

Sur le procédé

Rupteurs thermiques ISOTEC RT+ en isolation thermique par l'intérieur (ITI)

Titulaire : Société **PLAKAGROUP FRANCE**
Internet : <https://www.plakagroup.com/fr-FR/PLAKA-France/>

Descripteur :

Les rupteurs thermiques « ISOTEC RT+ en ITI » sont des composants structuraux destinés à traiter les ponts thermiques entre les murs de façade et les dalles de plancher ou entre murs de façade et murs de refend, ainsi qu'entre balcons ou loggias et dalles de plancher.

Ils sont en même temps capables de transmettre les sollicitations, moments fléchissant et/ou efforts tranchants, à travers l'isolant thermique par l'intermédiaire d'armatures réalisés en acier inoxydable.

Les différents modèles de la gamme visée sont les suivants :

- **Modèles VI** : pour les liaisons dalle-façade ;
- **Modèles VIP** : pour les liaisons dalle-façade dans le cas de planchers à prédalles ;
- **Modèles MVI** : pour les liaisons dalle-balcon ou loggias ;
- **Modèles VR** : pour les liaisons façade-refend. Ce modèle de rupteur ne reprend pas d'effort, ces derniers devant être repris par d'autres liaisons.

Le procédé « ISOTEC RT+ en ITI » ne peut être utilisé que dans le cadre d'une isolation thermique par l'intérieur du bâtiment. Les rupteurs ISOTEC RT+ en ITI sont tenus d'assurer, en plus de la continuité de l'isolation, la liaison mécanique entre les éléments concernés dans la limite de leur capacité. Cette liaison est assurée en fonction des modèles par des armatures traversant le corps isolant et ancrées de part et d'autre dans les éléments béton, associé ou non à des butons métalliques. Afin d'éviter leur corrosion les parties d'armatures traversant l'isolant sont en acier inoxydable.

Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher

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

AVANT-PROPOS

Les Avis Techniques et les Documents Techniques d'Application sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction des éléments d'appréciation sur la façon de concevoir et de construire des ouvrages au moyen de produits ou procédés de construction dont la constitution ou l'emploi ne relèvent pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Au terme d'une évaluation collective, l'avis technique de la commission se prononce sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés relativement aux exigences réglementaires et d'usage auxquelles l'ouvrage à construire doit normalement satisfaire.

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	<p>Il s'agit de la 4^{ème} révision de l'Avis Technique.</p> <p>Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 3.1/16-878_V1 et sa prorogation n° 3.1/16-878_V1.1.</p> <p>Cette révision intègre les modifications suivantes :</p> <p>Ajout des rupteurs VR pour les liaisons façade-refend</p> <p>Possibilité de mise en œuvre avec un mur à coffrage intégré ou mur en béton plein préfabriqué</p> <p>Mise à jour des performances mécaniques et thermiques des rupteurs</p>	Etienne PRAT	Roseline BERNARDIN-EZLAN

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	5
1.1.	Définition succincte	5
1.1.1.	Description succincte	5
1.1.2.	Identification	5
1.2.	AVIS.....	5
1.2.1.	Domaine d'emploi accepté	5
1.2.2.	Appréciation sur le procédé	6
1.2.3.	Prescriptions Techniques	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	8
2.	Dossier Technique.....	9
2.1.	Données commerciales	9
2.1.1.	Coordonnées	9
2.2.	Description.....	9
2.2.1.	Principe.....	9
2.3.	Domaine d'emploi	11
2.4.	Eléments et matériaux.....	11
2.4.1.	Acier Inoxydable (Suivant NF EN 10088-1 et 10088-3)	12
2.4.2.	Isolant	12
2.4.3.	Profilé PVC	12
2.4.4.	Peignes en acier inoxydable	12
2.4.5.	Buton en acier	13
2.4.6.	Béton.....	13
2.5.	Fabrication et contrôle	13
2.6.	Identification du produit.....	14
2.7.	Assistance technique	15
2.8.	Règles de conception	15
2.8.1.	Analyse statique.....	15
2.8.2.	Sécurité incendie.....	18
2.8.3.	Valeurs de calcul pour les différents modèles de la gamme.....	18
2.8.4.	Thermique.....	18
2.8.5.	Disposition constructive et ferrailage minimum.....	19
2.8.6.	Etanchéité	19
2.9.	Etanchéité des toitures-terrasses et balcons	19
2.9.1.	Domaine d'emploi.....	19
2.9.2.	Compatibilité	19
2.9.3.	Prescriptions de mise en œuvre.....	19
2.10.	Mise en œuvre	21
2.10.1.	Généralités	21
2.10.2.	Phasage de pose en fonction du type de rupteur.....	21
2.10.3.	Cinématique de pose spécifique pour certains cas de mur.....	27
2.10.4.	Cas particulier des passages de réseaux	30
2.11.	Résultats expérimentaux.....	31
2.11.1.	Mécanique	31
2.11.2.	Feu	31
2.11.3.	Acoustique.....	31
2.11.4.	Thermique	31
2.12.	Références	31
2.12.1.	Données Environnementales	31

2.12.2.	Autres références	31
2.13.	Annexes du Dossier Technique.....	32
	Annexe 1 – Données techniques sur modèles VI	32
	Annexe 2 – Données techniques sur les modèles VIP.....	34
	Annexe 3 – Données techniques sur les modèles MVI	36
	Annexe 4 –Données techniques sur les modèles VR et les configurations possibles.....	41
	Annexe 5 – Détails des toitures terrasses.....	43
	Annexe 6 – Méthode de dimensionnement et de prise en compte de la dilatation thermique.....	45
	Annexe 7 – Dimensionnement des brides.....	48
	Annexe 8 – Dimensionnement du ferrailage de façade	52
	Annexe 9 – Dimensionnement du ferrailage des balcons d’angles sortants.....	54
	Annexe 10 – Détail de mise en œuvre des ouvrages de plâtrerie.....	55
	Annexe 11 – Calcul des ponts thermiques	57

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 25 mai 2021, le procédé **ISOTEC RT+ en ITI**, présenté par la Société PLAKAGROUP France. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Les rupteurs thermiques « ISOTEC RT+ en ITI » sont des composants structuraux destinés à traiter les ponts thermiques entre les murs de façade et les dalles de plancher ou entre murs de façade et murs de refend, ainsi qu'entre balcons ou loggias et dalles de plancher.

Les différents modèles de la gamme visée sont les suivants :

- **Modèles VI** : pour les liaisons dalle-façade ;
- **Modèles VIP** : pour les liaisons dalle-façade dans le cas de planchers à prédalles ;
- **Modèles MVI** : pour les liaisons dalle-balcon ou loggias ;
- **Modèles VR** : pour les liaisons façade-refend. Ce type de rupteur ne reprend pas d'efforts, ces derniers devant être repris par d'autres liaisons.

Les types de rupteur sont détaillés en Annexe 1 à 4 du Dossier Technique.

Ces rupteurs sont tenus d'assurer, en plus de la continuité de l'isolation, la liaison mécanique entre les éléments concernés dans la limite de leur capacité. Cette liaison est assurée en fonction des modèles par des armatures traversant le corps isolant et ancrées de part et d'autre dans les éléments béton, associé ou non à des butons métalliques. Afin d'éviter leur corrosion, les armatures traversant l'isolant sont en acier inoxydable.

1.1.2. Identification

Chaque composant « ISOTEC RT+ en ITI » est identifié par une étiquette indiquant la dénomination commerciale, le type du composant ainsi que de succinctes instructions de mise en œuvre.

1.2. AVIS

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

Le présent Avis ne vise que les rupteurs dont l'épaisseur d'isolant en laine minérale est égale à 8 cm utilisés en isolation thermique par l'intérieur (ITI).

L'application est limitée aux bâtiments non classés IGH.

L'utilisation du système de rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » avec un autre système de rupteurs n'est pas visée par le présent Avis Technique.

Le domaine d'emploi proposé dans le Dossier Technique (§2.3) est accepté, à condition de respecter les dispositions figurant dans les Prescriptions Techniques (paragraphe § 1.2.3).

Les rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » peuvent être utilisés pour une épaisseur de dalle égale de 18 à 25 cm. Les types de planchers suivants :

- Dalle pleine coulée sur place
- Dalle sur prédalle béton armé
- Dalle sur prédalle précontrainte

Les rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » peuvent être employés en association avec les types de murs porteurs suivants :

- Murs en béton armé coulés en place
- Maçonnerie de petits éléments
- Murs à coffrage intégré
- Murs préfabriqués en béton de type plaque pleine.

Les rupteurs de modèle VR peuvent être utilisés pour un mur refend en béton armé et une épaisseur de mur variant de 16 à 25 cm.

Les ouvrages nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié ne sont pas visés.

Le domaine d'utilisation des rupteurs ISOTEC RT+ en ITI est limité à des éléments de construction :

- Soumis à l'action des charges d'exploitation principalement statiques ;
- Situés en dehors de tout milieu agressif.

Le domaine d'emploi est limité aux bâtiments (façades béton ou maçonnerie) où l'espacement de nu à nu entre deux liaisons béton non traitées avec le procédé (brides ou refends béton liaisonnés traditionnellement avec la façade) respecte les prescriptions données en Annexe 6 du Dossier Technique.

Les distances maximales entre joints de dilatation doivent respecter les prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale pour les façades en béton. Pour les façades en maçonnerie, les distances maximales entre joints de dilatation sont celles du DTU 20.1.

L'utilisation en plancher de toiture-terrasse est visée par le présent Avis aux conditions présentées au §2.9.

1.2.2. Appréciation sur le procédé

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

Stabilité

Les composants mis en œuvre assurent la stabilité des éléments liaisonnés, compte tenu du dimensionnement effectué conformément aux Règles en vigueur. La résistance des composants est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté pour des planchers soumis à des charges principalement statiques et situées en dehors de toute atmosphère agressive (cas courant des planchers d'habitation, pour lesquels les rupteurs trouvent la quasi-totalité de leurs applications).

Sécurité en cas d'incendie

Réaction au feu

L'isolant en laine roche ROCKFEU COFFRAGE, d'épaisseur 8 cm, est classé de manière conventionnelle A1. Le classement de réaction au feu de l'isolant n'est pas modifié par la présence du profilé en PVC.

Résistance au feu

Les modèles VI, VIP, VR (uniquement pour le modèle avec armatures) et MVI font l'objet d'une appréciation de laboratoire n°AL19-258 donnant lieu à une équivalence de classement REI120.

L'équivalent de classement revendiqué du rupteur « ISOTEC RT+ en ITI » est défini par le classement minimal justifié pour les éléments de structure (murs, planchers) à l'interface desquels il est incorporé, sans dépasser REI120.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

La mise en œuvre des composants « ISOTEC RT+ en ITI » est comparable à celle de tout insert manuable classiquement utilisé dans les ouvrages en béton, et n'a aucune influence spécifique sur la sécurité du personnel de chantier.

Isolation thermique

Les composants « ISOTEC RT+ en ITI » permettent de traiter les ponts thermiques entre balcons ou loggias et dalles de plancher ou entre murs de façade et dalles de plancher ou encore entre refend et façade. Les calculs d'isolation sont menés conformément aux Règles Th-Bât.

L'isolant est en laine de roche certifié ACERMI (Ref. 07/015/455), sous la dénomination commerciale ROCKFEU COFFRAGE et conforme à la NF EN 13162+A1, dont la conductivité thermique utile est de $\lambda_{utile} = 0,038 \text{ W/(m.K)}$.

Les coefficients de transmission linéique $\psi \text{ W/(m.K)}$, les hypothèses ainsi que les résultats détaillés des calculs réalisés conformément aux règles TH-Bât sont donnés en Annexe 11 du Dossier Technique. Les valeurs de coefficients de transmission linéique ne sont valables qu'à condition de respecter les limites de validités décrites dans cette Annexe.

Les calculs de pont thermique ne sont valables que si les fibres de l'isolant sont perpendiculaires au flux de chaleur.

Isolation acoustique

Une étude a été effectuée par le CSTB et référencée sous le numéro ER712.04.141 sur les configurations courantes de structures de bâtiments. Cette étude s'est appuyée sur des essais en laboratoire. Elle consiste à comparer des configurations dalle-façade et refend façade avec et sans rupteur « ISOTEC RT+ en ITI ». Elle conclut de la manière suivante :

- Vis-à-vis des bruits aériens

Dans le cas de l'isolement aux bruits aériens entre logements adjacents, la solution réglementaire de base sans rupteur a été comparée à une solution avec rupteur. La transmission acoustique directe supplémentaire apportée par un rupteur non masqué par le doublage de façade, dégrade l'isolement entre logements, notamment pour les isollements verticaux. Cependant, les rupteurs ne sont jamais installés sans qu'ils soient recouverts d'un doublage ; l'efficacité apportée par le doublage est suffisante pour que l'isolement global respecte les exigences réglementaires. Afin de respecter la réglementation acoustique en vigueur, le doublage devra être de classe de performance ESA5 au minimum.

- Vis à vis des bruits d'impact

L'isolement aux bruits d'impact, avec rupteur reste équivalent à celui de la même structure sans rupteur.

Les rupteurs thermiques ne modifient pas l'isolement de façade, les transmissions par les ouvertures (fenêtres...) étant dominantes.

Données environnementales

Le procédé « ISOTEC RT+ en ITI » ne dispose d'aucune déclaration environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

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

1.2.2.2. Durabilité - Entretien

Compte tenu des conditions de fabrication des composants « ISOTEC RT+ en ITI » dans une usine spécialisée sous autocontrôle, et compte tenu des caractéristiques des matériaux utilisés, notamment de l'acier inoxydable, la durabilité des composants est équivalente à celle des produits traditionnels utilisés dans la construction.

Le procédé « ISOTEC RT+ en ITI » ne nécessite pas d'entretien spécifique.

1.2.2.3. Fabrication et contrôle

La fabrication des composants « ISOTEC RT+ en ITI » est effectuée en usine sous autocontrôle. Les contrôles portent sur les dimensions des coupes des aciers et de l'isolant, le façonnage des aciers et l'assemblage des éléments du rupteur. Des essais extérieurs garantissent les caractéristiques à la traction des aciers utilisés pour la fabrication.

Cet avis ne vaut que pour les fabrications pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérification décrits dans le Dossier Technique sont effectifs.

1.2.2.4. Mise en œuvre

Effectuée par les entreprises de bâtiments, elle ne présente pas de difficulté particulière. Néanmoins l'ordre de mise en place des prédalles en béton armé, des prédalles précontraintes et des armatures du plancher doit tenir compte de la présence des composants « ISOTEC RT+ en ITI ». Dans ce but, chaque élément porte une étiquette sur laquelle figurent des instructions de mise en œuvre.

Les plans de calepinage transmis aux utilisateurs doivent faire apparaître niveau par niveau chaque rupteur avec sa référence complète, des coupes montrant les dispositions de ferrailage et les détails de mise en œuvre ainsi que le linéaire prévu.

1.2.3. Prescriptions Techniques

1.2.3.1. Conditions de conception

Les documents techniques de référence pour les justifications de résistance, de stabilité et de déformabilité des parties des ouvrages concernées par l'utilisation des composants « ISOTEC RT+ en ITI » sont les suivants :

- NF-EN-1991-1-1 et son annexe nationale pour la définition des charges d'exploitation, des charges permanentes et d'exploitation dues aux forces de pesanteur.
- NF EN 1991-1-3 et son annexe nationale pour les charges de neige à prendre en compte ;
- NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale pour les charges de vent à prendre en compte ;
- NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale pour le calcul du béton armé ;
- NF EN 1993-1-4 et son annexe nationale pour le calcul au flambement des barres comprimées (scellées ou butonnées) ;
- Norme Européenne EN 12354 pour le calcul d'isolement acoustique.
- Règles Th-Bat pour le calcul des caractéristiques d'isolation thermique des parois ;
- NF DTU 23.4 et norme NF P19-206 : pour le calcul des planchers à base de prédalles en béton ;

Les hypothèses spécifiques devant être retenues pour le dimensionnement sont les suivantes :

- Les moments fléchissants sont équilibrés à travers la bande isolante par les armatures supérieures et les armatures inférieures ou butons métalliques de compression. Dans tous les modèles permettant d'équilibrer un moment fléchissant, la conception est telle que les armatures de traction sont situées sans décalage en plan par rapport aux armatures de compression, ce qui permet ainsi l'embellage du système dans des plans verticaux.
- La longueur libre des armatures ou butons métalliques comprimés est prise égale à l'épaisseur de l'isolant augmentée de deux fois le diamètre de la barre. Concernant la longueur de flambement :
 - Pour les armatures, elle est prise comme étant la moitié de la longueur libre ; les barres sont considérées bi-encastées dans le béton.
 - Pour les butons métalliques, elle est prise comme étant égale à la longueur libre ; les butons sont considérés articulés aux 2 extrémités
- La justification en flexion consiste à s'assurer que le moment fléchissant à l'ELU, développé à la jonction des éléments liaisonnés par le rupteur, ne dépasse aucun des deux moments résistants suivants :
 - Le moment résistant à l'ELU par rapport aux armatures en acier inoxydable tendues ;
 - Le moment résistant à l'ELU par rapport aux armatures ou aux butons métalliques, en acier inoxydable, comprimés.
- Les efforts tranchants sont équilibrés par des armatures spéciales toujours inclinées (suspentes).
- La résistance de calcul en traction de l'acier inoxydable à utiliser est celle précisée au §2.4.1 du Dossier Technique.
- La résistance au flambement de l'acier inoxydable, situé à la traversée de l'isolant, est calculée selon la NF EN 1993-1-4.

Les valeurs d'utilisation données dans le Dossier Technique ont été obtenues par application des méthodes décrites ci-dessus.

Les hypothèses à retenir pour l'intégration du rupteur dans un ouvrage sont les suivantes :

- Le béton à utiliser dans les ouvrages munis de rupteurs thermiques « ISOTEC RT+ en ITI » est de classe de résistance minimum C25/30.
- L'enrobage minimum des armatures des rupteurs de pont thermique par rapport à la face supérieure d'une prédalle doit être de 10 mm toutes tolérances épuisées.
- Les planchers à prédalles doivent être dimensionnés conformément aux prescriptions du du NF DTU 23.4 et de la norme NF P19-206. Des suspentes sont à prévoir au droit des rupteurs thermiques.
- Les vérifications sur les rupteurs de la gamme ISOTEC RT+ en ITI en effort tranchant (V_z), en effet tirant-buton (V_x) et en moment (M_z) peuvent être effectuées indépendamment et suivant la méthodologie décrite dans le Dossier Technique.
- Le diamètre minimum des armatures des rupteurs thermiques ISOTEC RT+ est 6 mm.

- Les rupteurs doivent être dimensionnés pour reprendre en traction et compression, un effort accidentel localisé de 600 daN/m² appliqué sur la façade.
- Le procédé est utilisable sur des structures participant au contreventement des ouvrages pour la reprise des efforts de vent au sens des règles NF EN 1991-1-4. Les zones de jonction plancher/façade munies de rupteurs ne participent pas au contreventement de l'ouvrage : seuls sont considérés les refends, les brides et les zones de jonction continue plancher/façade.
- Pour les bâtiments de hauteur supérieure à la plus petite dimension en plan, il convient de réaliser une étude pour chaque projet, sous la responsabilité du demandeur, en modélisant les zones de jonction plancher-façade non munies de rupteurs, et en prenant une raideur nulle pour les liaisons réalisées avec des rupteurs thermiques.
- Le ferrailage de la façade et des balcons d'angle, ainsi que les zones de jonction plancher-façade non munies de rupteurs doivent respecter les dispositions constructives détaillées en Annexes 7, 8 et 9.
- L'ancrage des armatures des brides doit être calculé à partir de la face côté dalle de l'isolant du rupteur conformément aux prescriptions de l'Annexe 7 du dossier technique.
- En l'absence d'une justification sur la stabilité d'ensemble des rupteurs, pour tenir compte de la défaillance d'un élément ponctuel, les vérifications vis-à-vis des combinaisons de charges accidentelles sont menées en divisant les valeurs des capacités portantes des rupteurs (indiquées en Annexes 1, 2 et 3 du Dossier Technique) par un coefficient de sécurité de 1.5.
- Les modèles VI 2.6/2.6 et VIP 2.6/2.6 sont placés au niveau des appuis dans le sens non porteur des abouts de dalle.
- Les rupteurs VI 2.6/2.6, VIP 2.6/2.6, VI 3.6/3.6 et VIP 3.6/3.6 utilisés dans le sens non porteur du plancher doivent être dimensionnés pour équilibrer 30 % de l'effort tranchant sollicitant dans le sens porteur.

1.2.3.2. Rôle des intervenants :

- Le dimensionnement des rupteurs est réalisé par le titulaire à partir des efforts communiqués par le BET structure en charge de l'opération.
- Le ferrailage forfaitaire des zones non traitées (bride, refend) et celui des linteaux et balcons d'angle est réalisé par le BET structure en charge de l'opération avec l'assistance technique du titulaire. Ce ferrailage est issu des dispositions constructives forfaitaires décrites en Annexes 7 à 9 du Dossier Technique.
- Les plans de calepinage des rupteurs sont réalisés par le titulaire en concertation avec le BET structure en charge de l'opération et le BET Thermique.
- Dans le cas de planchers à prédalles, le plan de calepinage ainsi que les efforts de dimensionnement des rupteurs doivent être transmis par le titulaire au fabricant des prédalles.
- Dans le cas de planchers à prédalles précontraintes, le fabricant des prédalles réalise les différentes vérifications suivant le NF DTU 23.4 et en particulier l'annexe G de la norme NF P19-206.
- Les plans d'exécution sont réalisés par le BET structure en charge de l'opération avec intégration du calepinage des rupteurs et du ferrailage complémentaire et forfaitaire.

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 1.2.1) est appréciée favorablement.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Il est rappelé qu'il appartient à la Société PLAKA GROUP France d'informer les utilisateurs des conditions d'utilisation du procédé « ISOTEC RT+ en ITI », en conformité avec les recommandations du présent Avis Technique.

Il est rappelé également qu'un plan de calepinage doit être établi en concertation entre le titulaire, le BET thermique et le BET structure de l'opération.

Pour limiter les risques de condensation en toiture terrasse, l'utilisation du système de rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » est limitée aux planchers non isolés en sous-face. Cette prescription tient compte de l'augmentation des épaisseurs d'isolant généralement mis en œuvre en toiture terrasse, et n'est pas liée à ce seul procédé.

Le GS5, consulté sur l'aptitude à l'usage du rupteur « ISOTEC RT+ en ITI » en toiture terrasse, souhaite informer le maître d'œuvre de l'éventuel risque de détérioration du rupteur lors du passage de la flamme du chalumeau. En conséquence, au niveau du rupteur, le chalumeau sera réglé pour obtenir une flamme molle. Il est rappelé qu'un plan de calepinage doit être établi en concertation entre le titulaire et le bureau d'étude structure de l'opération.

Vis-à-vis de la durabilité des balcons, le Groupe attire l'attention sur la nécessité de prendre en considération le §2.8.6 du Dossier Technique.

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société PLAKA GROUP FRANCE

6, Rue de Cabanis

FR 31240 l'Union

Toulouse, France

Tél. : 05 34 25 54 82

Email : info@plakagroup.fr

Internet : <https://www.plakagroup.com/fr-FR/PLAKA-France/>

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les rupteurs thermiques « ISOTEC RT+ en ITI » sont des composants structuraux destinés à traiter les ponts thermiques entre les murs de façade et les dalles de plancher ou entre murs de façade et murs de refend, ainsi qu'entre balcons ou loggias et dalles de plancher.

Les différents modèles de la gamme visée sont les suivants :

- **Modèles VI** : pour les liaisons dalle-façade ;
- **Modèles VIP** : pour les liaisons dalle-façade dans le cas de planchers à prédalles ;
- **Modèles MVI** : pour les liaisons dalle-balcons ou loggias ;
- **Modèle VR** : pour les liaisons façade-refend. Ce type de rupteur ne reprend pas d'effort, ces derniers devant être repris par d'autres liaisons. Ce modèle est décliné en 2 variantes : une variante avec armatures traversant l'isolant et une autre, sans armatures traversant l'isolant (§Annexe 4)

Ces rupteurs sont tenus d'assurer, en plus de la continuité de l'isolation, la liaison mécanique entre les éléments concernés dans la limite de leur capacité. Cette liaison est assurée en fonction des modèles par des armatures traversant le corps isolant et ancrées de part et d'autre dans les éléments béton, associé ou non à des butons métalliques. Afin d'éviter leur corrosion, les armatures traversant l'isolant sont en acier inoxydable.

2.2.1.1. Modèle VI

(V : transfert de tranchant / I : isolation intérieure)

Modèle destiné à traiter les liaisons de planchers coulés en place sur façades porteuses ou non porteuses

Le réseau d'armatures est composé d'étriers équilibrant 15 % du moment fléchissant en travée et reprenant les effets du retrait, des diagonales remontent le tranchant et le transfèrent au mur porteur. L'isolant d'épaisseur 80 mm est positionné en continuité du doublage intérieur. L'isolant couvre la totalité de la hauteur du plancher. Les aciers du plancher sont calculés par le BET d'exécution et viennent en recouvrement des étriers de l'ISOTEC RT+ de type VI.

Pour les dalles de toitures terrasses, une adaptation de l'étanchéité de la terrasse est à prévoir du fait que les supports d'étanchéité sont dissociés. Des solutions sont proposées en Annexes du Dossier Technique.

Les performances mécaniques et thermiques des modèles de la gamme VI sont données en Annexes du Dossier Technique.

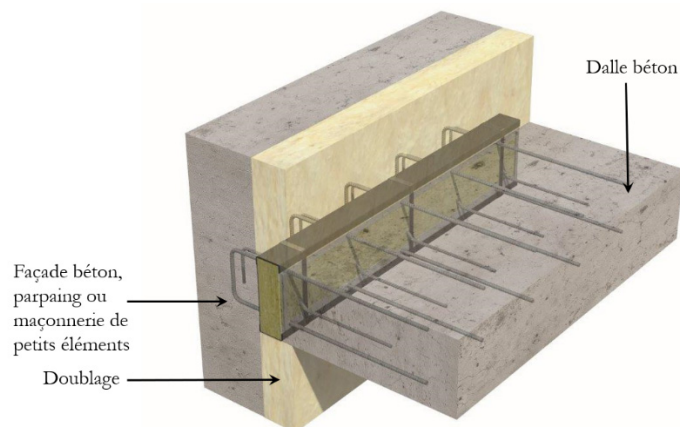


Figure 1 : Modèle VI (Voir Annexe 1)

2.2.1.2. Modèle VIP

(V : transfert de tranchant / I : isolation intérieure / P : prédalles)

Modèle destiné à traiter les liaisons de planchers avec prédalle armée ou précontrainte sur façades porteuses ou non porteuses. Le réseau d'armatures est composé d'étriers équilibrant 15 % du moment fléchissant en travée et reprenant les effets du retrait, des diagonales remontent le tranchant et le transfèrent au mur porteur. L'isolant d'épaisseur 80 mm est positionné en continuité du doublage intérieur. L'isolant couvre la totalité de la hauteur du plancher.

Les suspentes des prédalles armées sont dimensionnées par le fournisseur en tenant compte des efforts à reprendre et de la présence du rupteur.

Pour les dalles de toitures terrasses, une adaptation de l'étanchéité de la terrasse est à prévoir du fait que les supports d'étanchéité sont dissociés. Des solutions sont proposées en Annexes du Dossier Technique.

Les performances mécaniques et thermiques des modèles de la gamme VIP sont données en Annexes du Dossier Technique.

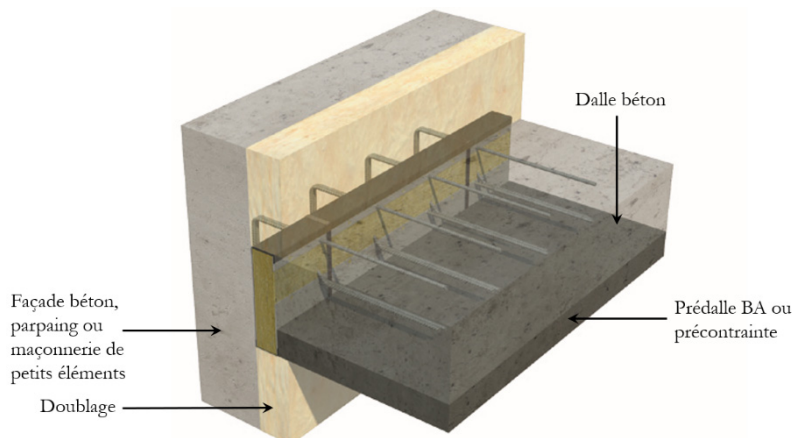


Figure 2 : Modèle VIP (Voir Annexe 2).

2.2.1.3. Modèle MVI

(M : transfert de moment / V : transfert de tranchant / I : isolation intérieure)

Modèle destiné à traiter les liaisons de balcons avec des planchers en béton armé, l'ensemble de ces éléments peuvent être coulés en place avec ou sans prédalles

Le réseau d'armatures est composé d'aciers supérieurs et inférieurs équilibrant 15 % du moment en travée côté intérieur plus le moment dû au porte-à-faux du balcon et reprenant les effets du retrait. Des diagonales remontent le tranchant et le transfèrent au mur porteur. L'isolant d'épaisseur 80 mm est positionné en continuité du doublage intérieur. L'isolant couvre la totalité de la hauteur du plancher. Les aciers du plancher et du balcon sont calculés par le BET en tenant compte des efforts à transmettre et viennent en recouvrement des aciers de l'ISOTEC RT+ de type MVI. Les aciers inférieurs, encore appelés butons, sont comprimés et vérifiés au flambement.

Au niveau des portes fenêtres, une mise au point doit être faite avec le lot menuiserie pour l'adapter à la présence du rupteur thermique. Un seuil béton recouvre l'épaisseur d'isolant du rupteur et permet de reposer la menuiserie (cf. figure 14).

Les performances mécaniques et thermiques des modèles de la gamme MVI sont données en Annexes du Dossier Technique.

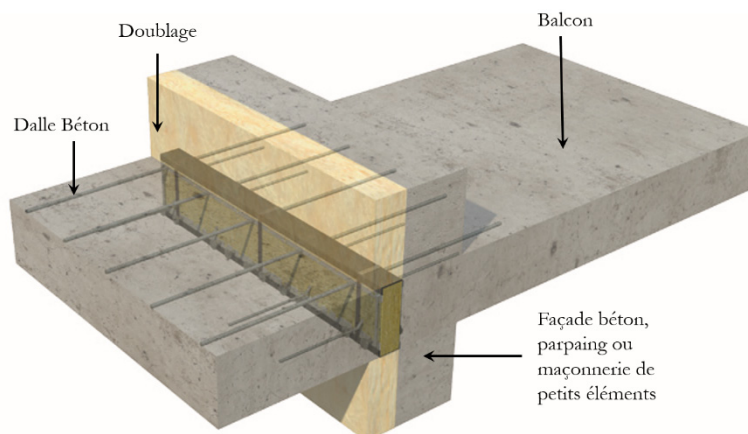


Figure 3 : Modèle MVI (Voir Annexe 3)

2.2.1.4. Modèle VR

Modèle destiné à traiter les ponts thermiques entre la façade porteuse ou non porteuse avec les refends.

Ce modèle existe en 2 types :

- Le modèle sans aciers inox permettant uniquement un traitement thermique entre le refend et la façade.
- Le modèle avec aciers inox assurant une liaison entre la façade et le refend. Cette liaison ne doit pas être prise en compte comme une liaison structurelle. Le concepteur devra s'assurer du cheminement des efforts par d'autres liaisons.

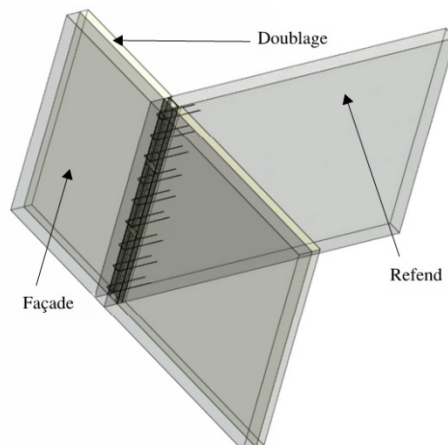


Figure 4 : modèle VR avec aciers Inox (voir Annexe 4)

2.3. Domaine d'emploi

Le présent Avis ne vise que les rupteurs dont l'épaisseur d'isolant en laine minérale est égale à 8 cm utilisés en isolation thermique par l'intérieur (ITI).

L'application est limitée aux bâtiments non classés IGH.

L'utilisation du système de rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » avec un autre système de rupteurs n'est pas visée par le présent Avis Technique.

L'application n'est valable que pour les applications respectant les prescriptions du §2.3 du présent Avis.

Les rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » peuvent être utilisés pour une épaisseur de dalle égale de 18 à 25 cm. Les types de plancher suivant :

- Dalle pleine coulée sur place ;
- Dalle sur prédalle béton armé ;
- Dalle sur prédalle précontrainte.

Les rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » peuvent être employés en association avec les types de murs porteurs suivants :

- Murs en béton armé coulés en place ;
- Maçonnerie de petits éléments ;
- Murs à coffrage intégré ;

Murs préfabriqués en béton de type plaque pleine Les rupteurs de modèle VR peuvent être utilisés pour un mur refend en béton armé et une épaisseur de mur variant de 16 à 25 cm.

Les ouvrages nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié ne sont pas visés.

Le domaine d'utilisation des rupteurs ISOTEC RT+ en ITI est limité à des éléments de construction :

- Soumis à l'action des charges d'exploitation principalement statiques ;
- Situés en dehors de tout milieu agressif.

Le domaine d'emploi est limité aux bâtiments (façades béton ou maçonnerie) où l'espacement de nu à nu entre deux liaisons béton non traitées avec le procédé (brides ou refends béton liaisonnés traditionnellement avec la façade) respecte les prescriptions données en Annexe 6.

2.4. Éléments et matériaux

Les rupteurs ISOTEC RT+ en ITI sont des éléments complets d'une longueur de 1 mètre, montés en atelier, composés des éléments suivants :

- Des armatures HA en acier inoxydable, de longueurs et sections variables (cf. Annexes 1 à 4) ;
- Des boutons en acier inoxydable ;
- Un isolant permettant de réaliser la coupure thermique, de hauteur variable selon les exigences du chantier ;
- Des peignes inox facilitant le montage et garantissant le bon espacement et la bonne répartition des aciers ;
- Des capots PVC protégeant l'isolant en phase de mise en œuvre.

Les peignes inox calent l'isolant et assurent à chaque élément une bonne rigidité pour la manutention.
Un profil plastique recouvre l'isolant et le protège.

2.4.1. Acier Inoxydable (Suivant NF EN 10088-1 et 10088-3)

L'acier inoxydable utilisé est conforme à la norme NF EN 10088 parties 1 et 3. Cet acier inoxydable est de nuance 1.4301 ou équivalent avec une résistance à la traction d'au moins 700 MPa. Les justifications des valeurs de résistance d'utilisation (voir annexes 1 à 4) sont conduites en utilisant les valeurs de performance mécaniques suivantes :

- $f_{yk} = 500$ MPa
- $E_s = 170\ 000$ MPa

En revanche, pour les justifications relatives aux distances maximales entre joint de fractionnement, la valeur de $f_{yk} = 700$ MPa a été utilisée.

2.4.2. Isolant

L'isolant composant le corps du rupteur est en laine de roche, sous la dénomination commerciale ROCKFEU COFFRAGE, d'épaisseur 80 mm et est conforme à la NF EN 13162+A1. Cet isolant est marqué CE, possède une DoP et bénéficie d'un certificat ACERMI (n°07/015/455), dont les caractéristiques sont :

- Conductivité thermique utile $\lambda_{certifiée} = 0,038$ W/m.K.
- Réaction au feu : Euroclasse A1
- Comportement à l'eau :
 - Absorption d'eau à court terme par immersion partielle : WS
 - Absorption d'eau à long terme par immersion partielle WL(P)
- Masse volumique \geq de 120 kg/m³
- Résistance à la compression : CS (10/Y) 30
 - (1) Stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées : DS70 °C/90 % HR

2.4.3. Profilé PVC

Il sert à protéger l'isolant pendant la phase travaux, sa dimension est adaptée à l'épaisseur d'isolant choisie.
Des sangles en polypropylène serrent les profils PVC contre l'isolant.

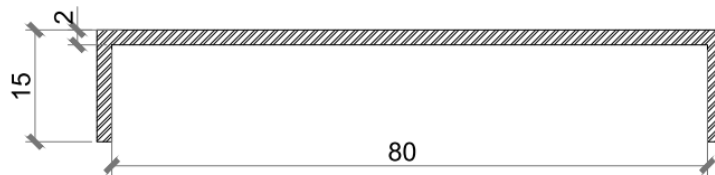


Figure 5 : profil du capot plastique, les côtes sont en mm

2.4.4. Peignes en acier inoxydable

Ces peignes sont positionnés de part et d'autre de l'isolant pour maintenir l'espacement des barres hautes et basses en s'affranchissant de barres de montage. La hauteur du peigne inox dépend de la position de la barre, on laisse au minima 5 mm entre le bord et le nu du percement du peigne.

Exemple : Pour un rupteur VI 20/5.8/5.6 $d = 120$ $u = 30$ (cf. §2.6), la valeur de H pour les peignes bas sera égale à

$$H = u + \frac{\varnothing}{2} + 5 \text{ mm} = 30 + \frac{8}{2} + 5 = 39 \text{ mm}$$

et pour les peignes en partie haute, $H = h_{\text{alle}} - u - \frac{\varnothing}{2} + 5 \text{ mm} = 200 - 30 - 120 + \frac{8}{2} + 5 = 59 \text{ mm}$

Aucune fonction de résistance n'est requise.

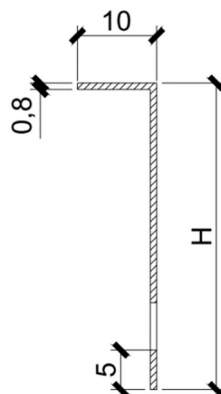


Figure 6 : profil du peigne inox, les côtes sont en mm

2.4.5. Buton en acier

Les modèles MVE ont un buton situé en partie basse de diamètre 12 mm forgée en acier inox (Qualité Inox 304 ou 1.4301 selon la NF EN 10088).

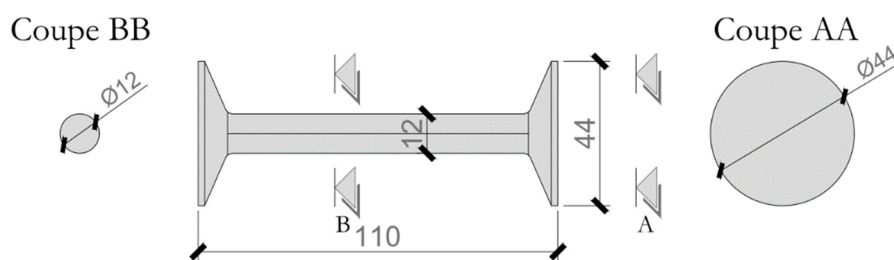


Figure 7 : Buton métallique

Tableau 1 : Propriétés mécaniques du buton en acier

R_m (MPa) Rupture	$R_{p0.2}$ (MPa) Limite élastique
> 700	> 600

2.4.6. Béton

Le rupteur doit être noyé dans des éléments en béton armé de la classe de résistance minimale à la compression C25/30, suivant la norme béton NF EN 206/CN.

2.5. Fabrication et contrôle

La fabrication du rupteur « ISOTEC RT+ en ITI » est exclusivement réalisée par PLAKABETON en Belgique.

Voici la liste des contrôles effectués lors de l'approvisionnement des matériaux, un élément d'un lot est contrôlé :

- 1) Pour la laine de roche : les dimensions sont contrôlées.
- 2) Pour les bobines d'aciers : le diamètre, la nuance de la bobine sont contrôlées.
- 3) Pour les plaques en aciers inoxydables : les dimensions sont contrôlées.
- 4) Pour les capots PVC : les dimensions sont contrôlées.

La fabrication s'effectue sur une chaîne de production répartie en six postes :

- 1) Coupe des barres à longueur sur cisaille.
- 2) Pliage des barres, par pièce, sur plieuse horizontale.
- 3) Coupe et perçage de l'isolant selon les nombres de barres à placer.
- 4) Découpe laser des peignes inox
- 5) Montage des barres et maintien par soudure par point sur poste semi-automatique.
- 6) Les capots PVC achetés à l'extérieur sont coupés au mètre linéaire et rajoutés en partie haute et basse, puis serrés par des sangles contre l'isolant.

Chaque poste est sous la responsabilité du Chef de Production et du Responsable des Contrôles de la Qualité, dans le cadre du plan Assurance-Qualité.

Dès la fin de la production, un élément d'un lot est contrôlé :

- 1) Contrôle des dimensions hauteur et épaisseur du rupteur
- 2) Contrôle des diamètres des aciers du rupteur
- 3) Contrôles des longueurs des aciers sortant de l'isolant
- 4) Contrôle de la position en hauteur des aciers
- 5) Contrôle du nombre de barres

Après le contrôle final les éléments sont étiquetés et emballés pour expédition.

Lors de chaque livraison des matériaux, il est exécuté un contrôle visuel de conformité à la commande.

Pour les aciers, un certificat de coulée du type 3.1 selon NF EN 10204 est exigé.

Les fiches de production prévoient un contrôle au niveau de la coupe et du perçage de l'isolant, au niveau de la coupe et du façonnage des aciers, ainsi qu'au niveau du montage de la première pièce et de la vingtième, par lot, enfin un contrôle final de la commande à l'emballage.

Chaque élément ISOTEC RT+ en ITI est marqué d'une étiquette mentionnant sa provenance et sa référence (chantier, type) et d'un collant pour indiquer le sens de pose.

Les éléments ISOTEC RT+ en ITI terminés sont emballés et entièrement recouverts de plastique thermo-rétractable pour rester à l'abri des intempéries. Ils sont stockés à l'extérieur et transportés jusqu'au chantier en palettes filmées. Grâce à des calages adaptés, les isolants ne sont ni poinçonnés ni déformés.

Sur le chantier, les éléments doivent être stockés à l'abri des chutes d'objets et conservés dans leur emballage d'origine avant mise en œuvre. Lorsqu'une palette est ouverte, il est nécessaire de la recouvrir de film PVC pour protéger les rupteurs contre les intempéries.

Des éléments sur mesure peuvent être fabriqués, le seul paramètre sur mesure concerne la longueur du produit fabriqué.

2.6. Identification du produit

A la fabrication en usine, une étiquette est collée sur le profil pvc recouvrant l'isolant et donne le sens de pose. Une autre étiquette ligaturée aux armatures indique le nom du client, la référence de chantier et la dénomination du modèle.

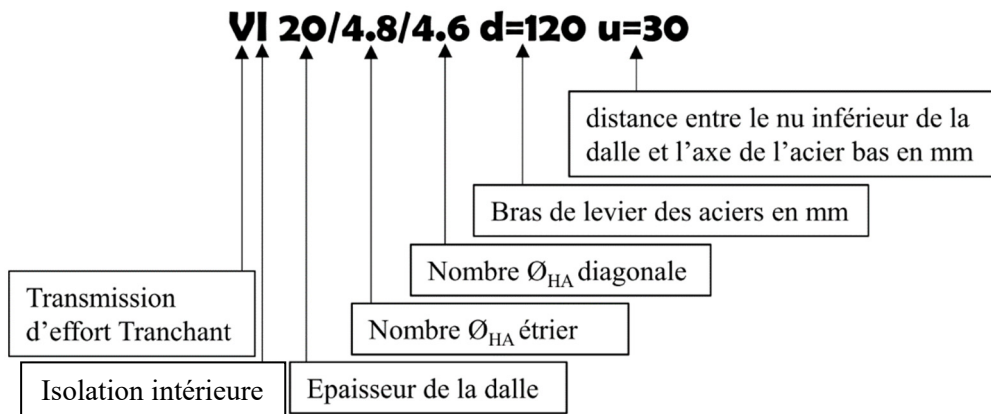
La dénomination des rupteurs pour les modèles VI, VIP et MVI permet de connaître :

- 1 - le type d'effort principal transmis – V pour tranchant – M pour moment fléchissant
- 2 - le type d'isolation – I pour intérieure
- 3 - Particularité de liaison - P pour prédalles, A pour acrotère ou allège
- 4 - la combinaison d'aciers – nombre de barres supérieures, nombre de barres diagonales, nombre de barres inférieures.
- 5 - Le bras de levier des aciers
- 6 - Distance du nu inférieur de la dalle à l'axe de l'acier bas
- 7 – Uniquement pour le rupteur MVI : Distance entre le nu inférieur de la dalle et la diagonale partie basse

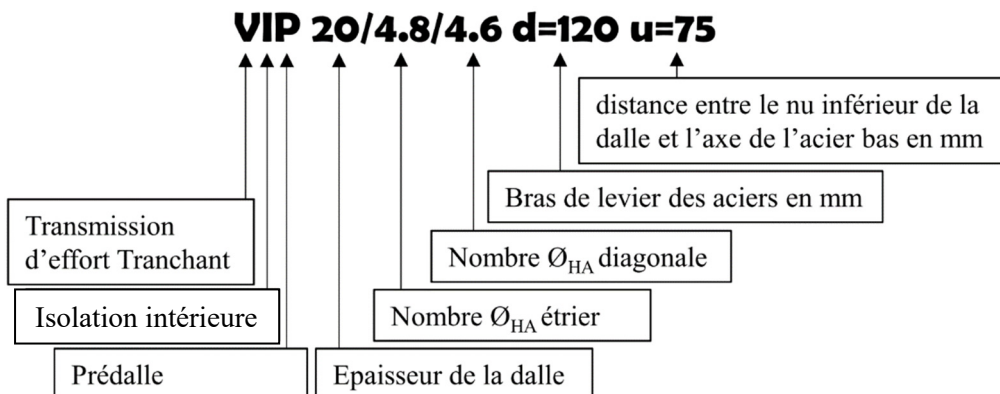
La dénomination des rupteurs pour les modèles VR (R pour refend) permet de connaître l'épaisseur du refend et le diamètre des étriers.

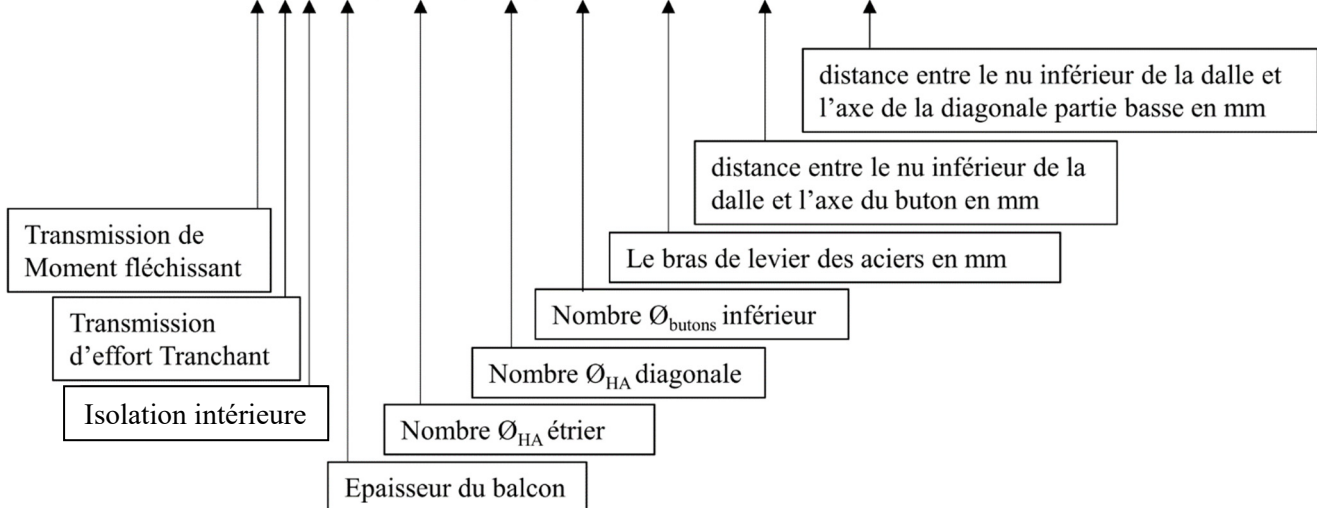
Principe de dénomination :

Pour le modèle VI :

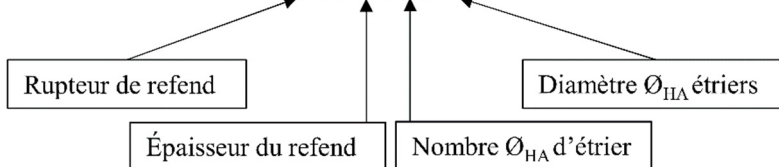


Pour le modèle VIP :



Pour le modèle MVI :**MVI 20/6.10/6.6/6.12 d=127 u=37 u'=37****Pour le modèle VR :** La dénomination des rupteurs VR permet de reconnaître :

- 1- L'épaisseur du rupteur adapté à l'épaisseur du refend
- 2- Le nombre d'étriers dans le cas avec acier (sans objet en l'absence d'armature)
- 3- Le diamètre des étriers dans le cas avec acier (sans objet en l'absence d'armature)

VR 16/3.6

La dénomination **VR16** correspond à un rupteur refend sans armature pour un refend de 16 cm d'épaisseur. Le client reçoit à la livraison un bon lui récapitulant les modèles de sa commande.

2.7. Assistance technique

Le service technique de PLAKAGROUP dimensionne les rupteurs sur la base de la descente de charges transmise par le bureau d'études structures en charge du projet et réalise un plan de calepinage en collaboration avec le BE thermique du projet et le BE structure du projet.

Dans le cas de plancher à prédalle, les informations concernant les épaisseurs de prédalle avec dalle de compression doivent être transmises au service technique de PLAKAGROUP.

Le plan d'exécution avec l'intégration des rupteurs est réalisé par le bureau d'étude structure de l'opération.

Le Service Commercial propose systématiquement une assistance à la première mise en œuvre sur site des rupteurs thermiques.

2.8. Règles de conception**2.8.1. Analyse statique**

Le dimensionnement structurel est effectué sur la base des efforts à reprendre calculés par le BE structure de chaque projet.

2.8.1.1. Forces agissantes

Il y a lieu pour le concepteur de considérer toutes les forces qui s'appliquent sur la liaison. On y trouvera notamment :

- Les charges gravitaires (poids propre, charges d'exploitations, etc...) : Ces charges doivent être ramenées à la liaison en termes de moment (M_y) et d'effort tranchant (V_z) selon les lois de la RdM. Le moment est pris comme égal au moment en travée de la dalle multiplié par un facteur de 0,15 pour une dalle sans balcon.
- Pour le cas des liaisons façade-balcons l'effort tranchant est repris exclusivement par la diagonale, et il doit être considéré à l'axe de l'appui côté intérieur. Le moment agissant dû au balcon doit être considéré à l'axe de l'appui. Ces sollicitations sont à calculer au nu du voile.
- Pour le cas des liaisons façade-dalle simplement appuyées l'effort tranchant est repris exclusivement par la diagonale. Le moment fléchissant sollicitant doit être pris égal au maximum de $0,15 M_0$ et $V_{Ed,dalle} \times e$ où M_0 est le moment fléchissant sollicitant de la travée, $V_{Ed,dalle}$ est l'effort tranchant à l'interface dalle/rupteur et e la distance entre les points d'intersection des barres diagonales et des membrures (voir Figures 8 et 9). Ces sollicitations sont à calculer au nu du voile.

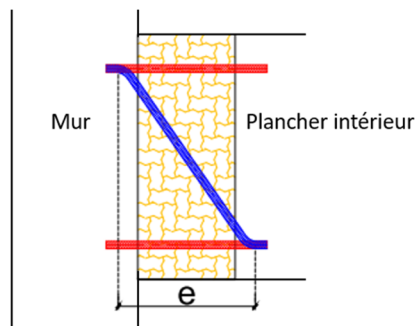


Figure 8 : La dimension « e » dans le cas d'une liaison avec dalle pleine

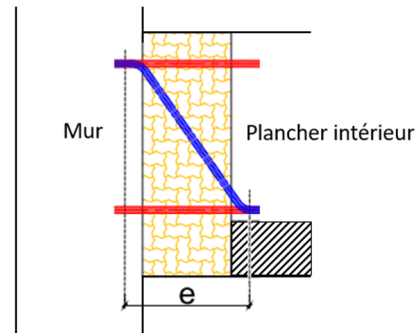


Figure 9 : La dimension « e » dans le cas d'une liaison avec prédalle

- Les charges de vent : Le vent s'applique sur la façade (traction/compression en V_x) et est transmis des rupteurs au plancher. Les rupteurs, de par leur souplesse latérale ne reprennent pas d'efforts latéraux (V_y dû au vent = 0), et les efforts de contreventement de la structure doivent passer par d'autres liaisons (liaisons non-traitées)

2.8.1.2. Combinaisons de charges

Les combinaisons de charges à considérer sont les suivantes :

- ELU fondamental
- ELU accidentel

Un cas de charge accidentel propre aux rupteurs est à considérer (vérification locale en V_x uniquement, il ne s'agit pas d'un calcul de stabilité du bâtiment), avec un effort accidentel de vent correspondant à une charge de 6 kN/m² sur la surface de façade reprise par les rupteurs.

- ELS

Conformément à la NF EN 1992-1-1 §7.4.1 (4) sous combinaison quasi-permanent, il y a lieu de vérifier que la rotation du rupteur ne change pas le sens de la pente du balcon.

2.8.1.3. Choix des modèles

Les performances mécaniques des différents modèles de rupteur sont données en Annexes du Dossier Technique. Il y a lieu de choisir le modèle de rupteur en fonction de l'effort à reprendre (moment, effort tranchant).

La vérification consiste à comparer les efforts résistants aux efforts appliqués pour chaque cas de charge :

$$F_{Ed} \leq F_{Rd}$$

Si l'égalité n'est pas respectée, il y a lieu de choisir un modèle plus ferrailé (avec un F_{Rd} plus grand).

Dans le cas de prédalle, voici la règle à utiliser pour choisir les bonnes dimensions du modèle :

Pour les rupteurs MVI :

- Dans le cas de la prédalle posé contre l'isolant, la valeur de u et u' sont égales et valent :

$$u = u' = e_{prédalle} + 10 \text{ mm} + \emptyset_{diagonale} / 2$$

- Dans le cas contraire, la valeur de u et u' valent :

$$u' = e_{prédalle} + 10 \text{ mm} + \emptyset_{diagonale} / 2$$

$$u = 37 \text{ mm}$$

Pour les rupteurs VIP :

- La valeur de u est prise égale à :

$$u = e_{prédalle} + 10 \text{ mm} + \emptyset_{diagonale} / 2$$

Dans les équations ci-dessus :

$e_{prédalle}$ correspond à l'épaisseur de la prédalle

$\emptyset_{diagonale}$ correspond au diamètre de la diagonale du rupteur

u' : la distance entre l'arase inférieure de la dalle côté intérieur et l'axe de la diagonale

u : la distance entre l'arase inférieure de la dalle côté intérieur et l'axe du buton

Pour l'ensemble des rupteurs :

Le choix du bras de levier d doit permettre d'obtenir un enrobage supérieur d'au moins 25 mm. Cette contrainte peut se traduire par le respect suivant :

$$d \leq e_{dalle} - u - 25 \text{ mm} - \emptyset_{boucle/barre supérieure} / 2$$

Où

e_{dalle} correspond à l'épaisseur totale de la dalle (prédalle + dalle de compression)

$\emptyset_{boucle/barre supérieure}$ correspond au diamètre de la barre supérieur pour le rupteur MVI ou le diamètre de la boucle pour les autres rupteurs

2.8.1.4. Impact sur la structure

La présence de rupteurs peut avoir les impacts suivants sur les éléments de structure alentours. Le bureau d'étude du projet doit en tenir compte lors de la conception :

2.8.1.4.1. Contreventement du bâtiment

Les zones équipées de rupteurs, de par la souplesse des rupteurs dans la direction 0y par rapport à une liaison non-traitée, ne peuvent reprendre d'efforts dans cette direction (la liaison est bien plus souple). La transmission des efforts de contreventement depuis le plancher vers les façades se fait alors via ces zones non-traitées et les refends. Les points suivants sont alors à vérifier par le bureau d'étude structure du projet :

- Il doit s'assurer du contreventement du bâtiment et du bon cheminement des efforts de contreventement.
- Il doit effectuer le dimensionnement des zones où transitent les efforts de contreventement.
- Il doit s'assurer que les déplacements horizontaux sont compatibles avec la destination de l'ouvrage.

2.8.1.4.2. Dilatation thermique

La dilatation thermique relative de la façade par rapport au plancher nécessite de maîtriser les déplacements relatifs ainsi que les fissurations de façade engendrées par son blocage ponctuel. La prise en compte de ce phénomène de dilatation (voir Annexe 5) passe par le respect de deux exigences :

- La non-plasticité cyclique des aciers des rupteurs
- La maîtrise de la fissuration
- L'exigence de non-plasticité cyclique des aciers signifie que les segments de façade peuvent se déplacer librement, tant que ce déplacement relatif ne dépasse pas le déplacement maximal des aciers avant plastification. Les dispositions constructives associées à cette exigence sont indiquées en Annexe 6 et 7.
- La maîtrise de la fissuration des éléments de façade et des balcons d'angle concernés est assurée par la mise en place d'un ferrailage minimal (voir Annexe 8 et 9).

2.8.1.4.3. Calcul de la flèche du balcon

La déformation du rupteur en rotation induit une flèche supplémentaire en bout de porte-à-faux. Celle-ci s'additionne à la déformation classique du béton et doit être prise en compte par le BE d'étude structure du projet, via une contre-flèche si nécessaire.

Cette flèche supplémentaire est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$f_{supp} = \frac{(\Delta L_{sup} + \Delta L_{inf}) \times L_{balcon}}{d}$$

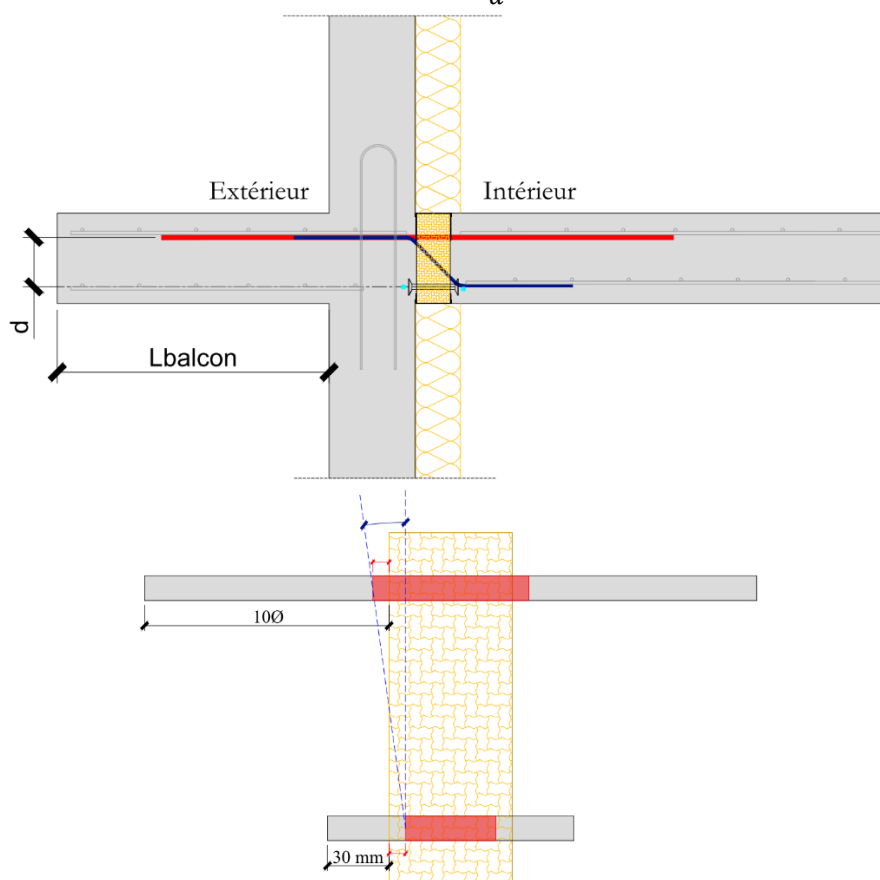


Figure 10 : Calcul de la flèche supplémentaire due à la rotation du rupteur

Avec :

ΔL_{sup} : Allongement de la barre supérieure égale à $L_{sup} \times \frac{\sigma_{sup}}{E_{acier}}$

ΔL_{inf} : Raccourcissement de la barre supérieure égale à $L_{inf} \times \frac{\sigma_{inf}}{E_{acier}}$

d : distance entre barres

Où :

σ_{sup} et σ_{inf} sont des contraintes dans les barres supérieure et inférieure à l'ELS quasi-permanent, calculées en fonction des charges appliquées au balcon.

E_{acier} est le module d'élasticité de l'acier inoxydable pris égal à 170 000 MPa

Pour l'acier supérieur : $L_{sup} = 10\phi \times 2 + ep_{isolant}$

Pour l'acier inférieur : $L_{inf} = 2 \times 3 \text{ cm} + ep_{isolant}$

Dans le cas d'une flèche trop importante, il conviendra de réaliser le balcon avec une contre flèche adéquate sans excéder L/250 conformément à la NF EN 1992-1-1 partie 7.4.1(4).

2.8.2. Sécurité incendie

2.8.2.1. Réaction au feu

L'isolant en laine roche ROCKFEU COFFRAGE, d'épaisseur 8 cm, est classé A1. Le classement de réaction au feu de l'isolant n'est pas modifié par la présence des capots PVC.

2.8.2.2. Résistance au feu :

Les différents modèles de rupteur ISOTEC RT+ en ITI (MVI, VI, VIP et VR avec armatures) font l'objet de l'appréciation de laboratoire N° AL19-258, dont la conclusion figure dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Equivalence de classement pour les modèles de rupteur ISOTEC RT+ en ITI

Modèle	Rapport d'essai	Equivalence de classement
VI	RS05-063A et RS05-063B	REI 120
VIP	RS10-013	REI 120
MVI	RS10-014 et RS10-013	REI 120
VR avec armatures	AL19-258	REI 120

* Le classement revendiqué du rupteur « ISOTEC RT+ en ITI » est défini par le classement minimal justifié pour les éléments de structure (murs, planchers) à l'interface desquels il est incorporé, sans dépasser REI120.

Ce classement de résistance au feu est uniquement valable pour :

- Une épaisseur de plancher en béton (prédalle + dalle de compression ou dalle seule) de l'ouvrage où sont installés les rupteurs de planchers (VI, VIP ou MVI), supérieure ou égale à 180 mm,
- Une épaisseur de refend en béton supérieure ou égale à 160 mm pour le cas des rupteurs VR avec armatures.
- La présence d'au moins deux filants du chaînage dans la boucle du rupteur, hors rupteur MVI (VI, VIP et VR avec armatures).

La tenue au feu des murs de façade en maçonnerie de petits éléments (béton ou terre cuite) ou en béton coulé en place sur lesquels les rupteurs prennent appui doit avoir été justifiée par calcul suivant le règlement en vigueur au moment de l'étude.

2.8.3. Valeurs de calcul pour les différents modèles de la gamme

Les pages en annexe donnent des détails sur les modèles les plus courants en utilisation intérieure. Toutes les valeurs données sont les valeurs de calcul (R_d) au sens de l'Eurocode 0.

2.8.4. Thermique

Le calcul du pont thermique ψ liaison en présence des composants ISOTEC RT+ (ITI) a été réalisé au CSTB, conformément aux Règles Th-Bât. Le coefficient de transmission linéique ψ a été calculé pour différents modèles placés à la liaison entre une dalle (épaisseur inférieure à 250 mm) et une façade (en béton armé d'épaisseur ≥ 16 cm ou en maçonnerie d'épaisseur ≥ 18 cm) isolée par l'intérieur. Les liaisons avec les planchers bas, intermédiaires et hauts ont été calculées.

Le coefficient de transmission linéique ψ a été également calculé pour des modèles placés à la liaison entre une façade (en béton armé ≥ 16 cm ou en maçonnerie d'épaisseur ≥ 20 cm) et un refend (en béton d'épaisseur inférieure à 25 cm) isolée par l'intérieur.

Les coefficients de transmission linéique ψ W/(m.K), les hypothèses ainsi que les résultats détaillés des calculs réalisés conformément aux règles TH-Bât sont donnés en Annexe 11 du Dossier Technique. Les valeurs des coefficients de transmission linéique ne sont valables qu'à condition de respecter les limites de validités décrites dans cette Annexe.

Les calculs de pont thermiques ne sont valables que si les fibres de l'isolant sont perpendiculaires au flux de chaleur

2.8.5. Disposition constructive et ferrailage minimum

Le recouvrement des armatures doit permettre de considérer que les armatures du rupteur travaillent à pleine capacité selon la NF EN 1992-1-1.

Des filants HA 6 doivent être positionnés en face des butons permettant de reprendre l'effort transversal de traction dans la zone de pression localisée.

Les armatures dans les éléments béton, autres que ceux du rupteur, devront respecter la NF EN 1992-1-1.

L'enrobage pour les aciers HA devra respecter l'EC2, son annexe nationale et l'EN NF 206/CN. Il est recommandé que l'enrobage nominal de l'acier le plus proche du parement ne dépasse pas 50 mm notamment en cas d'environnement agressif. Pour les aciers inox du rupteur l'enrobage nominal minimum sera de 25 mm, excepté pour les aciers supérieurs en inox du rupteur MVI dont l'enrobage devra être au minimum de 30 mm. Lors de la présence de prédalles la distance entre le nu supérieur de la prédalle et le bord de l'acier inox du rupteur devra être de 10 mm.

Les aciers en U pour les modèles VI et VIP et des aciers droits pour le modèle MVI devront respecter la longueur de recouvrement selon l'EC2 et son annexe nationale (voir Annexe 1 à 4)

Les aciers en diagonale de l'ensemble des modèles devront respecter la longueur d'ancrage selon l'EC2 et son annexe nationale.

Le chaînage horizontal doit être au minimum de 1,20 cm² selon l'EC2 et son annexe nationale §9.10.2.2

Pour les rupteurs VEP et MVE dans le cas de prédalles, des suspentes de prédalles doivent être calculés et prévu par le BE structure.

2.8.6. Etanchéité

C'est le concepteur qui devra apprécier la nécessité de réaliser une étanchéité ou non.

Se reporter au §2.9 pour l'ensemble des détails dans le cas d'une nécessité d'étanchéité.

2.9. Etanchéité des toitures-terrasses et balcons

2.9.1. Domaine d'emploi

La mise en œuvre et le domaine d'emploi du rupteur thermiques ISOTEC RT+ (ITI) doit être conforme au CPT 3794 (Février 2018) « Règle 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. »

Les toitures visées sont les toitures-terrasses inaccessibles, les terrasses techniques ou zones techniques, les toitures-terrasses accessibles aux piétons avec ou sans protection par dalles sur plots, les terrasses et toitures végétalisées, les toitures-terrasses jardins.

Les terrasses accessibles aux véhicules ne sont pas revendiquées.

2.9.2. Compatibilité

L'isolant contenu dans le boîtier PVC est en laine de roche et aucun élément de protection à la flamme n'est présent.

La compatibilité de la gamme ISOTEC RT + avec les différents modes de pose des revêtements d'étanchéité et des pare-vapeurs en toiture terrasse est la suivante :

	Compatibilité du rupteur ISOTEC RT+ (ITI) Modèles VI et VIP
Aptes à recevoir un pare-vapeur synthétique en pose libre	Oui
Apte à recevoir un pare-vapeur ou un revêtement d'étanchéité collé à froid	Oui
Apte à recevoir un pare-vapeur ou un revêtement bitumineux auto-adhésif	Oui
Apte à recevoir un pare-vapeur ou un revêtement d'étanchéité bitumineux soudé à la flamme	Oui ⁽¹⁾
Apte à recevoir un pare-vapeur collé à l'EAC	Non
Apte à recevoir un isolant support d'étanchéité à base de verre cellulaire collé à l'EAC.	Non

⁽¹⁾ L'application directe sur le rupteur n'est pas réputée satisfaisante, quel que soit le matériau composant le corps du rupteur. Dans ce cas, une bande bitumineuse auto-adhésive doit être préalablement mise en œuvre sur le rupteur en débordant de chaque côté d'au moins 50 mm sur l'élément porteur et/ou le relief (cf. figure 29 de l'annexe 5). La bande est définie dans les DTA des « revêtements d'étanchéité de toitures en bicouche avec première couche auto-adhésive à base de bitume modifié », comme feuille de première couche partie courante. Cette bande n'assure pas le rôle d'équerre de continuité du pare vapeur.

2.9.3. Prescriptions de mise en œuvre

2.9.3.1. Généralité

La mise en œuvre et la composition du revêtement d'étanchéité, du pare-vapeur, de l'équerre de renfort et de la bande est décrite dans l'Avis Technique ou Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité, dans les DTU série 43, complété par les prescriptions du CPT 3794 (Février 2018) Règles de conception des toitures-terrasses.

La mise en œuvre des panneaux isolants est décrite dans l'Avis Technique ou Document Technique d'Application du panneau isolant.

2.9.3.2. Enduit d'imprégnation à froid

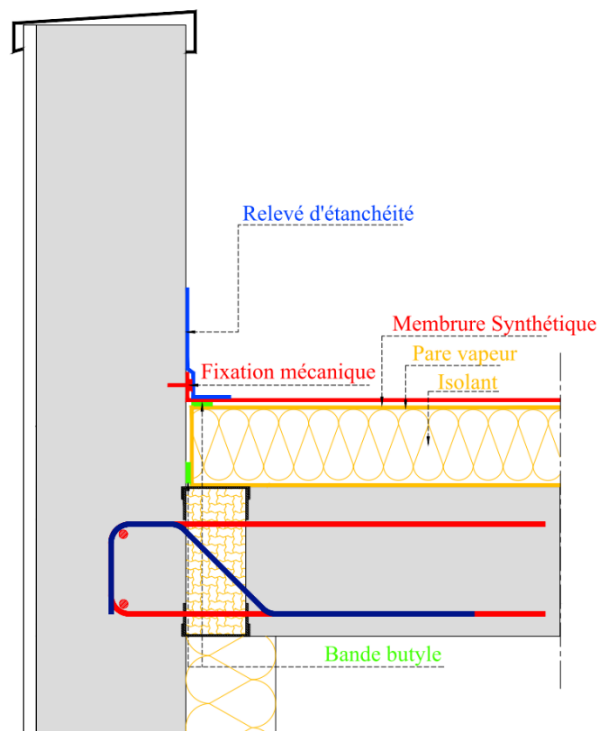
Lorsqu'il est nécessaire d'appliquer sur le support un Enduit d'Imprégnation à Froid, ce dernier est mis en œuvre en partie courante de la toiture sans recouvrir le rupteur thermique. Dans le cas d'Enduit d'Imprégnation à Froid contenant des solvants, les boîtiers en PVC des rupteurs doivent être protégés par du ruban adhésif.

2.9.3.3. Fixation mécanique en partie courante de toiture

Lorsque les revêtements d'étanchéité et/ou les panneaux isolants sont fixés mécaniquement, les fixations sont éloignées de 5 cm minimum 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.

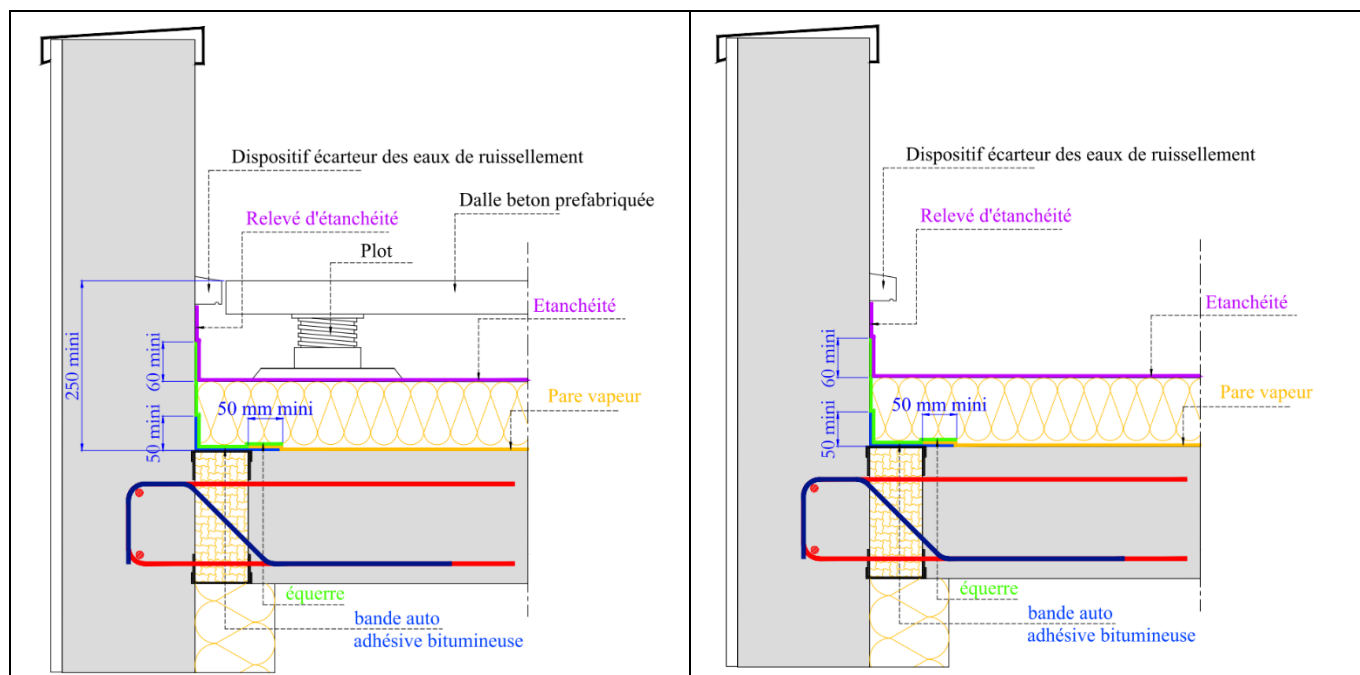
2.9.3.4. Fixation mécanique en périphérie de toiture

Dans le cas de relevés synthétiques, la fixation du revêtement en périphérie de la toiture est réalisée dans le relief. La bande de liaison pare-vapeur au support (ex : bande butyle) est positionnée au côté du rupteur. L'ensemble des éléments sont définis dans un DTA de revêtement d'étanchéité.



2.9.3.5. 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.



2.9.3.6. 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 bénéficiant d'un Avis Technique est prévu afin de limiter le risque de porte-à-faux de la dalle.

2.9.3.7. Réserve

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 au minimum (figure 30 de l'annexe 5).

2.10. Mise en œuvre

2.10.1. Généralités

Il conviendra de prévoir des aciers complémentaires en nez de dalle sous forme d'aciers filants de diamètre mini HA10 de chaînage pour les rupteurs comportant des boucles, à savoir les modèles VI et VIP.

Sur chantier, les éléments peuvent être coupés dans le sens de la hauteur de l'isolant pour correspondre à une cote sur plan. Les chutes peuvent être réutilisées à condition de correspondre à la nomenclature du plan.

Tous les éléments comportent une étiquette donnant la désignation du modèle et le sens de pose.

Les Prescriptions de Mise en Œuvre sont fournies au client dans la documentation et donne à l'utilisateur, toutes les instructions de pose garantissant le bon fonctionnement du rupteur.

2.10.2. Phasage de pose en fonction du type de rupteur

2.10.2.1. Cinématique de pose pour le rupteur VI :

- 1) Le mur (préfa, coulé en place, MCI, maçonnerie) est construit en prévoyant un about de coffrage, cet about peut être effectué lors du coulage du voile ou bien mis en place après coup, comme par exemple la mise en place d'une planelle dans le cas de mur en maçonnerie. La largeur restante doit être prévue avec une largeur d'appui suffisante pour mettre en place le rupteur.
- 2) Mise en place du coffrage étayé de la dalle

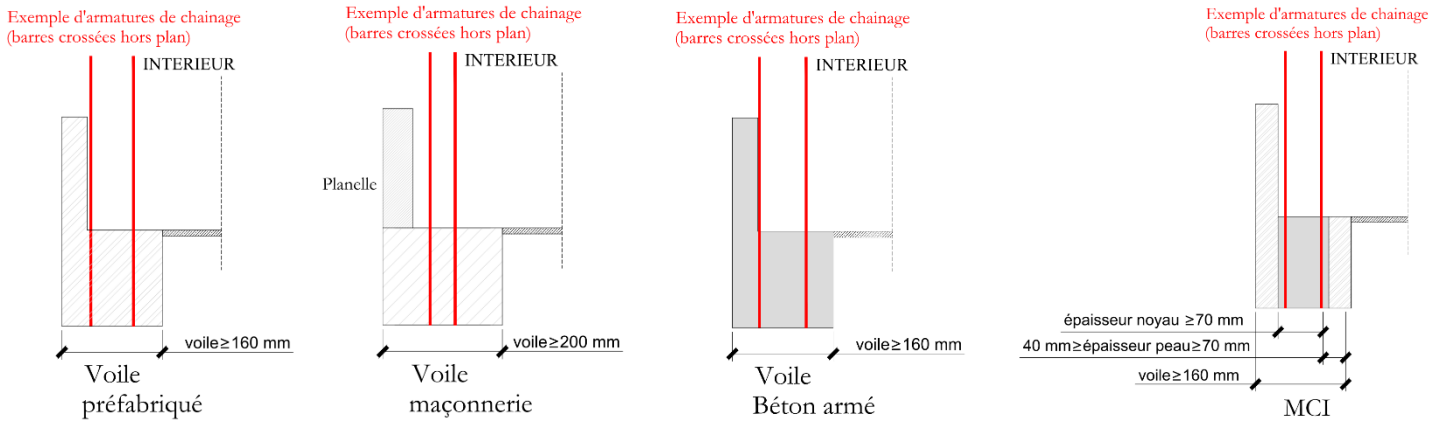
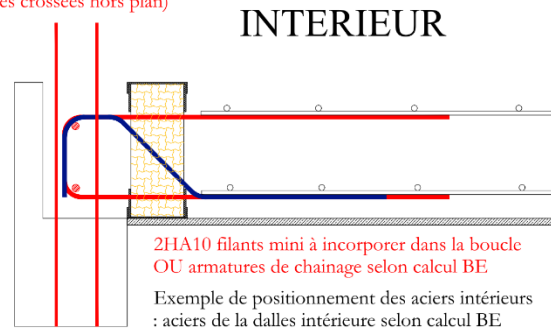


Figure 11 : Détail de l'étape 1 et 2 Construction du mur avec about de voile et mise en place du coffrage étayé

- 3) Les ISOTEC RT+ en ITI sont posés sur le coffrage de plancher étayé, de sorte que l'isolant soit contre le mur de façade, dans le prolongement du futur doublage intérieur.

Le rupteur VI est placé sur le coffrage, puis mise en place des aciers de la dalle et des aciers complémentaires. Les aciers complémentaires correspondent aux filants au minimum en HA10 placés dans la boucle de l'acier. Des ligatures sont positionnées entre les aciers du rupteur et les aciers de la dalle. Afin d'assurer un alignement de la pose des rupteurs, un glissement du capot supérieur peut être effectué, ce dernier en débord permet ensuite de guider l'insertion du second rupteur et de préserver la continuité. Il ne doit pas exister de vide entre deux rupteurs adjacents. La pose des rupteurs est réalisée au contact pour empêcher le vide entre rupteurs.

Exemple d'armatures de chaînage (barres croisées hors plan)

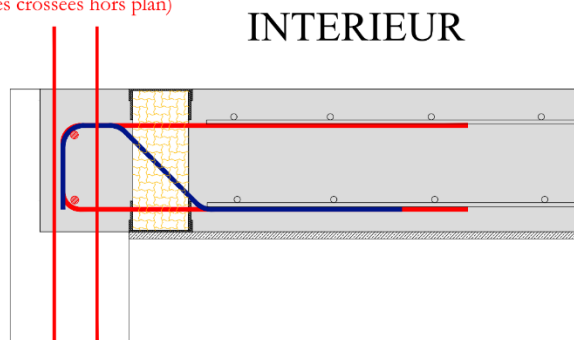


Voile Béton armé / MCI / Voile préfa / Maçonnerie

Figure 12 : Détail de l'étape 3 : mise en place des rupteurs et des aciers

- 4) Coulage du béton et séchage, puis dépose du coffrage.

Exemple d'armatures de chaînage (barres croisées hors plan)



Voile Béton armé / MCI / Voile préfa / Maçonnerie

Figure 13 : détail final après coulage de la dalle

2.10.2.2. Cinématique de pose pour le rupteur VIP :

- 1) Le mur (préfa, coulé en place, MCI, maçonnerie) est construit en prévoyant un about de coffrage, cet about peut être effectué lors du coulage du voile ou bien mis en place après coup, comme par exemple la mise en place d'une planelle dans le cas de mur en maçonnerie. La largeur restante doit être prévue avec une largeur d'appui suffisante pour mettre en place le rupteur.
- 2) Mise en place de la prédalle, et mise en place du coffrage étayé.

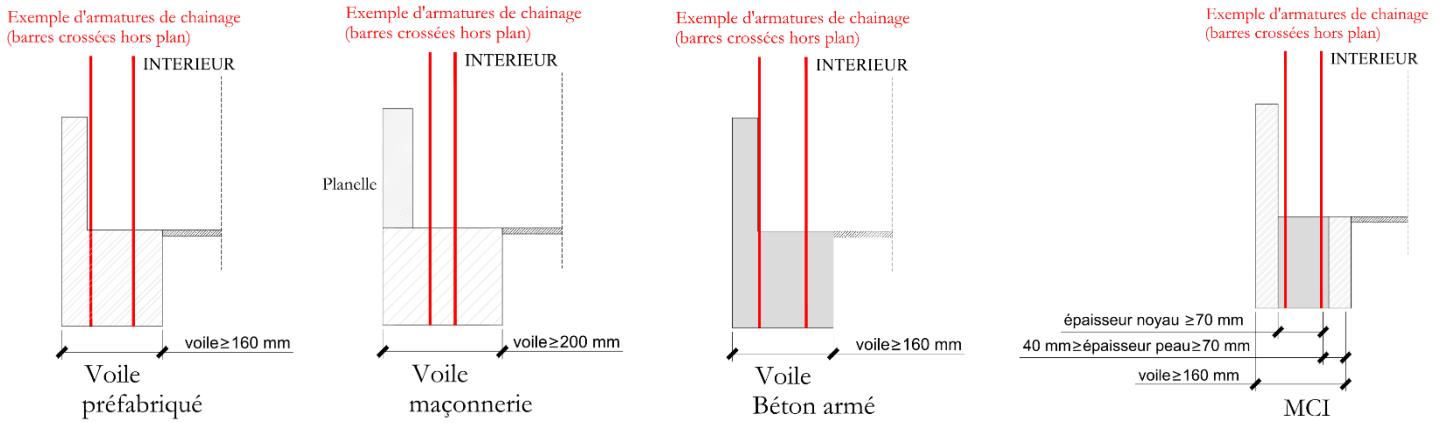


Figure 14 : Détail de l'étape 1 et 2 Construction du mur avec about de voile et mise en place du coffrage étayé

3) Déplier si nécessaire les aciers de suspentes au niveau de la rive de la prédalle

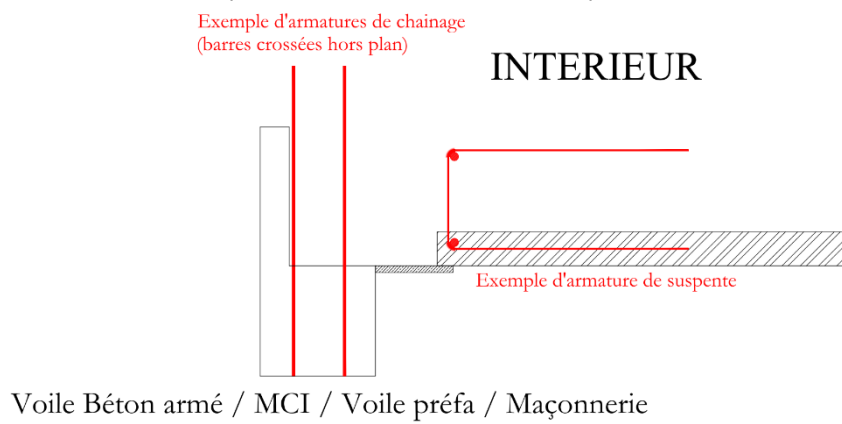


Figure 15 : Détail avant mise en place des rupteurs et des aciers

- 4) Les ISOTEC RT+ en ITI sont posés sur le coffrage de plancher étayé, de sorte que l'isolant soit contre le mur de façade, dans le prolongement du futur doublage intérieur.
- Le rupteur VIP est placé sur le coffrage, puis mise en place des aciers de la dalle et des aciers complémentaires. Les aciers complémentaires correspondent aux filants au minimum en HA10 placés dans la boucle de l'acier. Des aciers filants en partie supérieur de la suspente sont mise en place. Des ligatures sont positionnées entre les aciers du rupteur et les aciers des prédalles. Afin d'assurer un alignement de la pose des rupteurs, un glissement du capot supérieur peut être effectué, ce dernier en débord permet ensuite de guider l'insertion du second rupteur et de préserver la continuité. Il ne doit pas exister de vide entre deux rupteurs adjacents. La pose des rupteurs est réalisée au contact pour empêcher le vide entre rupteurs.

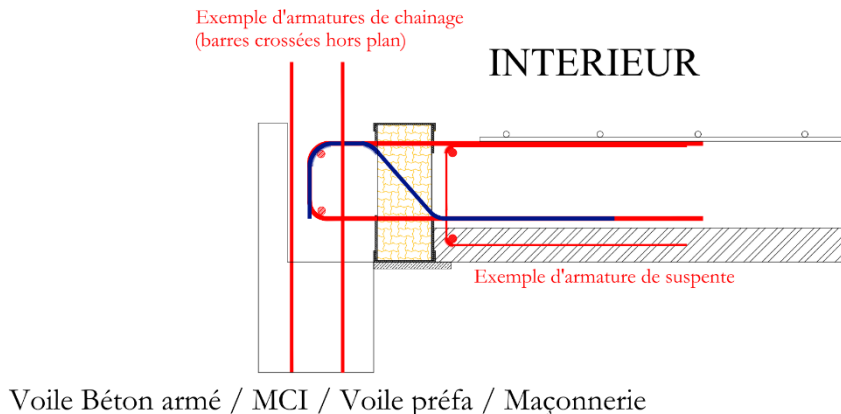


Figure 16 : Détail de l'étape 3 : mise en place des rupteurs et des aciers

- 5) Coulage du béton et séchage, puis dépose du coffrage.

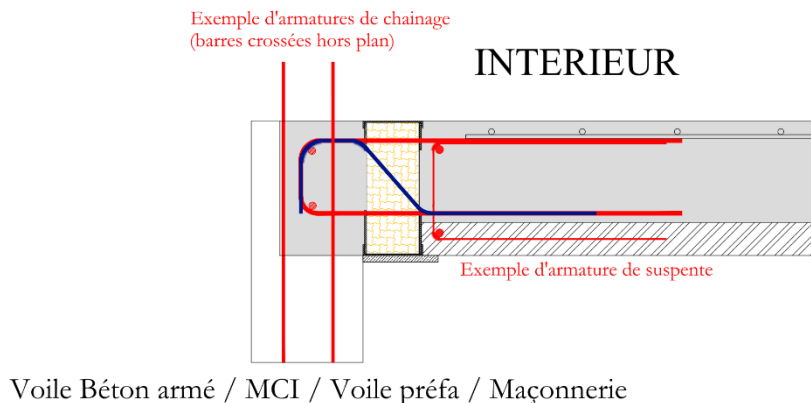


Figure 17 : détail final après coulage de la dalle

2.10.2.3. Cinématique de pose pour le rupteur MVI avec dalle pleine :

- 1) Le mur (préfa, coulé en place, MCI, maçonnerie) est construit jusqu'à l'arase inférieure de la dalle et doit être prévu avec une largeur d'appui suffisante pour mettre en place le rupteur.
- 2) Mise en place du coffrage étayé de la dalle

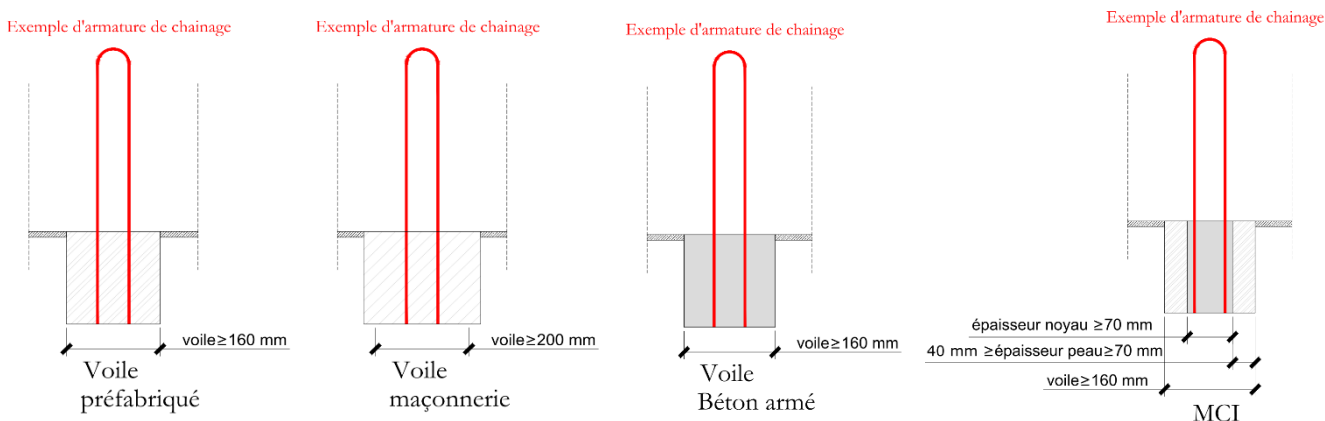


Figure 18 : Détail de l'étape 1 et 2 Construction du mur et mise en place du coffrage étayé

- 3) Les ISOTEC RT+ en ITI sont posés sur le coffrage de plancher étayé, de sorte que l'isolant soit contre le mur de façade, dans le prolongement du futur doublage extérieur.

Le rupteur MVE est placé sur le coffrage. Mise en place des aciers de la dalle et des aciers complémentaires. Les aciers complémentaires correspondent aux filants au minimum en HA6 placés devant les butons qui peuvent être tenus par des ligatures au niveau du chaînage qui sont positionnées entre les aciers du rupteur et les aciers de la dalle. Afin d'assurer un alignement de la pose des rupteurs, un glissement du capot supérieur peut être effectué, ce dernier en débord permet ensuite de guider l'insertion du second rupteur et de préserver la continuité. Il ne doit pas exister de vide entre deux rupteurs adjacents. La pose des rupteurs est réalisée au contact pour empêcher le vide entre rupteurs.

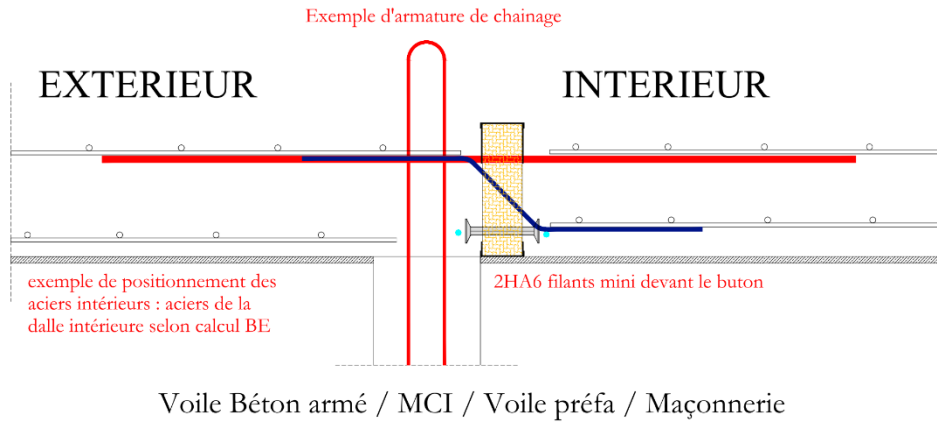


Figure 19 : Détail de l'étape 3 : mise en place des rupteurs et des aciers

- 4) Coulage du béton et séchage, puis dépose du coffrage.

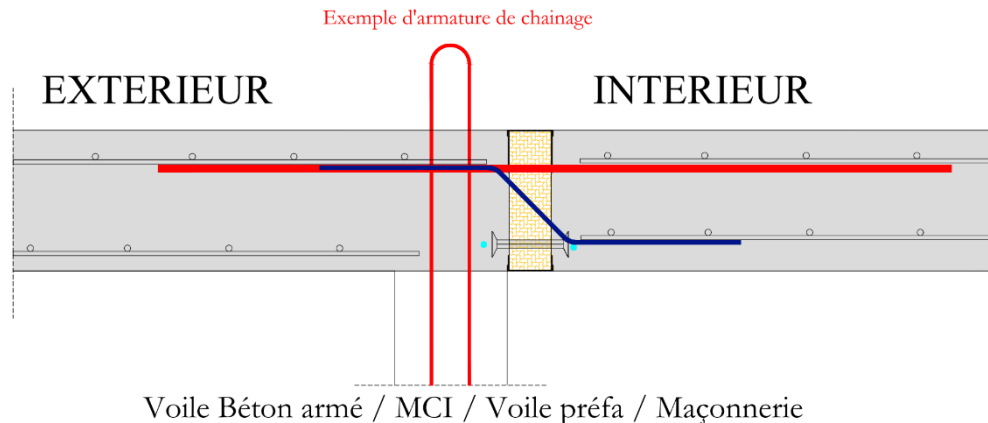


Figure 20 : détail final après coulage de la dalle

2.10.2.4. Cinématique de pose pour le rupteur MVI avec prédalle :

- 1) Le mur (préfa, coulé en place, MCI, maçonnerie) est construit jusqu'à l'arase inférieure de la dalle et doit être prévu avec une largeur d'appui suffisante pour mettre en place le rupteur.
- 2) Mise en place des prédalles d'un seul côté ou des deux côtés du mur, et mise en place du coffrage étayé côté extérieur. Dans le cas de la pose d'une prédalle d'un seul côté, se reporter au §2.9.1.3 pour le côté où la dalle est coulée en place.

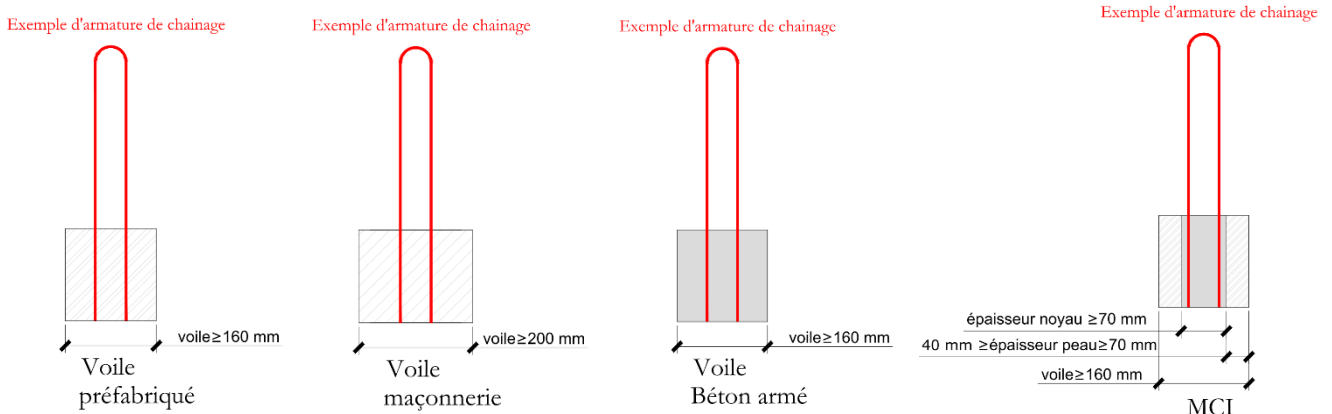


Figure 21 : Détail de la construction du mur

3) Déplier les aciers de suspentes au niveau de la rive de la prédalle.

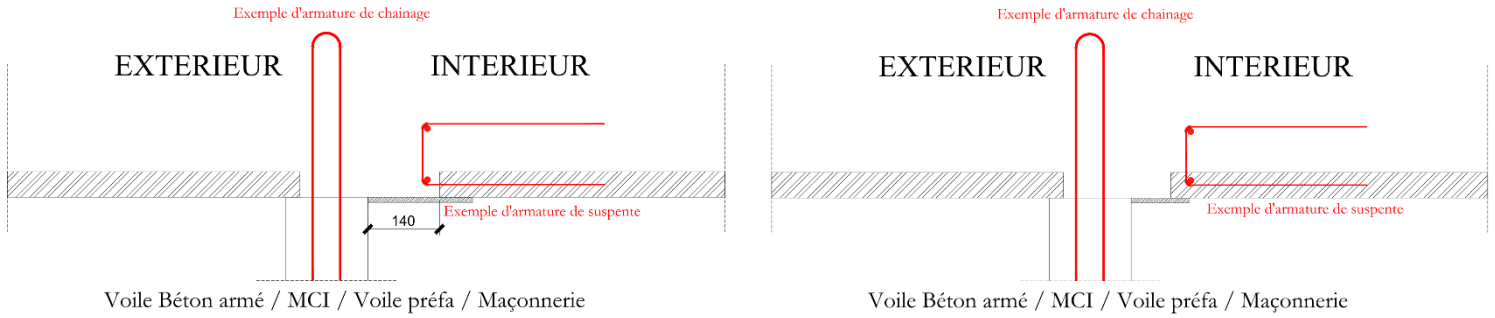


Figure 22 : Détail avant mise en place des rupteurs et des aciers, à gauche dans le cas d'un décalage de la prédalle, à droite dans le cas où la prédalle est positionnée au nu du rupteur

4) Les ISOTEC RT+ en ITI sont posés sur le coffrage de plancher étayé, de sorte que l'isolant soit contre le mur de façade, dans le prolongement du futur doublage extérieur.

Le rupteur MVE est placé sur le coffrage. Mise en place des aciers de la dalle et des aciers complémentaires. Les aciers complémentaires correspondent aux filants au minimum en HA6 placés devant le buton qui peuvent être tenu par des ligatures au niveau du chaînage. Des aciers filants en partie supérieure de la suspente sont mis en place. Des ligatures sont positionnées entre les aciers du rupteur et les aciers des prédalles. Afin d'assurer un alignement de la pose des rupteurs, un glissement du capot supérieur doit être effectué, ce dernier en débord permet ensuite de guider l'insertion du second rupteur et de préserver la continuité. Il ne doit pas exister de vide entre deux rupteurs adjacents. La pose des rupteurs est réalisée au contact pour empêcher le vide entre rupteurs.

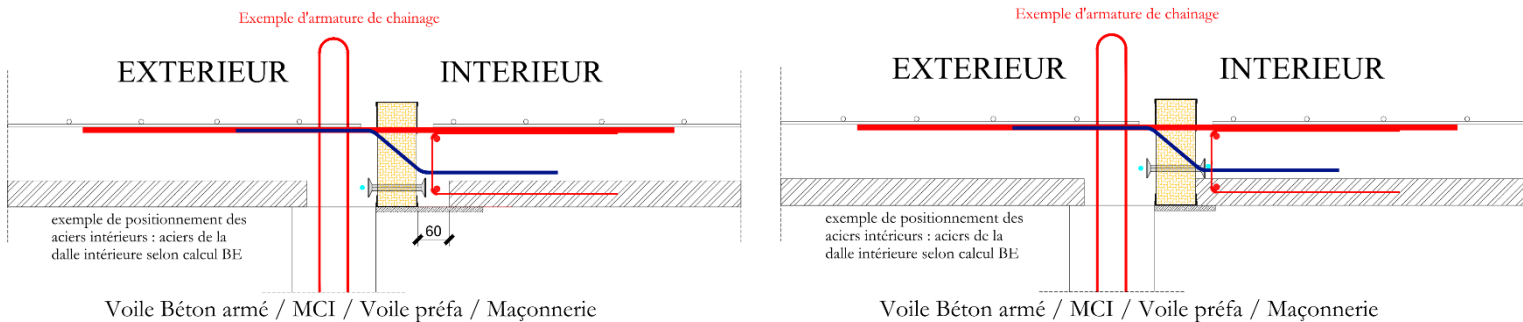


Figure 23 : Détail de l'étape 4 : mise en place des rupteurs et des aciers, à gauche dans le cas d'un décalage de la prédalle, à droite dans le cas où la prédalle est positionnée au nu du rupteur

5) Coulage du béton et séchage, puis dépose du coffrage.

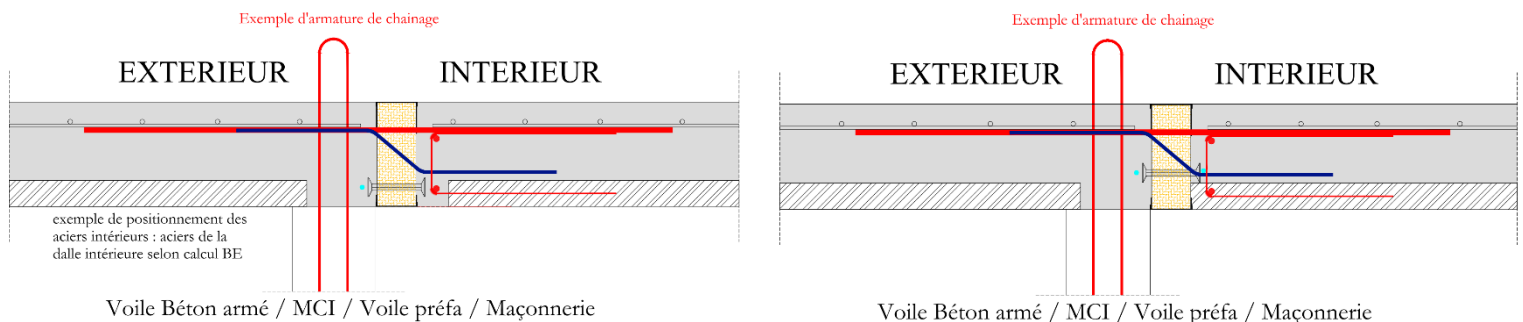


Figure 24 : détail final après coulage de la dalle, à gauche dans le cas d'un décalage de la prédalle, à droite dans le cas où la prédalle est positionnée au nu du rupteur

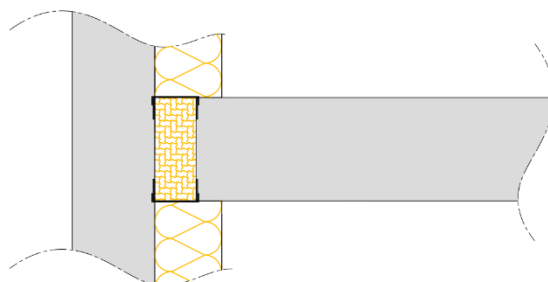
2.10.2.5. Cinématique de pose du rupteur VR

La cinématique de pose entre le rupteur VR avec aciers et le rupteur VR sans aciers sont différentes.

La cinématique de pose pour les rupteurs VR sans aciers est la suivante :

- Mise en place du coffrage de la façade
- Coulage de la façade
- Mise en place du coffrage du voile et insertion des rupteurs VR sans aciers dans le coffrage contre la façade
- Coulage du refend

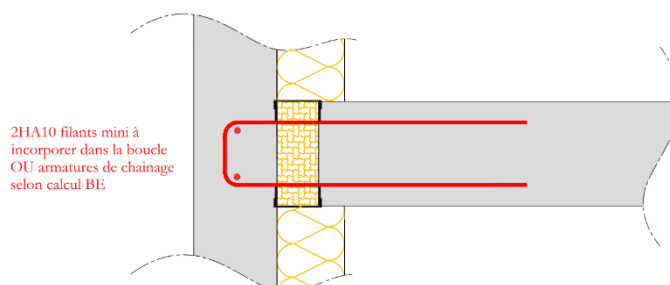
Vue en plan Désolidarisation des refends-façades par Laine minérale



La cinématique de pose pour les rupteurs VR avec aciers est la suivante :

- Coffrage spécifique de la façade en y intégrant le rupteur VR avec aciers. Le coffrage devra prendre en compte la non possibilité du pliage et dépliage des aciers inox du rupteur.
- Coulage de la façade
- Mise en place du coffrage du refend intérieur.
- Coulage du refend intérieur.

Vue en plan Façade BA-Refend BA - Avec aciers Inox



2.10.3. Cinématique de pose spécifique pour certains cas de mur

2.10.3.1. Cas de Mur à coffrage Intégré

La conception et la mise en œuvre du procédé MCI doivent être menées conformément à l'Avis Technique du procédé MCI considéré. La jointure des panneaux devra donc se trouver –sauf justification explicite- au droit des planchers. Son utilisation en combinaison avec des rupteurs de ponts thermiques ISOTEC RT+ en ITI ne demande pas de prescriptions techniques particulières autres que celles données par le fabricant de MCI et spécifiques à son procédé. La partie « chaînage » dans laquelle le rupteur vient s'ancrer doit impérativement être suffisante par rapport à l'encombrement de sa boucle. Ainsi, en cas de rives de dalles sans balcon, les rupteurs du type VI (largeur de boucle 10 cm) sont préconisés. Pour que les boucles du rupteur restent dans l'emprise de l'épaisseur peau intérieure + épaisseur du noyau coulé sur place doit être au moins égale à 12 cm . Par exemple pour une épaisseur de 16 cm avec une peau extérieure de 4,0 cm, il reste 12 cm de béton frais derrière le rupteur. Cela permet d'assurer un bon enrobage de l'acier inox par rapport au nu intérieur de la peau extérieure. La peau extérieure du MCI peut être utilisée comme coffrage de rive de la dalle. La liaison de ce chaînage avec les armatures du voile devra être capable de diffuser l'intégralité des efforts. Principe de mise en œuvre :

- Pose et stabilisation des panneaux suivant les recommandations du fabricant des MCI. La peau intérieure s'arrête en sous-face du plancher
- Pose des prédalles ou du coffrage traditionnel sur étaie adaptée.
- Mise en place des rupteurs thermiques suivant les recommandations de mise en œuvre PLAKA.
- Mise en place des aciers complémentaires, de continuité et de chaînages éventuels suivant BET.

- Dans le cas d'une dalle pleine : Coulage de la dalle - peut être effectué en même temps que la dernière levée du mur. OU dans le cas de la prédalle : pose de la prédalle, puis coulage de la dalle - peut être effectué en même temps que la dernière levée du mur.

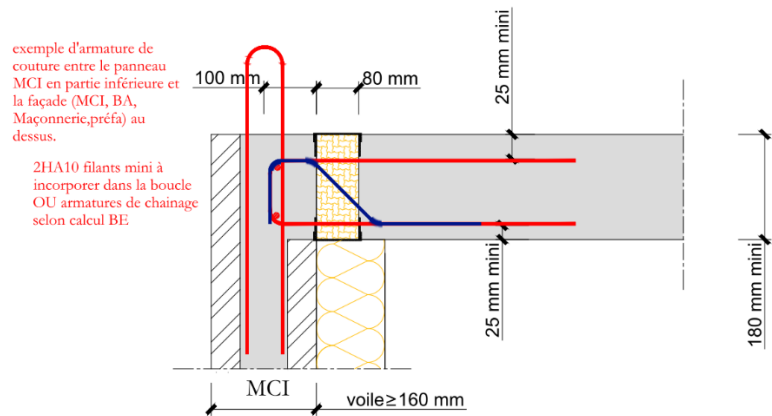


Figure 25 : Utilisation sur mur à coffrage Intégré (MCI) avec dalle béton coulée en place

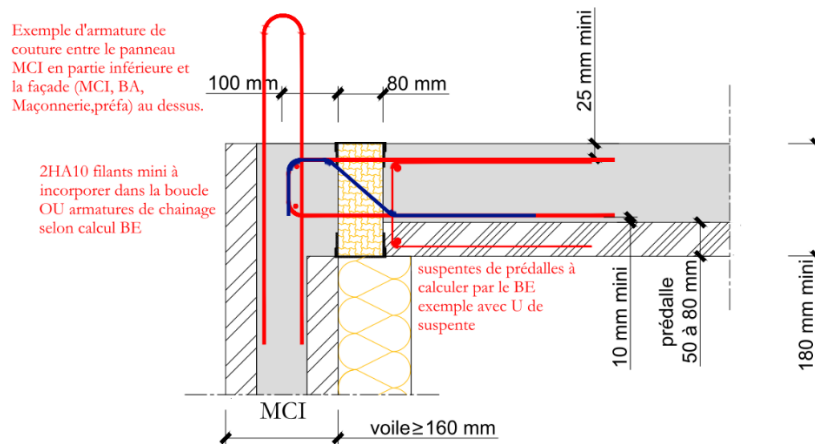


Figure 26 : Utilisation sur mur à coffrage Intégré (MCI) avec prédalle

2.10.3.2. Cas de Mur préfabriqué

La conception et la mise en œuvre du procédé mur préfabriqué doivent être menées conformément aux règlements en vigueur. La jointure des panneaux devra donc se trouver –sauf justification explicite- au droit des planchers. Son utilisation en combinaison avec des rupteurs de ponts thermiques ISOTEC RT+ en ITI ne demande pas de prescriptions techniques particulières. La partie « chaînage » dans laquelle le rupteur vient s'ancrer doit impérativement être suffisante par rapport à l'encombrement de sa boucle. Ainsi, en cas de rives de dalles sans balcon, les rupteurs du type VI (largeur de boucle 10 cm) sont préconisés, pour que les boucles du rupteur restent dans l'emprise de l'épaisseur du mur. Pour un mur d'épaisseur de 16 cm, une planelle peut être utilisé comme coffrage de rive de la dalle ou bien un coffrage spécifique permettant el coffrage d'n about de dalle peut également être possible. La liaison de ce chaînage avec les armatures du voile devra être capable de diffuser l'intégralité des efforts. Principe de mise en œuvre :

- Pose et stabilisation des murs préfabriqués suivant méthodologie du chantier. Le mur préfabriqué s'arrête en sous-face du plancher.
- Pose des prédalles ou du coffrage traditionnel sur étaieement adapté.
- Mise en place des rupteurs thermiques suivant les recommandations de mise en œuvre données par PLAKAGROUP France.
- Mise en place des aciers complémentaires, de continuité et de chaînages éventuels suivant BET.
- Dans le cas d'une dalle pleine : Coulage de la dalle - peut être effectué en même temps que la dernière levée du mur. OU dans le cas de la prédalle : pose de la prédalle, puis coulage de la dalle - peut être effectué en même temps que la dernière levée du mur.

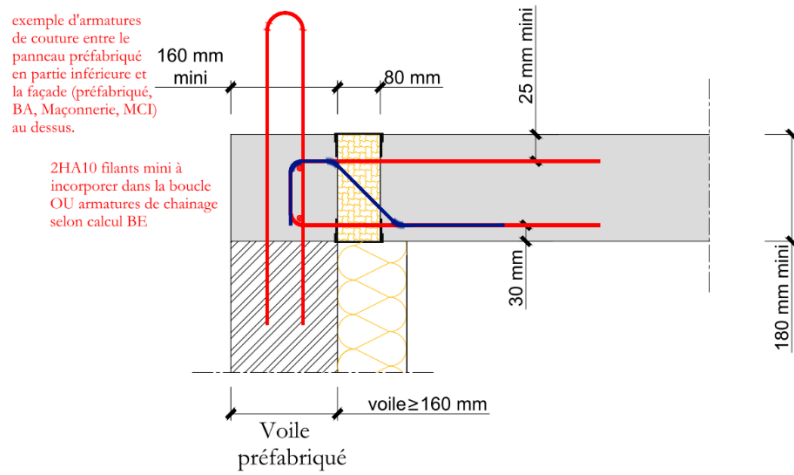


Figure 27 : Utilisation sur mur préfa avec dalle coulée en place

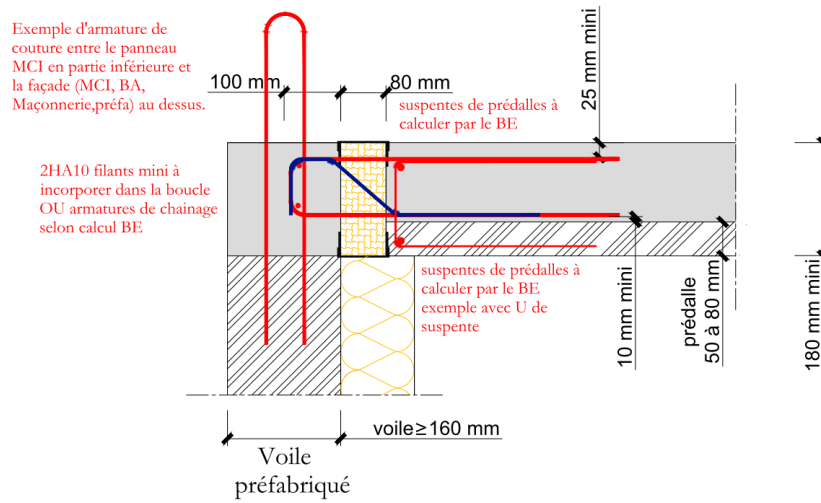


Figure 28 : Utilisation sur mur préfa avec prédalle

2.10.4. Cas particulier des passages de réseaux

Il y a deux possibilités pour effectuer le passage des réseaux :

- Soit le passage est effectué dans le rupteur à travers la laine de roche entre deux aciers inox sous réserve de respecter les conditions ci-dessous :

La dimension de la réservation sera au maximum de 40 x 40 mm pour une réservation rectangulaire.

Elle devra être positionnée au centre des peignes inox et des aciers du rupteur.

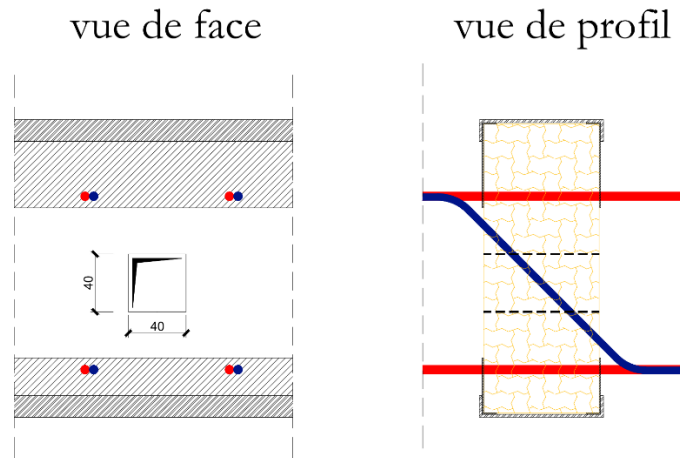


Figure 29 : Détail de la réservation de dimension maximale 40 mm x 40 mm pour le passage de la gaine

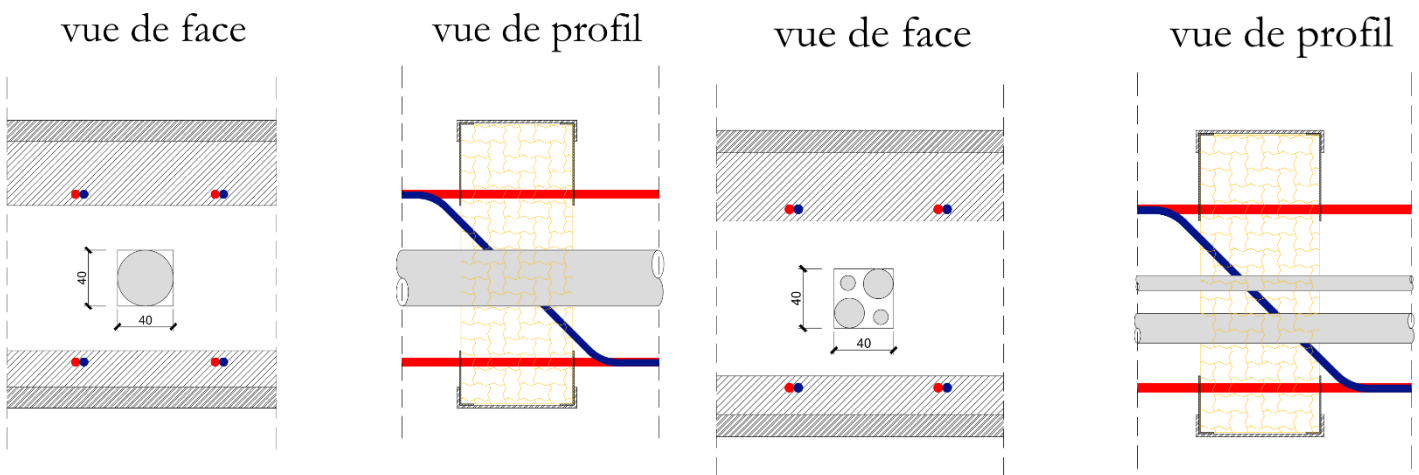


Figure 30 : Détail de passage de gaine PVC, à gauche pour le cas d'une seule gaine dans la réservation, à droite pour le cas de plusieurs gaines PVC dans la réservation.

Soit le passage est effectué entre deux rupteurs. Sur la largeur de la réservation, le coefficient thermique sera pris égale à la valeur thermique d'une liaison béton-béton tenant compte du taux de ferrailage conformément aux règles Th-Bât Edition 2017.

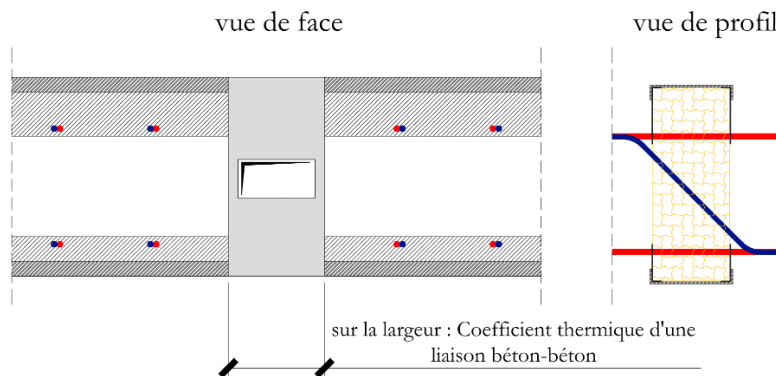


Figure 31 : Exemple de détail dans le cas d'une réservation entre deux rupteurs

2.11. Résultats expérimentaux

2.11.1. Mécanique

- Rapport n° ES 553 04 0025, CSTB, 2005, Essai de cisaillement sur modèle de rupteur de type VI 4.8/4.8.
- Rapport d'essai n° MRF 14 26052314, CSTB, 2015, Essais mécaniques sous chargement concomitant horizontal et vertical, Rupteur : VI 20/8.8/8.6.
- Étude NECS – Modélisation du comportement thermomécanique de deux bâtiments complexes (R+4 et R+9) en béton armés équipés de rupteurs thermiques – 05.2017 + rapport complémentaire – 07.2017

2.11.2. Feu

Rapport d'essai	Configuration testée	Appréciation de laboratoire associée**	Equivalent de classement feu
<ul style="list-style-type: none"> • RS05-063A, CSTB, 2005 • RS05-063B, CSTB, 2006 	<ul style="list-style-type: none"> • Rupteur VI, plancher béton armé et mur maçonnerie blocs béton d'une part, mur béton d'autre part 	<ul style="list-style-type: none"> • AL19-258, 2019 : • Extension à toute la gamme visée VI/VIP/MVI, murs de façade en maçonnerie (béton ou terre cuite) ou béton coulé en place, épaisseur de béton dalle (avec ou sans prédalle) ≥ 18 cm 	REI 120*
<ul style="list-style-type: none"> • RS10-013, CSTB, 2010 	<ul style="list-style-type: none"> • Rupteur VIP, plancher prédalle précontrainte et mur béton armé 		
<ul style="list-style-type: none"> • RS10-013, CSTB, 2010 • RS10-014, CSTB, 2010 	<ul style="list-style-type: none"> • Rupteur MVI, plancher béton armé et mur maçonnerie blocs béton d'une part, mur béton d'autre part 		

*L'équivalent de classement du rupteur ne peut être revendiqué qu'à condition que la résistance au feu des éléments de structure (murs, planchers) à l'interface desquels il est incorporé soit justifiée.

** L'AL19-258 intègre les rupteurs VR pour lesquels un classement REI 120* peut être atteint (uniquement pour le modèle avec armatures).

2.11.3. Acoustique

- Etude de performances acoustiques en transmission latérale d'une jonction en T avec rupteur (Etude CSTB n° ER712.04.141).
- F.E.S.T N°QA07-B du CERQUAL.

2.11.4. Thermique

Etudes Thermique :

- Rapport CSTB : DEIS/HTO – 2017 – 082 - BB/LB - N° SAP 70058445
- Rapport CSTB : DEB/HTO – 2020 –150 - FaL.LB – N°SAP 70075843

2.12. Références

2.12.1. Données Environnementales

Le procédé ISOTEC RT+ en ITI ne fait pas l'objet d'une Déclaration (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

2.12.2. Autres références

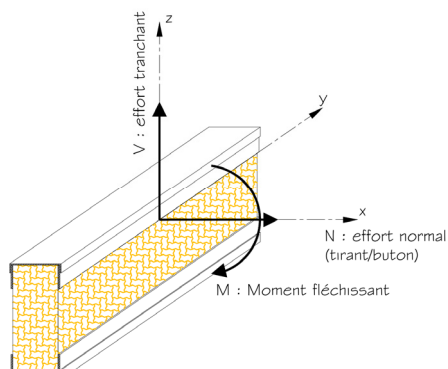
Depuis son avis technique 20/06-99 publié le 18/10/2006 plus de 300 000 ml de rupteurs ISOTEC RT+ ont été mis en œuvre sur les projets en France.

Vous trouverez quelques références de projets de logement sur lesquels nous avons mise en place les rupteurs ISOTEC RT+.

Année	Client	Nom du chantier	Bureau de contrôle	ml
2018	Bouygues Bâtiment - Ile de France - Habitat résidentiel	Ile de la Jatte	BTP Consultant	1000 ml
2018	Ballestrero	Ville de Melun	BTP Consultant	318 ml
2018	Fontanel	Zac des girondins	Qualiconsult	2528 ml
2018	Sectp	Green Island	Qualiconsult	470 ml
2018	Bouygues Bâtiment - Ile de France - Habitat social	Paris 18	Qualiconsult	944 ml
2019	Outarex	Bagneux	BTP Consultant	1812 ml
2019	GBC	Puteaux	Qualiconsult	654 ml
2019	CGC	Blum	Preventec	2412 ml

2.13. Annexes du Dossier Technique

Annexe 1 – Données techniques sur modèles VI



Les valeurs indiquées sont des valeurs admissibles de sollicitations aux ELU. Forfaitairement, les éléments VI reprennent 15 % du moment en travée.

(*) Le modèle VI2.6/2.6 est placé au niveau des appuis dans le sens non porteur des abouts de dalle. Les rupteurs VI2.6/2.6 utilisés dans le sens non porteur du plancher doivent être dimensionnés pour équilibrer 30 % de l'effort tranchant sollicitant dans le sens porteur.

(**) Les VI3.6/3.6 utilisés dans le sens non porteur du plancher doivent être dimensionnés pour équilibrer 30 % de l'effort tranchant sollicitant dans le sens porteur.

PLAKA – ISOTEC RT+ en ITI		VI 2.6/2.6 (*)	VI 3.6/3.6 (**)	VI 4.6/4.6	VI 5.6/5.6	VI 6.6/6.6	VI 4.8/4.6	VI 5.8/5.6	VI 6.8/6.6	VI 8.8/8.6	VI 10.8/10.6	VI 10.8/10.8	VI 12.8/12.6	VI 12.8/12.8
Longueur de l'élément		1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Armatures ancrées tendues		2 Ø 6	3 Ø 6	4 Ø 6	5 Ø 6	6 Ø 6	4 Ø 8	5 Ø 8	6 Ø 8	8 Ø 8	10 Ø 8	10 Ø 8	12 Ø 8	12 Ø 8
Armatures en diagonal		2 Ø 6	3 Ø 6	4 Ø 6	5 Ø 6	6 Ø 6	4 Ø 6	5 Ø 6	6 Ø 6	8 Ø 6	10 Ø 6	10 Ø 8	12 Ø 6	12 Ø 8
Barres comprimées		2 Ø 6	3 Ø 6	4 Ø 6	5 Ø 6	6 Ø 6	4 Ø 8	5 Ø 8	6 Ø 8	8 Ø 8	10 Ø 8	10 Ø 8	12 Ø 8	12 Ø 8
Effort tranchant Résistant de calcul V_{Rd} [kN/ml]	$d=100$ mm	17,39	26,08	34,77	43,49	52,16	31,61	39,51	47,41	63,22	79,02	140,48	94,82	168,57
	$d=120$ mm	17,39	26,08	34,77	43,49	52,16	34,77	43,46	52,16	69,54	86,93	154,54	104,31	185,44
	$d=132$ mm	17,39	26,08	34,77	43,46	52,16	34,77	43,46	52,16	69,54	86,93	154,54	104,31	185,44
	$d=142$ mm	-	-	-	-	-	40,28	50,35	60,42	80,56	100,70	170,02	120,84	214,83
	$d=144$ mm	20,14	30,21	40,28	50,35	60,42	-	-	-	-	-	-	-	-
	$d=152$ mm	-	-	-	-	-	40,28	50,35	60,42	80,56	100,70	179,02	120,84	214,83
	$d=154$ mm	20,14	30,21	40,28	50,35	60,42	-	-	-	-	-	-	-	-
	$d=164$ mm	20,14	30,21	40,28	50,35	60,42	40,28	50,35	60,42	80,56	100,70	179,02	120,84	214,83
	$d=174$ mm	20,14	30,21	40,28	50,35	60,42	40,28	50,35	60,42	80,56	100,70	179,02	120,84	214,83
	$d=182$ mm	-	-	-	-	-	40,28	50,35	60,42	80,56	100,70	179,02	120,84	214,83
$d=184$ mm	21,29	31,94	42,58	53,23	63,88	-	-	-	-	-	-	-	-	
$d=194$ mm	21,29	31,94	42,58	53,23	63,88	42,58	53,23	63,88	85,17	106,46	189,27	127,75	227,12	
Effort normal résistant de calcul N_{Rd} [kN/ml]		38,58	57,88	77,17	96,46	115,75	146,76	183,45	220,14	293,52	366,90	366,90	440,28	440,28
Moment Résistant de calcul M_{Rd} [kN.m/ml] pour $V_{Ed} = 0$	$d = 100$ mm $N_{Ed} = 0$	1,93	2,89	3,86	4,82	5,79	7,34	9,17	11,01	14,68	18,34	18,34	22,01	22,01
	$d = 120$ mm $N_{Ed} = 0$	2,32	3,47	4,63	5,79	6,95	8,81	11,01	13,21	17,61	22,01	22,01	26,42	26,42
	$d = 132$ mm $N_{Ed} = 0$	2,55	3,82	5,09	6,37	7,64	9,69	12,11	14,53	19,37	24,22	24,22	29,06	29,06
	$d = 142$ mm $N_{Ed} = 0$	-	-	-	-	-	10,42	13,02	15,63	20,84	26,05	26,05	31,26	31,26
	$d = 144$ mm $N_{Ed} = 0$	2,78	4,17	5,56	6,95	8,33	-	-	-	-	-	-	-	-
	$d = 152$ mm $N_{Ed} = 0$	-	-	-	-	-	11,15	13,94	16,73	22,31	27,88	27,88	33,46	33,46
	$d = 154$ mm $N_{Ed} = 0$	2,97	4,46	5,94	7,43	8,91	-	-	-	-	-	-	-	-
	$d = 164$ mm $N_{Ed} = 0$	3,16	4,75	6,33	7,91	9,49	12,03	15,04	18,05	24,07	30,09	30,09	36,10	36,10
	$d = 174$ mm $N_{Ed} = 0$	3,36	5,04	6,71	8,39	10,07	12,77	15,96	19,15	25,54	31,92	31,92	38,30	38,30
	$d = 182$ mm $N_{Ed} = 0$	-	-	-	-	-	13,36	16,69	20,03	26,71	33,39	33,39	40,07	40,07
	$d = 184$ mm $N_{Ed} = 0$	3,55	5,32	7,10	8,87	10,65	-	-	-	-	-	-	-	-
	$d = 194$ mm $N_{Ed} = 0$	3,74	5,61	7,49	9,36	11,23	14,24	17,79	21,35	28,47	35,59	35,59	42,71	42,71
	$100 \text{ mm} \leq d \leq 194 \text{ mm}$ $N_{Ed} = N_{Rd}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les valeurs résistantes M_{Rd} , V_{Rd} , N_{Rd} peuvent-être calculées par interpolations linéaires

Se reporter au §2.8.1.3 pour vérifier la compatibilité du bras de levier avec l'épaisseur du plancher.

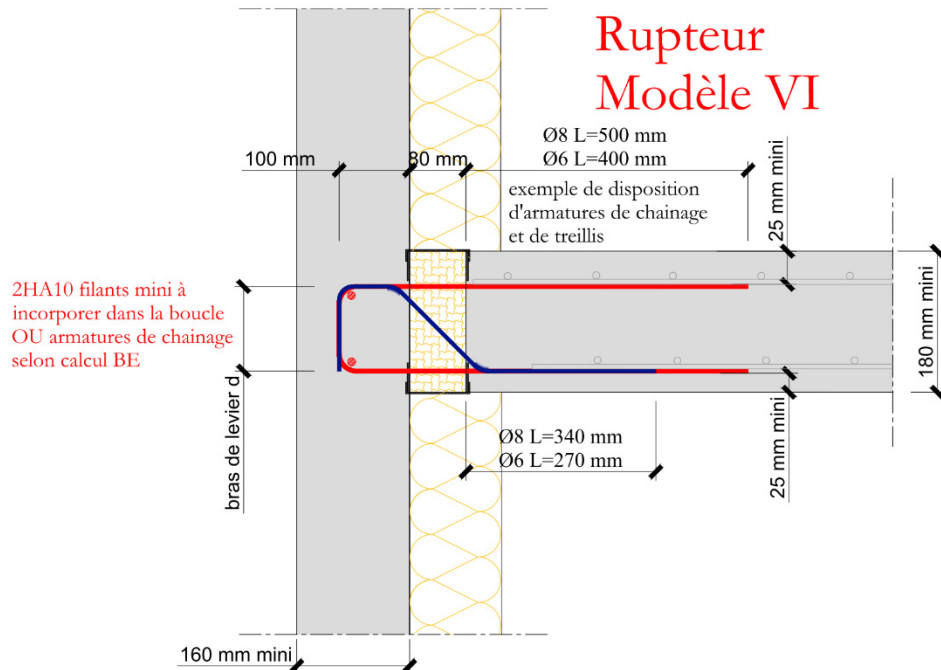


Figure 32 : Modèles VI avec les cotations
 (Le doublage est réalisé selon les prescriptions de l'Annexe 9)

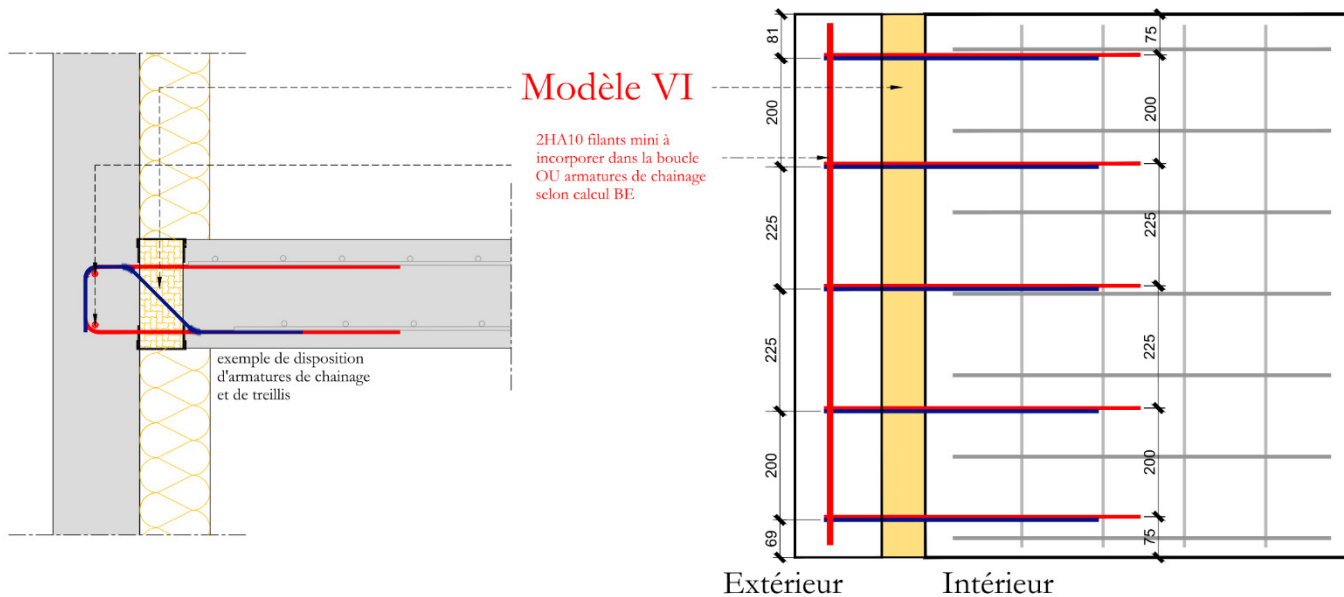
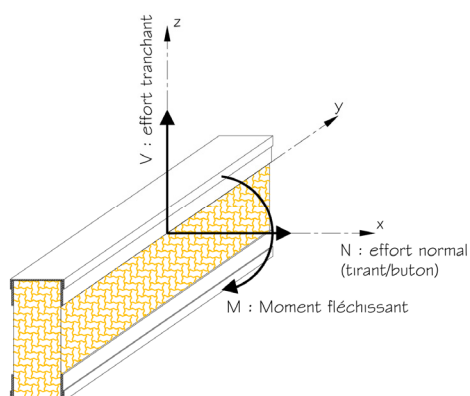


Figure 33 : Modèles VI positionnement - exemple du VI 20/5.6/5.6 d=120 u=30

Annexe 2 – Données techniques sur les modèles VIP



Les valeurs indiquées sont des valeurs admissibles aux ELU.

Forfaitairement, les éléments VI reprennent 15 % du moment en travée.

Des suspentes calculées par le préfabricant de prédalles doivent être prévues. La longueur des prédalles doit tenir compte des 80 mm d'épaisseur de l'isolant.

(*) Le modèle VIP2.6/2.6 est placé au niveau des appuis dans le sens non porteur des abouts de dalle. Les rupteurs VI2.6/2.6 utilisés dans le sens non porteur du plancher doivent être dimensionnés pour équilibrer 30 % de l'effort tranchant sollicitant dans le sens porteur.

(**) Les VIP3.6/3.6 utilisés dans le sens non porteur du plancher doivent être dimensionnés pour équilibrer 30 % de l'effort tranchant sollicitant dans le sens porteur.

PLAKA – ISOTEC RT+ en ITI		VIP 2.6/2.6 (*)	VIP 3.6/3.6 (**)	VIP 4.6/4.6	VIP 5.6/5.6	VIP 6.6/6.6	VIP 4.8/4.6	VIP 5.8/5.6	VIP 6.8/6.6	VIP 8.8/8.6	VIP 10.8/10.6	VIP 10.8/10.8	VIP 12.8/12.6	VIP 12.8/12.8
Longueur de l'élément		1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Armatures ancrées tendues		2 Ø 6	3 Ø 6	4 Ø 6	5 Ø 6	6 Ø 6	4 Ø 8	5 Ø 8	6 Ø 8	8 Ø 8	10 Ø 8	10 Ø 8	12 Ø 8	12 Ø 8
Armatures en diagonal		2 Ø 6	3 Ø 6	4 Ø 6	5 Ø 6	6 Ø 6	4 Ø 6	5 Ø 6	6 Ø 6	8 Ø 6	10 Ø 6	10 Ø 8	12 Ø 6	12 Ø 8
Butons comprimés		2 Ø 6	3 Ø 6	4 Ø 6	5 Ø 6	6 Ø 6	4 Ø 8	5 Ø 8	6 Ø 8	8 Ø 8	10 Ø 8	10 Ø 8	12 Ø 8	12 Ø 8
Effort tranchant Résistant de calcul V_{Rd} [kN/ml]	$d = 77$ mm	14,10	21,15	28,20	35,26	42,31	28,20	35,26	42,31	56,41	70,51	125,35	84,61	150,42
	$d = 97$ mm	-	-	-	-	-	34,77	43,46	52,16	69,54	86,93	140,48	104,31	168,57
	$d = 99$ mm	17,39	26,08	34,77	43,46	52,16	-	-	-	-	-	-	-	-
	$d = 127$ mm	18,83	28,25	37,67	47,09	56,50	37,67	47,09	56,50	75,34	94,17	167,42	113,01	200,90
Effort normal résistant de calcul N_{Rd} [kN/ml]		38,58	57,88	77,17	96,46	115,75	146,76	183,45	220,14	293,52	366,90	366,90	440,28	440,28
Moment Résistant de calcul M_{Rd} [kN.m/ml] pour $V_{Ed} = 0$	$d = 77$ mm $N_{Ed} = 0$	1,49	2,23	2,97	3,71	4,46	5,65	7,06	8,48	11,30	14,13	14,13	16,95	16,95
	$d = 97$ mm $N_{Ed} = 0$	-	-	-	-	-	7,12	8,90	10,68	14,24	17,79	17,79	21,35	21,35
	$d = 99$ mm $N_{Ed} = 0$	1,91	2,86	3,82	4,77	5,73	-	-	-	-	-	-	-	-
	$d = 127$ mm $N_{Ed} = 0$	2,45	3,68	4,90	6,13	7,35	9,32	11,65	13,98	18,64	23,30	23,30	27,96	27,96
	$77 \leq d \leq 127$ mm $N_{Ed} = N_{Rd}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les valeurs résistantes M_{Rd} , V_{Rd} , N_{Rd} peuvent-être calculées par interpolations linéaires

Se reporter au §2.8.1.3 pour vérifier la compatibilité du bras de levier avec l'épaisseur du plancher.

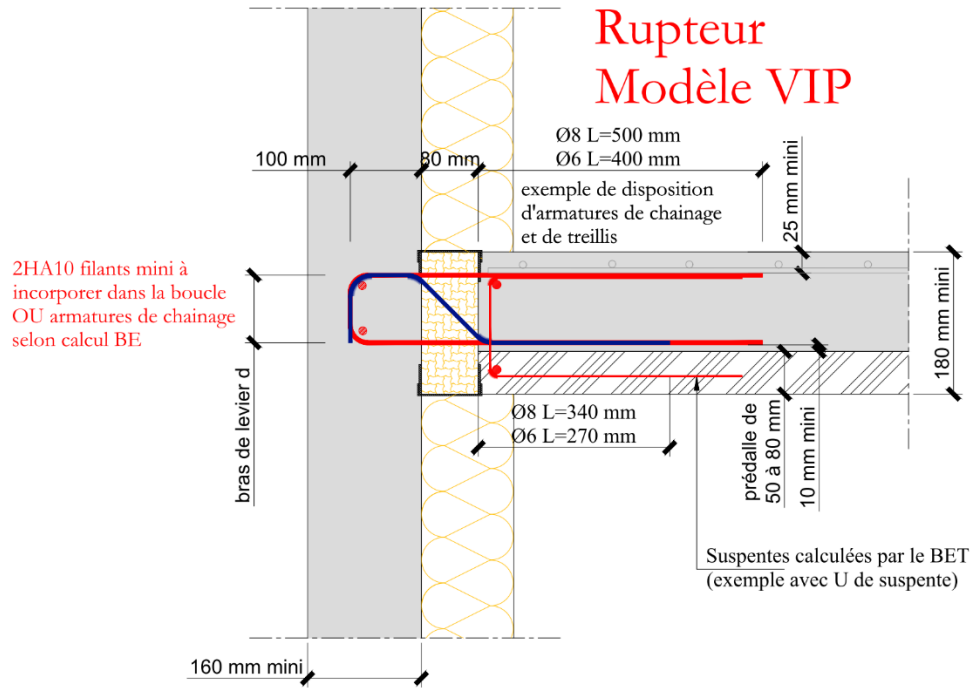


Figure 34 : Modèles VIP, cotations

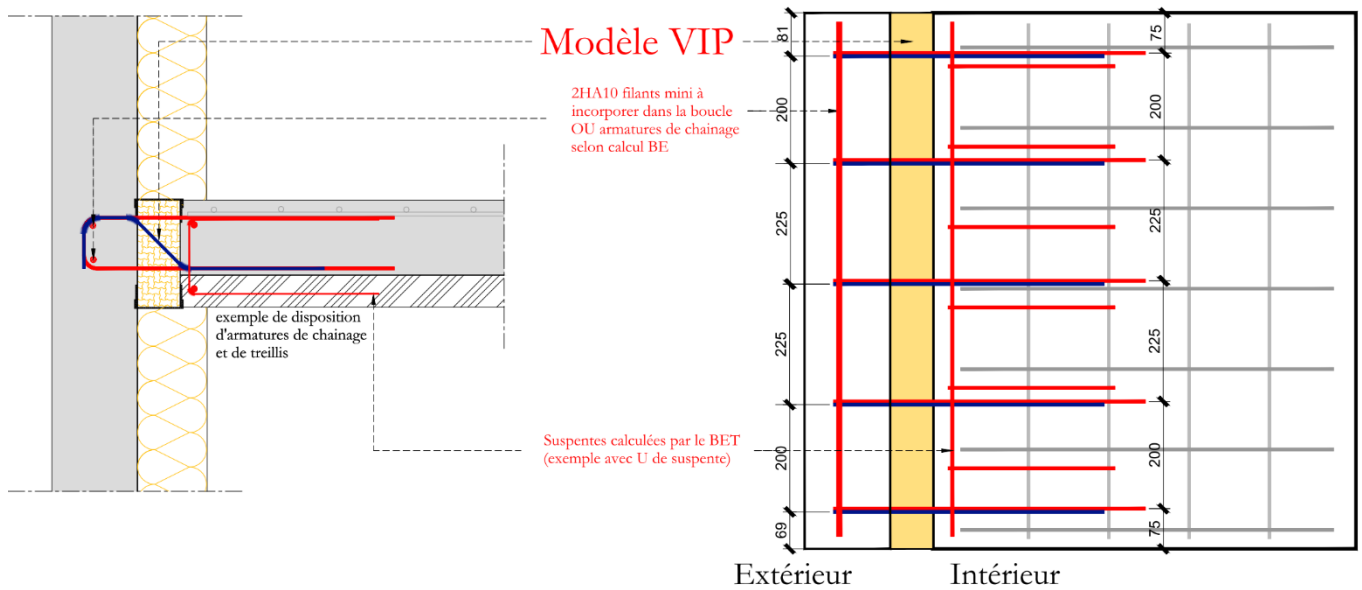


Figure 35 : Modèles VIP, positionnement - exemple du VIP 20/5.6/5.6 d=99 u=75

(Le doublage est réalisé selon les prescriptions de l'Annexe 9)

Annexe 3 – Données techniques sur les modèles MVI

Les valeurs indiquées sont des valeurs admissibles de sollicitations aux ELU.

PLAKA – ISOTEC RT+ en ITI		MVI 4.8/4.6/4.12	MVI 4.10/4.6/4.12	MVI 5.10/5.6/5.12	MVI 6.10/6.6/6.12	MVI 8.10/8.6/8.12	MVI 10.10/10.6/10.12	MVI 12.10/12.6/12.12	MVI 12.12/12.6/12.12	MVI 14.10/14.6/14.12	MVI 14.12/14.6/14.12
Longueur de l'élément		1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Armatures ancrées tendues		4Ø8	4Ø10	5Ø6	6Ø10	8Ø10	10Ø10	12Ø10	12Ø12	14Ø10	14Ø12
Armatures en diagonale		4Ø6	4Ø6	5Ø6	6Ø6	8Ø6	10Ø6	12Ø6	12Ø6	14Ø6	14Ø6
Butons comprimés		4Ø12	4Ø12	5Ø6	6Ø12	8Ø12	10Ø12	12Ø12	12Ø12	14Ø12	14Ø12
Effort tranchant Résistant de calcul V_{Rd} [kN/ml]	$d = 87$ mm et $d = 97$ mm	31,61	31,61	39,51	47,41	63,22	79,02	94,82	94,82	110,63	110,63
	$107 \leq d \leq 147$ mm	34,77	34,77	43,46	52,16	69,51	86,93	104,31	104,31	121,70	121,70
Effort normal résistant de calcul N_{Rd} [kN/ml]		76,36	119,31	149,14	178,97	238,62	298,28	357,94	511,45	417,59	596,96
Moment Résistant de calcul M_{Rd} [kN.m/ml] Pour $V_{Ed} = 0$	$d = 87$ mm $N_{Ed} = 0$	6,64	10,38	12,98	15,57	20,76	25,95	31,14	44,50	36,33	51,91
	$d = 97$ mm $N_{Ed} = 0$	7,41	11,57	14,47	17,36	23,15	28,93	34,72	49,61	40,51	57,88
	$d = 107$ mm $N_{Ed} = 0$	8,17	12,77	15,96	19,15	25,53	31,92	38,30	54,73	44,68	63,85
	$d = 117$ mm $N_{Ed} = 0$	8,93	13,96	17,45	20,94	27,92	34,90	41,88	59,84	48,86	69,81
	$d = 127$ mm $N_{Ed} = 0$	9,70	15,15	18,94	22,73	30,31	37,88	45,46	64,95	53,03	75,78
	$d = 137$ mm $N_{Ed} = 0$	10,46	16,36	20,43	24,52	32,69	40,86	49,04	70,07	57,21	81,75
	$d = 147$ mm $N_{Ed} = 0$	11,22	17,54	21,92	26,31	35,08	43,85	52,62	75,18	61,39	87,71
	$87 \leq d \leq 147$ mm $N_{Ed} = N_{Rd}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les valeurs résistantes M_{Rd} , V_{Rd} , N_{Rd} peuvent-être calculées par interpolations linéaires

Se reporter au §2.8.1.3 pour vérifier la compatibilité du bras de levier avec l'épaisseur du plancher

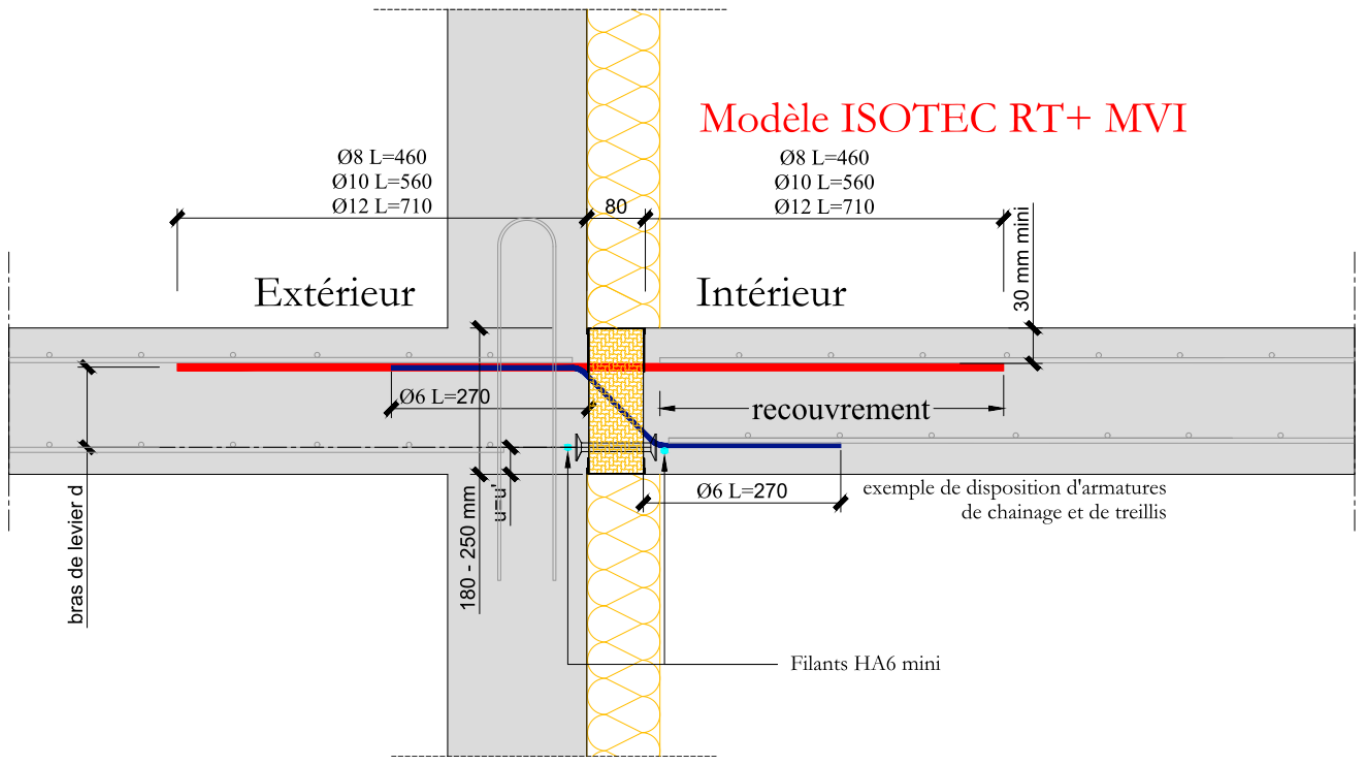


Figure 36 : Modèles MVI, cotation – Cas avec dalle coulée en place de chaque côté

Nota :

L'enrobage supérieur des armatures des balcons en acier non inoxydable sera d'au moins 40 mm, à défaut d'un traitement d'étanchéité. En cas de présence d'une solution d'étanchéité, l'épaisseur minimale de l'enrobage des armatures des balcons en acier non inoxydable sera déterminée conformément à la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale, en considérant une classe d'exposition XC1.

L'enrobage renseigné dans les figures 36 à 41 est uniquement valable pour des aciers inoxydables.

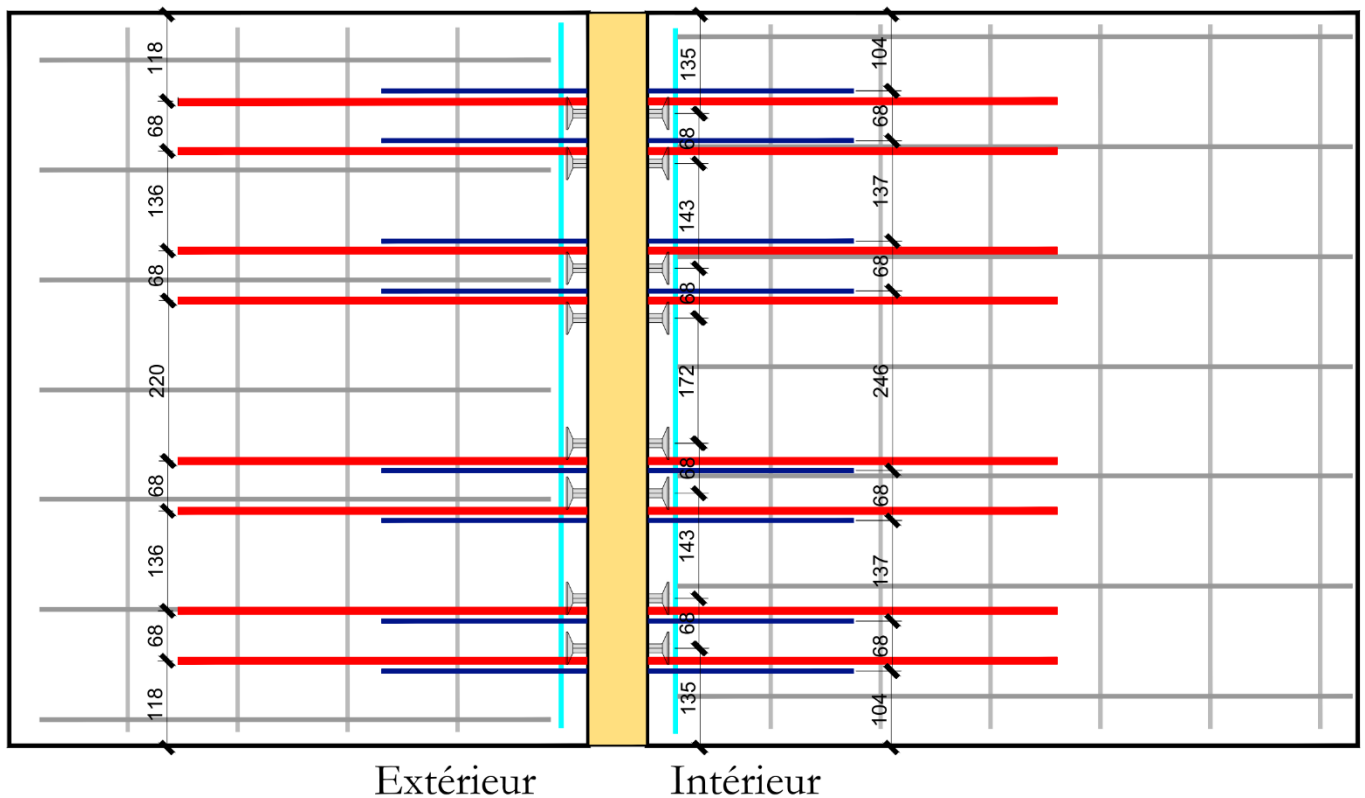


Figure 37 : Modèles MVI, positionnement – exemple du modèle MVI 20 8.10/8.6/8.12 d=107 u=37 u'=37

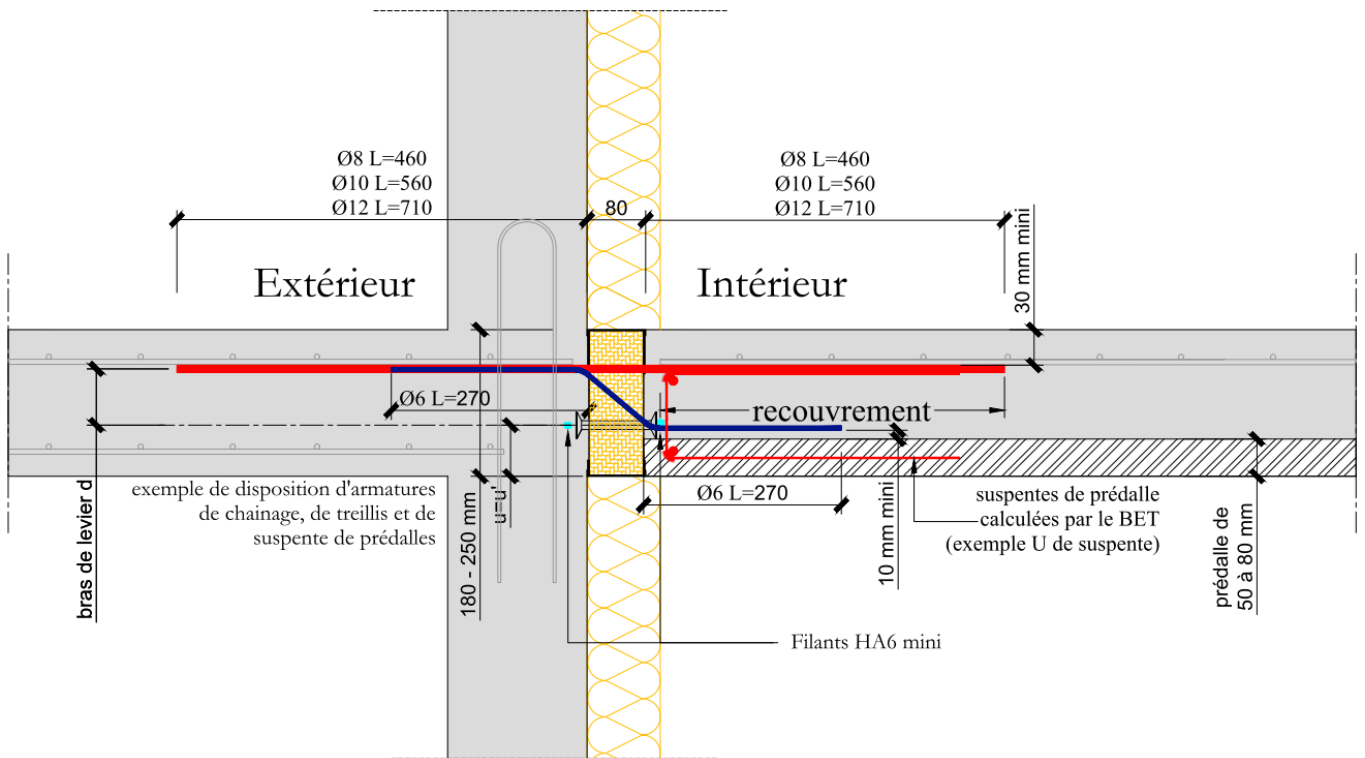


Figure 38 : Application avec prédalles BA ou précontraintes uniquement côté dalle intérieure, prédalle intérieure contre le rupteur

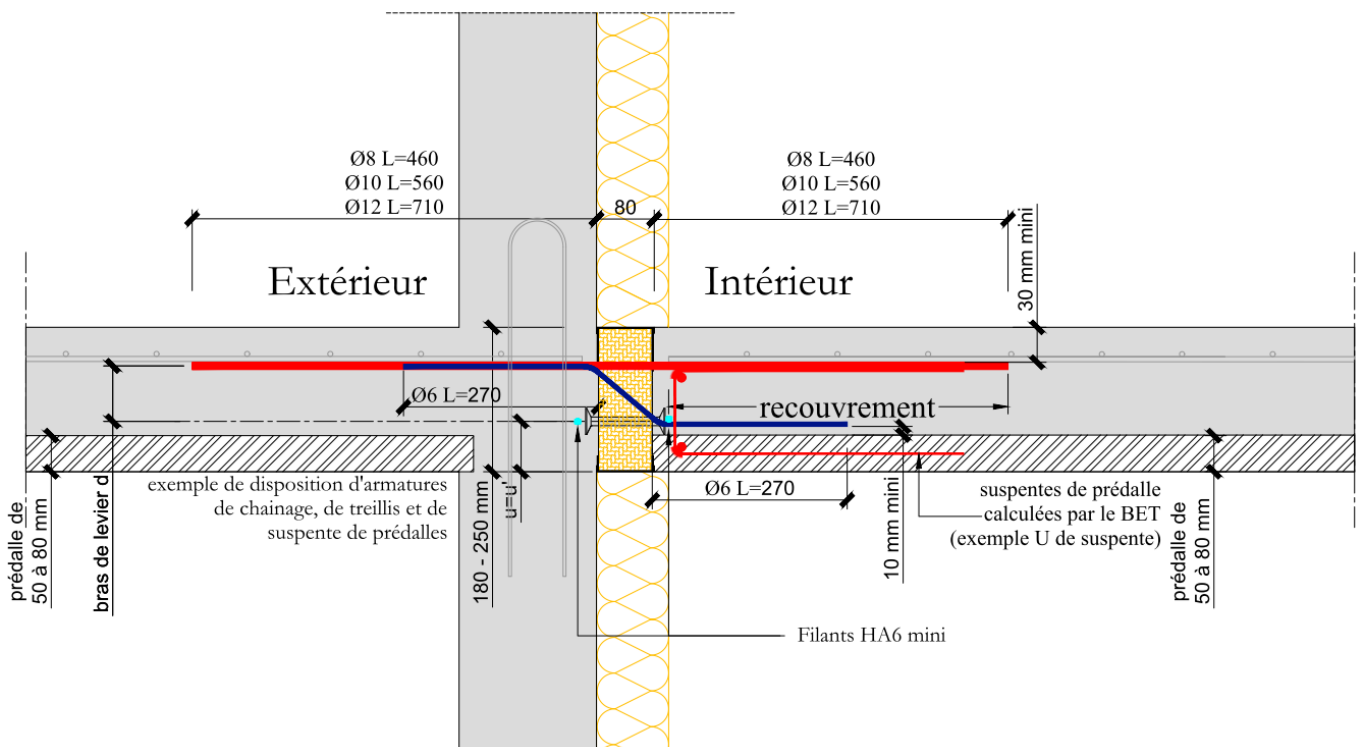


Figure 39 : Application avec prédalles BA ou précontraintes de chaque côté, prédalle intérieure contre le rupteur

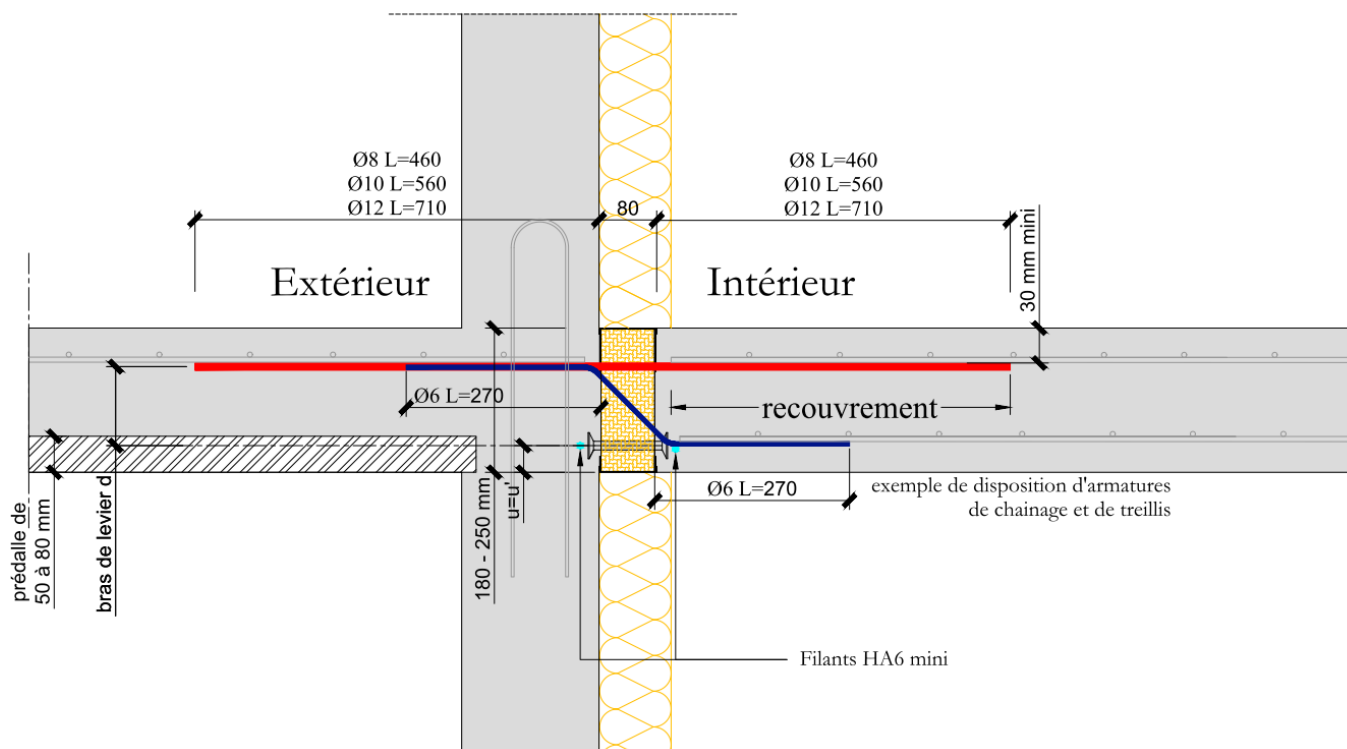


Figure 42 : Application avec prédalles BA ou précontraintes côté balcon

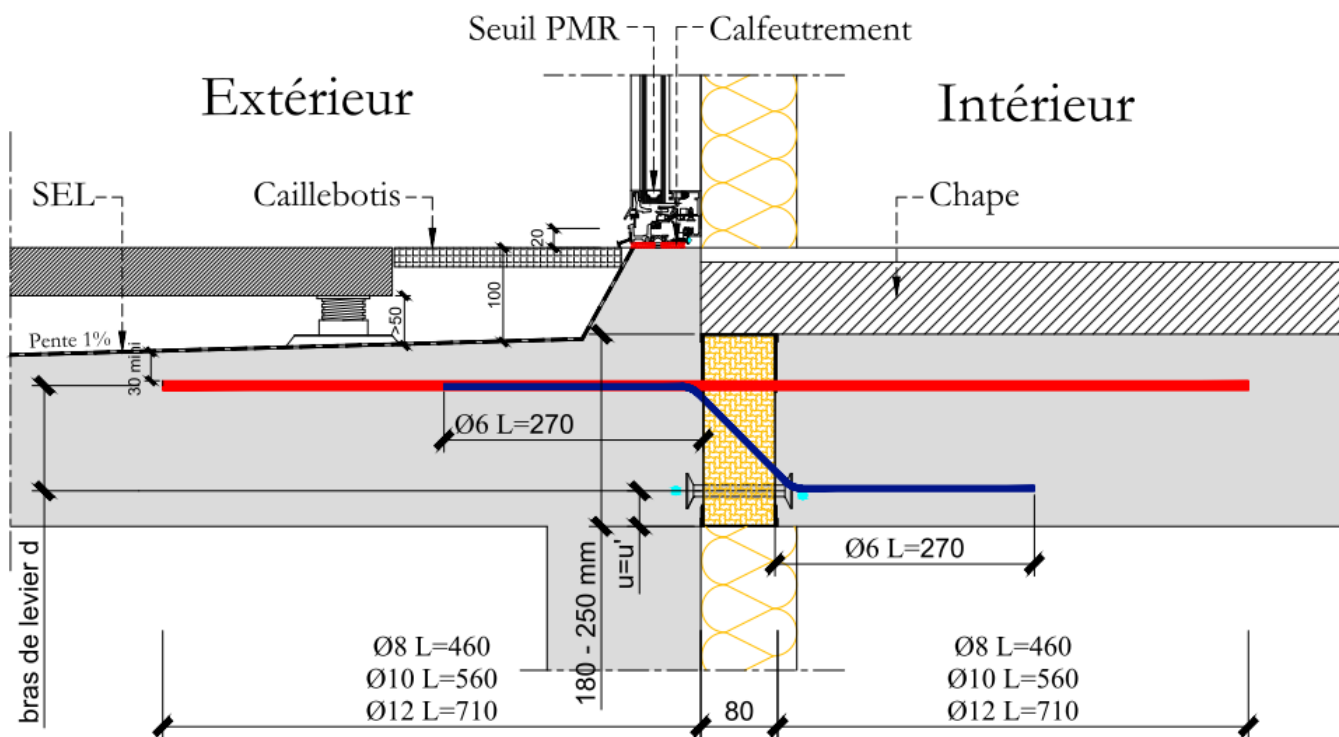


Figure 43 : Isolation intérieure – Balcon étanché ou non avec chape intérieure

Annexe 4 –Données techniques sur les modèles VR et les configurations possibles

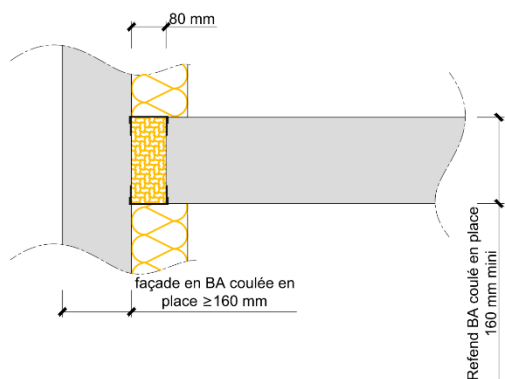
Le modèle du rupteur ISOTEC RT+ VR existe en 2 types :

- Le modèle VR sans aciers inox est destiné uniquement à assurer l'isolation dans le plan vertical à la jonction du refend et du mur de façade.
- Le modèle VR avec les aciers inox est destiné à assurer la continuité linéique de l'isolation dans le plan vertical à la jonction du refend et du mur de façade. Les aciers inox ne servent qu'au maintien des murs et n'ont pas d'effort structurel notable à transmettre.

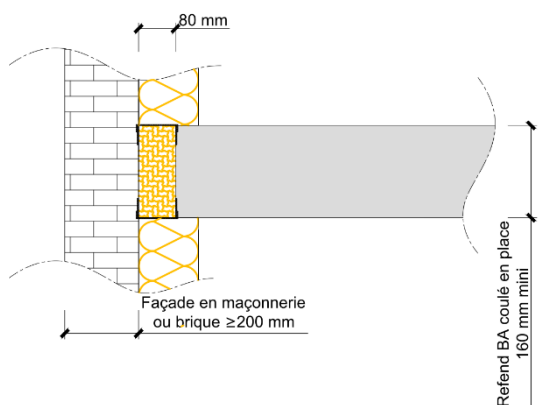
Quel que soit le type utilisé, le concepteur doit s'assurer de la transmission des efforts par d'autres liaisons.

PLAKA – ISOTEC RT+	VR 16	VR 18	VR 20	VR 25	VR 16/3.6	VR 18/3.6	VR 20/3.6	VR 25/3.6	VR 16/3.8	VR 18/3.8	VR 20/3.8	VR 25/3.8
Longueur de l'élément	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Etrier	-	-	-	-	306	306	306	306	308	308	308	308
Largeur de l'isolant (cm)	16	18	20	25	16	18	20	25	16	18	20	25

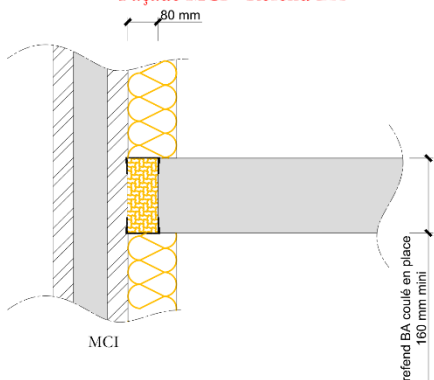
Vue en plan
Désolidarisation des refends-façades par Laine minérale



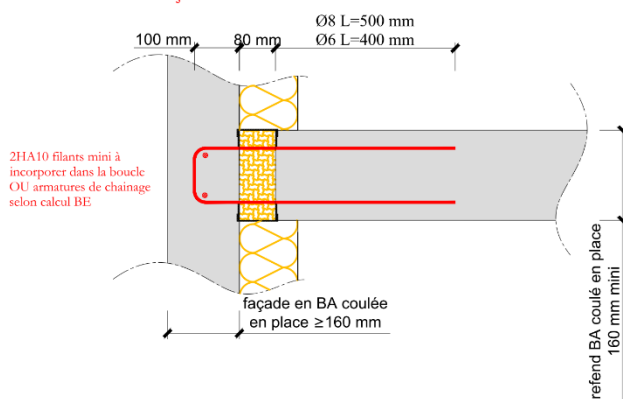
Vue en plan
Façade Maçonnerie de petits éléments - Refend BA



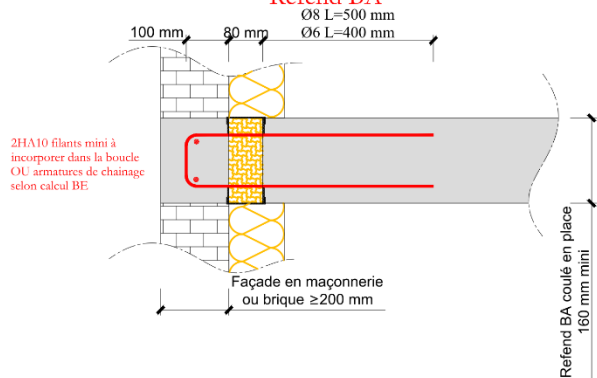
Vue en plan
Façade MCI - Refend BA



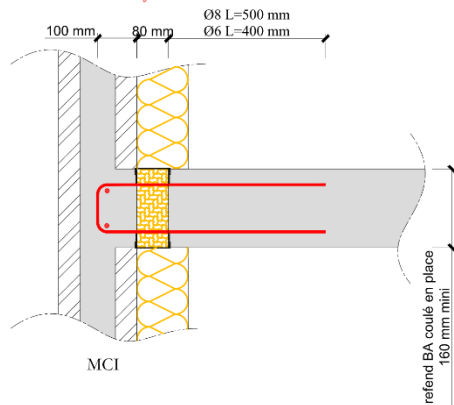
Vue en plan
Façade BA-Refend BA - Avec aciers Inox



Vue en plan
Façade Maçonnerie de petits éléments & Poteau noyé - Refend BA



Vue en plan
Façade MCI - Refend BA



Annexe 5 – Détails des toitures terrasses

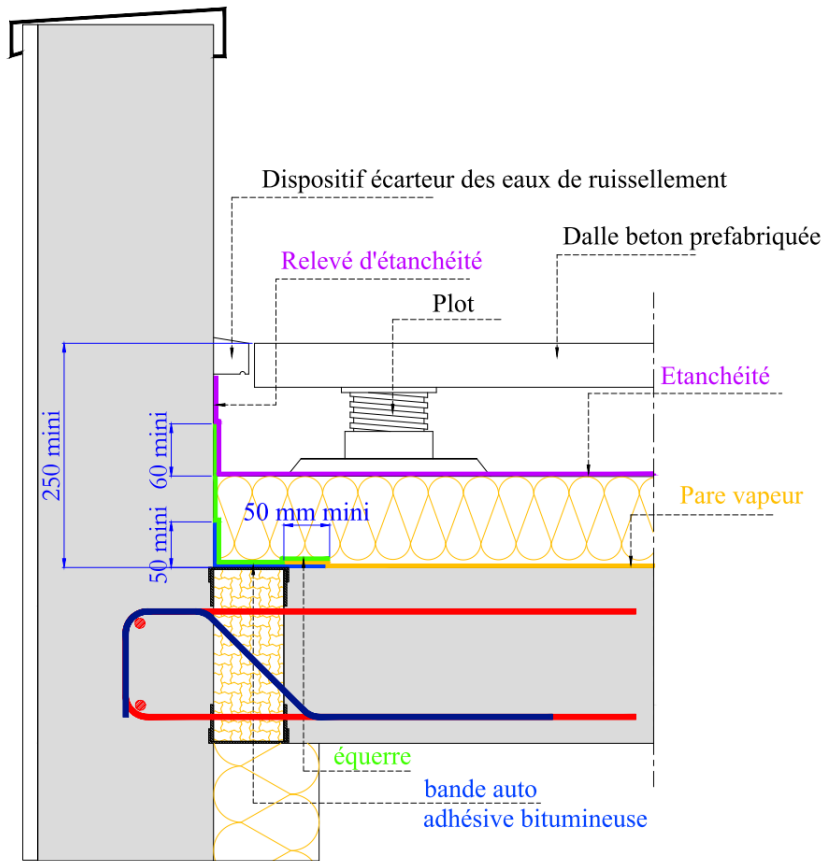


Figure 44 : coupe sur pare-vapeur ou revêtement d'étanchéité bitumineux soudé à la flamme (élément dalle-façade)

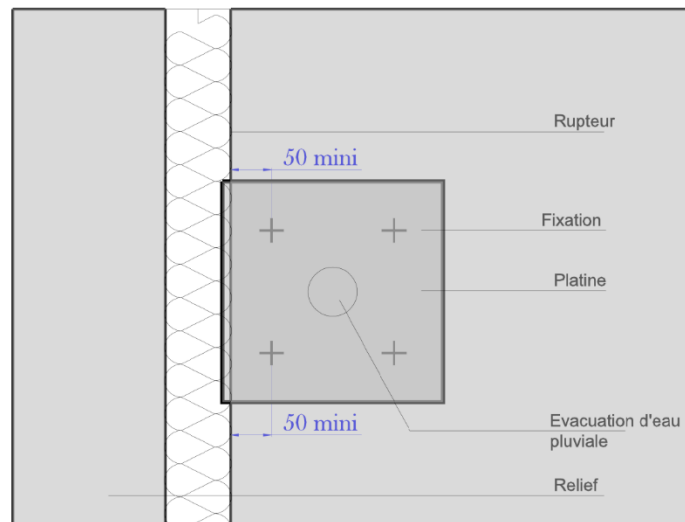


Figure 45 : Réserve avec rupteur continu posé en plancher

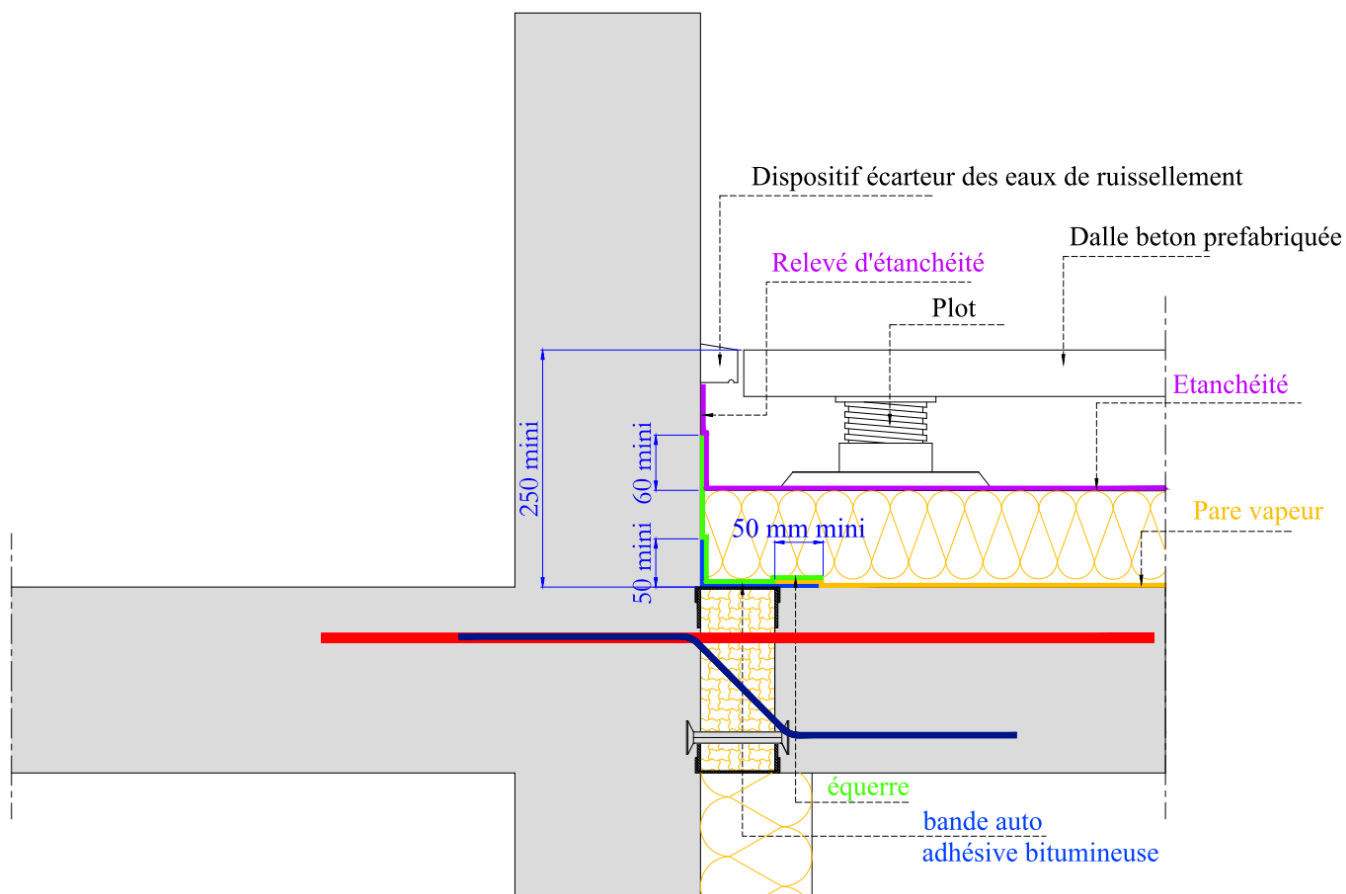


Figure 46 : coupe sur pare-vapeur ou revêtement d'étanchéité bitumineux soudé à la flamme (élément dalle-balcon)

Annexe 6 – Méthode de dimensionnement et de prise en compte de la dilatation thermique

La dilatation thermique relative de la façade par rapport au plancher, associée à l'exigence de non-plasticité cyclique des rupteurs thermiques nécessite de maîtriser les déplacements relatifs ainsi que les fissurations de façade engendrées par son blocage ponctuel.

La terminologie suivante est utilisée pour la suite du document :

Point libre : angle ou joint de dilatation, permettant la dilatation horizontale de la façade

Point fixe : refend (hors liaison avec rupteur VR) ou bride (nervure en béton armé), bloquant la dilatation horizontale de la façade

L'exigence de non-plastication des aciers signifie que les segments de façade peuvent se déplacer librement, tant que ce déplacement relatif ne dépasse pas le déplacement maximal des aciers avant plastification. Il est donc requis de limiter la longueur des segments de façade dits « libres », à savoir ayant aux extrémités un ou deux points libres, et pouvant donc se dilater librement horizontalement.

Au niveau de cette portion de façade libre, comme les rupteurs thermiques ne reprennent pas les efforts induits par la dilatation thermique, aucune contrainte n'est induite dans la façade et le plancher, et aucune disposition particulière n'est à mettre en œuvre.

Il est à noter que les aciers des rupteurs ISOTEC RT+ en ITI ont des valeurs réelles de limite élastique de 700 MPa qui ont été prises en référence vis-à-vis de la plastification des aciers.

1) Logigramme de la méthode de dimensionnement forfaitaire

La maîtrise des déplacements et de la fissuration suit une méthodologie détaillée dans les annexes 5 à 8. Cette méthodologie est synthétisée dans le logigramme suivant.

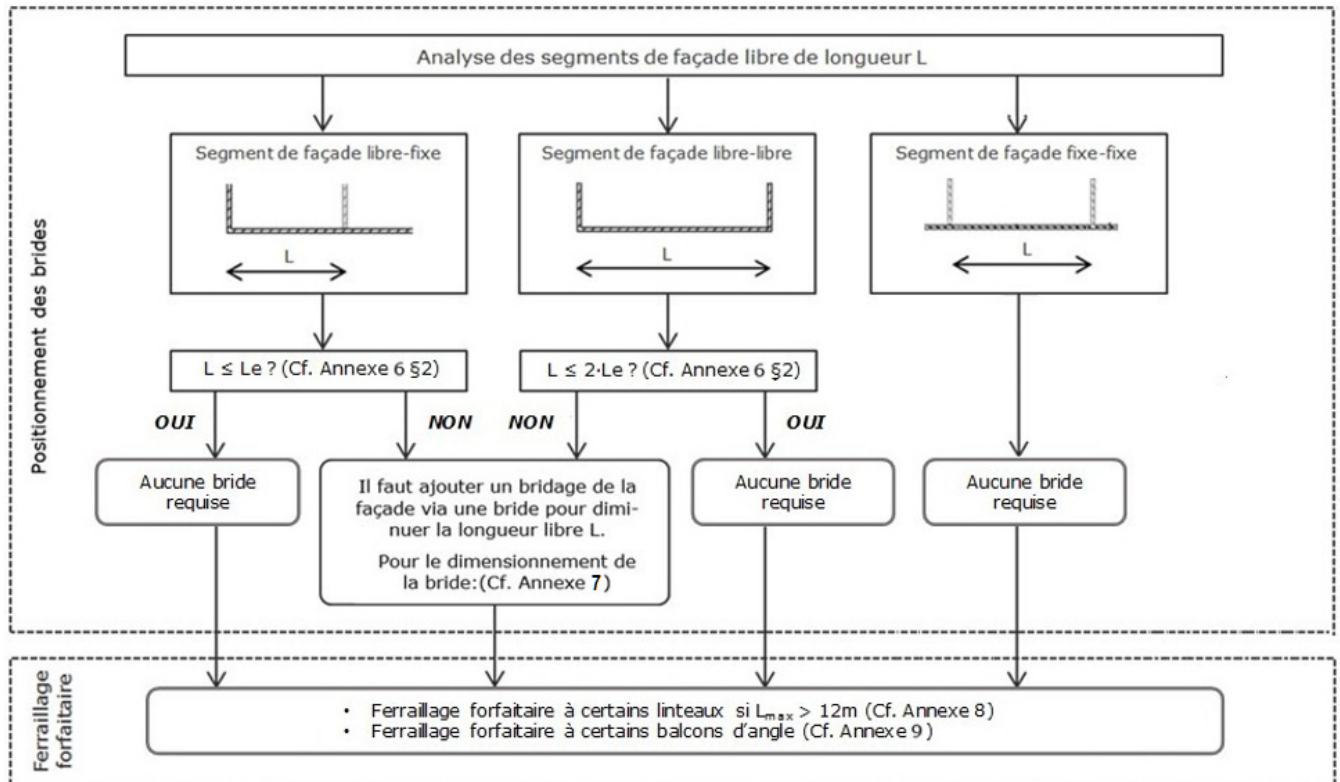


Figure 47 : Méthodologie de dimensionnement des dispositions constructives

2) Débattement latéral des rupteurs lié au diamètre des aciers

Sous l'effet de la dilatation thermique, les barres des rupteurs subiront un débattement latéral du fait de leur liaison avec la façade. La longueur libre maximale pour ne pas plastifier les rupteurs est appelée L_e et dépend du diamètre des aciers du rupteur. Les tableaux ci-après présentent les valeurs de L_e en fonction du diamètre. Il est important de préciser que les longueurs libres maximales L_e sont déterminées en fonction du taux de travail respectif des aciers de chaque modèle de rupteurs de la gamme ISOTEC RT+ en ITI. De plus, ces longueurs prennent également en compte le rapport G/Q et sont calculées pour un cas enveloppe.

3) Calcul de la longueur libre maximale

Le calcul de la longueur libre maximale est réalisé selon la formule suivante :

$$L_e = \frac{(e_{\text{isolant}} + 2\phi)^2}{\phi} \left(k_1 - k_2 \tau \frac{1 + 0,3r}{1,35 + 1,5r} \right)$$

Avec

$$k_1 = 9,150 \cdot 10^{-3}$$

$$k_2 = 5,683 \cdot 10^{-3}$$

ϕ : le diamètre maximum des barres du rupteur en mm

τ : taux de travail à l'ELU des barres du rupteur

e_{isolant} : est l'épaisseur de l'isolant en mm

$$r = \frac{Q_k}{G_k}$$

L_e : longueur libre maximale en m

Une lecture directe tabulée de la longueur libre est aussi possible via le tableau suivant :

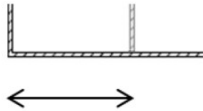
Longueur libre maximale L_e en mètre : Façade libre-fixe ($\mu=1$) multiplier les valeurs par 2 pour le cas des façades libre-libre										
$r = Q_k/G_k$ (*)		$0 \leq r < 0,3$			$0,3 \leq r < 0,6$			$0,6 \leq r$		
Taux de travail τ à l'ELU (%) (**)		$50 \leq \tau$	$50 < \tau \leq 75$	$75 < \tau \leq 100$	$50 \leq \tau$	$50 < \tau \leq 75$	$75 < \tau \leq 100$	$50 \leq \tau$	$50 < \tau \leq 75$	$75 < \tau \leq 100$
Diamètre maximum des barres du rupteur (mm)	6	9,94	8,45	6,97	10,48	9,27	8,05	10,81	9,75	8,7
	8	8,11	6,90	5,69	8,56	7,57	6,58	8,82	7,97	7,11
	10	7,04	5,99	4,94	7,43	6,57	5,71	7,66	6,91	6,17
	12	6,35	5,40	4,45	6,69	5,92	5,145	6,9	6,23	5,56

(*) si la valeur r n'est pas connue, prendre $r = 0$

(**) si la valeur τ n'est pas connue prendre $\tau = 100$ %

4) Configurations possibles suivant le critère relatif à la longueur L_e

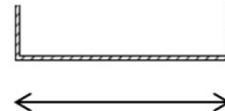
Deux configurations sont possibles : segment libre-fixe ou libre-libre, pour lesquelles le critère est le suivant :



Segment de façade libre-fixe, de longueur L_{libre}

$L_{\text{libre}} \leq L_e$: pas de bride requise

$L_{\text{libre}} > L_e$: bride requise



Segment de façade libre-libre, de longueur L_{libre}

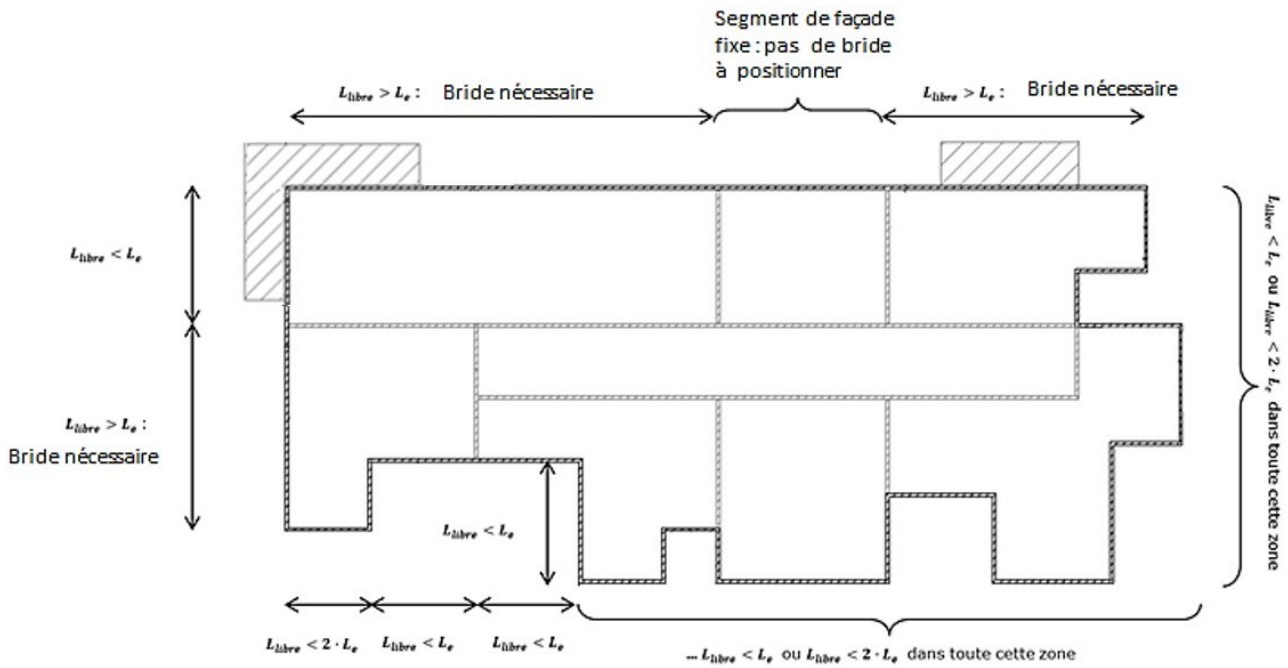
$L_{\text{libre}} \leq 2 \times L_e$: pas de bride requise

$L_{\text{libre}} > 2 \times L_e$: bride requise

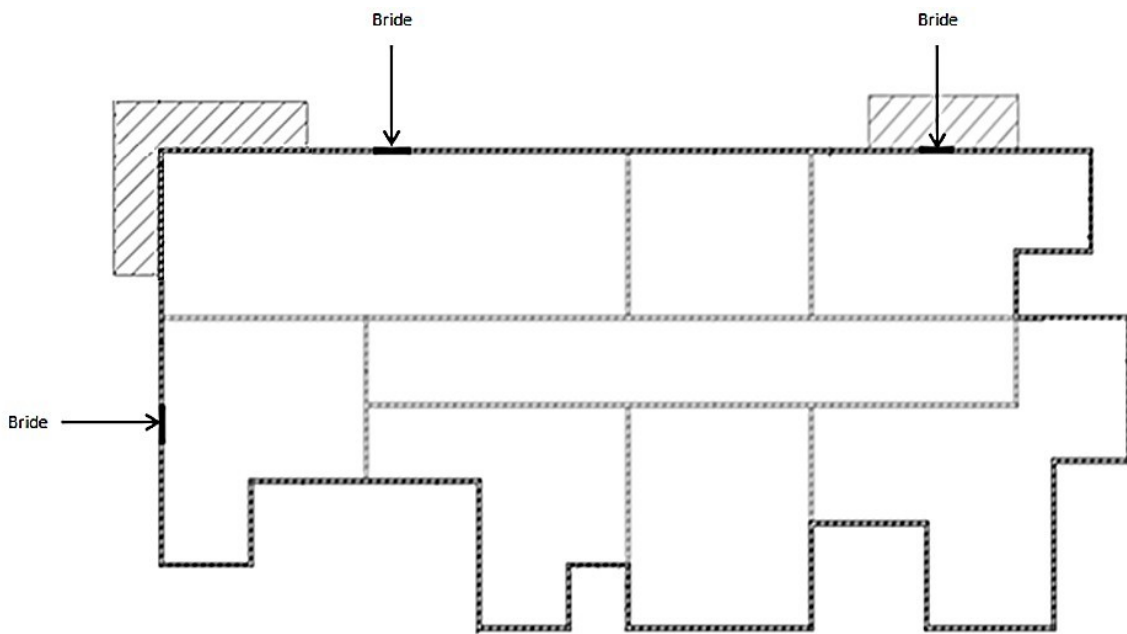
En cas de non-respect du critère, une bride doit être introduite afin de diminuer la longueur du segment de façade libre.

Les figures suivantes présentent un exemple méthodologique de positionnement de bride.

Nota : Les liaisons refend/façade, qui sont considérées comme des points fixes, ne nécessitent pas de ferrailage spécifique contrairement aux brides (voir Annexe 7).



Étape 1 - Vérification du critère de longueur libre



Étape 2 - Positionnement des brides.

A présent, aucun segment de façade libre n'excède la longueur L_e (pour les segments libre-fixe) ou $2L_e$ (pour les segments libre-libre)

5) Règles de positionnement des brides

La bride est alors positionnée à la distance L_e de l'angle, mais peut être décalée vers l'angle.

Lorsqu'il y a un balcon dans la zone concernée, le dimensionnement du modèle MVI donne la taille maxi de l'acier de rupteur et définit la longueur L_e . Dans la mesure du possible, positionner la bride en dehors du balcon.

A noter que cette règle de positionnement des brides est indépendante de la présence ou non d'ouvertures en façade.

Annexe 7 – Dimensionnement des brides

Lorsque la dilatation de la façade est trop importante, il peut être nécessaire de disposer des brides. Ces brides béton seront de 1,50 m de large avec un ferrailage forfaitaire de 26,8 cm² (voir schémas ci-après).

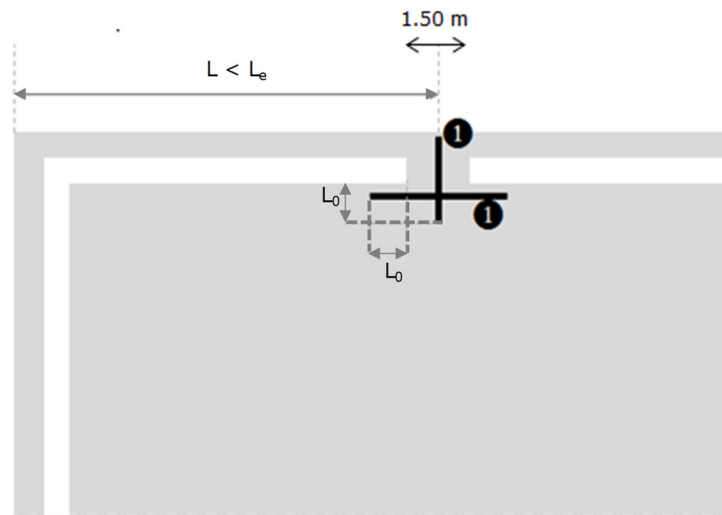
Vis-à-vis des efforts gravitaires, ces brides reprennent les efforts provenant de la dalle sur 3 fois leur largeur en partie courante et deux fois dans les angles.

Dans le cas de la présence de balcons, vis-à-vis des efforts gravitaires, les brides reprennent les efforts provenant du balcon sur 2 fois leur largeur.

Cette section d'armature nécessaire pour reprendre les efforts gravitaires **est à ajouter aux armatures forfaitaires** nécessaires pour reprendre les efforts thermiques horizontaux.

Le schéma ci-dessous indique le ferrailage forfaitaire vis-à-vis des efforts de dilatation thermique à disposer dans les brides. **Ces armatures sont uniquement destinées à reprendre les efforts de dilatation thermique horizontaux.**

Cas sans balcon :



① 26,8 cm², ancrée de part et d'autre de la largeur de la bride

Figure 48 : Dimensionnement des brides – Cas des dalles

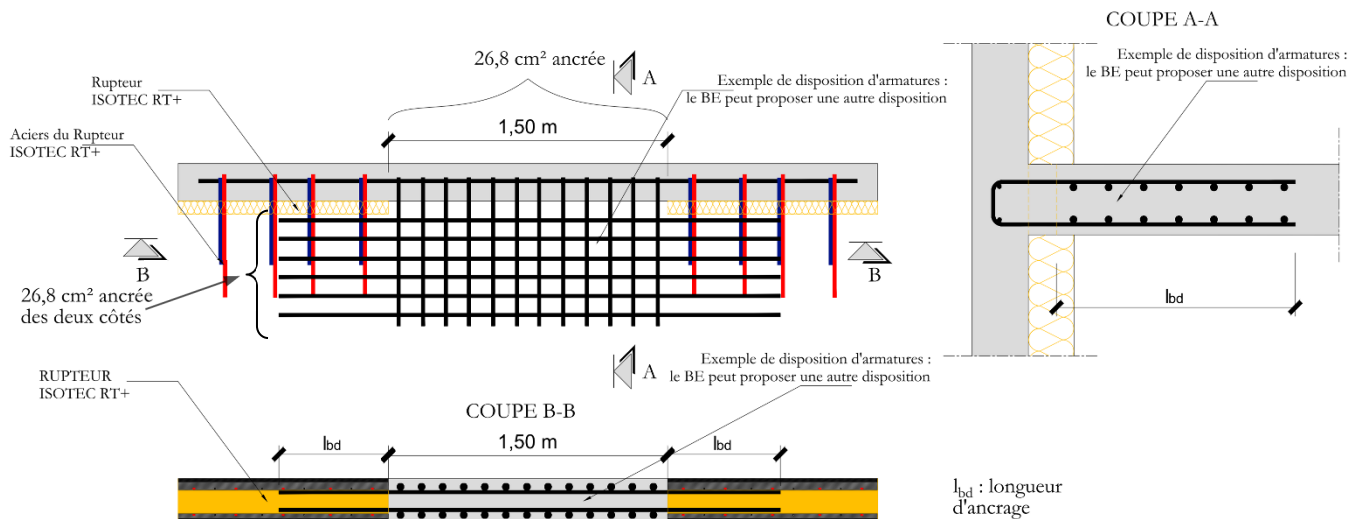
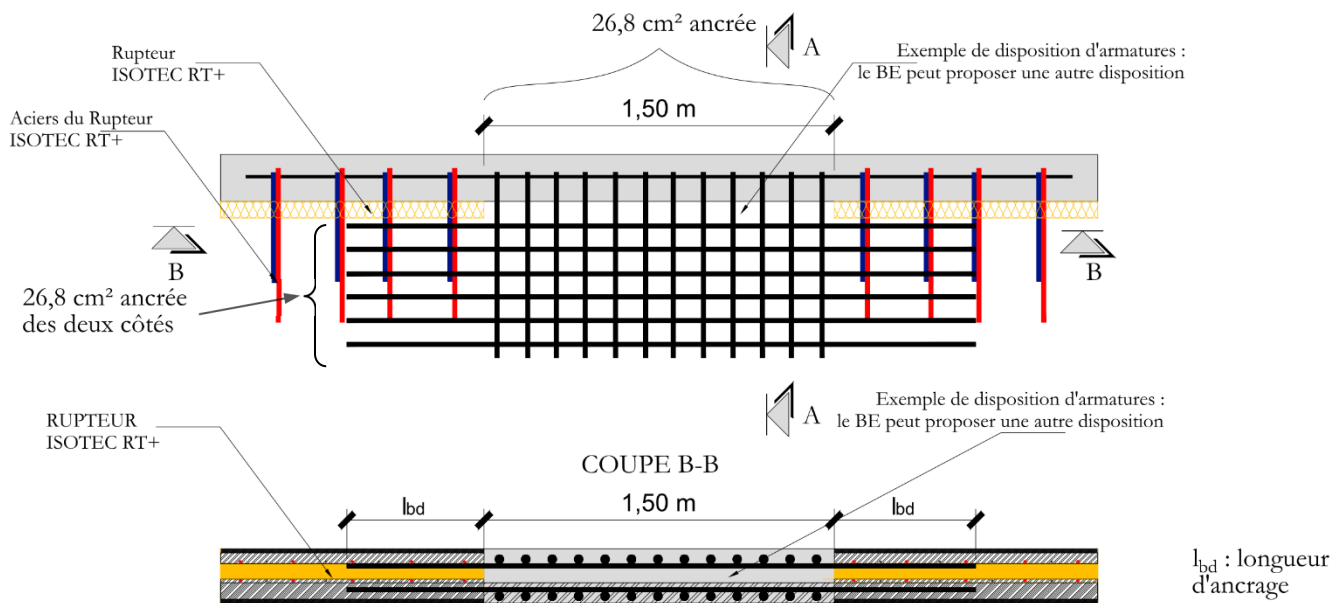


Figure 49 : Détail de la bride – Cas des dalles coulées sur place sans balcon



EXEMPLE COUPE A-A

COUPE A-A :
Aciers dans la prédalle

COUPE A-A :
Aciers dans la dalle de compression

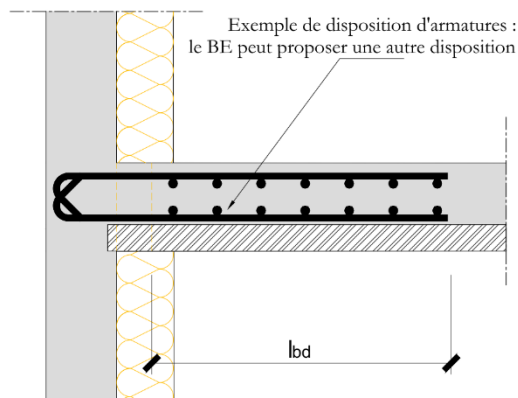
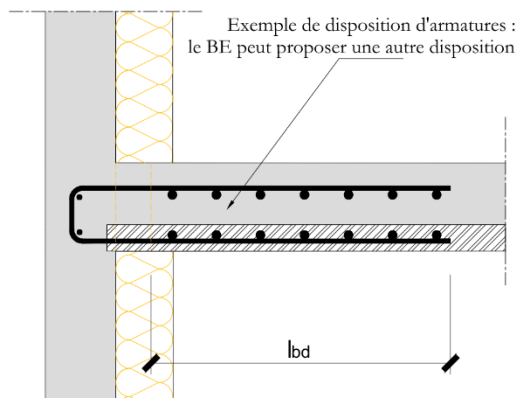
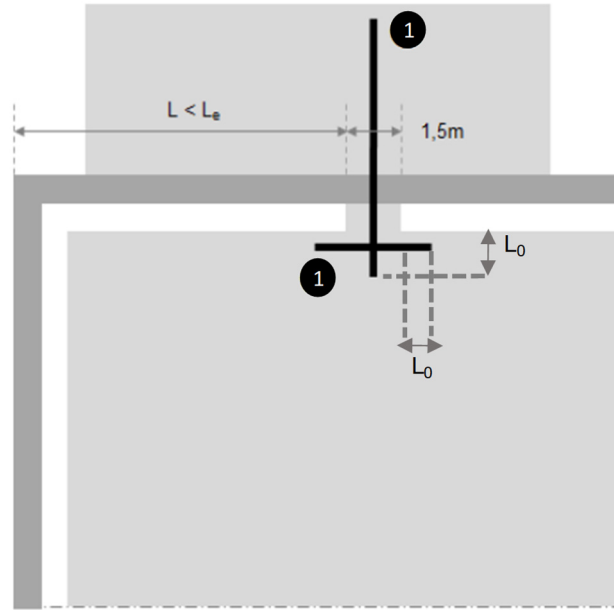


Figure 50 : Détail de la bride – Cas des dalles à prédalles sans balcon

Cas avec balcon :



① 26,8 cm², ancrée de part et d'autre de la largeur de la bride

Figure 51 : Dimensionnement des brides – Cas des balcons

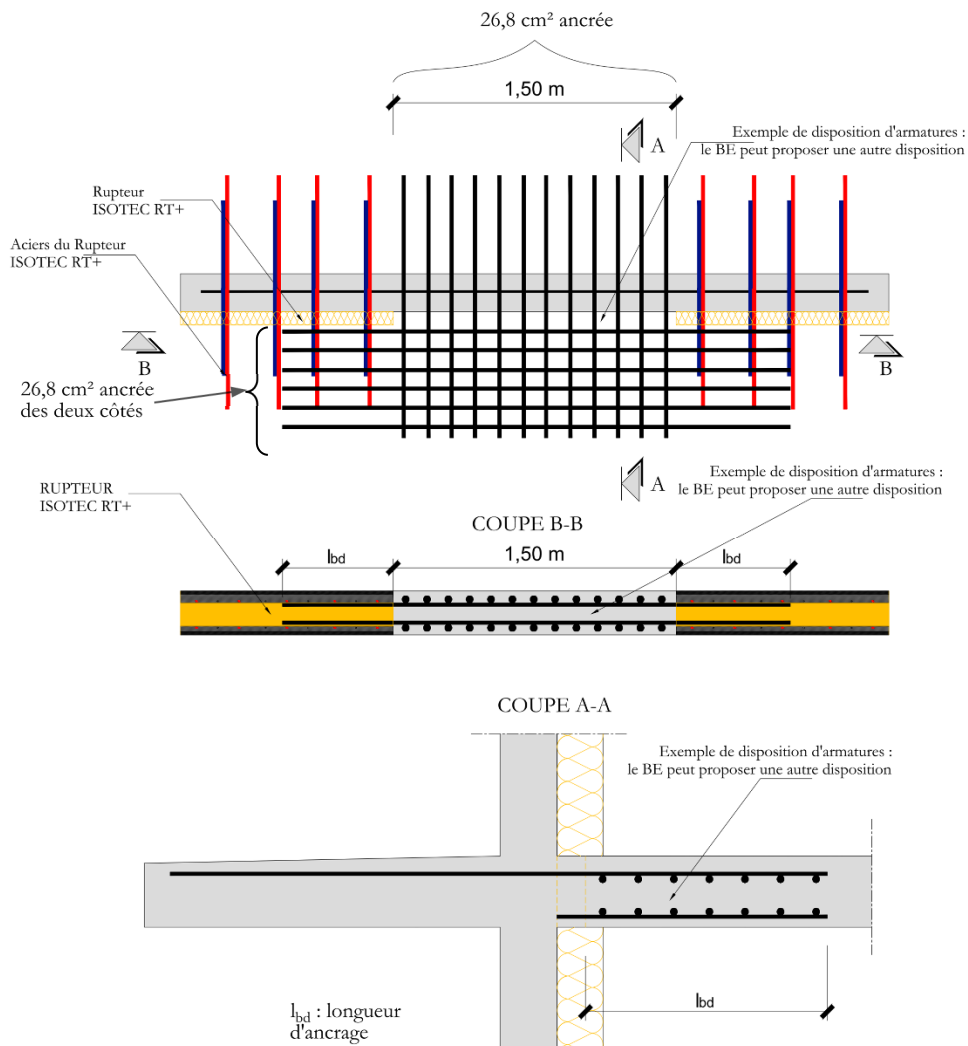


Figure 52 : Détail de la bride – Cas des dalles coulées sur place avec balcon

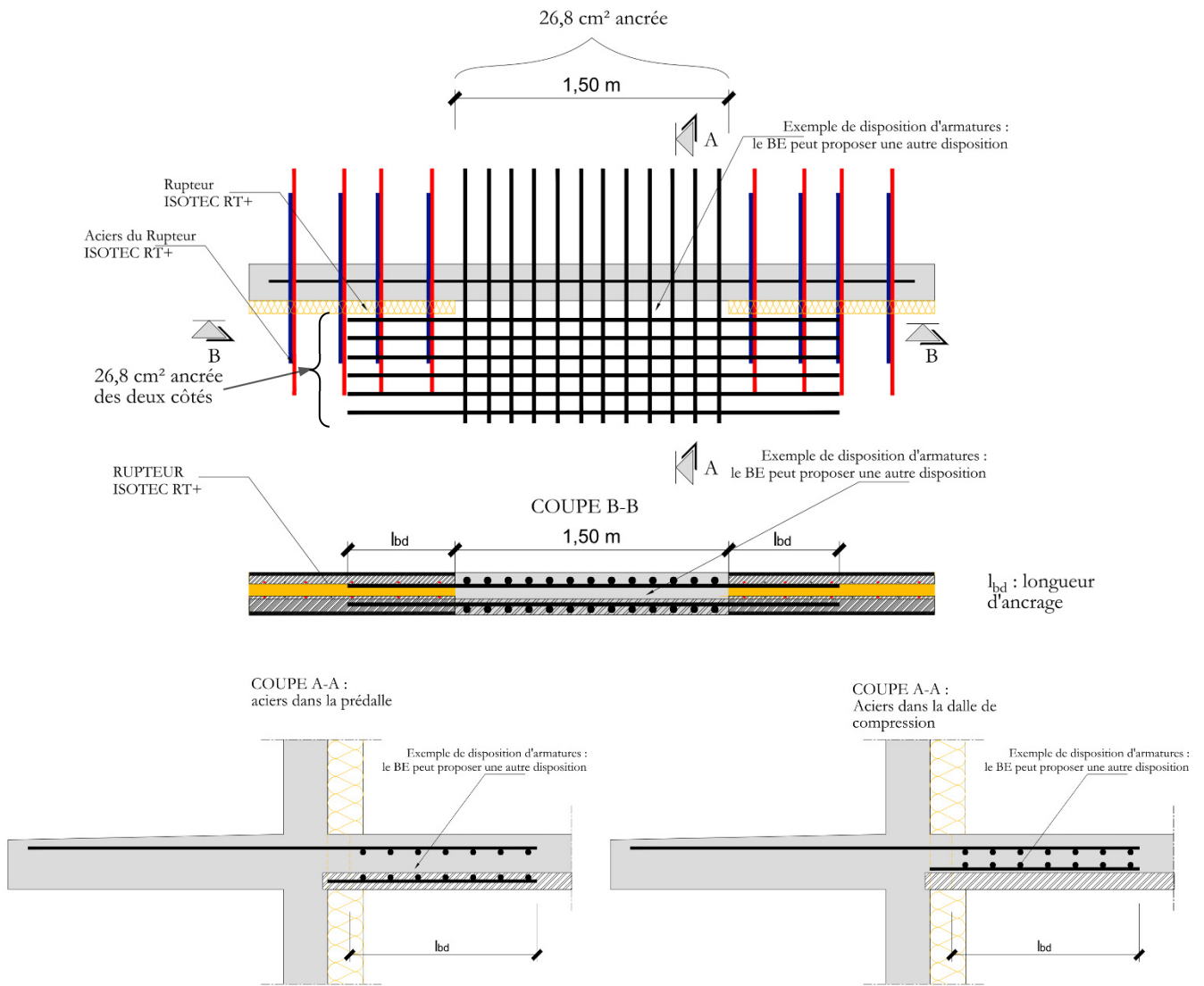


Figure 53 : Détail de la bride – Cas des dalles à prédalles avec balcon

Principe du chaînage en bordure de dalle à considérer autres que les aciers de chaînage destinés à reprendre les efforts de dilatation thermique horizontaux.

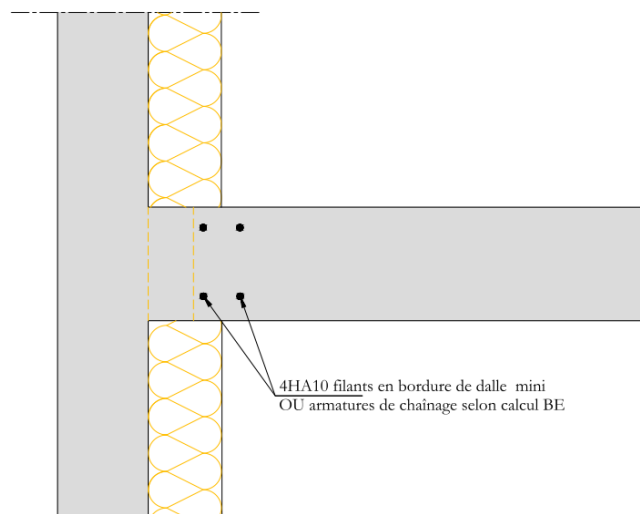


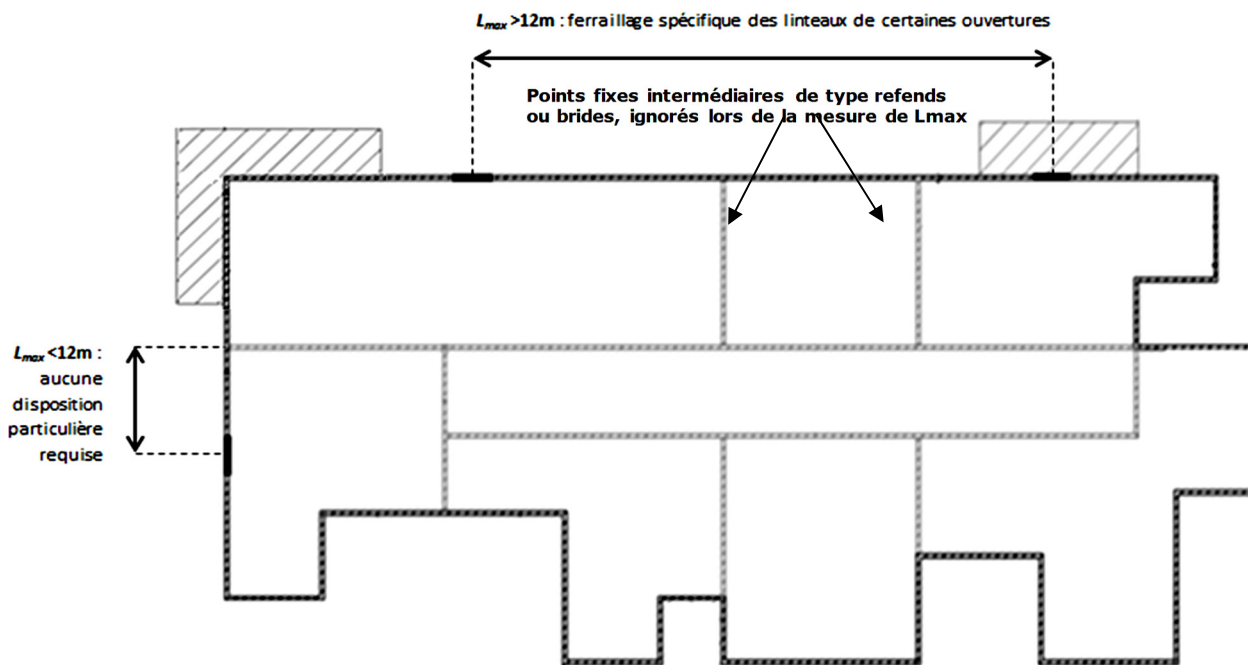
Figure 54 : Principe du chaînage - exemple dans le cas de la liaison dalle-façade

Annexe 8 – Dimensionnement du ferrailage de façade

Sont ensuite considérés les façades bridées, définies comme les portions de façade droite ne pouvant pas se dilater librement, à cause de la présence aux extrémités d'un point fixe de type refend ou bride. Ces points fixes sont uniquement des points fixes extrêmes, et les refends ou brides intermédiaires ne sont pas considérés.

Lorsque la longueur L_{max} de la façade fixe excède 12 m (entre axes), il est nécessaire de disposer un ferrailage spécifique aux linteaux des ouvertures de hauteur 1,50 m ou plus (dénommées par la suite « grandes ouvertures ») et situées à moins de 6 m de tout point fixe (les autres ouvertures ne nécessitant pas de ferrailage spécifique lié à la dilatation thermique).

La figure suivante illustre sur un exemple le critère de longueur de façade bridée entraînant ou non un ferrailage spécifique aux linteaux des grandes ouvertures.



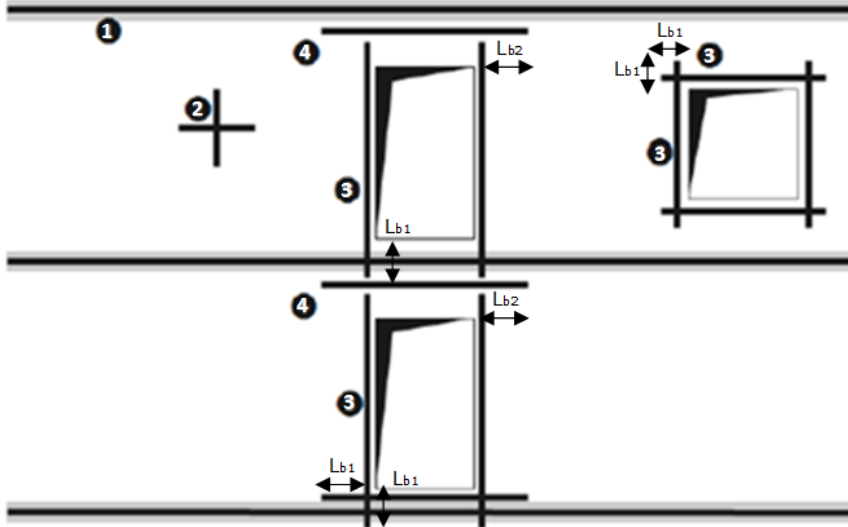
Dans le schéma ci-dessus, seule la zone où $L_{max} > 12 m$ entre les deux brides est à considérer vis-à-vis du ferrailage des grandes ouvertures

Figure 55 : Détermination des zones où un ferrailage spécifique des grandes ouvertures est nécessaire.

La figure ci-dessous indique les ferrillages de renfort à disposer dans le mur de façade au niveau des linteaux des grandes ouvertures lorsque la façade est bloquée en dilatation horizontale (via des refends ou brides) sur une longueur entre axes $L_{max} > 12 m$

Lb1: Longueur d'ancrage (déterminée selon les prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et son AN)

Lb2: Longueur d'ancrage des armatures du linteau (4) qui doit permettre une diffusion de l'effort de traction sur la hauteur courante du voile



- ❶ Chaînage au droit de plancher : pas de disposition particulière vis-à-vis de la dilatation thermique
- ❷ Ferrillage selon DTU23.1 ou Eurocode 2 (pas de disposition spécifique liée aux rupteurs)
- ❸ Renfort standard autour des ouvertures (pas de disposition spécifique liée aux rupteurs)
- ❹ Vérification de la NF EN 1992-1-1 §7.3.2 (section mini $A_{smin} = f_{ctm} / f_{yk} * A_{ct}$, avec A_{ct} : section tendue du linteau), sur toute la hauteur du linteau et uniquement pour les ouverture de 1.5m de hauteur ou plus, situées à moins de 6m des points fixes et disposées sur une façade droite bloquée de plus de 12m.

Figure 56 : Dispositions de ferrillage de renfort des façades béton

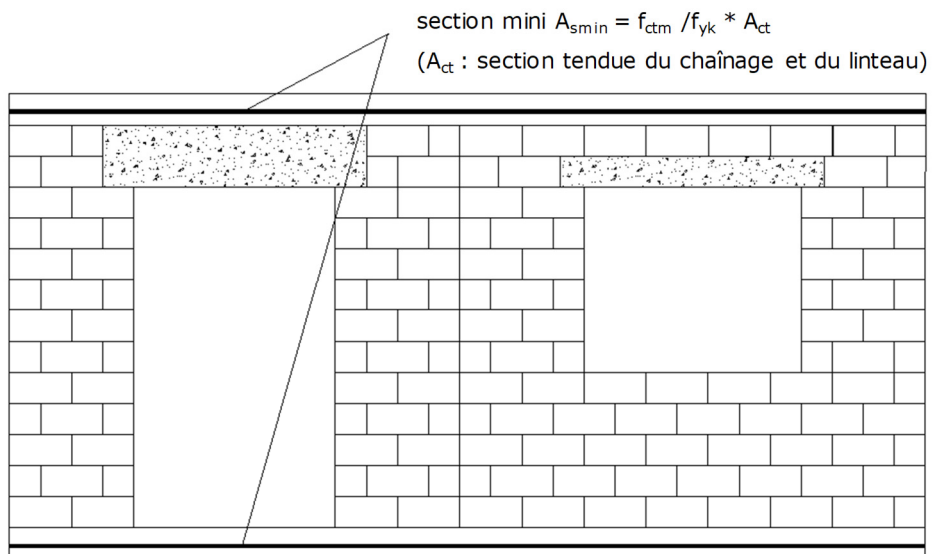


Figure 57 : Dispositions de ferrillage de renfort des façades en maçonneries

Annexe 9 – Dimensionnement du ferrailage des balcons d'angles sortants

De manière similaire au cas des façades (voir Annexe 8), il conviendra de traiter les coins rentrants des balcons d'angle lors de la mise en œuvre de rupteurs et de bridage sur les retours (dilatation thermique du balcon empêchée via la présence de points fixes de part et d'autre de l'angle). Un ferrailage minimal forfaitaire de maîtrise de la fissuration selon la norme « *NF EN 1992-1-1 section 7.3.2 Sections minimales d'armatures* » devra être mis en œuvre : $A_{smin} = f_{ctm} / f_{yk} \cdot A_{ct}$ où $A_{ct} = 0,4 \cdot A_{balcon}$. Ce ferrailage est forfaitaire et ne doit pas être mis en complément du ferrailage calculé conventionnellement. Il sera réparti judicieusement sur l'ensemble de la section aussi bien en nappe inférieure que supérieure. Les figures ci-après résument les prescriptions à suivre.

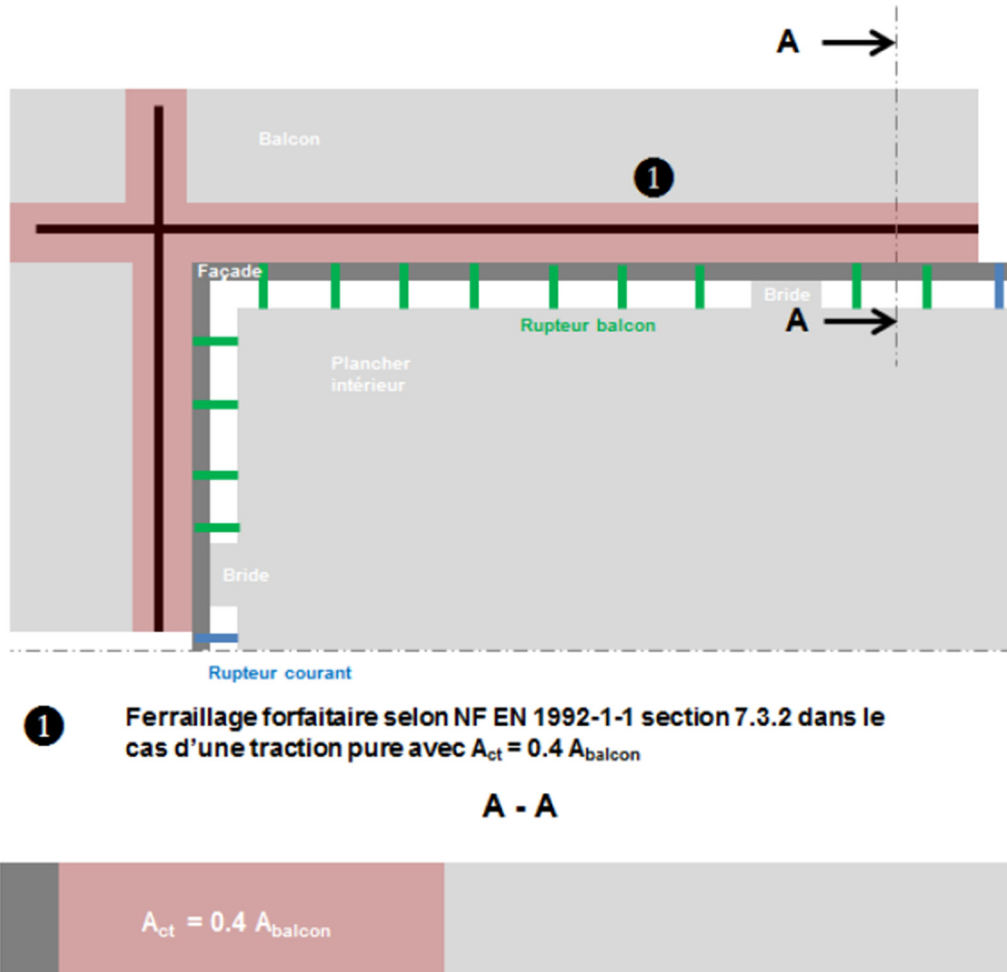
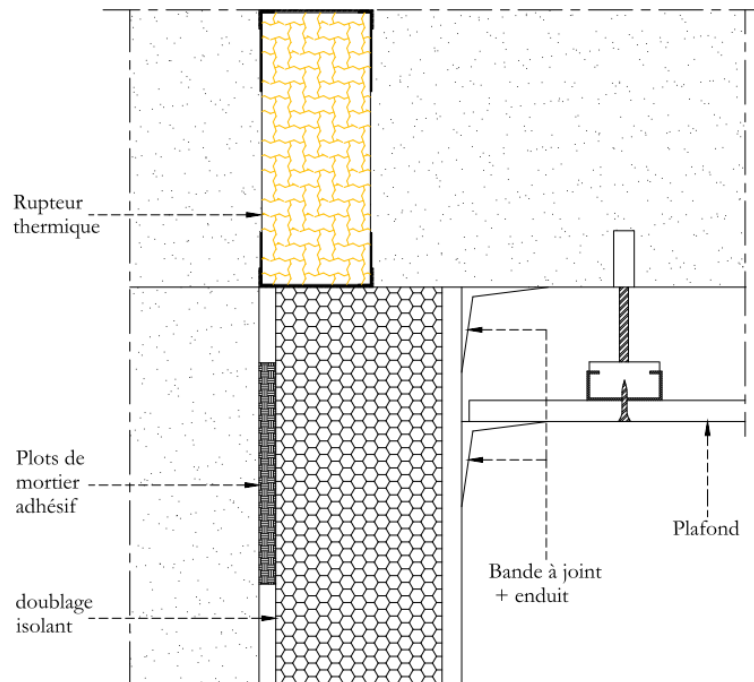


Figure 58 : Périmètre de la prescription de ferrailage des balcons d'angle doublement bridés

Annexe 10 – Détail de mise en œuvre des ouvrages de plâtrerie

Les schémas suivants sont représentatifs de la pose de panneaux d'isolation périphérique collés conformément au DTU 25.42. L'isolation périphérique peut aussi être mise en œuvre sur ossature métallique conformément au DTU 25.41.

Raccordement en partie haute pour isolation continue



Raccordement en partie haute pour isolation interrompue par le plafond

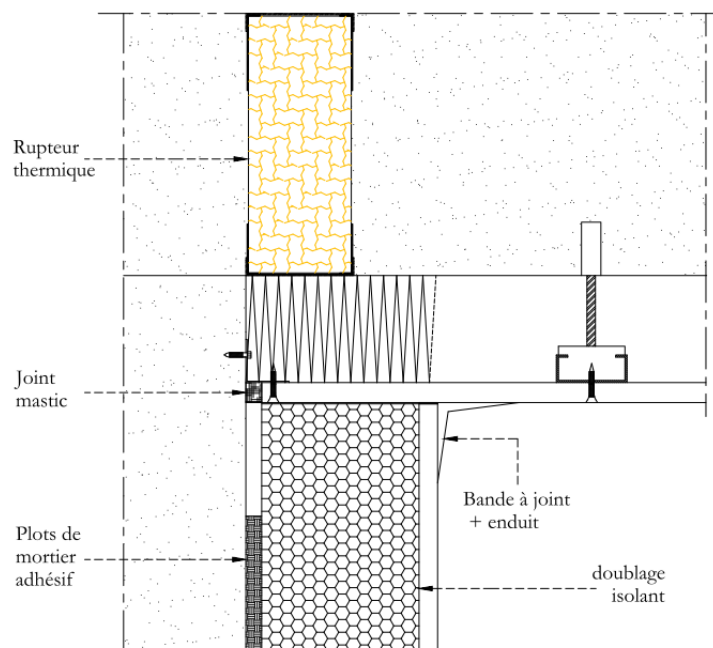


Figure 59 : Mise en œuvre d'isolation périphérique sur des ouvrages de plâtrerie

Raccordement en partie basse

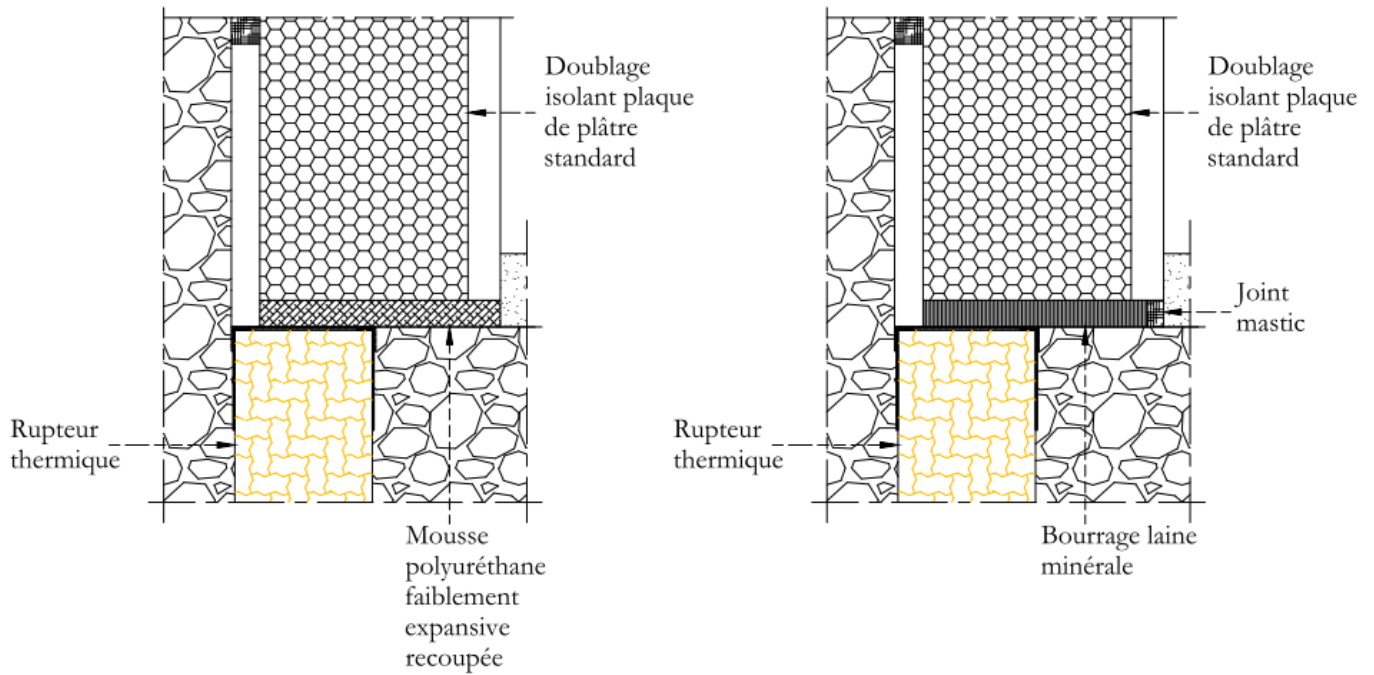
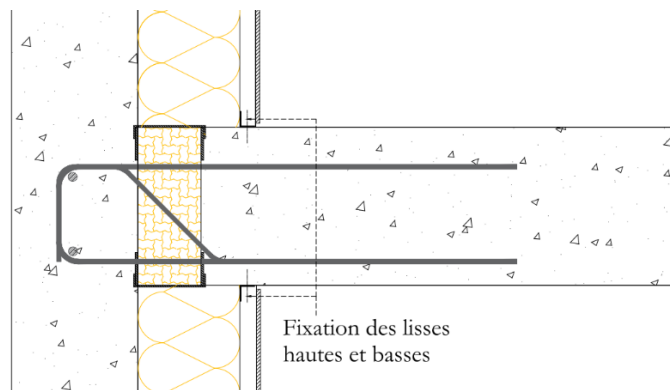


Figure 55 (bis) : Mise en œuvre d'isolation périphérique sur des ouvrages de plâtrerie



(Les fixations des lisses hautes et basses ne se font pas dans l'épaisseur de l'isolant)

Figure 60 : Disposition avec doublage à ossature métallique

Annexe 11 – Calcul des ponts thermiques

Toutes les simulations ont été effectuées conformément aux règles Th-Bât.

Les modèles géométriques pour le calcul sont directement issus des éléments techniques fournis par la société PLAKAGROUP France.

Les conditions aux limites sont des Règles Th-Bât.

Les conductivités thermiques utiles prises en compte dans le calcul sont les suivantes :

- Béton : 2 W/(m.K) (Th-Bât Edition 2017);
- Béton armé : 2,3 W/(m.K) (Th-Bât Edition 2017) *
- Maçonnerie courante : 0,7 W/(m.K) (Th-Bât Edition 2017) ;
- Acier inoxydable : 15 W/(m.K) (Th-Bât Edition 2017);
- Plâtre : 0,25 W/(m.K) (Th-Bât Edition 2017) ;
- PVC : 0,17 W/(m.K) (Th-Bât Edition 2017) ;
- Laine de roche : 0,038 W/(m.K) (ACERMI n° 07/015/455) ;
- Isolant mur : 0,040 W/(m.K) (Th-Bât Edition 2017) ;
- Isolant plancher bas : 0,029 W/(m.K) ;
- Isolant plancher haut : 0,024 W/(m.K).

* Tient compte du taux de ferrailage, conformément aux règles Th-Bat Edition 2017

Les résultats du tableau sont valables à condition de respecter les valeurs thermiques utiles et les limites de validités générales données ci-après :

- Conductivité thermique de l'isolant du mur compris entre 0,03 W/(m.K) et 0,04 W/(m.K)
- Acier inox de conductivité thermique ≤ 15 W/(m.K) conformément à l'NF EN 10088-1 ;
- Epaisseur de plancher / refend ≤ 25 cm ;
- Isolation du rupteur d'épaisseur égale à 8 cm et de conductivité thermique égale à 0,038 W/(m.K) ;
- L'épaisseur du mur en béton e_{mur} doit respecter $e_{mur} \geq 16$ cm ;
- L'épaisseur du mur en maçonnerie courante e_{mur} doit respecter $e_{mur} \geq 18$ cm ;
- Les fibres de l'isolant doivent être perpendiculaires au flux de chaleur ;

Tableau 2 : Calcul des coefficients thermiques ψ pour les rupteurs VI, VIP et MVI

MODELE ISOTEC RT+	Epaisseur du plancher (cm)	Coefficient $\psi^{(1)(2)}$ en W/(m.K)					
		Plancher bas sur vide sanitaire ou sur local non chauffé		Plancher haut		Plancher intermédiaire	
		16 cm $\leq e_{mur} < 18$ cm	18 cm $\leq e_{mur}$	16 cm $\leq e_{mur} < 18$ cm	18 cm $\leq e_{mur}$	16 cm $\leq e_{mur} < 18$ cm	18 cm $\leq e_{mur}$
VI 2.6/2.6	20	0,13	0,12	0,14	0,13	0,12	0,11
VI 3.6/3.6		0,14	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13
VI 4.6/4.6		0,15	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14
VI 5.6/5.6		0,16	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15
VI 6.6/6.6		0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
VI 4.8/4.6		0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
VI 5.8/5.6		0,18	0,17	0,18	0,17	0,18	0,18
VI 6.8/6.6		0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19
VI 8.8/8.6		0,21	0,20	0,21	0,20	0,22	0,21
VI 10.8/10.6		0,22	0,21	0,22	0,21	0,24	0,23
VI 10.8/10.8		0,23	0,23	0,23	0,23	0,26	0,25
VI 12.8/12.6		0,25	0,24	0,25	0,24	0,27	0,27
VI 12.8/12.8		0,25	0,25	0,24	0,24	0,28	0,28
VIP 2.6/2.6	20	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
VIP 3.6/3.6		0,13	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12
VIP 4.6/4.6		0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13
VIP 5.6/5.6		0,16	0,16	0,16	0,15	0,16	0,15
VIP 6.6/6.6		0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16
VIP 4.8/4.6		0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16
VIP 5.8/5.6		0,18	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18
VIP 6.8/6.6		0,19	0,2	0,20	0,20	0,20	0,20
VIP 8.8/8.6		0,21	0,22	0,22	0,21	0,23	0,22
VIP 10.8/10.6		0,23	0,24	0,24	0,23	0,24	0,24
VIP 10.8/10.8		0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26
VIP 12.8/12.6		0,24	0,25	0,25	0,25	0,27	0,25
VIP 12.8/12.8		0,26	0,27	0,27	0,26	0,28	0,28
MVI 4.8/4.6/4.12	20					0,21	0,20
MVI 4.10/4.6/4.12						0,21	0,20
MVI 5.10/5.6/5.12						0,25	0,24
MVI 6.10/6.6/6.12						0,28	0,27
MVI 8.10/8.6/8.12						0,32	0,31
MVI 10.10/10.6/10.12						0,35	0,34
MVI 12.10/12.6/12.12						0,38	0,37
MVI 12.12/12.6/12.12						0,41	0,40
MVI 14.10/14.6/14.12						0,41	0,40
MVI 14.12/14.6/14.12						0,45	0,44

(1) Les valeurs du coefficient Ψ augmentent de 0,01 W/(m.K) pour des planchers de 22 cm d'épaisseur et de 0,02 W/(m.K) pour des planchers de 25 cm d'épaisseur.

Pour la gamme des rupteurs VI et VIP : Pour des planchers de 18 cm et pour :

- Les gammes de rupteurs inférieures ou égales (avec moins ou une quantité identique d'armatures) au VIP ou VI 5.8/5.6, les valeurs du coefficient Ψ diminuent de 0,02 W/m.K
- Les gammes de rupteurs strictement supérieures (avec plus d'armatures) au VIP ou VI 5.8/5.6, les valeurs du coefficient Ψ diminuent de 0,01 W/m.K

Pour la gamme des rupteurs MVI : Pour des planchers de 18 cm les valeurs du coefficient Ψ diminuent de 0,01 W/m.K

(2) Valeurs par mètre traité de mur

Tableau 3 : Calcul des coefficients thermiques ψ pour le rupteur VR pour une épaisseur de refend inférieure ou égale à 20 cm

MODELE ISOTEC RT+	Nature du mur de façade	Coefficient ψ ⁽¹⁾⁽²⁾ en W/(m.K)	
		Isolation intérieure de 8 cm	Isolation intérieure compris entre 8 cm et 12 cm
VR 16	Béton de 16 cm	0,08	0,08
VR 18		0,09	0,09
VR 20		0,10	0,10
VR 16/3.6		0,10	0,11
VR 18/3.6		0,11	0,12
VR 20/3.6		0,12	0,13
VR 18/3.8		0,12	0,13
VR 18/3.8		0,13	0,14
VR 20/3.8		0,14	0,15
VR 16		Maçonnerie courante de 20 cm	0,08
VR 18	0,08		0,08
VR 20	0,08		0,08
VR 16/3.6	0,08		0,09
VR 18/3.6	0,09		0,10
VR 20/3.6	0,10		0,11
VR 16/3.8	0,11		0,12
VR 18/3.8	0,11		0,12
VR 20/3.8	0,11		0,12

(1) Pour un mur de refend de 25 cm, les valeurs du coefficient ψ sont celles du modèle avec une épaisseur de refend inférieure ou égale à 20 cm majorées de 0,04 W/(m.K)

(2) Valeurs par mètre traité de mur

Calcul du coefficient dans le cas de passages de réseaux

Le coefficient des rupteurs avec l'intégration de passages de gaine PVC de section maximale de 40 mm x 40 mm en W/(m.K) se calcule comme ceci :

$$\psi_{\text{rupteur avec } n \text{ passage de gaine PVC}} = \psi_{\text{rupteur}} + n \chi$$

$\psi_{\text{rupteur avec } n \text{ passage de gaine PVC}}$: coefficient calculé pour 1 mètre en W/(m.K)

ψ_{rupteur} : coefficient thermique des rupteurs selon tableau 2 et 3 de cette Annexe.

n : le nombre de passages de gaines PVC par mètre linéaire. Cependant si plusieurs gaines passent dans une seule section de 40 mm x 40 mm alors il s'agit que d'un seul passage.

χ : le coefficient de pont thermique ponctuel dû au passage d'une gaine PVC de section maximale de 40mm x 40mm. Le calcul étant effectué sur un mètre linéaire l'unité de χ est en W/(m.K) et est égal à 0,01 W/(m.K).

Dans le cas d'un passage de gaines effectué entre deux rupteurs. Sur la largeur de la réservation, le coefficient thermique sera pris égale à la valeur thermique d'une liaison béton armé-béton armé.