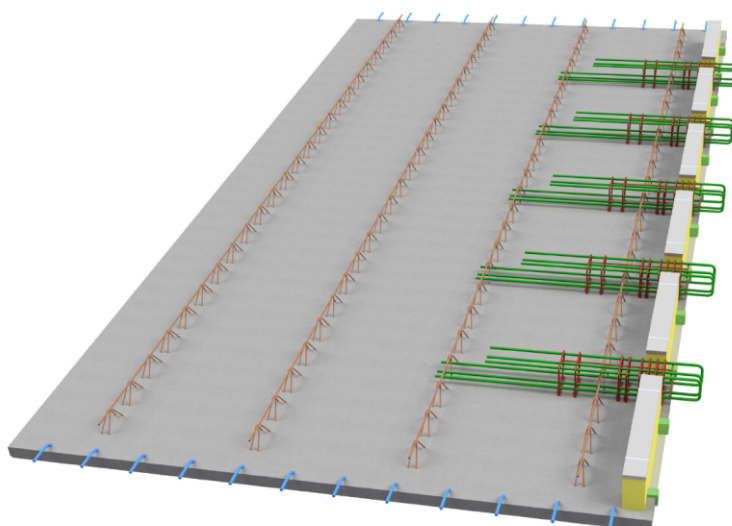


Figure 5 - Prédalle de rive - perspective

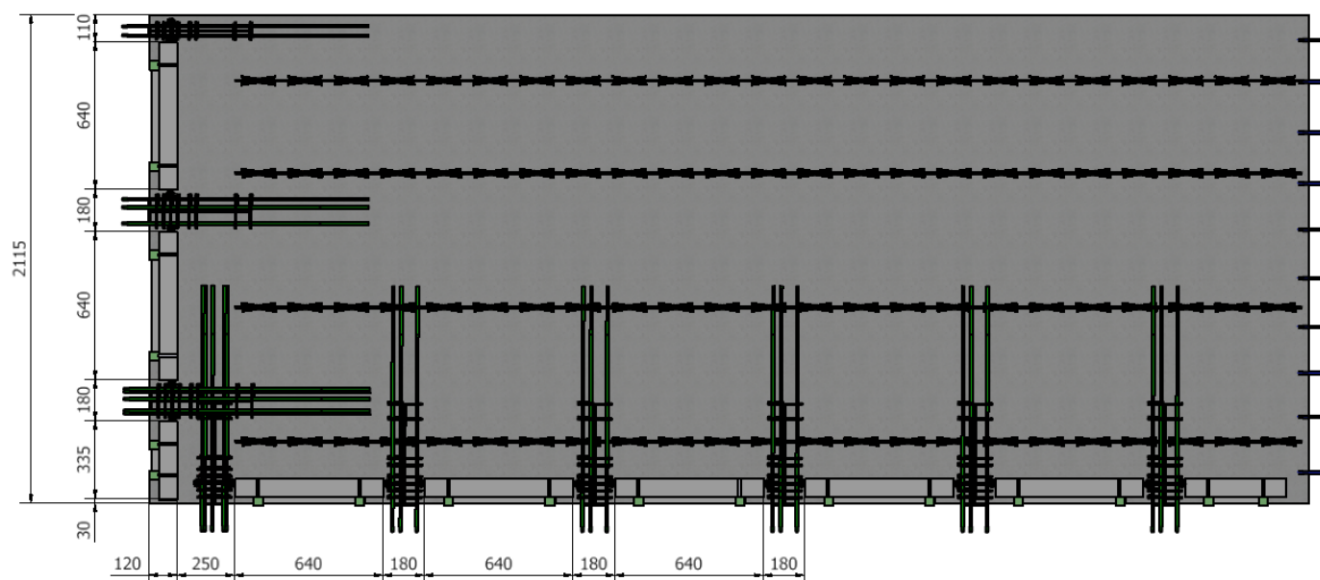


Figure 6 - Prédalle d'angle - vue en plan

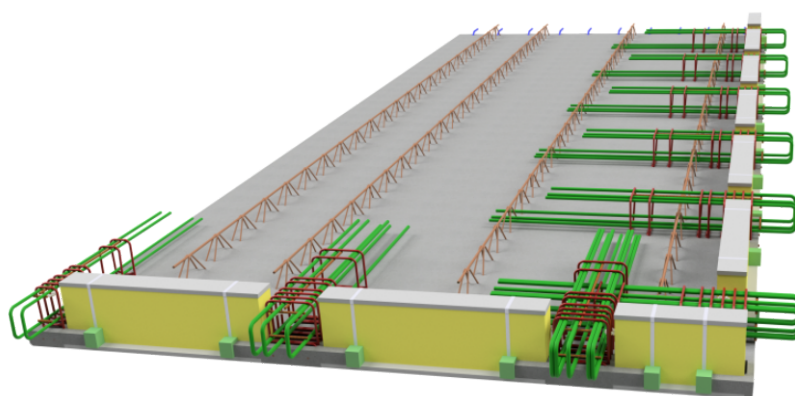


Figure 7 - Prédalle d'angle - perspective

Annexe V - Traitement des balcons

Les schémas suivants constituent des exemples non exhaustifs des dispositions constructives envisageables pour les liaisons plancher-balcon.

V.1 Cas de balcon parallèle au sens de portée

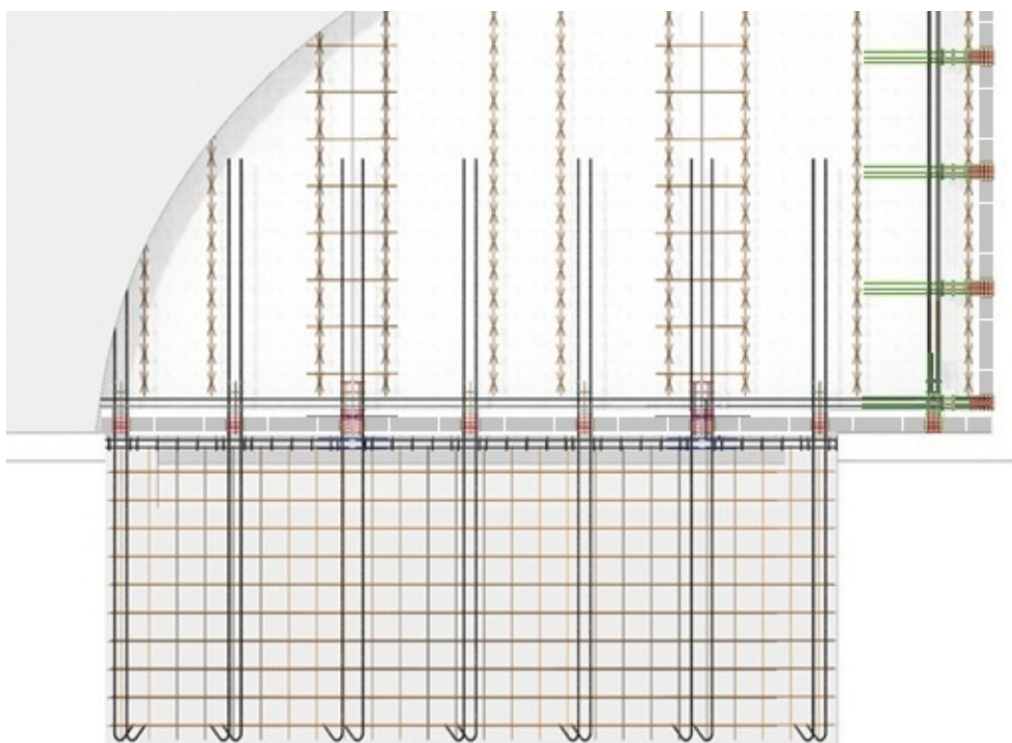
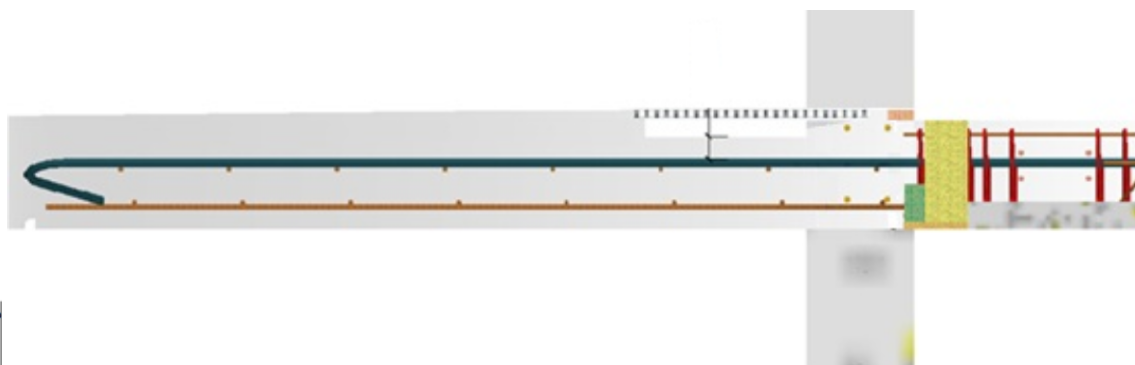


Figure 1 : vue en plan - balcon parallèle au sens de portée



enrobage

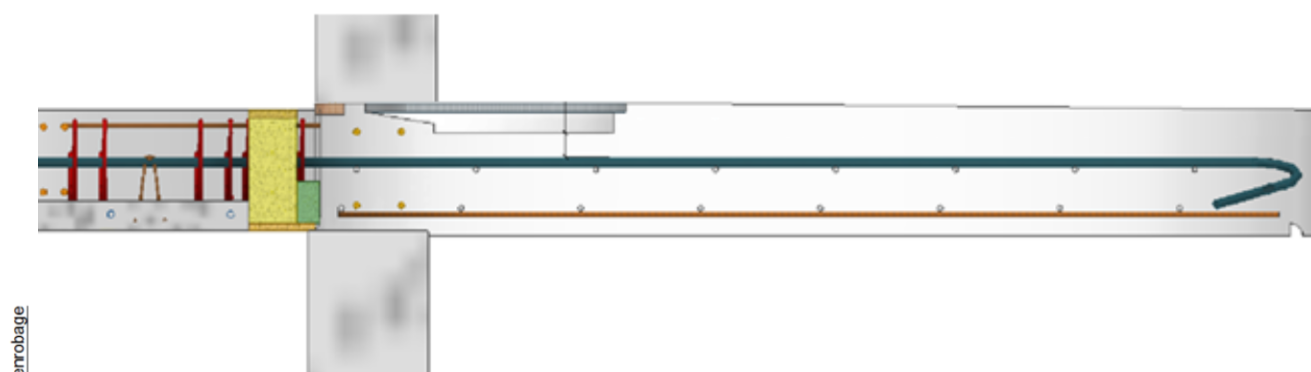
Enrobage des armatures supérieures conforme à la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale

Figure 2 : Coupe longitudinale - balcon parallèle au sens de portée

V.2 Cas de balcon perpendiculaire au sens de portée



Figure 3 : vue en plan - balcon perpendiculaire au sens de portée



Enrobage des armatures supérieures conforme à la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale

Figure 4 : Coupe longitudinale – balcon perpendiculaire au sens de portée

V.3 Exemples d'illustrations de réalisation de balcon en prolongement d'un plancher ThermoPrédalle BA 0,45

RECTOR

Les illustrations sont des exemples non exhaustifs de traitement des balcons reprenant certaines configurations décrites dans les « carnets de détails pour l'accessibilité des balcons, des loggias et des terrasses dans les constructions neuves » Référence MBPD 10 001 du CSTB.

Les solutions proposées représentent un balcon coulé en place. Il peut être envisagé de réaliser les balcons à partir de prédalles industrielles ou entièrement préfabriqués.

Sur les schémas présentés ci-après, ne sont indiquées que les armatures principales pour équilibrer le balcon en continuité du plancher.

D'autres armatures peuvent être nécessaires vis-à-vis de la maîtrise de la fissuration dans les zones d'enrobage significatif.

Dans le cas des figures 7 et 8 ci-dessous, avec équilibre du balcon par torsion de la poutre en façade, il conviendra de tenir compte, dans le dimensionnement du balcon, d'une amplification de la rotation sur appui et de la déformation.

Les figures 9 à 11 illustrent les dispositions d'armature à retenir dans le cas de la réalisation de balcon d'angle selon le § 2.3.4.4 du Dossier Technique.

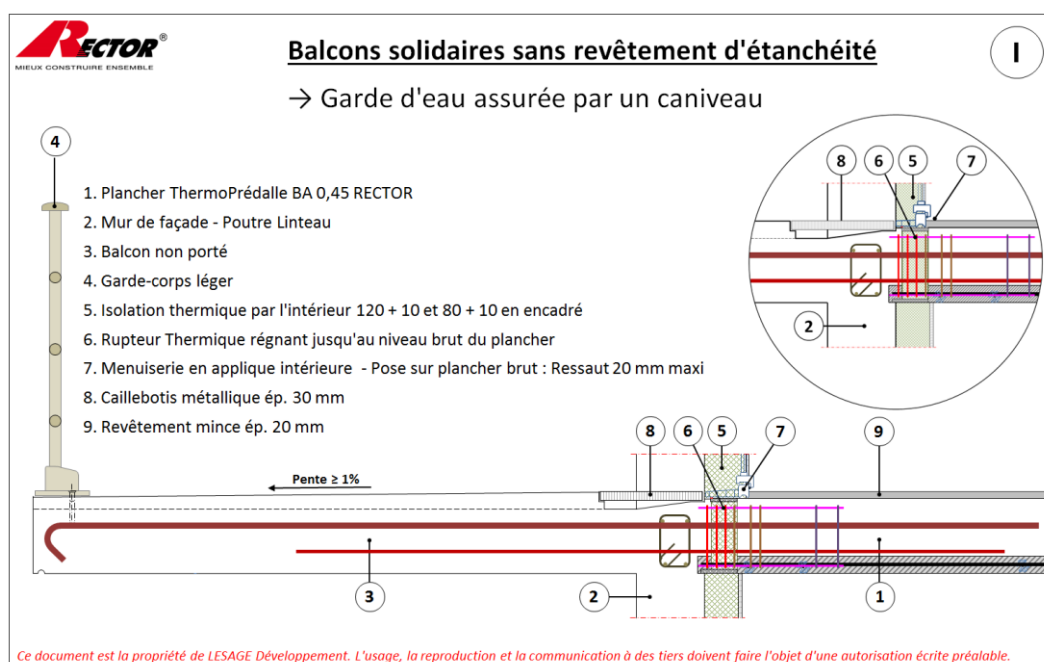


Figure 5

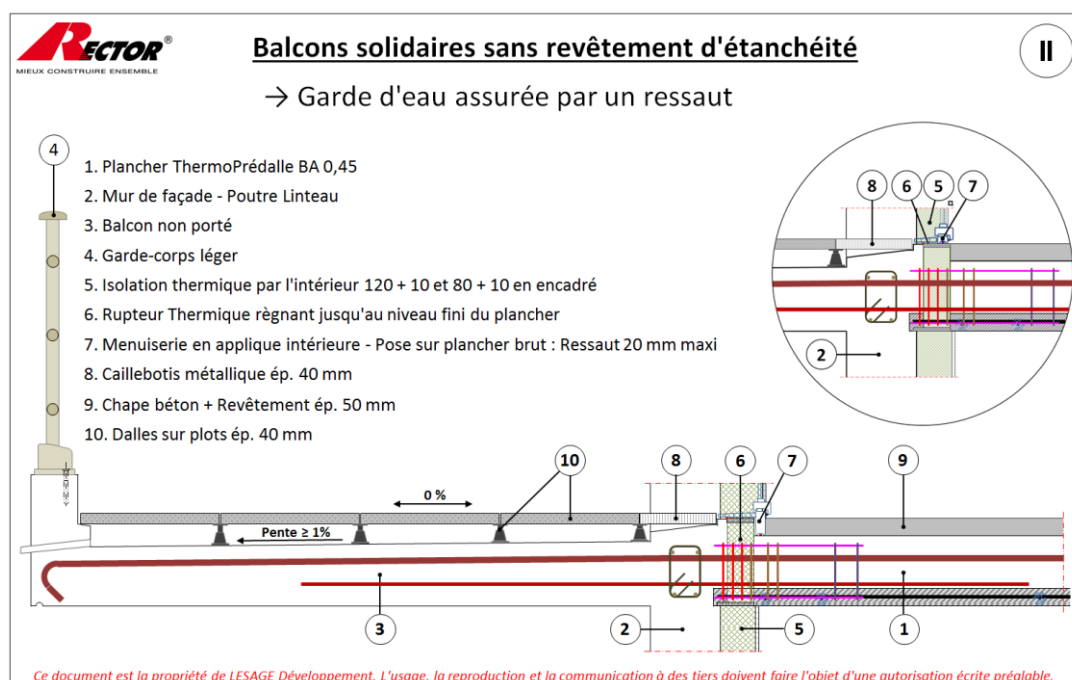


Figure 6

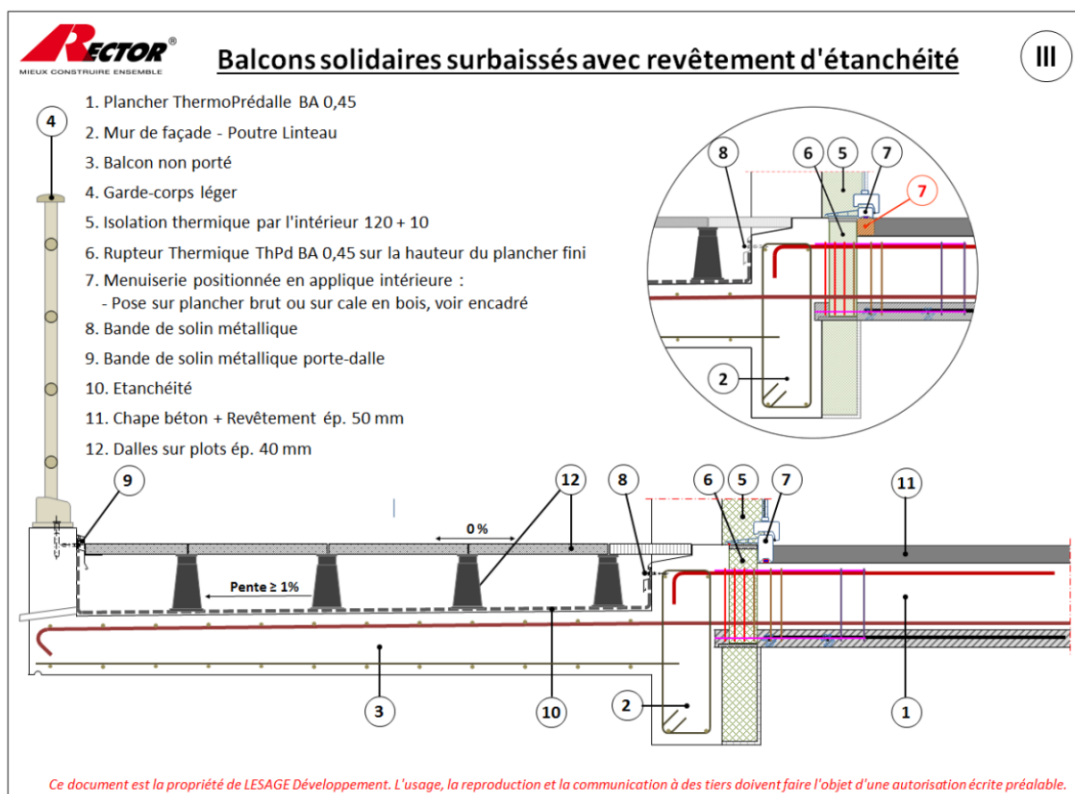


Figure 7

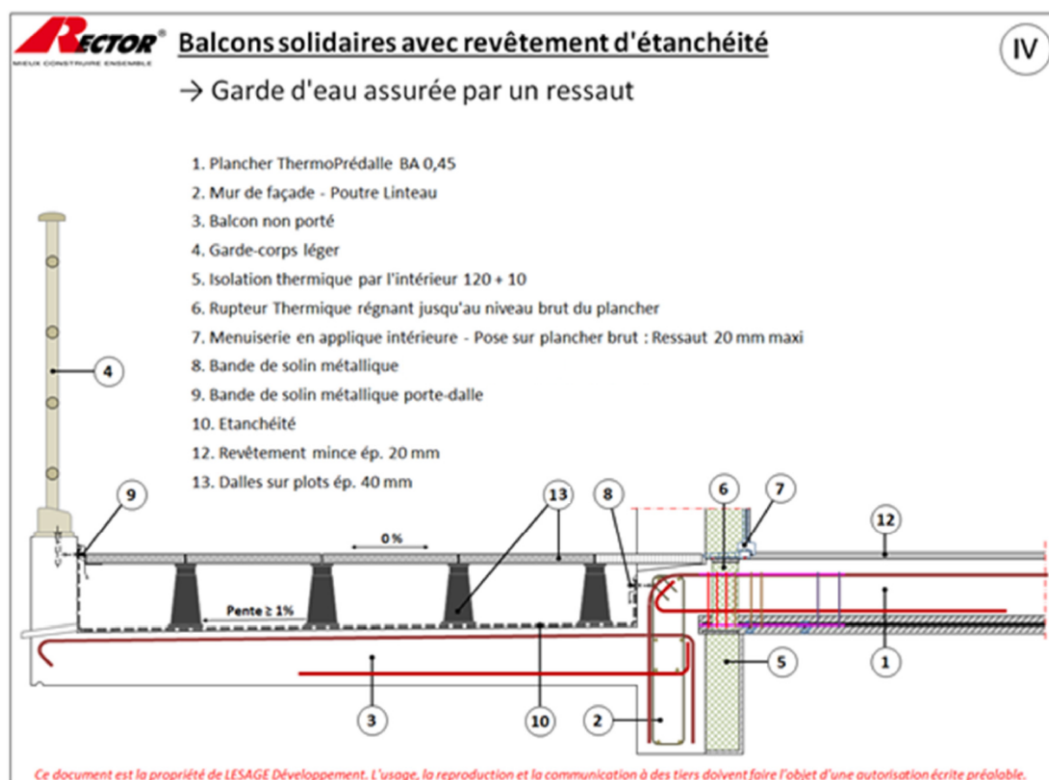
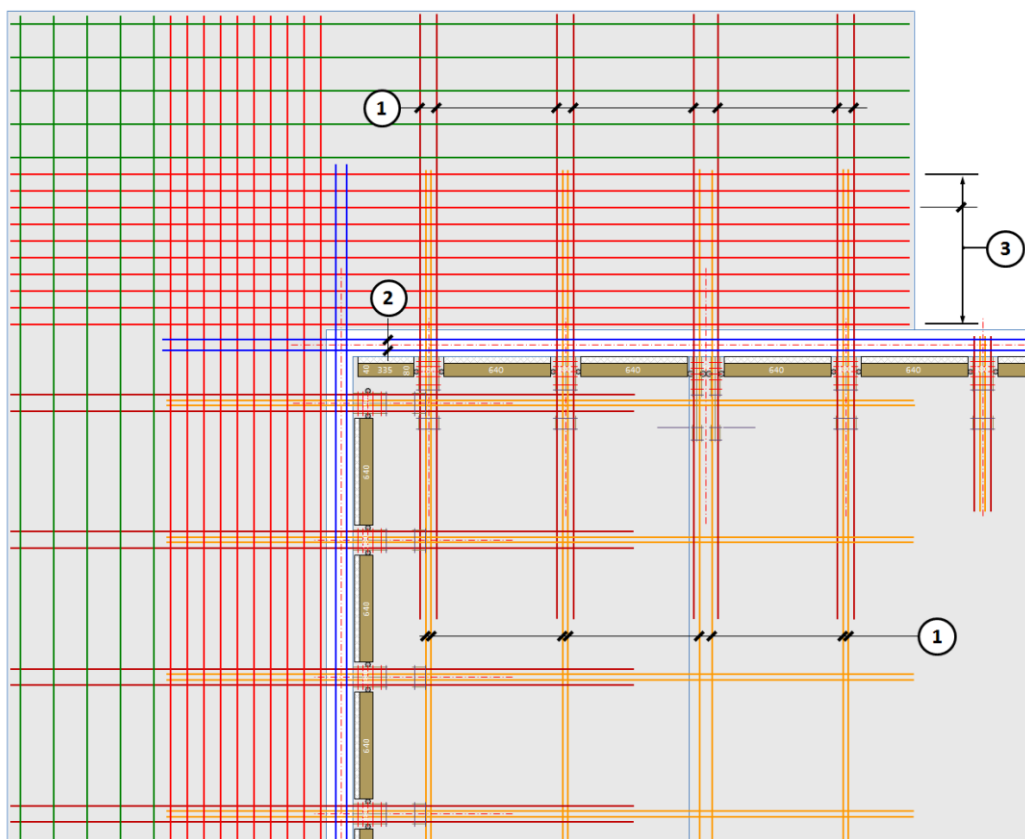


Figure 8



- 1- Armatures longitudinales disposées dans les paniers balcons des nervures concernées par le balcon d'angle
- 2- Armatures du chaînage périphérique prolongé au-delà des angles du bâtiment
- 3- Zone de renforcement parallèle à la ligne d'appui sur une largeur égale à la demi-portée du balcon

Figure 9 - Principe de ferrailage des balcons d'angle – Vue en plan

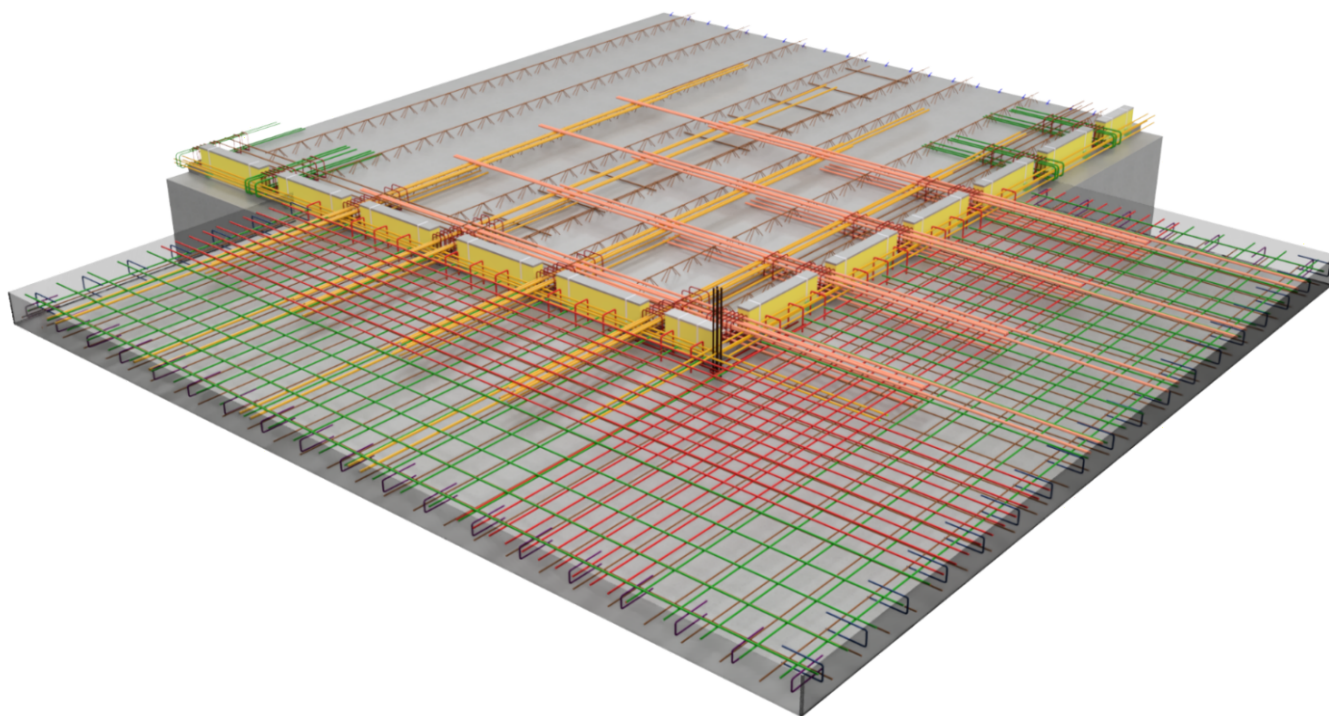


Figure 10 – Perspective du principe de ferrailage d'un balcon d'angle

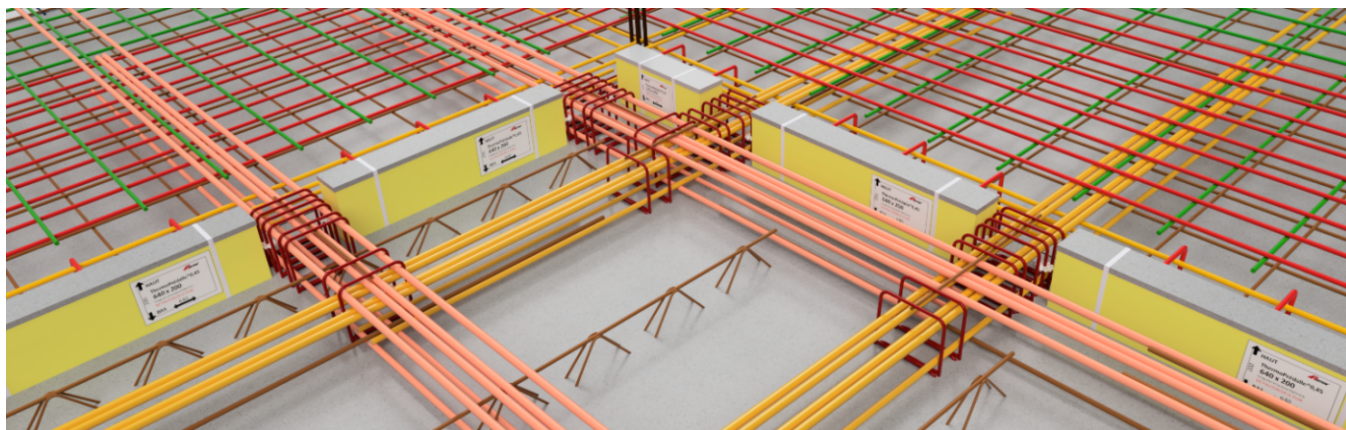
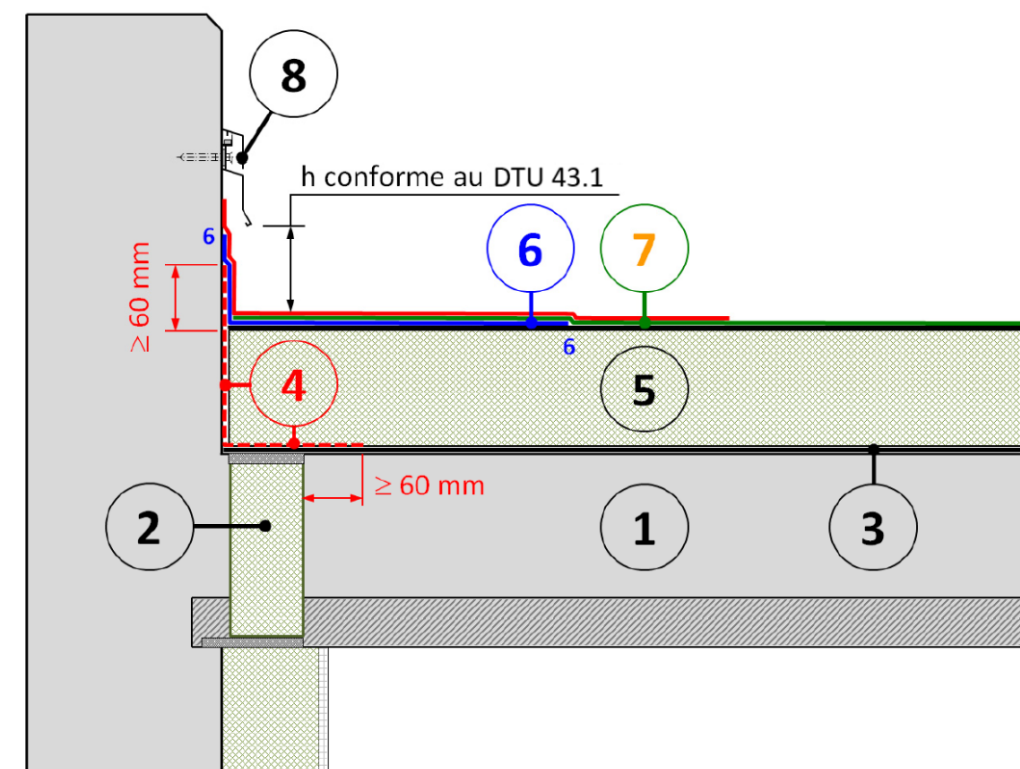


Figure 11 – Principe de ferrailage des balcons d'angle – Détails au droit des nervures

V.4 Disposition de l'étanchéité en toiture-terrasse



- ① Plancher ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR
- ② Rupteur ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR: largeur Pains Isolants 80 mm
- ③ Pare-Vapeur
- ④ Equerre de continuité du pare-vapeur
- ⑤ Isolant Thermique
- ⑥ Relevé d'étanchéité
- ⑦ Revêtement d'étanchéité
- ⑧ Bande de solin

Figure 12 - Exemple de disposition de l'étanchéité en toiture terrasse

Annexe VI - Vérification de la résistance des nervures sous sollicitations d'effort tranchant horizontal

VI.1 Approche analytique de la résistance au cisaillement

Le schéma de transfert des efforts horizontaux entre le plancher et le voile est représenté par la figure ci-dessous.

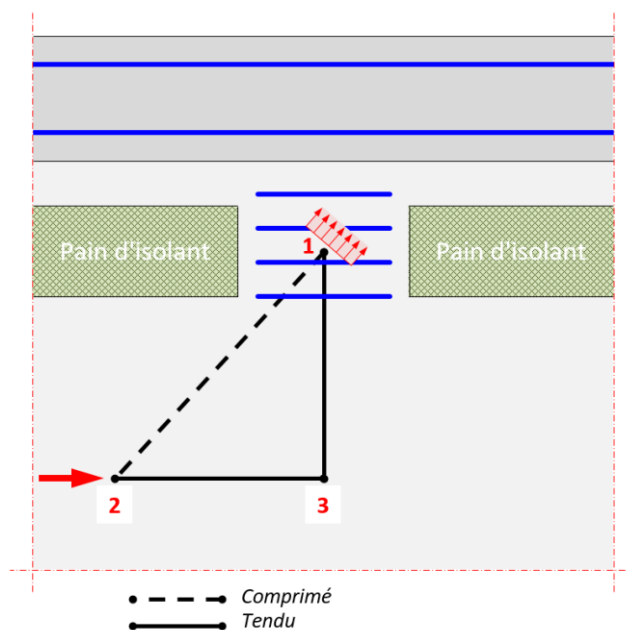


Figure 1

L'équilibre nécessite un tendeur [2 ; 3] qui sera réalisé par le chaînage intérieur disposé en bordure des pains d'isolant. Les armatures du panier représentées par la barre [1 ; 3] doivent être ancrées au-delà du point [3] croisement avec le chaînage intérieur.

Le nœud [1] soumis à une compression avec traction, au croisement des armatures du chaînage et des armatures du panier, peut être assimilé au cas représenté dans la figure 6.27 de la NF EN 1992-1-1.

La contrainte admissible dans la bielle est déterminée en appliquant la formule 6.61 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale.

Extraits :

$$\sigma_{Rd,max} = k_2 v' f_{cd} \quad \dots (6.61)$$

NOTE La valeur de k_2 à utiliser dans un pays donné peut être fournie par son Annexe Nationale. La valeur recommandée est $k_2 = 0,85$.

La valeur retenue pour k_2 est celle recommandée. A noter que l'Annexe nationale permet de retenir des valeurs supérieures.

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

Dans l'analyse, les contraintes amenées par le chargement vertical sont négligées.

Pour la suite, les variables suivantes sont considérées.

α_{cc}	coefficient réducteur de la résistance en compression du béton pris égal à 0,80 lorsque la nervure n'est pas armée transversalement et égal à 1,00 dans le cas contraire
β	coefficient égal à 0,50 dans le cas de présence d'un joint de prédalle et égal à 1,00 dans les autres cas
γ_c	coefficient partiel de sécurité relatif au béton de la prédalle
$\gamma_{c,ch}$	coefficient partiel de sécurité relatif au béton de la dalle de compression
γ_{Rd}	coefficient partiel égal à 1,20 appliqué au coefficient de confinement λ pour tenir compte de l'incertitude sur le modèle de résistance du fait de la mixité des bétons de classe de résistance différentes et/ou du frettage partiel des zones comprimées $\lambda = 1,000 + 5,0 \frac{\sigma_2}{f_{ck}} \text{ si } \sigma_2 \leq 0,05 f_{ck}$ $\lambda = 1,125 + 2,5 \frac{\sigma_2}{f_{ck}} \text{ si } \sigma_2 > 0,05 f_{ck}$
γ_s	coefficient partiel de sécurité égal à 1,10 relatif aux armatures de la nervure
δ	coefficient réducteur de l'effet de confinement dans le béton de prédalle pour tenir compte du fait que seule la partie enserrée par les armatures transversales est confinée $\delta = \frac{b_n + (\lambda - 1)b_{st} + 2 \Delta_b}{\lambda (b_n + 2\Delta_b)}$
Δ_b	sur largeur sur laquelle le contact prédalle-béton de chainage est maintenu
θ	angle d'inclinaison de la bielle
λ	coefficient majorant la capacité résistante du béton pour tenir compte de l'effet de confinement apporté par les armatures transversales, conformément aux formules (3.24) et (3.25) de la NF EN 1992-1-1
ν	coefficient de la formule (6.61) de la NF EN 1992-1-1 applicable à la résistance du béton de prédalle $\nu' = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$
ν_{ch}	coefficient de la formule (6.61) de la NF EN 1992-1-1 applicable à la résistance du béton de la dalle de compression $\nu'_{ch} = \left(1 - \frac{f_{ck,ch}}{250}\right)$
σ_2	contrainte effective latérale à l'ELU due au confinement, calculée en considérant que les armatures transversales disposées à l'espacement s_t sont soumises à une contrainte égale à f_{yd} $\sigma_2 = \frac{A_{st}}{(h_c + h_p)s_t} f_{yd} \cos\theta$
φ_t	diamètre des armatures transversales dans la zone de liaison
A_{st}	section d'un cours d'armatures transversales dans la zone de liaison $A_{st} = 2 \frac{\pi \varphi_t^2}{4}$
b_n	largeur de la nervure
b_{st}	encombrement transversal des étriers dans la zone de liaison
e_p	épaisseur de l'isolant
$f_{ck,ch}$	résistance caractéristique (sur cylindre) du béton de la dalle de compression
$f_{ck,pr}$	résistance caractéristique (sur cylindre) du béton des prédalles
h_c	épaisseur de la dalle de compression
h_p	épaisseur de la prédalle
k_2	coefficient pris égal à 0,85 selon les recommandations de l'annexe nationale
s_t	espacement des armatures transversales dans la zone de liaison

Le schéma de stabilité est présenté à la figure 2 ci-dessous :

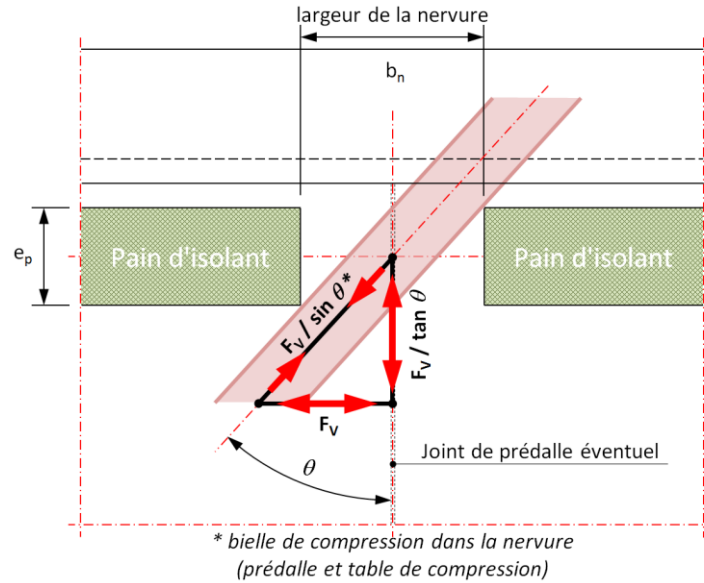


Figure 2 : Schéma de stabilité

L'effort F_v exercé par le plancher au droit de la nervure est reporté sur le voile par des bielles inclinées équilibrant un effort égal à $\frac{F_v}{\sin \theta}$.

Cet effort transite pour partie par le béton de la dalle de compression et pour partie au niveau de la prédalle.

Les largeurs de ces bielles sont :

- dans la dalle de compression = $b_n \cos \theta - e_p \sin \theta$
- dans l'épaisseur de la prédalle = $\beta (b_n \cos \theta - e_p \sin \theta)$

La capacité résistante de la nervure, notée F_{RV} , peut être estimée à partir de la formule suivante :

$$F_{RV} = (F_{bdc} + F_{bpr}) \sin \theta$$

Expression dans laquelle :

- F_{bdc} correspond à la capacité résistante en compression de la bielle située dans le béton de la dalle de compression
- F_{bpr} correspond à la capacité résistante en compression de la bielle située dans le béton de la prédalle

L'effort normal au voile F_h devant être équilibré par les armatures de liaison est donné par $F_h = F_v / \tan \theta$

• Capacité résistante à l'ELU

$$F_{bdc,ELU} = h_c (b_n \cos \theta - e_p \sin \theta) k_2 v'_{ch} \alpha_{cc} \frac{\lambda}{\gamma_{Rd}} \frac{f_{ck,ch}}{\gamma_{c,ch}}$$

$$F_{bpr,ELU} = h_p \beta (b_n \cos \theta - e_p \sin \theta) k_2 v'_{cc} \alpha_{cc} \delta \frac{\lambda}{\gamma_{Rd}} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

La section d'armatures nécessaire pour équilibrer la composante de traction étant égale à $F_{h,ELU} / f_{yd}$.

• Capacité résistante à l'ELS

La capacité résistante à l'ELS est déterminée suivant la même approche en limitant :

- la contrainte de compression du béton à $0,60 f_{ck}$;
- la contrainte dans les armatures à $0,80 f_{yk}$.

$$F_{bdc,ELS} = h_c (b_n \cos \theta - e_p \sin \theta) k_2 v'_{ch} \alpha_{cc} \frac{\lambda}{\gamma_{Rd}} 0,60 f_{ck,ch}$$

$$F_{bpr,ELS} = h_p \beta (b_n \cos \theta - e_p \sin \theta) k_2 v'_{cc} \alpha_{cc} \delta \frac{\lambda}{\gamma_{Rd}} 0,60 f_{ck}$$

La section d'armatures nécessaire pour équilibrer la composante de traction étant égale à : $F_{h,ELS} / 0,8 f_{yk}$

VI.2 Résistance à la traction

La capacité résistante est estimée par l'expression : $F_{Ed} = A_s \times f_{yd}$

La raideur de la liaison sera caractérisée par la relation suivante :

$$K_N = \frac{A_s \times E_s}{L}$$

VI.3 Vérification d'une nervure

Des modélisations numériques réalisées avec les différentes valeurs de raideurs ont montré que la variation de ce paramètre avait une incidence négligeable sur les résultats.

Au vu de ce constat et pour faciliter le travail de conception pour le bureau d'études de structures, une valeur unique sera retenue pour la modélisation des nervures, adoptant :

- raideur sous effort tranchant horizontal et vertical : $K_{V,H} = K_{V,V} = 1000 \text{ kN/mm}$;
- raideur en traction : déterminée en fonction de la section d'armatures du panier retenu. Par exemple, en considérant 4HA10, la raideur à retenir est $K_N = 785 \text{ kN/mm}$.

Dans les cas courants, la capacité résistante de la nervure est conditionnée par la capacité résistante du tendeur réalisé par les armatures du panier.

Au droit de chaque nervure, on désigne par :

- $A_{s,sup}$ la section d'armatures ancrées sur appui en partie supérieure ;
- $A_{s,inf}$ la section d'armatures ancrées sur appui en partie inférieure.

Le principe de vérification des nervures est décrit ci-après.

1. Les efforts au droit de chaque liaison sont tout d'abord déterminés à partir d'une modélisation numérique en élastique linéaire, en adoptant pour l'ouvrage le coefficient de comportement qui aurait été retenu pour ce même ouvrage sans rupteurs.
2. Les résultats obtenus sur chaque nervure peuvent être directement pris en compte. Il est également possible de lisser les résultats en moyennant les valeurs :
 - sur trois nervures pour l'effort normal ;
 - sur l'ensemble des liaisons d'un élément de mur pour l'effort tranchant.
3. Les éléments de réduction $\{ N_{Ed}; V_{Ed,V}; V_{Ed,H} \}$ sont ainsi obtenus pour les différentes nervures, avec les notations suivantes :
 - N_{Ed} : effort normal par nervure (>0 dans le cas de traction) ;
 - $V_{Ed,V}$: effort tranchant vertical par nervure ;
 - $V_{Ed,H}$: effort tranchant horizontal par nervure.
4. Vérifier tout d'abord que la section d'armatures en partie inférieure $A_{s,inf}$ de la nervure permet d'équilibrer la bielle d'about sous l'action de $V_{Ed,V}$.
5. Déterminer ensuite la section disponible pour équilibrer la composante inclinée de la force horizontale :

$$A_{s,res} = A_{s,sup} + A_{s,inf} - \frac{V_{Ed,V} + N_{Ed}}{f_{yd}}$$

6. Dans le cas de nervures situées en vis-à-vis d'un porte-à-faux, la section d'armature disponible est calculée en tenant compte de la section d'armatures supérieure nécessaire pour équilibrer le moment M_{Ed} dû au porte-à-faux, compte tenu du bras de levier z :

$$A_{s,res} = A_{s,sup} + A_{s,inf} - \left(\frac{M_{Ed}}{z f_{yd}} + \frac{V_{Ed,V} + N_{Ed}}{f_{yd}} \right)$$

7. A partir de la section disponible, reprenant les expressions définies au § VI.1.1 de la présente Annexe, rechercher la valeur de l'angle θ permettant d'obtenir la résistance maximale $V_{Rd,H,max}$.

VI.4 Graphe des valeurs de capacités résistantes sous effort horizontal

Les graphes suivants permettent de déterminer la capacité résistante à l'effort tranchant horizontal $V_{Rd,H}$ des nervures munies de panier courant renforcé (PCR) de la ThermoPrédalle BA 0,45 RECTOR en fonction :

- de l'effort tranchant vertical, $V_{Ed,V}$;
- s'il existe, de l'effort normal de traction, N_{Ed} .

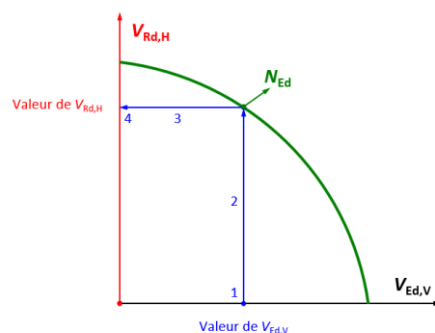
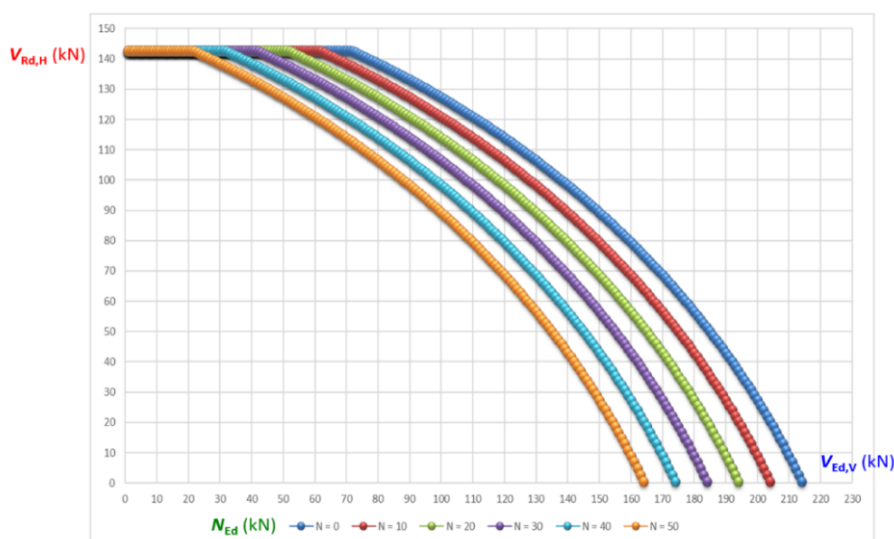


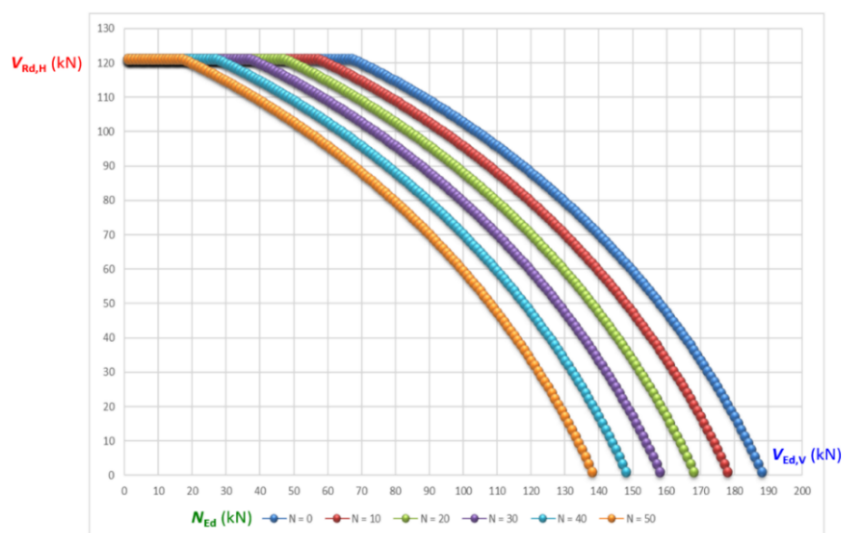
Figure 3 : Détermination de $V_{Rd,H}$ à l'aide des graphes

Les capacités sont données pour :

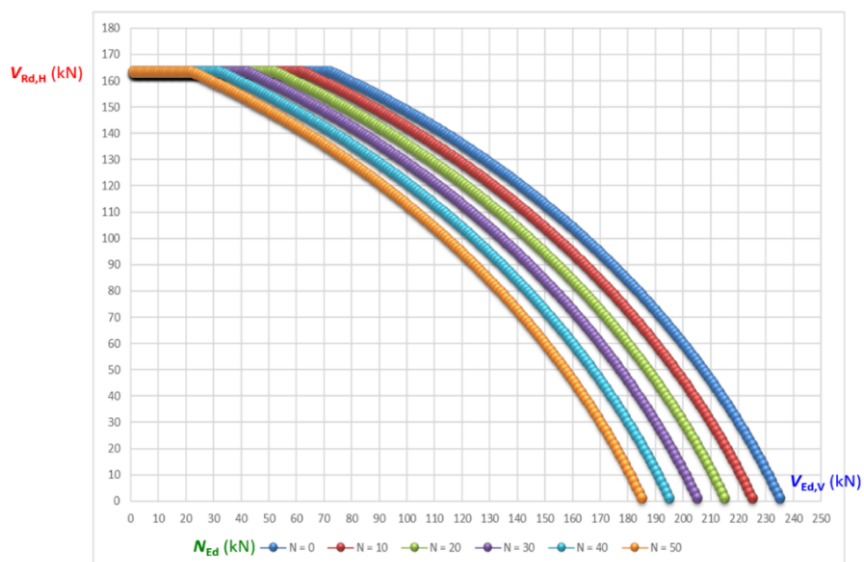
- des épaisseurs de prédalle de 50 mm ;
- des épaisseurs de plancher de 180, 200, 230, 250 et 270 mm ;
- les combinaisons :
 - à l'ELU fondamental ;
 - à l'ELS ;
 - à l'ELA situation sismique ;
- des résistances caractéristiques de béton de prédalle et de dalle collaborante C25/30.



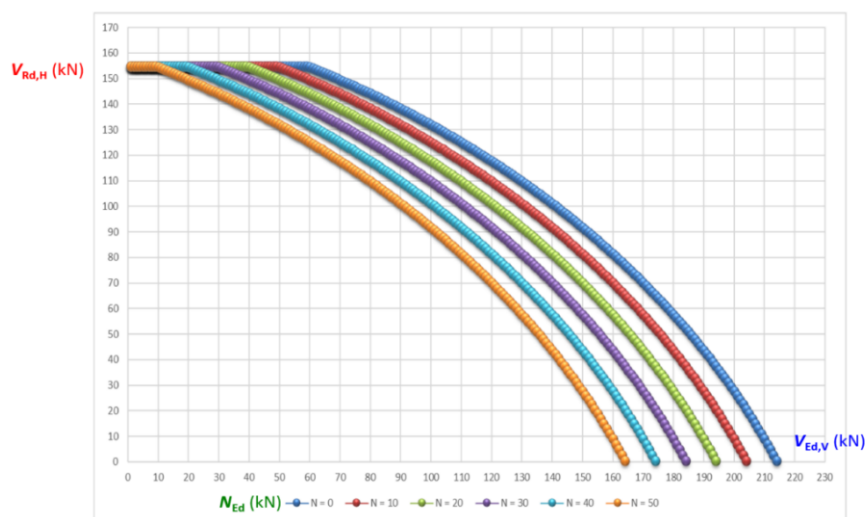
Plancher épaisseur 180 mm ELU fondamental



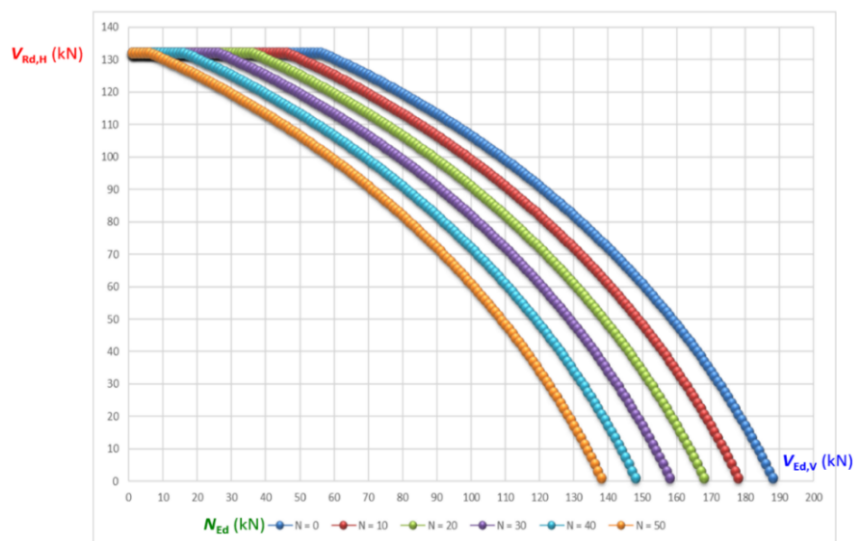
Plancher épaisseur 180 mm ELS



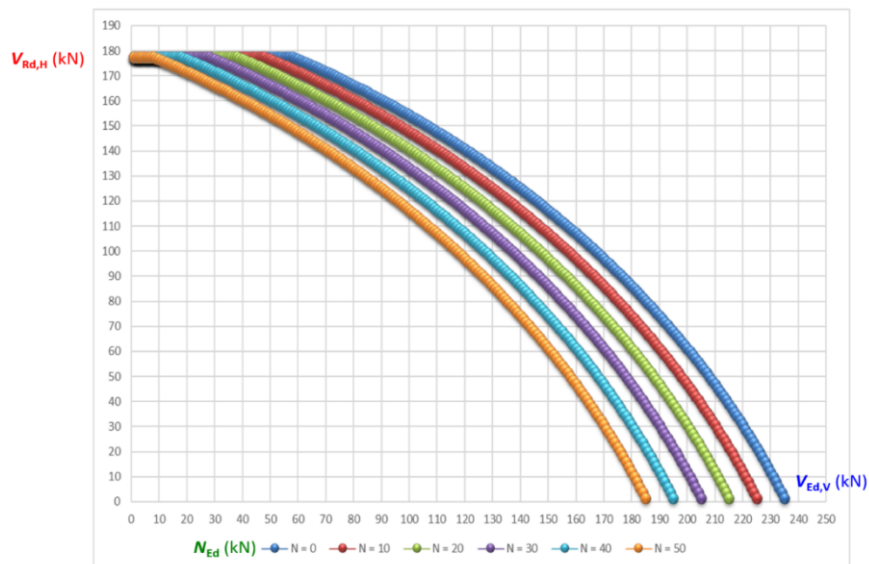
Plancher épaisseur 180 mm ELA situation sismique



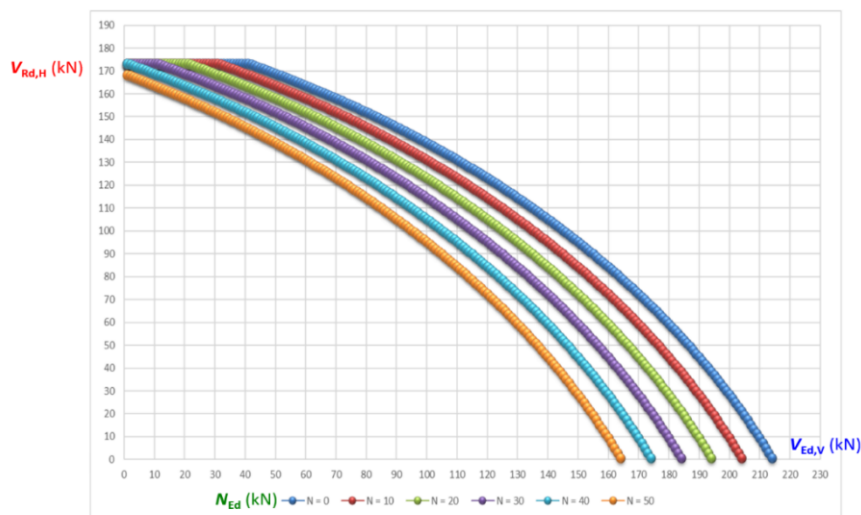
Plancher épaisseur 200 mm ELU fondamental



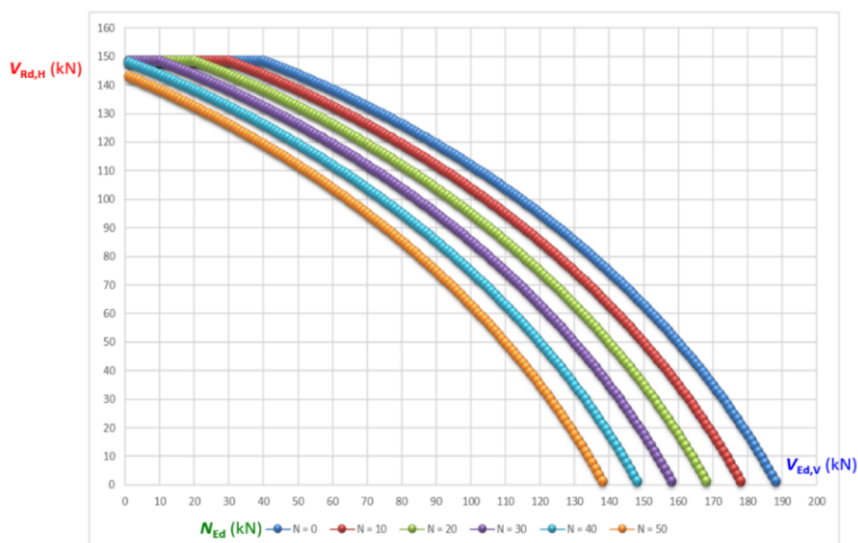
Plancher épaisseur 200 mm ELS



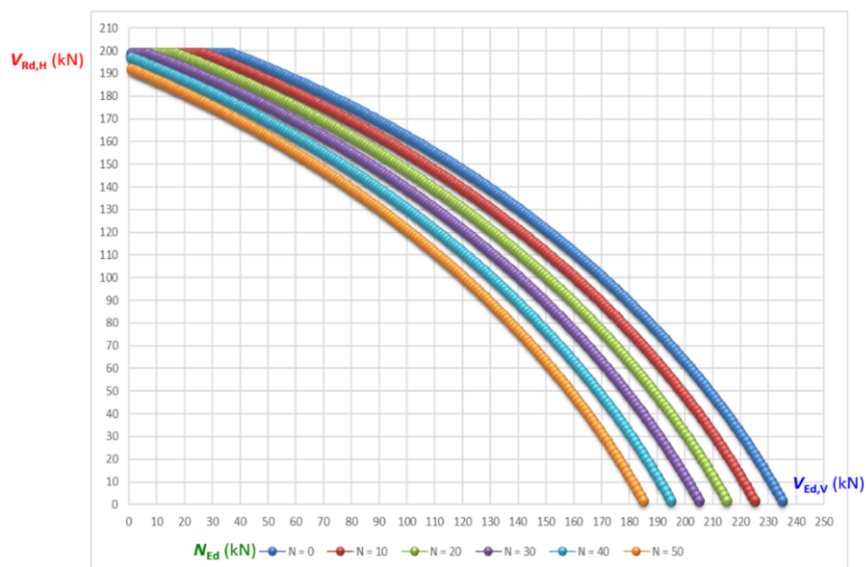
Plancher épaisseur 200 mm ELA situation sismique



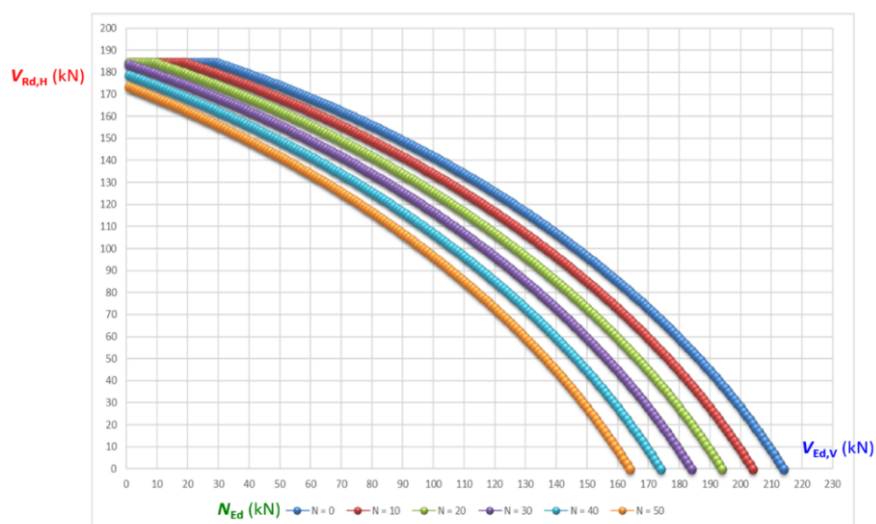
Plancher épaisseur 230 mm ELU fondamental



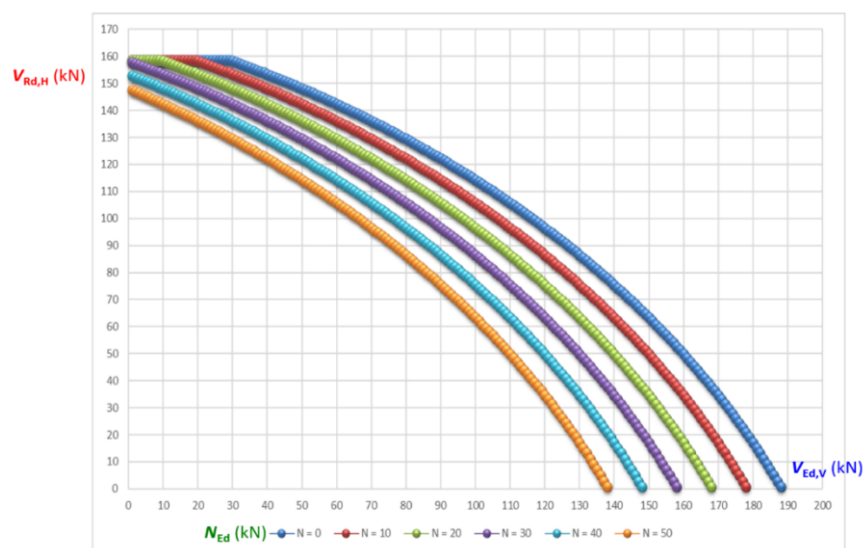
Plancher épaisseur 230 mm ELS



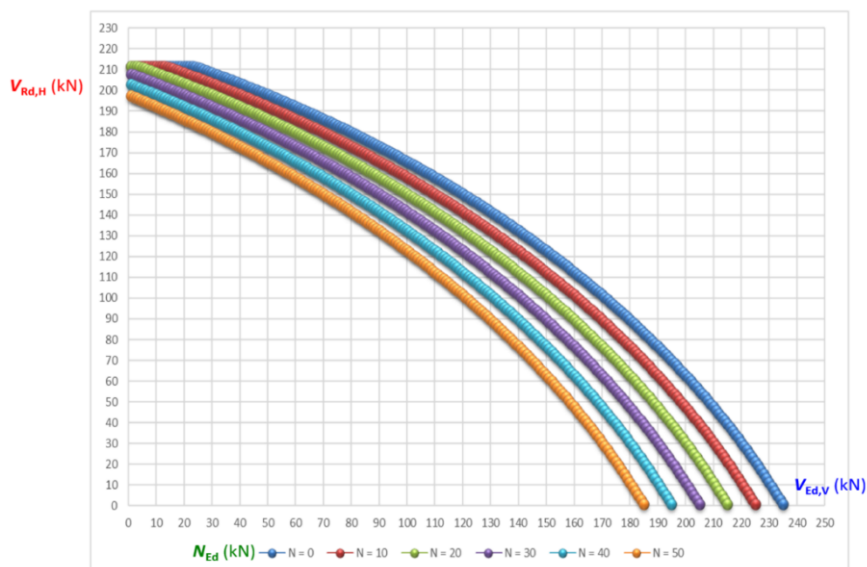
Plancher épaisseur 230 mm ELA situation sismique



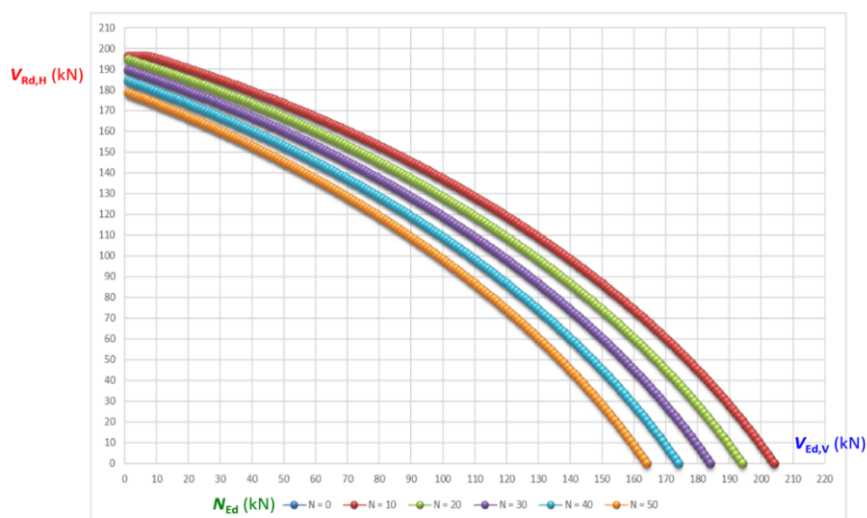
Plancher épaisseur 250 mm ELU fondamental



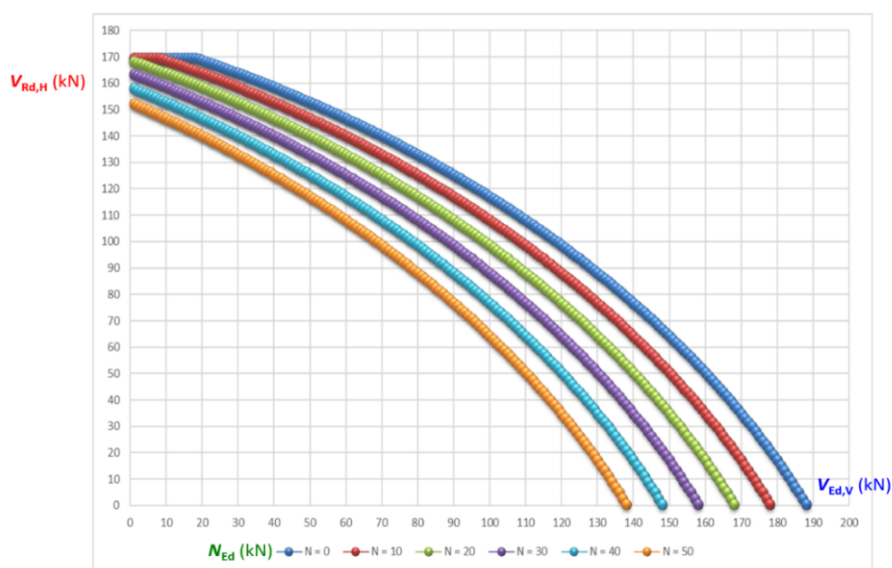
Plancher épaisseur 250 mm ELS



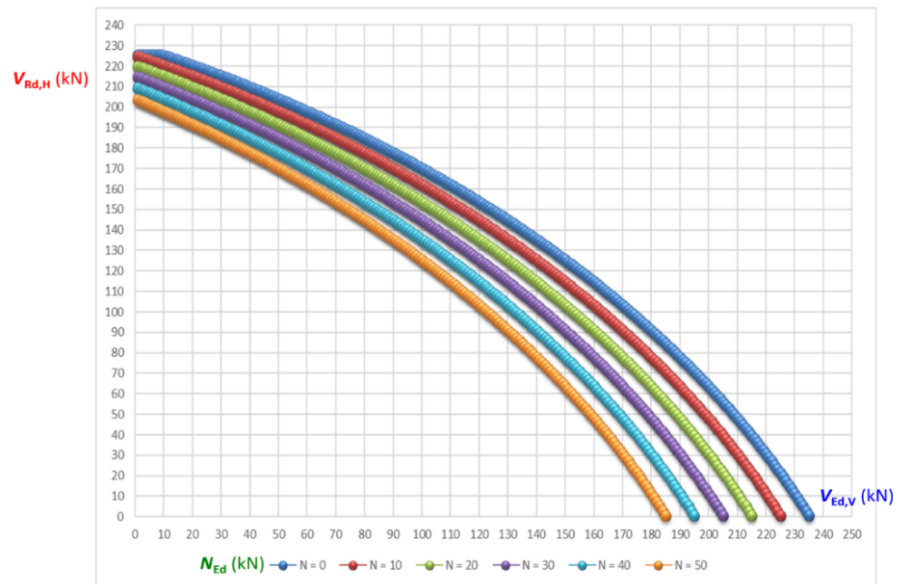
Plancher épaisseur 250 mm ELA situation sismique



Plancher épaisseur 270 mm ELU fondamental



Plancher épaisseur 270 mm ELS



Plancher épaisseur 270 mm ELA situation sismique

Annexe VII - Performances et valeurs de ponts thermiques

VII.1 Généralités

Les valeurs de ponts thermiques ψ (W/m.K) ont été calculées dans les configurations suivantes :

- plancher intermédiaire / mur de façade ;
- plancher terrasse / mur de façade (acrotère toujours en béton) ;
- plancher bas sur local non chauffé / mur de façade.

Les murs sont :

- soit en béton plein (voile ou prémur) ;
- soit en maçonnerie courante ;
- soit en maçonnerie isolante type a.

Les résultats sont exploitables dans le cas des balcons en prolongement de plancher.

Les hypothèses retenues pour les calculs sont précisées dans les tableaux ci-dessous :

- les matériaux constituant les appuis dans le tableau 1 ;
- les conditions aux limites dans le tableau 2.

Tableau 1 : Matériaux constituant les appuis

Matériaux	Conductivités thermiques W/(m.K)	Sources
Maçonnerie courante	0,70	Règles Th-U
Maçonnerie isolante de type a	0,20	
Béton	2,00 (voile, prédalle et dalle de compression)	
	2,50 (nervures béton)	
Plaque de plâtre	0,25	DTA 9/11-932_V2
Plaque de fond et plaque de protection Fermacell	0,20	
Isolant du mur ou du plancher (80 mm, 100 mm, 120mm ou 140mm)	0,032 ⁽¹⁾	Valeur couramment utilisée
Pain d'isolant PB100 ⁽⁴⁾	0,050 ⁽²⁾	ACERMI n°14/017/1001
Isolant plancher bas (120 mm)	0,036	Valeur couramment utilisée
Isolant toiture terrasse (120 mm)	0,023	
Planelle R=0,10 m².K/W	0,5 ⁽³⁾	RECTOR
Planelle R=0,85 m².K/W	0,06 ⁽³⁾	
Planelle R=0,5 m².K/W	0,1 ⁽³⁾	
Planelle R=1 m².K/W	0,05 ⁽³⁾	

(1) Valeur par défaut ayant peu d'impact sur le pont thermique

(2) Conductivité thermique déclarée pouvant varier jusqu'à 0,05 W/m.K, sans impact sur le pont thermique

(3) Conductivité thermique équivalente

(4) Pour les pains d'isolant en laine de roche, la conductivité thermique étant plus favorable, les valeurs des tableaux des paragraphes suivants, faits avec le PB100, sont conservatrices.

Tableau 2 : Conditions aux limites

Conditions aux limites	Température d'ambiance (°C)	Coefficient d'échange superficiel (W/m².K)
Ambiance intérieure avec flux vertical ascendant	20	10
Ambiance intérieure avec flux vertical descendant		5,90
Ambiance intérieure avec flux horizontal		7,7
Ambiance extérieure	0	25
Ambiance local non chauffé		5,90

VII.2 Tableaux des coefficients de ponts thermiques du procédé

Les coefficients de ponts thermiques donnés dans les tableaux 3 à 15 ci-après ont été calculés conformément à la norme NF ISO 10211. On donne ci-après les limites de validité des valeurs :

- Epaisseur du doublage ≥ 80 mm
- Conductivité thermique du doublage intérieur du mur comprise entre 0,03 et 0,04 W/(m.K)
- Epaisseur de l'isolant rupteur ≥ 80 mm
- Conductivité thermique de l'isolant du rupteur $\leq 0,050$ W/(m.K)
- Mur en béton d'épaisseur ≥ 16 cm
- Mur en maçonnerie d'épaisseur ≥ 20 cm
- Dalle de plancher de hauteur totale ≤ 23 cm
- Résistance thermique de l'isolation du plancher haut $R_{\text{plancher haut}} \leq 5,2$ m².K/W
- Résistance thermique de l'isolation du plancher bas $R_{\text{plancher bas}} \leq 3,3$ m².K/W
- Planelle de résistance thermique :
 - $R_p = 0,1$ et $R_p = 0,85$ m².K/W pour les configurations en maçonnerie courante,
 - $R_p = 0,5$ et $R_p = 1$ m².K/W Pour les configurations en maçonnerie isolante de type A.

Les valeurs fournies pour les planchers bas, ne sont valables que dans le cas où le plancher bas donne sur un local non chauffé (vide sanitaire, garage, local technique...).

VII.2.1 Plancher intermédiaire

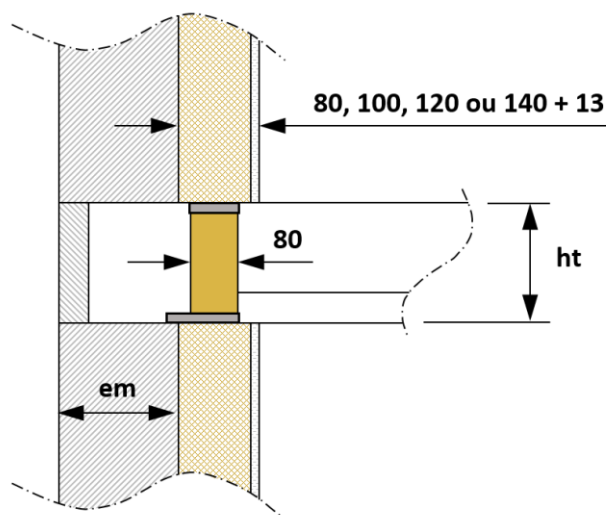


Tableau 3 : Mur en béton, avec ou sans débord de la dalle (balcon, casquette, coursive...)

em	16							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,48	0,53	0,46	0,51	0,45	0,50	0,44	0,49
Pains L536 mm	0,52	0,57	0,50	0,56	0,49	0,54	0,48	0,53
Pains L431 mm	0,58	0,64	0,56	0,62	0,55	0,60	0,53	0,59
Pains L331 mm	0,65	0,72	0,63	0,70	0,61	0,68	0,60	0,66
Pains L201 mm	0,79	0,87	0,77	0,84	0,74	0,81	0,71	0,79

em	18							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,47	0,52	0,46	0,51	0,45	0,50	0,44	0,49
Pains L536 mm	0,51	0,57	0,50	0,55	0,49	0,54	0,48	0,53
Pains L431 mm	0,57	0,63	0,56	0,61	0,54	0,60	0,53	0,58
Pains L331 mm	0,65	0,71	0,63	0,69	0,61	0,67	0,59	0,65
Pains L201 mm	0,78	0,86	0,75	0,83	0,73	0,80	0,71	0,78

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,46	0,51	0,45	0,50	0,44	0,49	0,43	0,48
Pains L536 mm	0,51	0,56	0,49	0,55	0,48	0,53	0,47	0,52
Pains L431 mm	0,56	0,62	0,55	0,61	0,53	0,59	0,51	0,56
Pains L331 mm	0,64	0,70	0,62	0,68	0,60	0,66	0,58	0,65
Pains L201 mm	0,77	0,85	0,75	0,82	0,72	0,79	0,70	0,77

Tableau 4 : Mur en maçonnerie courante avec ou sans planelle $R=0,10$ ($m^2.K$)/W

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	20	20	23	20	23
Pains L636 mm + planelle	0,40	0,44	0,39	0,44	0,39	0,43	0,38	0,42
Pains L536 mm + planelle	0,43	0,48	0,43	0,46	0,42	0,46	0,41	0,46
Pains L431 mm + planelle	0,48	0,53	0,47	0,52	0,46	0,51	0,45	0,50
Pains L331 mm + planelle	0,53	0,59	0,52	0,58	0,51	0,57	0,50	0,56
Pains L201 mm + planelle	0,63	0,70	0,62	0,68	0,60	0,67	0,59	0,65
Pains L636 mm + balcon	0,43	0,47	0,42	0,46	0,41	0,45	0,40	0,45
Pains L536 mm + balcon	0,46	0,51	0,45	0,49	0,44	0,49	0,43	0,48
Pains L431 mm + balcon	0,51	0,57	0,50	0,56	0,49	0,55	0,48	0,53
Pains L331 mm + balcon	0,57	0,64	0,56	0,62	0,55	0,61	0,53	0,60
Pains L201 mm + balcon	0,69	0,76	0,67	0,74	0,65	0,72	0,63	0,70

Tableau 5 : Mur en maçonnerie courante avec ou sans planelle $R=0,85$ ($m^2.K$)/W

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	20	20	23	20	23
Pains L636 mm + planelle	0,36	0,39	0,35	0,39	0,35	0,38	0,35	0,38
Pains L536 mm + planelle	0,39	0,42	0,38	0,40	0,38	0,41	0,37	0,41
Pains L431 mm + planelle	0,42	0,46	0,42	0,46	0,41	0,45	0,41	0,45
Pains L331 mm + planelle	0,47	0,51	0,46	0,50	0,46	0,50	0,45	0,49
Pains L201 mm + planelle	0,55	0,59	0,54	0,58	0,53	0,57	0,52	0,56
Pains L636 mm + balcon	0,43	0,47	0,42	0,46	0,41	0,45	0,40	0,45
Pains L536 mm + balcon	0,46	0,51	0,45	0,49	0,44	0,49	0,43	0,48
Pains L431 mm + balcon	0,51	0,57	0,50	0,56	0,49	0,55	0,48	0,53
Pains L331 mm + balcon	0,57	0,64	0,56	0,62	0,55	0,61	0,53	0,60
Pains L201 mm + balcon	0,69	0,76	0,67	0,74	0,65	0,72	0,63	0,70

Tableau 6 : Mur en maçonnerie isolante de type A avec ou sans planelle $R=0,50$ ($m^2.K$)/W

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm + planelle	0,27	0,30	0,27	0,30	0,27	0,30	0,27	0,30
Pains L536 mm + planelle	0,29	0,32	0,29	0,32	0,29	0,32	0,29	0,32
Pains L431 mm + planelle	0,31	0,34	0,31	0,34	0,31	0,34	0,31	0,34
Pains L331 mm + planelle	0,34	0,37	0,34	0,37	0,34	0,37	0,33	0,37
Pains L201 mm + planelle	0,38	0,42	0,38	0,42	0,38	0,42	0,37	0,41
Pains L636 mm + balcon	0,40	0,45	0,39	0,44	0,38	0,43	0,38	0,42
Pains L536 mm + balcon	0,44	0,49	0,42	0,48	0,41	0,47	0,41	0,46
Pains L431 mm + balcon	0,48	0,54	0,47	0,53	0,46	0,51	0,45	0,50
Pains L331 mm + balcon	0,53	0,60	0,52	0,58	0,51	0,57	0,49	0,56
Pains L201 mm + balcon	0,63	0,71	0,61	0,69	0,59	0,67	0,58	0,65

Tableau 7 : Mur en maçonnerie isolante de type A et planelle $R=1,00$ ($m^2.K$)/W

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm + planelle	0,24	0,26	0,24	0,27	0,24	0,27	0,24	0,27
Pains L536 mm + planelle	0,26	0,28	0,26	0,28	0,26	0,28	0,26	0,28
Pains L431 mm + planelle	0,28	0,30	0,28	0,30	0,28	0,30	0,28	0,30
Pains L331 mm + planelle	0,30	0,32	0,30	0,32	0,30	0,33	0,30	0,33
Pains L201 mm + planelle	0,33	0,36	0,33	0,36	0,33	0,36	0,33	0,36

VII.2.2 Plancher bas

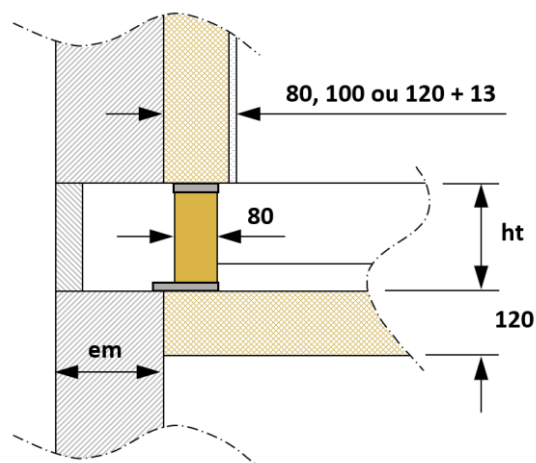


Tableau 8 : Mur en béton

em	16							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,39	0,42	0,38	0,42	0,38	0,41	0,37	0,41
Pains L536 mm	0,42	0,46	0,41	0,45	0,40	0,44	0,40	0,44
Pains L431 mm	0,46	0,50	0,45	0,49	0,44	0,48	0,44	0,48
Pains L331 mm	0,51	0,56	0,50	0,54	0,49	0,53	0,48	0,52
Pains L201 mm	0,60	0,65	0,58	0,63	0,57	0,62	0,56	0,60

em	18							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,38	0,42	0,38	0,41	0,37	0,41	0,37	0,40
Pains L536 mm	0,42	0,45	0,41	0,45	0,40	0,44	0,40	0,43
Pains L431 mm	0,46	0,50	0,45	0,49	0,44	0,48	0,43	0,47
Pains L331 mm	0,51	0,55	0,50	0,54	0,49	0,53	0,48	0,52
Pains L201 mm	0,59	0,64	0,58	0,63	0,57	0,61	0,55	0,60

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,38	0,42	0,38	0,41	0,37	0,41	0,37	0,40
Pains L536 mm	0,41	0,45	0,41	0,44	0,40	0,44	0,39	0,43
Pains L431 mm	0,45	0,49	0,44	0,48	0,44	0,48	0,43	0,47
Pains L331 mm	0,50	0,55	0,49	0,54	0,48	0,52	0,47	0,51
Pains L201 mm	0,59	0,64	0,58	0,62	0,56	0,61	0,55	0,59

Tableau 9 : Mur en maçonnerie courante avec ou sans planelle $R=0,10$ ($m^2.K$)/W

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm + planelle	0,36	0,39	0,36	0,39	0,35	0,38	0,35	0,38
Pains L536 mm + planelle	0,39	0,42	0,38	0,42	0,38	0,41	0,37	0,41
Pains L431 mm + planelle	0,42	0,46	0,42	0,45	0,41	0,45	0,41	0,44
Pains L331 mm + planelle	0,47	0,51	0,46	0,50	0,45	0,49	0,45	0,48
Pains L201 mm + planelle	0,55	0,59	0,53	0,58	0,52	0,57	0,51	0,55
Pains L431 mm + balcon	0,44	0,48	0,43	0,47	0,42	0,46	0,42	0,46
Pains L331 mm + balcon	0,49	0,53	0,48	0,52	0,47	0,51	0,46	0,50
Pains L201 mm + balcon	0,57	0,62	0,55	0,60	0,54	0,59	0,53	0,57

Tableau 10 : Mur en maçonnerie courante avec ou sans planelle $R=0,85$ ($m^2.K$)/W

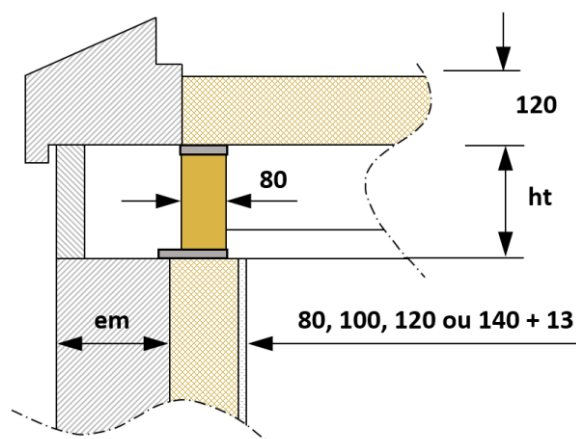
em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm + planelle	0,34	0,37	0,34	0,37	0,34	0,37	0,34	0,36
Pains L536 mm + planelle	0,37	0,40	0,37	0,39	0,36	0,39	0,36	0,39
Pains L431 mm + planelle	0,40	0,43	0,40	0,43	0,40	0,42	0,39	0,42
Pains L331 mm + planelle	0,45	0,48	0,44	0,47	0,43	0,46	0,43	0,46
Pains L201 mm + planelle	0,52	0,55	0,51	0,54	0,50	0,53	0,49	0,52
Pains L431 mm + balcon	0,44	0,48	0,43	0,47	0,42	0,46	0,42	0,46
Pains L331 mm + balcon	0,49	0,53	0,48	0,52	0,47	0,51	0,46	0,50
Pains L201 mm + balcon	0,57	0,62	0,55	0,60	0,54	0,59	0,53	0,57

Tableau 11 : Mur en maçonnerie isolante de type A avec ou sans planelle $R=0,50$ ($m^2.K$)/W

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm + planelle	0,34	0,36	0,33	0,36	0,33	0,35	0,33	0,35
Pains L536 mm + planelle	0,36	0,39	0,36	0,38	0,35	0,38	0,35	0,37
Pains L431 mm + planelle	0,39	0,42	0,39	0,41	0,38	0,41	0,38	0,40
Pains L331 mm + planelle	0,43	0,46	0,42	0,45	0,42	0,45	0,41	0,44
Pains L201 mm + planelle	0,49	0,52	0,48	0,51	0,47	0,51	0,47	0,50
Pains L431 mm + balcon	0,43	0,47	0,42	0,46	0,42	0,46	0,41	0,45
Pains L331 mm + balcon	0,48	0,52	0,47	0,51	0,46	0,50	0,45	0,49
Pains L201 mm + balcon	0,56	0,60	0,54	0,59	0,53	0,58	0,52	0,56

Tableau 12 : Mur en maçonnerie isolante de type A avec ou sans planelle $R=1.00 (m^2.K)/W$

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm + planelle	0,33	0,35	0,33	0,35	0,32	0,35	0,32	0,35
Pains L536 mm + planelle	0,35	0,38	0,35	0,37	0,35	0,37	0,34	0,37
Pains L431 mm + planelle	0,38	0,41	0,38	0,41	0,38	0,40	0,37	0,40
Pains L331 mm + planelle	0,42	0,45	0,42	0,44	0,41	0,44	0,40	0,43
Pains L201 mm + planelle	0,48	0,51	0,47	0,50	0,47	0,49	0,46	0,49

VII.2.3 Plancher toiture-terrasse**Tableau 13 : Mur en béton**

em	16							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,43	0,47	0,42	0,46	0,42	0,46	0,41	0,45
Pains L536 mm	0,47	0,51	0,46	0,50	0,45	0,49	0,44	0,49
Pains L431 mm	0,52	0,57	0,51	0,56	0,50	0,54	0,49	0,53
Pains L331 mm	0,58	0,63	0,57	0,62	0,55	0,60	0,54	0,59
Pains L201 mm	0,69	0,75	0,67	0,73	0,65	0,71	0,63	0,69

em	18							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,43	0,47	0,42	0,46	0,41	0,45	0,41	0,45
Pains L536 mm	0,47	0,51	0,46	0,50	0,45	0,49	0,44	0,48
Pains L431 mm	0,52	0,56	0,50	0,55	0,49	0,54	0,48	0,53
Pains L331 mm	0,58	0,63	0,56	0,61	0,55	0,60	0,54	0,59
Pains L201 mm	0,69	0,75	0,67	0,72	0,65	0,70	0,63	0,68

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,43	0,47	0,42	0,46	0,41	0,45	0,40	0,45
Pains L536 mm	0,46	0,51	0,45	0,50	0,44	0,49	0,44	0,48
Pains L431 mm	0,51	0,56	0,50	0,55	0,49	0,54	0,48	0,53
Pains L331 mm	0,57	0,62	0,56	0,61	0,54	0,59	0,52	0,58
Pains L201 mm	0,68	0,74	0,66	0,72	0,64	0,70	0,62	0,68

Tableau 14 : Mur en maçonnerie courante

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,41	0,45	0,41	0,45	0,40	0,44	0,39	0,43
Pains L536 mm	0,45	0,49	0,44	0,48	0,43	0,47	0,42	0,47
Pains L431 mm	0,49	0,54	0,48	0,53	0,47	0,52	0,46	0,51
Pains L331 mm	0,55	0,60	0,54	0,59	0,53	0,58	0,51	0,56
Pains L201 mm	0,65	0,71	0,63	0,69	0,62	0,67	0,60	0,66

Tableau 15 : Mur en maçonnerie isolante de type A

em	20							
doublage	80+13		100+13		120+13		140+13	
ht	20	23	20	23	20	23	20	23
Pains L636 mm	0,41	0,45	0,40	0,44	0,39	0,43	0,39	0,43
Pains L536 mm	0,44	0,49	0,43	0,48	0,42	0,47	0,42	0,46
Pains L431 mm	0,49	0,53	0,48	0,52	0,47	0,51	0,46	0,50
Pains L331 mm	0,54	0,59	0,53	0,58	0,52	0,57	0,50	0,55
Pains L201 mm	0,64	0,70	0,62	0,68	0,60	0,66	0,59	0,64

Annexe VIII – Vérification sous sollicitations sismiques

VIII.1 Rappel du contexte réglementaire en situation sismique

La réglementation sismique française impose de vérifier les structures sous chargement sismique pour toutes les zones indiquées en rouge dans le tableau 1 ci-dessous. Les zones indiquées en vert ne nécessitent pas de justification particulière.

Tableau 1

Zone de sismicité	Catégorie du bâtiment			
	I	II	III	IV
1				
2				
3				
4				

VIII.2 Domaine des ouvrages nécessitant des justifications par calcul

Le tableau 2 rappelle les principes de justification des bâtiments nécessitant des vérifications par calcul sous sollicitations par calcul. La dernière colonne rappelle les valeurs du coefficient du comportement q à adopter.

Tableau 2

Régularité du bâtiment étudié en :		Simplifications admises		Coefficient de comportement q pour l'analyse linéaire
Plan	Elévation	Modèle	Analyse élastique linéaire	
Oui	Oui	Plan	Force latérale	Valeur de référence
Oui	Non	Plan	Modale	Valeur minorée
Non	Oui	Spatial	Force latérale	Valeur de référence
Non	Non	Spatial	Modale	Valeur minorée

VIII.3 Domaine des ouvrages ne nécessitant pas de justifications par calcul

VIII.3.1 Généralités

Ce domaine s'applique aux bâtiments respectant les critères définis au § VIII.3.2 de la présente Annexe, pour lesquels le produit $a_g \cdot S$ n'excède pas la valeur $2,88 \text{ m/s}^2$ (voir arrêté du 22/10/2010 modifié) et comprend :

- l'ensemble des planchers des bâtiments réguliers en plan et en élévation au sens de la norme NF EN 1998 jusqu'à une élévation maximale d'un R+4 ;
- l'ensemble des planchers des bâtiments jusqu'à une élévation maximale d'un R+2 dont la géométrie de chaque niveau respecte les critères géométriques exposés dans le § VIII.3.2 de la présente Annexe ;
- seulement les planchers sur vides sanitaires de l'ensemble des bâtiments jusqu'à une élévation maximale d'un R+4. La hauteur des vides sanitaires est limitée à 1,2 m.

Ces bâtiments respectent en outre les conditions suivantes :

- la hauteur d'étage entre deux planchers ne dépasse pas 3 m ;
- vis-à-vis des charges du plancher, les conditions suivantes s'appliquent :
- les charges permanentes (γ compris poids propre) ne dépassent pas 7 kN/m^2 ;
- les charges d'exploitations ne dépassent pas $2,50 \text{ kN/m}^2$;
- les charges ponctuelles n'excèdent pas 4 kN.

VIII.3.2 Critères géométriques à respecter

Un bâtiment, jusqu'à une élévation maximale d'un R+2, peut intégrer le domaine à condition que les critères géométriques définis ci-après soient respectés.

• Critère a.

La forme de la construction entre joints doit être simple et compacte. L'élancement en plan de la construction doit être limité. Le rapport entre la longueur A et la largeur B de la construction doit être inférieur à 2,5, soit $A/B \leq 2,5$.

Exemple d'application :

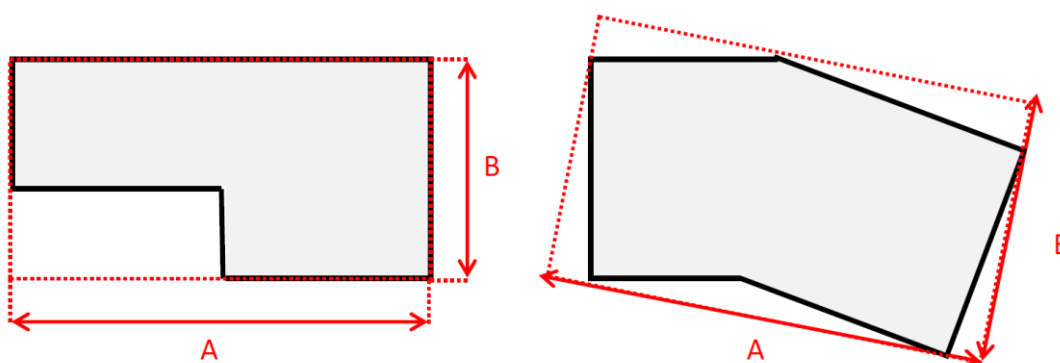


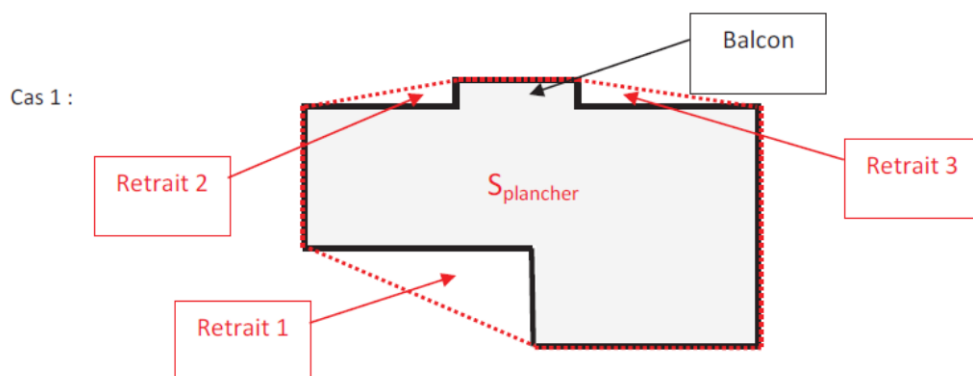
Figure 1 : Critère a - Exemples d'application

• Critère b.

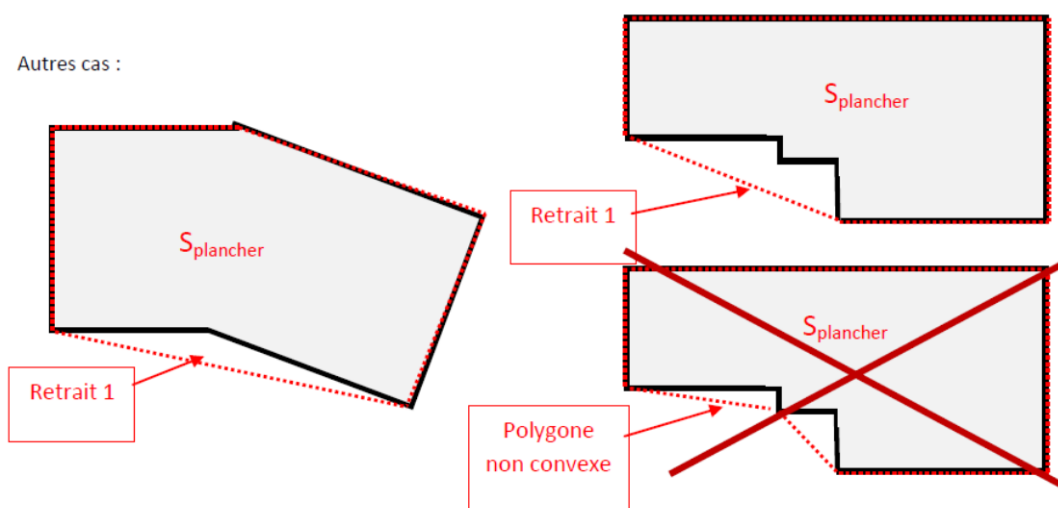
Les retraits par rapport au polygone convexe circonscrit au plancher ou à la charpente faisant office de diaphragme doivent respecter les conditions suivantes (pour chaque niveau) :

- le nombre maximal de retraits est de 6 ;
- aucun des retraits ne peut excéder 20% de la surface du plancher ;
- la somme de tous les retraits ne doit pas excéder 30% de la surface du plancher.

A noter que les balcons et loggias doivent être inclus dans le contour du plancher et que la vérification doit être effectuée au niveau de chaque diaphragme.

Exemples d'application :**Figure 2 : Critère b - Exemple d'application (cas 1)**

Il est nécessaire de vérifier que le nombre de retraits est inférieur à 6, ce qui est le cas ici. Il faut ensuite s'assurer que la surface de chaque retrait est inférieure à 20% de la surface du plancher. Et enfin, la somme des surfaces des retraits doit être inférieure à 30% de la surface du plancher.

**Figure 3 : Critère b - Exemple d'application (autres cas)**

- **Critère c.**

Dans toutes les directions du contour des planchers ou de la toiture, les murs extérieurs doivent être considérés comme des murs de contreventement avec les conditions suivantes :

- avoir au moins deux murs parallèles selon chaque direction. Ce parallélisme est admis si l'angle entre les deux murs est inférieur ou égal à 15° ;
- chacun de ces murs doit être situé en zone de périphérie du plancher ou de la toiture supportée ;
- par rapport à la périphérie, des retraits « e » sont admis pour ces murs, sans que la distance entre ces murs ne soit inférieure à une longueur « L0 ». Les valeurs des couples « e » et « L0 » sont données par le graphique suivant.

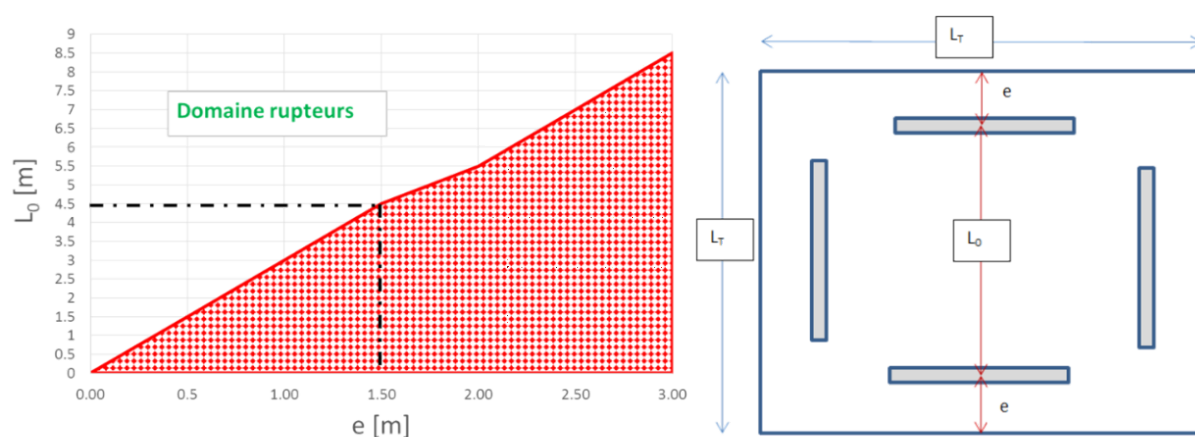


Figure 4 : Critère c – Retrait « e » en fonction de la distance « L₀ » entraxes des murs

Par exemple, des retraits « e » de 1,5 m sont admis pour ces murs, par rapport à la périphérie à condition que la distance entre ces murs « L₀ » ne soit pas inférieure à 4,5 m.

Dans le cas de balcon non uniforme, un retrait « e » moyen pourra être considéré. Le rapport de longueurs entre deux murs parallèles doit être compris entre 0,4 et 2,5.

- **Critère d.**

L'écart entre les surfaces de deux planchers successifs du bâtiment ne doit pas excéder 50%.

Il faut s'assurer que l'inégalité suivante soit vérifiée : $0,5 S_1 \leq S_2 \leq S_1$

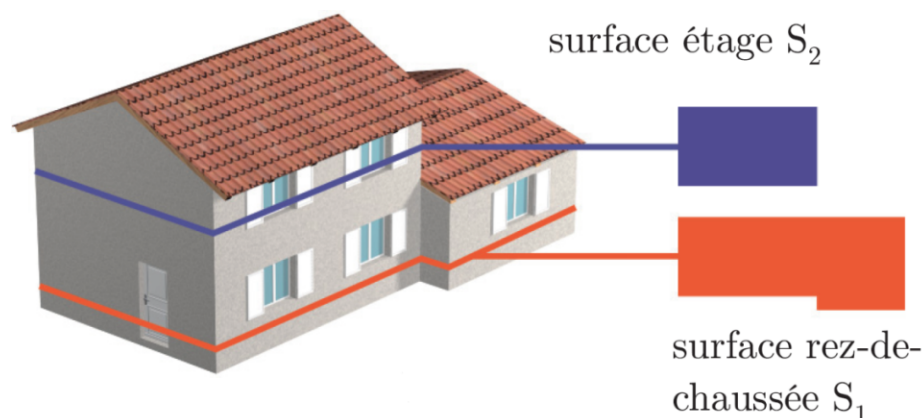


Figure 5 : Critère d – Ecart entre les surfaces de planchers successifs

- **Critère e.**

Pour les structures avec des décrochés avec interruption du plancher (figure 6 ci-dessous), il est préconisé d'utiliser des paniers renforcés dans la (ou les) nervures située(s) dans une zone de largeur 1,20 m axée sur le décrochement.

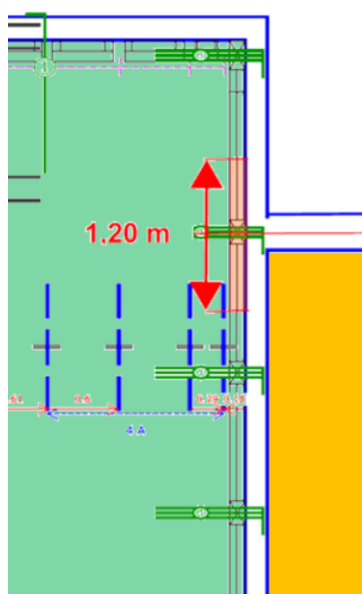


Figure 6 : Critère e – Renforcement au droit des décrochés

Toutefois, ces décrochés seront limités par le rapport suivant :

$$\frac{\min [S', S'']}{L^2} \leq 2$$

où S' et S'' représentent les surfaces des 2 zones de plancher séparées par le segment de longueur « L ».

Afin d'illustrer, deux exemples sont proposés ci-dessous:

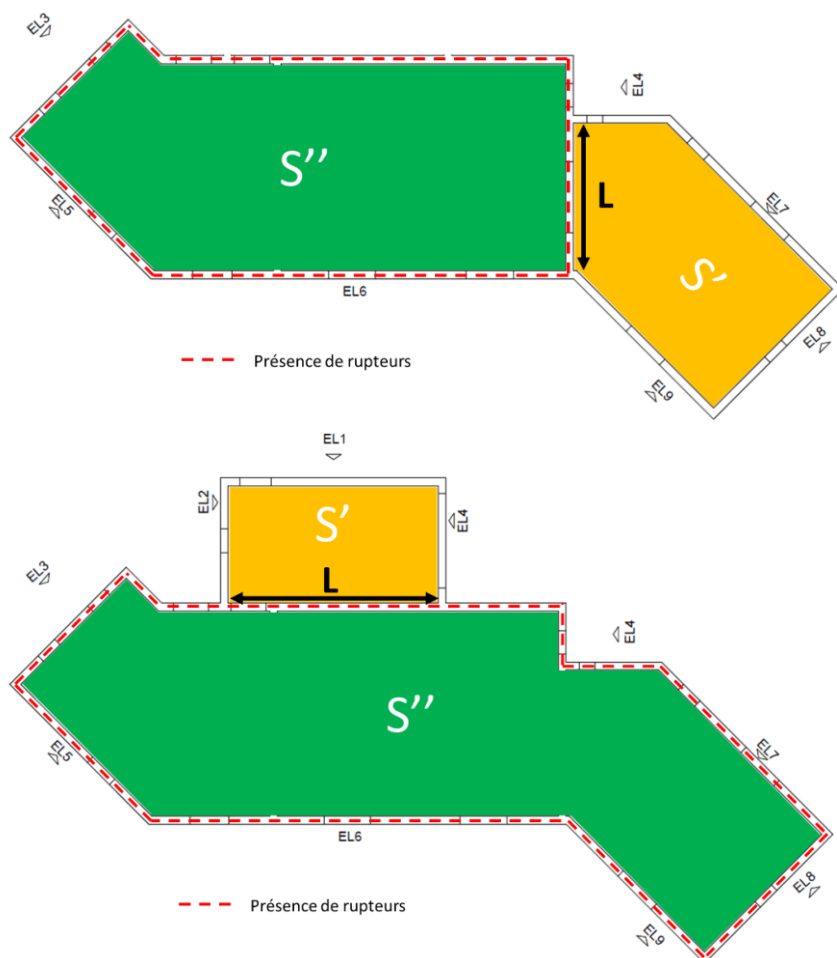
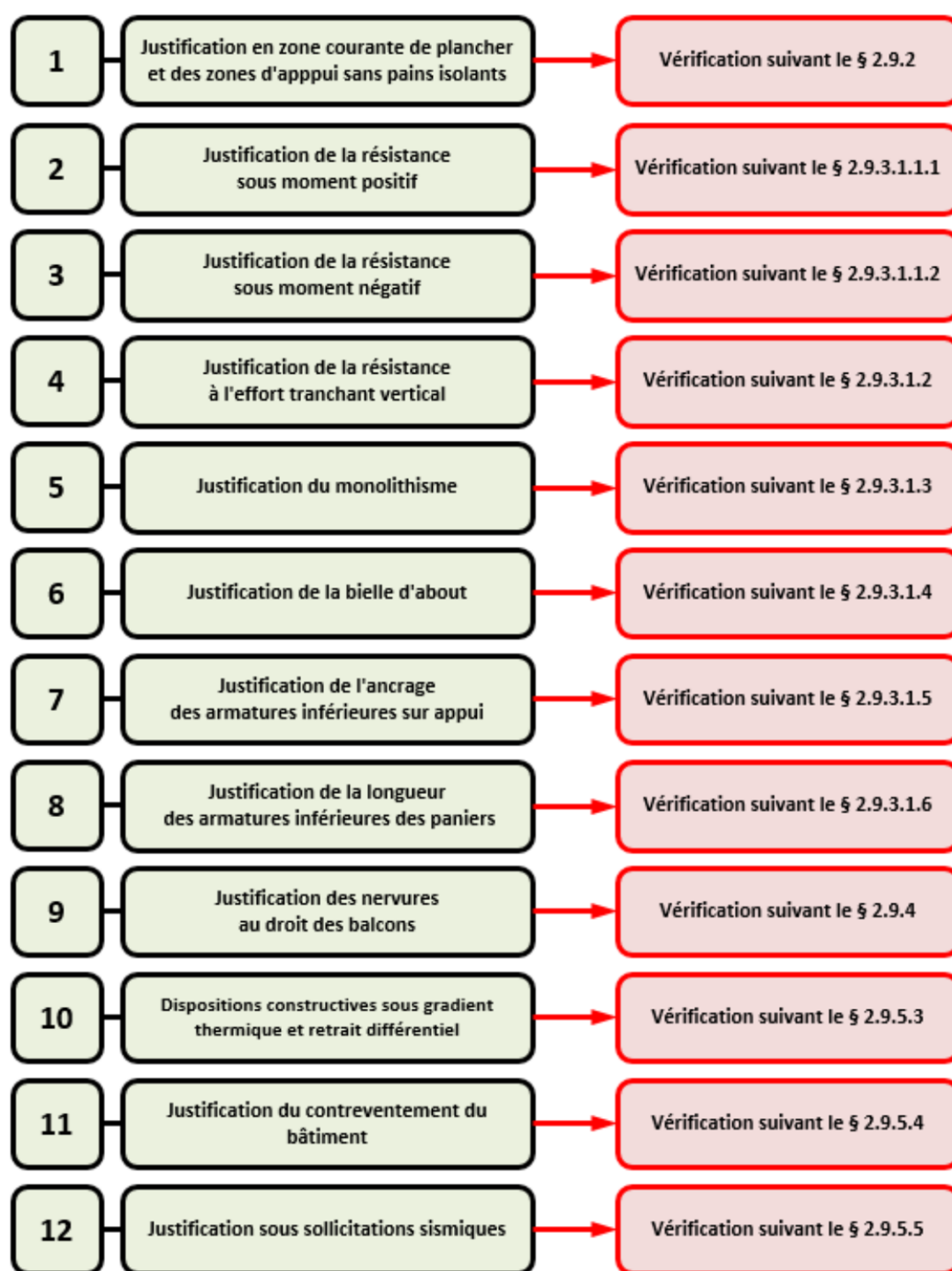


Figure 7 : Exemples de structures avec décrochés

Annexe IX – Logigramme illustrant les étapes de calcul



Fin des Annexes