

APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3321_V3

(annule et remplace la version 3321_V2)

ATEx de cas a

Validité du 25/01/2024 au 30/04/2027

Copyright : Société LEVIAT SAS (ex PLAKA FRANCE)

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. *(extrait de l'art. 24)*

A LA DEMANDE DE :

Société LEVIAT SAS (ex PLAKA FRANCE)
6, Rue de Cabanis FR 31240 L'Union

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3321_V3

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de rupteur de pont thermique structural en ISOTEC RT+ Sismique en Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI).

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 25/01/2024, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- Demandeur : Société LEVIAT SAS (ex PLAKA FRANCE) 6, Rue de Cabanis 31240 L'Union
- Technique objet de l'expérimentation :
 - L'expérimentation porte sur un rupteur de pont thermique structural désigné « ISOTEC RT+ Sismique » conçu pour l'Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI) ;
 - Le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » est constitué d'un isolant d'épaisseur 8 cm traversé par des armatures en acier inoxydable. Des peignes inox positionnés de part et d'autre de l'isolant sont utilisés pour maintenir l'espacement entre barres hautes et basses. Enfin, des capots PVC sont utilisés pour protéger l'isolant pendant la phase de mise en œuvre du rupteur.
 - Le rupteur, tel que défini, est utilisé de manière systématique avec le procédé de rupteur « ISOTEC RT+ en ITI », faisant objet d'un avis technique en cours de validité. Ils permettent ainsi d'assurer la continuité mécanique et du complexe isolant entre les murs de façades et les éléments de structure intérieurs (planchers) ;
 - L'acier inoxydable utilisé pour la fabrication des armatures traversant l'isolant, est de nuance 1.4301 ou équivalent avec une résistance à la traction d'au moins 700 MPa.
 - Le procédé « RUPTEUR RT+ Sismique » est composé des modèles de rupteur suivants : (i) Modèle HI pour les liaisons façade/dalle coulée sur place, (ii) modèle HIP pour les liaisons façade – dalle à prédalles et (iii) modèle HIB pour les liaisons façade / dalle avec balcon.
 - Le procédé « ISOTEC RT+ Sismique » est utilisable sur des planchers en béton d'épaisseur 18 à 25 cm, coulés sur place ou de type plancher à prédalles, et murs de façade ou refend en béton (coulé sur place ou préfabriqué) d'épaisseur minimale de 16 cm.
 - Dans le cadre de cette ATEX, seule l'utilisation d'isolants de type laine de roche disposant d'un certificat ACERMI est autorisée.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3321_V2 et résumé dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

donne lieu à une :

APPRÉCIATION TECHNIQUE FAVORABLE À L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulées au §4.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1°) Sécurité

1.1 – Stabilité des ouvrages et/ou sécurité des équipements

Le procédé de rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » est systématiquement utilisé conjointement avec le procédé de rupteur « ISOTEC RT+ en ITI » bénéficiant d'un avis technique en cours de validité. Les deux types de rupteurs travaillent ensemble pour reprendre les efforts agissant à la liaison, tels que les charges gravitaires, le vent, le séisme, etc. Leur rôle dans la reprise des efforts est présenté dans le Dossier Technique.

Le dimensionnement du système complet, à l'ELU et à l'ELS, est réalisé par référence aux normes NF EN 1990, NF EN 1991, NF EN 1992 et NF EN 1998 et leurs annexes nationales françaises.

Les capacités résistantes des différents modèles de rupteurs, présentées en Annexe du Dossier Technique, ont fait l'objet de validation par essais.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3321_V3

En situation courante, le procédé « ISOTEC RT+ Sismique » peut remplacer les bandes noyées en béton exigées par l'Avis Technique du procédé « ISOTEC RT+ en ITI » pour justifier l'aptitude à l'emploi de ce procédé face aux efforts résultant de la dilatation thermique de la façade.

Moyennant le respect des prescriptions du Dossier Technique, la stabilité des ouvrages munies du rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » est assurée.

1.2 – Sécurité des intervenants

La manutention et la pose du procédé « ISOTEC RT+ Sismique » ne présentent pas de difficulté particulière.

Moyennant le respect des documents élaborés pour le présent dossier avec le respect des fiches d'autocontrôle des différentes étapes de mise en œuvre, la sécurité des intervenants peut être considérée comme normale.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Le procédé « ISOTEC RT+ Sismique » a fait l'objet d'une appréciation de laboratoire n°AL20-278 délivrée par le CSTB. Cette appréciation conclut que, au sens de l'arrêté de résistance au feu du 22 mars 2004 modifié du Ministère de l'intérieur, le procédé de rupteur de ponts thermiques « ISOTEC RT+ Sismique » destinés pour une isolation thermique par l'intérieur permet de satisfaire aux exigences de capacité portante, d'étanchéité et d'isolation thermique sous sollicitation thermique de type courbe normalisée de température-temps pour une durée de 120 minutes (REI120). Ce classement est valable pour des épaisseurs de plancher en béton variant entre 18 et 25 cm (prédalle + dalle de compression ou dalle seule) et pour des portées maximales de 6 m.

La sécurité en cas d'incendie est ainsi considérée comme satisfaisante.

1.4 – Sécurité en cas de séisme

L'utilisation du procédé « ISOTEC RT+ Sismique » dans des bâtiments nécessitant des dispositions parasismiques conformément à l'arrêté du 22 octobre 2010, est visé.

Moyennant le respect des prescriptions du Dossier Technique, la stabilité des ouvrages munies du système complet de rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » et « ISOTEC RT+ en ITI » est assurée.

2°) Faisabilité

2.1 – Production :

La fabrication du « ISOTEC RT+ Sismique » s'effectue par assemblage des éléments constitutifs (aciers, isolant, capot PVC, etc.) dans l'usine de la société PLAKABETON. NV en Belgique.

La fabrication du procédé est encadrée par un Plan d'Assurance Qualité établi par le titulaire de l'ATEX. Ce document définit la nature et fréquence des contrôles réalisés sur les matières premières ainsi que sur les produits assemblés tout au long de la chaîne de fabrication.

Dans ces conditions, la faisabilité de fabrication du procédé est avérée.

2.2 – Mise en œuvre :

La mise en œuvre fait l'objet d'un Plan d'Assurance Qualité Chantier spécifique au procédé pour s'assurer du respect des règles de mise en œuvre définies par le titulaire.

Dans ces conditions, la faisabilité de mise en œuvre du procédé est certaine.

2.3 – Assistance technique :

La société LEVIAT SAS (ex PLAKA France) met à disposition des utilisateurs du procédé « ISOTEC RT+ Sismique » ses services intégrés, technique et commercial, dédiés à chaque projet, de la phase conception à la phase d'exécution. Les conditions d'exploitation, notamment en ce qui concerne la coordination d'études, sont décrites dans le Dossier Technique.

3°) Risques de désordres

Moyennant le respect de la recommandation du §4 ci-après, les risques de désordres liés au procédé sont minimes.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3321_V3

4°) Recommandations

Il est recommandé de s'assurer, lors de la fabrication du rupteur, que l'isolant est positionné de manière à ce que ses fibres soient parallèles à la façade.

Par ailleurs, il est rappelé que :

- Le dimensionnement du rupteur « ISOTEC RT+ en ITI » sous l'effet des charges gravitaires est réalisé conformément à son Avis Technique en cours de validité, notamment :
 - o L'effort tranchant est repris exclusivement par l'armature diagonale verticale.
- Le moment fléchissant agissant, utilisé pour la vérification des rupteurs, est égal au $\max(0,15M_0 ; V_{Ed,dalle} \times e)$ où e est l'épaisseur de l'isolant ;
- Les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » ne sont pas destinés à reprendre des actions agissant verticalement. De ce fait, il est nécessaire de tenir compte de leur présence lors du dimensionnement des rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » (les performances mécaniques des rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » peuvent éventuellement être réduites car le linéaire de façade traité n'est plus le linéaire permettant de reprendre les charges gravitaires)

EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application de la recommandation ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

Conclusion FAVORABLE

- La sécurité est assurée,
- La faisabilité est avérée,
- Le risque de désordres est limité.

Champs sur Marne, le 25 janvier 2024

Le Président du Comité d'Experts,



Ménad CHENAF

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3321_V3

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Société LEVIAT SAS (ex PLAKA FRANCE)
6, Rue de Cabanis 31240 L'Union

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Procédé

L'expérimentation porte sur un rupteur de pont thermique structural désigné « ISOTEC RT+ Sismique » conçu pour l'isolation thermique par l'intérieur (ITI). Le procédé de rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » est systématiquement utilisé conjointement avec le procédé de rupteur « ISOTEC RT+ en ITI » bénéficiant d'un avis technique en cours de validité.

Le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » est constitué d'un isolant d'épaisseur 8 cm traversé par des armatures en acier inoxydable. Des peignes inox positionnés de part et d'autre de l'isolant sont utilisés pour maintenir l'espacement entre barres hautes et basses. Enfin, des capots PVC sont utilisés pour protéger l'isolant pendant la phase de mise en œuvre du rupteur.

Le rupteur, tel que défini, est utilisé de manière systématique avec le procédé de rupteur « ISOTEC RT+ en ITI », faisant objet d'un avis technique en cours de validité. Ils permettent ainsi d'assurer la continuité mécanique et du complexe isolant entre les murs de façades et les éléments de structure intérieurs (planchers)

Le procédé « RUPTEUR RT+ Sismique » est composé des modèles de rupteur suivants : (i) Modèle HI pour les liaisons façade/dalle coulée sur place, (ii) modèle HIP pour les liaisons façade – dalle à prédalles et (iii) modèle HIB pour les liaisons façade / dalle avec balcon.

Le procédé « ISOTEC RT+ Sismique » est utilisable sur des planchers en béton d'épaisseur 18 à 25 cm, coulés sur place ou de type plancher à prédalles, et murs de façade ou refend en béton (coulé sur place ou préfabriqué) d'épaisseur minimale de 16 cm.

L'utilisation du procédé dans des bâtiments nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, est autorisée.

Matériaux

Isolant : Dans le cadre de cette ATEEx, seule l'utilisation d'isolants de type laine de roche disposant d'un certificat ACERMI est autorisée.

Barres d'armatures longitudinales : Réalisées entièrement en acier inoxydable de nuance 1.4301 ou équivalent avec une résistance à la traction d'au moins 700 MPa.

Enveloppe : Des peignes inox positionnés de part et d'autre de l'isolant sont utilisés pour maintenir l'espacement entre barres hautes et basses. Des capots PVC sont utilisés pour protéger l'isolant pendant la phase de mise en œuvre du rupteur.

Fabrication

La fabrication du procédé « ISOTEC RT+ Sismique » s'effectue par assemblage des éléments constitutifs (aciers, isolant, capot PVC, etc) dans l'usine de la société PLAKABETON NV en Belgique. La fabrication du procédé est encadrée par un Plan d'Assurance Qualité établi par le titulaire de l'ATEEx.

Mise en œuvre

La mise en œuvre fait l'objet d'un Plan d'Assurance Qualité Chantier spécifique au procédé pour s'assurer du respect des règles de mise en œuvre définies par le titulaire.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEEx 3321_V3 et dans le cahier de charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE

Ce document comporte 41 pages.

***Procédé de rupteur de pont thermique en ITI
ISOTEC RT+ Sismique***

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

Datée du 09 avril 2024

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 3321_V3

Fin du rapport

Dossier Technique

ATEX cas A

Version du 09 avril 2024

Sur le procédé

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

Titulaire : Société LEVIAT SAS (PLAKA France)

Famille de produits/Procédé : Rupteurs de ponts thermiques structurels en Isolation Thermique Intérieure (ITI)

1.	Dossier Technique.....	4
1.1.	Données commerciales.....	4
1.1.1.	Coordonnées.....	4
1.2.	Description.....	4
1.2.1.	Principe.....	4
1.3.	Domaine d'emploi.....	6
1.3.1.	Type d'ouvrage.....	6
1.3.2.	Types de planchers.....	7
1.3.3.	Types de murs.....	7
1.4.	Eléments et matériaux.....	7
1.4.1.	Acier Inoxydable (Suivant NF EN 10088-1 et 10088-3).....	7
1.4.2.	Isolant.....	7
1.4.3.	Profilé PVC.....	7
1.4.4.	Peignes en acier inoxydable.....	7
1.4.5.	Béton.....	7
1.5.	Fabrication et contrôle.....	8
1.6.	Identification du produit.....	9
1.7.	Coordination des études.....	10
1.8.	Règles de conception.....	10
1.8.1.	Forces agissantes.....	11
1.8.2.	Exigences de comportement applicables au rupteur « ISOTEC RT+ Sismique ».....	12
1.8.3.	Résistance des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique ».....	12
1.8.4.	Présentation des méthodes de dimensionnement des rupteurs.....	13
1.8.5.	Dimensionnement vis-à-vis des sollicitations thermomécaniques.....	14
1.8.6.	Combinaisons de charges.....	15
1.8.7.	Sécurité incendie.....	15
1.8.8.	Thermique.....	15
1.8.9.	Disposition constructive et ferrailage minimum.....	16
1.8.10.	Etanchéité.....	16
1.9.	Etanchéité des toitures-terrasses et balcons.....	16
1.9.1.	Domaine d'emploi.....	16
1.9.2.	Compatibilité.....	16
1.9.3.	Prescriptions de mise en œuvre.....	16
1.10.	Mise en œuvre.....	18
1.11.	Résultats expérimentaux et études analytiques.....	20
1.11.1.	Mécanique.....	20
1.11.2.	Feu.....	20
1.11.3.	Acoustique.....	20
1.11.4.	Thermique.....	20
1.12.	Références.....	20
1.12.1.	Données environnementales.....	20
1.13.	Annexes du Dossier Technique.....	21
	ANNEXE 1 Données techniques sur le module « ISOTEC RT+ Sismique » HI.....	21
	ANNEXE 2 Données techniques sur le module « ISOTEC RT+ Sismique » HIP.....	22
	ANNEXE 3 Données techniques sur le module ISOTEC RT+ sismique HIB.....	23
	ANNEXE 4 Résistance des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique ».....	25
	ANNEXE 5 Données techniques sur les rupteurs ISOTEC RT+ classiques.....	27
	ANNEXE 6 Dimensionnement vis-à-vis des sollicitations thermomécaniques.....	28
	ANNEXE 7 Exemple de dimensionnement des modules ISOTEC RT+ sismiques.....	30
	ANNEXE 8 Calcul des ponts thermiques.....	37

ANNEXE 9 Détails des toitures-terrasses	39
ANNEXE 10 Détails de mise en œuvre des ouvrages de plâtrerie	40

1. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

1.1. Données commerciales

1.1.1. Coordonnées

Titulaire(s) :

Société LEVIAT SAS

6, Rue de Cabanis

FR 31240 l'Union

Toulouse, France

Tél. : 05 34 25 54 82

Email : info.fr@leviat.com

Internet : <https://www.plaka-solutions.com>

1.2. Description

1.2.1. Principe

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

Ils sont en même temps capables de transmettre les sollicitations sismiques, à travers l'isolant thermique par l'intermédiaire d'armatures réalisées en acier inoxydable.

Les différents modèles de la gamme sismique visés sont les suivants :

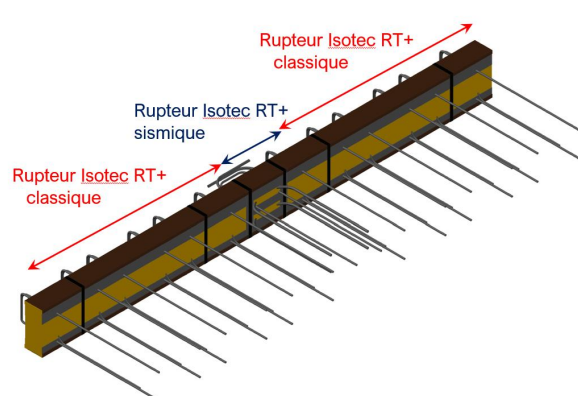
- **Modèle HI** : pour les liaisons dalle-façade
- **Modèle HIP** : pour les liaisons dalle-façade dans le cas de planchers à prédalles
- **Modèle HIB** : pour les liaisons de dalle-balcons

Le procédé « ISOTEC RT+ Sismique » en ITI ne peut être utilisé que dans le cadre d'une isolation thermique par l'intérieur du bâtiment.

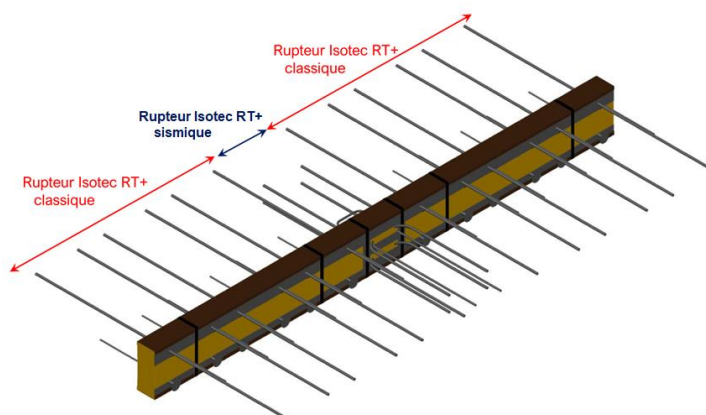
Les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » sont tenus d'assurer, en plus de la continuité de l'isolation, la liaison mécanique entre les éléments concernés dans la limite de leur capacité. Cette liaison est assurée en fonction des modèles par des armatures traversant le corps isolant et ancrées de part et d'autre dans les éléments béton. Afin d'éviter leur corrosion les parties d'armatures traversant l'isolant sont en acier inoxydable.

Les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » sont à combiner systématiquement avec les rupteurs de la gamme de rupteurs ISOTEC RT+ en ITI dite « classique », faisant l'objet d'un avis technique en cours de validité.

Les modèles HI, HIP et HIB reprennent exclusivement les efforts horizontaux dans la direction tangentielle ($V_{Ed,Y}$) et dans la direction normale au plan de la façade ($N_{Ed,X}$). Bien que leur utilisation principale concerne la résistance aux séismes, ils peuvent également servir à la reprise des sollicitations thermiques en remplacement de brides de protection en béton armé.



Liaison façade - plancher



Liaison balcon - plancher

1.2.1.1. Module HI

(H : transfert de l'effort horizontal / 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 et de diagonales permettant le transfert des charges à la façade. 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 du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » de type HI.

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 à l'annexe 9 du Dossier Technique.

Les performances mécaniques et thermiques des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » de la gamme HI sont données aux annexes 1 et 8 du Dossier Technique.

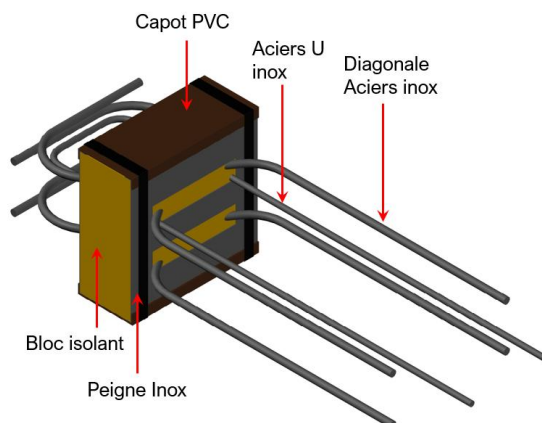


Figure 1 : Rupteur ISOTEC RT+ sismique - modèle HI (Voir Annexe 1)

1.2.1.2. Module HIP

(H : transfert de l'effort horizontal / I : isolation intérieure/ P : prédalle)

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 et de diagonales permettant le transfert des charges à la façade. 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 du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » de type HIP.

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 à l'annexe 9 du Dossier Technique.

Les performances mécaniques et thermiques des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » de la gamme HIP sont données aux annexes 2 et 8 du Dossier Technique.

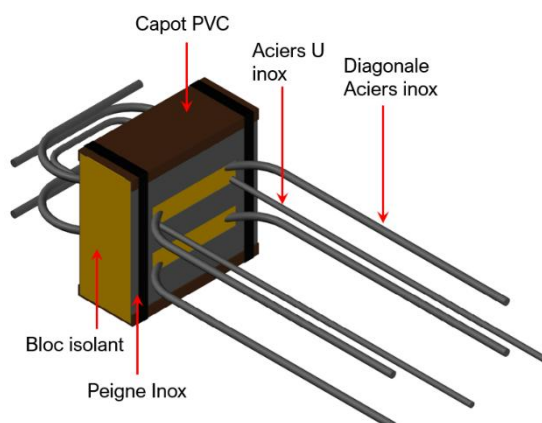


Figure 2 Rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » - modèle HIP (Voir Annexe 2).

1.2.1.3. Module HIB

(H : transfert de l'effort horizontal / I : isolation intérieure / B : pour les liaisons balcon)

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'étriers et de diagonales permettant le transfert des charges à la façade. 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 d'exécution en tenant compte des efforts à transmettre et viennent en recouvrement des aciers du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » de type HIB.

Les performances mécaniques et thermiques des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » de la gamme HIB sont données aux annexes 3 et 8 du Dossier Technique.

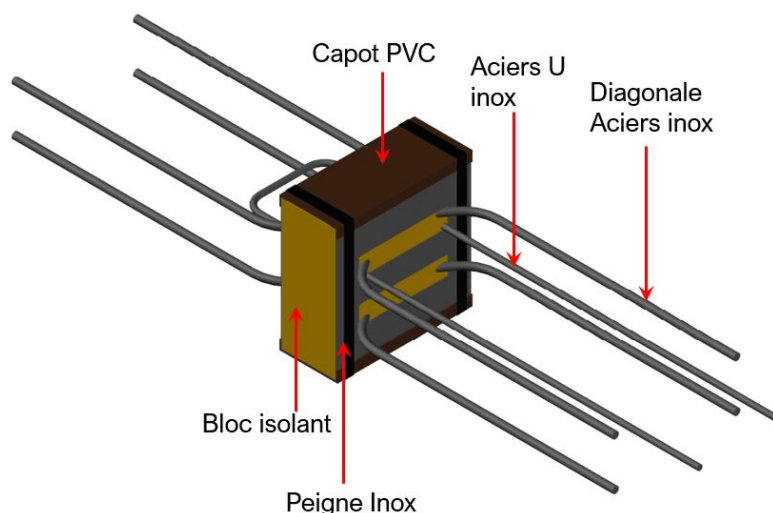


Figure 3 Rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » - modèle HIB (Voir Annexe 3)

1.3. Domaine d'emploi

Le présent Avis technique expérimental est à utiliser uniquement dans le cas où le bâtiment nécessite des dispositions parasismiques, ou lorsqu'il est prévu de remplacer les brides de protection en béton armé pour la reprise des sollicitations thermiques.

Il ne vise que les rupteurs munis d'un isolant en laine minérale de 80mm d'épaisseur, lorsqu'ils sont utilisés en isolation thermique par l'intérieur (ITI).

L'utilisation du système de rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » avec un autre système de rupteurs que les ISOTEC RT+ de la gamme dite « classique », n'est pas visée par la présente Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX).

L'utilisation n'est valable que pour les applications respectant les prescriptions de l'avis technique des rupteurs thermiques ISOTEC RT+ en isolation thermique par l'intérieur (ITI).

1.3.1. Type d'ouvrage

Le procédé ISOTEC RT+ sismique est utilisable sur des structures dans toutes zones de sismicité de France métropolitaine, pour toutes catégories d'ouvrages et toutes classes de ductilité : limitée (DCL), moyenne (DCM) et haute (DCH). Pour les ouvrages nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 Octobre 2010 modifié, les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » peuvent reprendre directement les efforts sismiques dans la limite des capacités définies en annexe.

De manière conservatrice, on considère que ces rupteurs ne sont pas des dispositifs dissipatifs. A ce titre, leur dimensionnement doit intégrer un coefficient de sur-résistance applicable aux diaphragmes γ_d d'après le paragraphe 4.4.2.5 de l'EC8-1. En raison du caractère ductile du mode de rupture observé lors des essais, une valeur $\gamma_d = 1.10$ est adoptée.

Le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » est utilisable sur des structures participant au contreventement des ouvrages, pour la reprise des efforts de vent au sens de la NF EN 1991.

Pour les ouvrages munis des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » respectant et appliquant les dispositions de l'Avis Technique du procédé ISOTEC RT+ en ITI en cours de validité, il n'est pas nécessaire de vérifier les efforts dus à la dilatation thermique des façades. Les brides en béton armées de cet ATEC peuvent être remplacées par les modules sismiques visés par le présent ATEX pour reprendre les efforts dus à la dilatation thermique.

L'application est limitée aux bâtiments non classés IGH.

1.3.2. Types de planchers

Les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » peuvent être utilisés pour une épaisseur de dalle comprise entre 18 et 25 cm en association avec les types de plancher suivants :

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

1.3.3. Types de murs

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

- Murs en béton armé coulés en place ;
- Murs à coffrage intégré ;
- Murs en béton plein préfabriqués.

1.4. Eléments et matériaux

Les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » sont des éléments complets et rigides d'une longueur de 20 cm, montés en atelier, composés des éléments suivants :

- Des armatures HA en acier inoxydable, de longueurs et sections variables
- 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.

1.4.1. 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 :

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

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

1.4.2. Isolant

L'isolant composant le corps du rupteur est en laine de roche d'épaisseur 80 mm et est conforme à la norme NF EN 13162+A1. Cet isolant est marqué CE, possède une DoP et bénéficie d'un certificat ACERMI dont les caractéristiques sont :

- Conductivité thermique utile $\lambda_{certifiée} = 0,038 \text{ W/m.K}$.
- 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 $\geq 120 \text{ kg/m}^3$
- Résistance à la compression : CS (10/Y) 30
- (1) Stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées : DS70 °C/90 % HR

1.4.3. Profilé PVC

Il sert à rigidifier l'ensemble et 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.

1.4.4. 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 minimum 5 mm entre le bord et le nu du percement du peigne.

1.4.5. 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+A2/CN.

1.5.Fabrication et contrôle

La fabrication du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » est exclusivement réalisée par la société PLAKABETON NV en Belgique.

Lors de l'approvisionnement des matériaux, un élément par 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 acier inoxydable : 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 la quantité, la position et le diamètre des 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, provenant d'un fournisseur externe, sont coupés à dimension, et positionnés en partie haute et basse de l'isolant, puis maintenus par des sangles en polypropylène.

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, un contrôle visuel de conformité à la commande est réalisé.

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 percement 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. Un contrôle final de la commande est réalisé au moment de l'emballage.

Chaque élément « ISOTEC RT+ Sismique » 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+ Sismique » sortant de l'usine de production, sont palettisés et entièrement recouverts d'une housse plastique thermo-rétractable les mettant à l'abri des intempéries. Ils sont stockés à l'extérieur et transportés jusqu'au chantier. 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.

1.6. Identification du produit

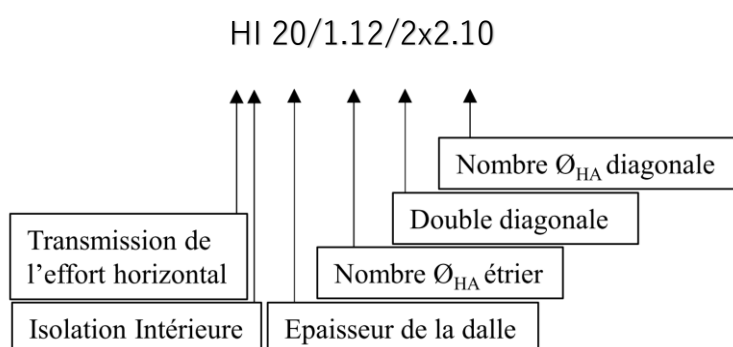
A la fabrication en usine, une étiquette est collée sur le profil pvc recouvrant l'isolant, informant le client du sens de pose. Une autre étiquette ligaturée aux armatures indique le nom du client, la référence de chantier et la dénomination du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique ».

La dénomination des rupteurs pour les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » HI, HIP et HIB permet de connaître :

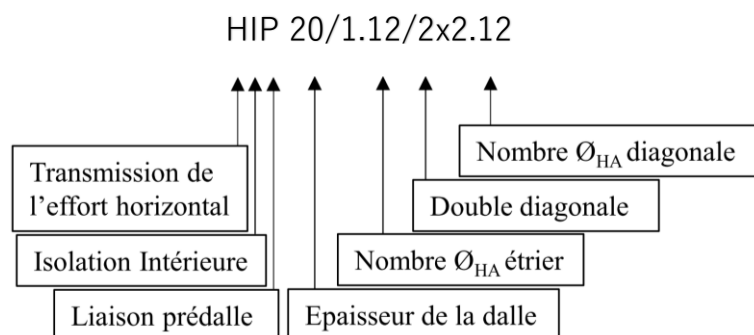
- 1 - le type d'effort principal transmis – H pour l'effort horizontal
- 2 - le type d'isolation – I pour intérieure
- 3 - le type de liaison particulière – B : balcon – P : prédalle
- 4 - la combinaison d'aciers – nombre d'étriers, nombre de barres diagonales et leurs diamètres

Principe de dénomination :

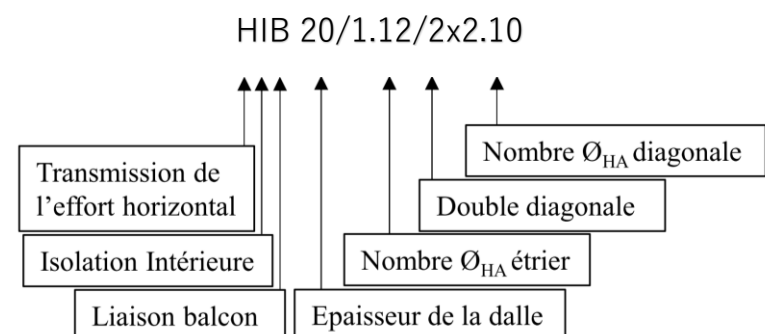
Pour le module HI :



Pour le Module HIP :



Pour le Module HIB :



1.7. Coordination des études

Pour tout ouvrage en situation sismique devant faire l'objet de justifications selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, l'utilisation des rupteurs « Isotec RT+ Sismique » en ITI doit respecter les prescriptions indiquées au paragraphe 1.8 et les annexes du présent Avis.

Le BET Structure de l'opération détermine les efforts agissants dans les rupteurs et dans la structure et en vérifie la conformité en intégrant les prescriptions suivantes :

- Adoption de la Méthode A ; par prise en compte de l'interaction entre effort normal et effort tangentiel,
- Alternativement, adoption de la Méthode B par approche simplifiée ; sans prise en compte de l'interaction entre effort normal et effort tangentiel.

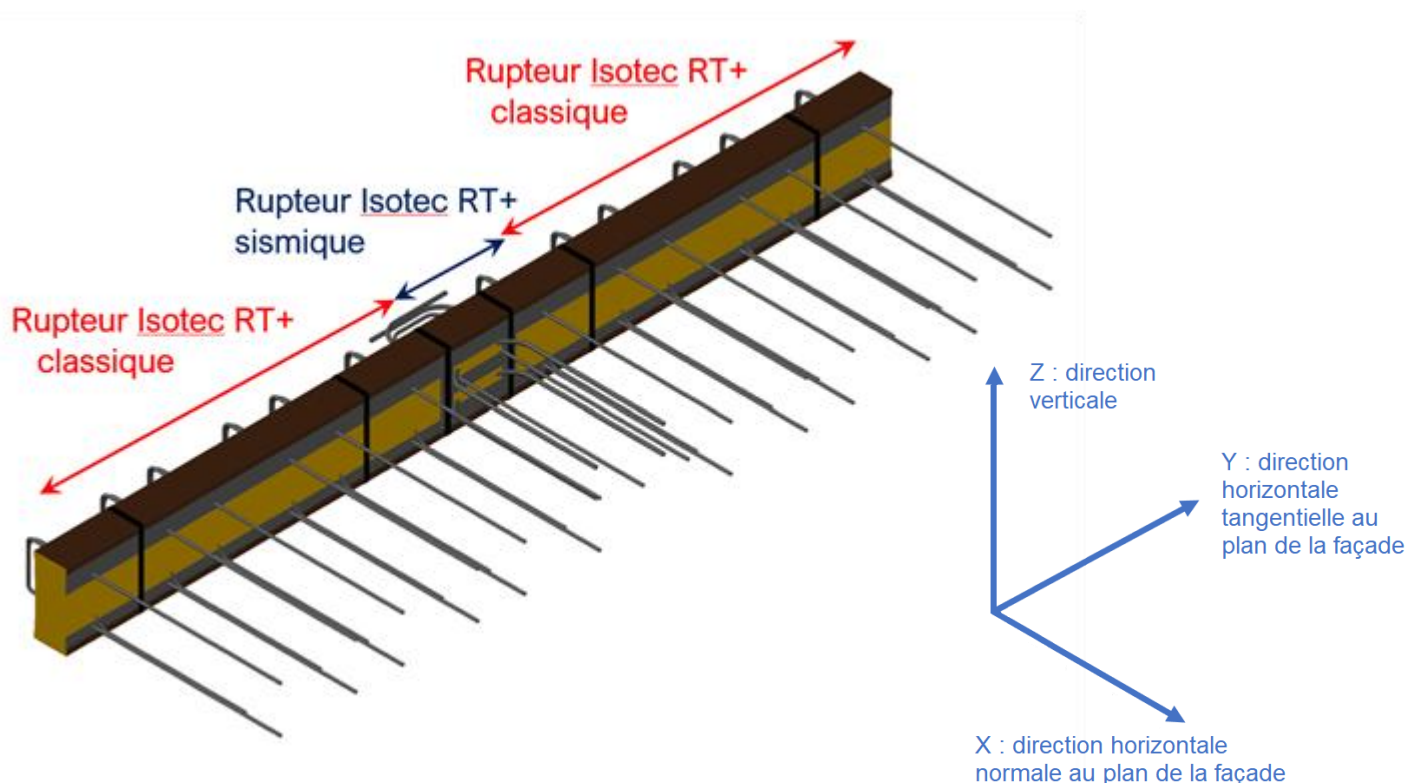
De la même manière :

- Le service technique de LEVIAT 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 BET structure du projet.
- Le plan d'exécution avec l'intégration des rupteurs est réalisé par le bureau d'étude structure de l'opération. Il doit intégrer dans sa synthèse de coffrage/ferraillage le calepinage, les dispositions de ferraillage ainsi que les points singuliers issus du plan de pose établi par le service étude du titulaire.
- 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 Service Commercial propose systématiquement une assistance à la première mise en œuvre sur site des rupteurs thermiques.

1.8. Règles de conception

Même si l'objet du présent ATEX porte uniquement sur les modules sismiques, les efforts définis par le BET d'exécution seront repris par une combinaison de rupteurs dits « classiques » et de rupteurs sismiques. Ce paragraphe présente l'ensemble des charges à considérer à la liaison, en précisant le rôle des rupteurs classiques et des rupteurs sismiques dans la reprise des combinaisons de charges appliquées. Le dimensionnement structurel est effectué sur la base des efforts à reprendre calculés par le BET d'exécution.

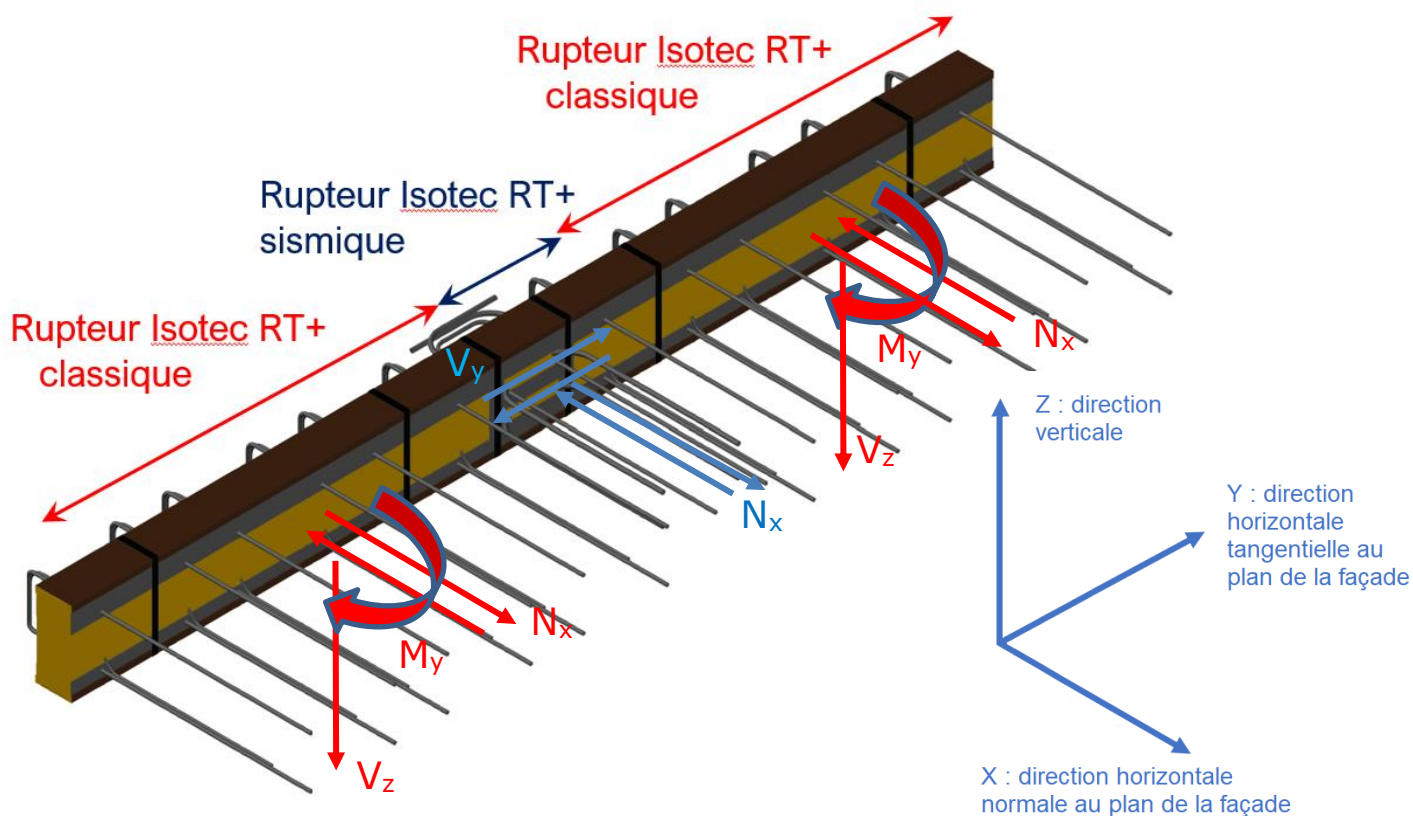
Il convient de vérifier que les efforts agissants ($V_{Ed,Y,S}$ et $N_{Ed,X,S}$), sont inférieurs aux efforts admissibles des rupteurs sismiques concernés ($V_{Rd,Y}$ et $N_{Rd,X}$). Le BET d'exécution détermine les efforts aux nœuds plancher/façade, sélectionne les modules « ISOTEC RT+ Sismique » et vérifie leur compatibilité sur la base des éléments ci-après.



1.8.1. Forces agissantes

On y trouvera notamment :

Type d'effort	Rupteur résistant
• 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 résistance des matériaux. Le moment est pris égal au moment en travée de la dalle multiplié par un facteur de 0,15 pour une dalle sans balcon.	Rupteurs ISOTEC RT+ classiques
• Les efforts de vent : ces efforts sont appliqués perpendiculairement à la façade et sont transmis à la structure par l'intermédiaire des rupteurs sismiques et rupteurs classiques sous forme d'effort de traction/compression ($N_{Ed,w,x}$) et de cisaillement horizontal ($V_{Ed,w,y}$).E	Rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique »
• Les sollicitations sismiques : l'arrêté du 22 octobre 2010 impose des vérifications sur ces efforts accidentels. Les sollicitations sismiques induisent des efforts horizontaux tangentiels à la façade ($V_{Ed,s,y}$) et des efforts horizontaux normaux à la façade ($N_{Ed,s,x}$). Étant donné le domaine d'emploi défini dans ce document, la vérification sous action sismique verticale n'est pas à considérer.	<u>Efforts horizontaux tangentiels à la façade :</u> Rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique ». <u>Efforts horizontaux normaux à la façade :</u> Rupteurs ISOTEC RT+ classiques et rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique ».
• Les sollicitations thermiques relatives à la dilatation de la façade par rapport au plancher. Ceci nécessite de maîtriser les déplacements relatifs ainsi que les fissurations de façade engendrées par son blocage ponctuel.	Remplacement des brides béton armé par les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique ».
• La robustesse (par exemple défaillance d'un élément porteur) et les efforts de vent accidentels et localisés de 600 Kg/m² appliqués à la façade. Les capacités résistantes des différents produits de la gamme et les dispositions constructives proposées en annexe prennent en compte les situations accidentelles de robustesse et de vent accidentel localisé. Pour le domaine d'emploi défini dans le présent avis technique ces situations accidentelles ne sont donc pas à justifier.	



1.8.2. Exigences de comportement applicables au rupteur « ISOTEC RT+ Sismique »

Les exigences de comportement du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » vis-à-vis de la sollicitation thermique sont les suivantes en situation ELS FREQ (état limite de service réversible) :

- Non plastification des barres du rupteur
- Limitation du déplacement transversal des rupteurs ISOTEC RT+ classiques afin de garantir leur non-plastification

Les exigences de comportement du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » vis-à-vis de la sollicitation sismique (ELUA) et de vent (ELU) sont les suivantes :

- Résistance des barres du rupteur

1.8.3. Résistance des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique »

On propose deux méthodes de dimensionnement des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » :

- Méthode A : Prise en compte de l'interaction entre efforts normal et tangentiel
- Méthode B : Approche simplifiée sans prise en compte de l'interaction entre efforts normal et tangentiel

Pour savoir quelle méthode utiliser se référer aux diagrammes d'interactions en Annexe 4.

1.8.3.1. Méthode A : Prise en compte de l'interaction

La vérification d'un rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » doit être effectuée en contrôlant les deux inégalités suivantes :

$$\frac{N_{Rd}}{N_{Ed,X,nor} + V_{Ed,Y,tan} \times \tan \theta} \geq 1$$

$$\frac{V_{Rd}}{V_{Ed,Y,H,tan}} \geq 1$$

Avec :

θ : l'angle des barres diagonales ($\theta = 35^\circ$)

$N_{Rd} = 2 \times \min(N_{b,Rd,\emptyset 12}, T_{t,Rd,\emptyset 12}) = 2 \times 49 = 98 \text{ kN/module}$ L'effort maximal dans le U

$N_{Ed,X,H,nor}$ L'effort sollicitant dans le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » dans la direction horizontale normale à la façade

$V_{Ed,Y,H,tan}$ L'effort sollicitant dans le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » dans la direction horizontale tangentielle à la façade

$V_{Rd} = \min(T_{t,Rd,diag}; N_{b,Rd,diag}) \times \cos \theta \times 4 = \begin{cases} 36 \text{ kN/module avec diagonales } \emptyset 6 \\ 68 \text{ kN/module avec diagonales } \emptyset 8 \\ 111 \text{ kN/module avec diagonales } \emptyset 10 \\ 161 \text{ kN/module avec diagonales } \emptyset 12 \end{cases}$ L'effort maximal dans les diagonales

1.8.3.2. Méthode B : Approche simplifiée

La vérification simplifiée d'un rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » peut être effectuée en contrôlant les deux inégalités suivantes :

$$\frac{N_{Rd}}{2 \times N_{Ed,X,H,nor}} \geq 1$$

$$\min\left(\frac{N_{Rd}}{2 \times \tan \theta}; V_{Rd}\right) \times \frac{1}{V_{Ed,Y,H,tan}} \geq 1$$

Avec :

θ l'angle des barres diagonales ($\theta = 35^\circ$)

$N_{Rd} = 2 \times \min(N_{b,Rd,\emptyset 12}, T_{t,Rd,\emptyset 12}) = 2 \times 49 = 98 \text{ kN/module}$ L'effort maximal dans le U

$V_{Rd} = \min(T_{t,Rd,diag}; N_{b,Rd,diag}) \times \cos \theta \times 4 = \begin{cases} 36 \text{ kN/module avec diagonales } \emptyset 6 \\ 68 \text{ kN/module avec diagonales } \emptyset 8 \\ 111 \text{ kN/module avec diagonales } \emptyset 10 \\ 161 \text{ kN/module avec diagonales } \emptyset 12 \end{cases}$ L'effort maximal dans les diagonales

$V_{Ed,X,H,nor}$ L'effort sollicitant dans le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » dans la direction horizontale normale à la façade

$V_{Ed,Y,H,tan}$ L'effort sollicitant dans le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » dans la direction horizontale tangentielle à la façade

1.8.4. Présentation des méthodes de dimensionnement des rupteurs

Pour les efforts horizontaux de vent et de séisme, le dimensionnement des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » vis-à-vis des efforts horizontaux est effectué en déterminant le nombre de rupteurs à disposer en divisant les efforts à l'interface entre plancher et façade par la résistance de dimensionnement d'un rupteur.

Les efforts sismiques entre le plancher et la façade dans les rupteurs peuvent être obtenus à l'aide d'une des méthodes suivantes :

1. Calcul aux éléments finis sans modélisation explicite des rupteurs (liaison rigide du plancher aux façades)
2. Calcul aux éléments finis avec modélisation explicite des rupteurs. Dans cette approche, l'effort dimensionnant est déterminé par des coupures et le nombre de rupteurs à disposer est déterminé par division de l'effort sollicitant par la capacité (Voir en Annexe 4)

1.8.4.1. Détermination de la sollicitation sismique dans les rupteurs à l'aide d'un calcul aux éléments finis sans modélisation des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique »

La liaison rigide (en béton armé) entre plancher et façade dans un modèle aux éléments finis entraîne une surestimation des efforts dimensionnant les rupteurs, ce qui est sécuritaire et a été démontré par l'étude – N001 A794 LEVIAT, référencée au § 1.11.1.

- ➔ Le dimensionnement des rupteurs est donc effectué à l'aide des efforts issus des coupures réalisées dans les planchers en béton armé à l'emplacement des rupteurs (proches de la façade)
- ➔ La présente approche simplifiée sous-estime les efforts repris par les éléments de contreventement qui ne font pas l'objet d'une dissociation par les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique ». Il convient donc de majorer les efforts dans ces éléments suivant la méthode présentée.

1.8.4.2. Méthode de calcul simplifiée

L'application de la méthode simplifiée requiert donc le calcul pour chaque niveau et chaque direction de séisme des termes suivants :

- Rigidité des éléments de structure dissociés par rupteurs dans la direction du séisme. De manière conservative pour le dimensionnement des contreventements non dissociés par les rupteurs, on néglige les ouvertures dans les voiles de façade
- Rigidité des éléments de structure non dissociés par rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » dans la direction du séisme.

Cette méthode peut être appliquée aux bâtiments qui présentent les critères suivants :

- Admissibilité d'une analyse par force latérale d'après l'EC8, c'est-à-dire :
 - Régularité en élévation d'après le §4.2.3 de l'EC8
 - Limitation de la période propre dans chaque direction d'après le §4.3.3.2.1 (2) de l'EC8
- Système de mur ou système à noyau d'après le §5.1.2 de l'EC8.
- La rigidité des murs de contreventement non dissociés par rupteurs ne doit pas être inférieure à 50 % de la rigidité des murs de contreventement dissociés par rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique ».

Le coefficient de majoration à appliquer aux efforts des contreventements sans rupteurs est présenté dans le tableau ci-dessous :

Rapport de rigidité $\frac{K_{\text{murs sans rupteurs}}}{K_{\text{murs avec rupteurs}}}$ dans la direction étudiée (Plan « // » ou hors plan « ⊥ » à la façade selon l'axe X ou Y)	Coefficient de majoration des efforts dans les contreventements sans rupteur
Entre 0.5 et 1	3.0
Entre 1 et 5	2.0
Supérieur à 5	1.2

Coefficient de majoration des efforts dans les contreventements sans rupteurs en fonction du rapport de rigidité entre murs sans et avec rupteurs dans la direction étudiée concernée ((Plan « // » ou hors plan « ⊥ » à la façade selon l'axe X ou Y)).

Nota : Tableau valable uniquement avec cet ATEX, basé sur les essais et études pour la gamme ISOTEC et la conception des rupteurs RT+ classiques et rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique ».

1.8.5. Dimensionnement vis-à-vis des sollicitations thermomécaniques

Les sollicitations thermiques sont reprises par les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique », qui remplacent dans ce cas les brides en béton armé décrites dans l'Avis Technique relatif aux rupteurs Isotec RT+ classiques. Cette disposition n'est pas limitée à l'emploi en zone sismique, elle est établie sur la base du modèle en Annexe 6 et des essais et études de cet ATEX.

1.8.6. Combinaisons de charges

Le BET d'exécution réalise les combinaisons d'actions suivant la NF EN 1990 et son annexe nationale et mène les vérifications définies ci-après

1.8.8.1. Vérifications ELU et ELUA

Il convient de vérifier l'aptitude d'emploi des rupteurs aux états limites ultimes et aux états limites ultimes accidentels sous actions combinées.

Pour les planchers et balcons :

(NF EN 1990 et son annexe nationale). La vérification des capacités des rupteurs ISOTEC RT+ consiste à comparer les efforts agissants $V_{Ed,Y}$ et $N_{Ed,X}$ avec la capacité résistante des rupteurs ISOTEC RT+ :

$V_{Ed,Y}$ Effort tangentiel sismique (// à la façade), à comparer à $V_{Rd,Y}$ effort tangentiel résistant des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique »

$N_{Ed,w,X}$ Effort horizontal de vent, normaux à la façade, à comparer à $N_{Rd,X}$ effort normal résistant des rupteurs ISOTEC RT+ classiques et des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique »

$N_{Ed,s,X}$ Effort horizontal sismique, normaux à la façade, à comparer à $N_{Rd,X}$ effort normal résistant des rupteurs ISOTEC RT+ classiques et des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique »

1.8.8.2. Vérifications ELS

L'intégration dans un ouvrage de systèmes de traitements de ponts thermiques en isolation thermique par l'intérieur impose la vérification des effets de dilatation thermique des façades aux états limites de service sous actions combinées (NF EN 1990 et son annexe nationale), pour lesquels il convient d'assurer la non-plastification des éléments structuraux. Les dispositions constructives décrites dans l'avis technique des rupteurs « ISOTEC RT+ en ITI » pour justifier les effets de dilatation doivent être respectées. La méthode de dimensionnement vis-à-vis des sollicitations thermomécaniques basée sur le modèle développé pour la gamme ISOTEC RT+ permet de remplacer les brides par des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » (voir ANNEXE 6).

1.8.7. Sécurité incendie

1.8.7.1. Réaction au feu

L'isolant en laine roche, d'épaisseur 8 cm, est classé A1.

1.8.7.2. Résistance au feu

Les rupteurs ISOTEC RT+ sismiques font l'objet de l'appréciation de laboratoire N° AL 20-278, dont la conclusion figure dans le tableau ci-dessous :

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

Module	Appréciation Laboratoire	Equivalence de classement
HI, HIP, HIB	AL 20-278	REI 120

* Le classement revendiqué du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » est défini par le classement minimal justifié pour les éléments de structure (murs, planchers) à l'interface desquels il est incorporé, soit 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 supérieure ou égale à 180 mm,

La tenue au feu des murs de façade sur lesquels les rupteurs prennent appui doit avoir été justifiée par calcul suivant le règlement en vigueur au moment de l'étude.

1.8.8. Thermique

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

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 8 du Dossier Technique. Les valeurs des coefficients de transmission linéique ne sont valables qu'à condition de respecter les limites de validité 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.

1.8.9. 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.

Les armatures dans les éléments béton, autres que celles 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+A2/CN. Pour les aciers inox du rupteur, l'enrobage nominal minimum sera de 25 mm. Lors de la présence de prédalles la distance entre le nu supérieur de la prédalle et le bas de l'armature inox du rupteur devra être de 10 mm minimum.

Les aciers en U devront respecter la longueur de recouvrement selon l'EC2 et son annexe nationale (voir Annexe 1 à 3)

Les aciers en diagonale de l'ensemble des rupteurs 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

Dans le cas de prédalles, des suspentes de prédalles doivent être calculées et prévues par le BET d'exécution.

1.8.10. Etanchéité

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

Se reporter au §1.9 pour l'ensemble des détails dans le cas d'une nécessité d'étanchéité.

1.9. Etanchéité des toitures-terrasses et balcons

1.9.1. Domaine d'emploi

La mise en œuvre et le domaine d'emploi du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » 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.

1.9.2. Compatibilité

L'isolant du rupteur est en laine de roche et aucun élément de protection à la flamme n'est présent.

La compatibilité de la gamme « ISOTEC RT + Sismique » 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) Modules HI, HIP et HIB
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. figures de l'annexe 9). 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.

1.9.3. Prescriptions de mise en œuvre

1.9.3.1. 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.

1.9.3.2. Enduit d'imprégnation à froid

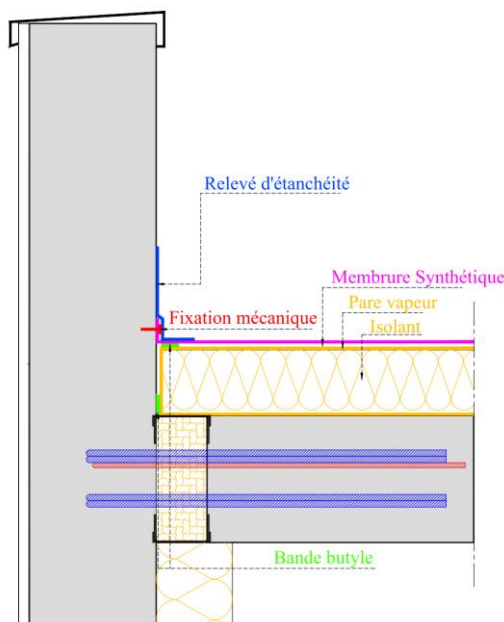
Lorsqu'il est nécessaire d'appliquer sur le support un Enduit d'Imprégnation à Froid, ce dernier est mis en œuvre en partie courante de la toiture sans recouvrir le rupteur thermique. Dans le cas d'Enduit d'Imprégnation à Froid contenant des solvants, les boîtiers en PVC des rupteurs doivent être protégés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

1.9.3.3. 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.

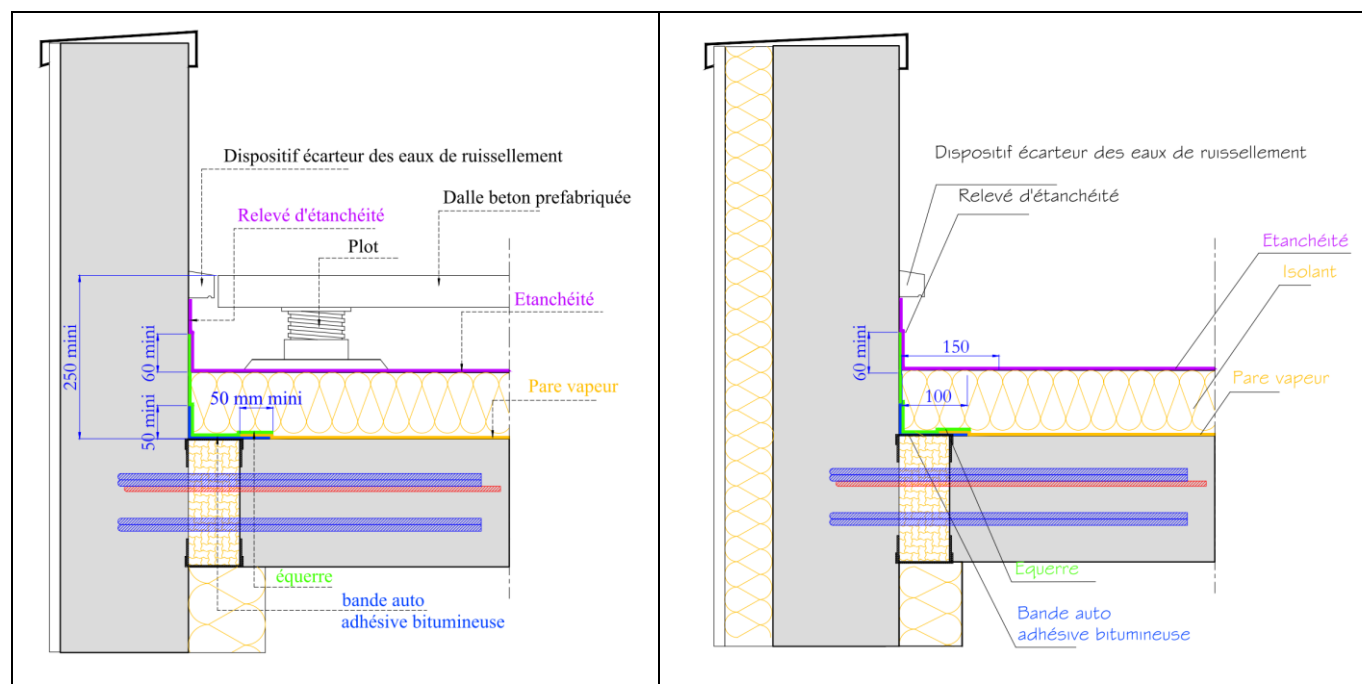
1.9.3.4. Fixation mécanique en périphérie de toiture

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.



1.9.3.5. 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.



1.9.3.6. 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.

1.9.3.7. Réservation

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 16 de l'annexe 9).

1.10. Mise en œuvre

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

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

Le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » est inséré en complément des rupteurs ISOTEC RT+ classiques.

Ci-dessous les différentes étapes pour la mise en œuvre du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » :

- Le mur (préfa, coulé en place, MCI,) 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 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.
- Mise en place du coffrage étayé de la dalle ou de la prédalle
- Les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » sont posés sur le coffrage de plancher étayé, de sorte que leur isolant soit positionné contre la face intérieur du mur de façade, dans le prolongement du futur doublage intérieur.
- Mise en place des aciers de la dalle et des aciers complémentaires. S'assurer que les armatures verticales (ex : épingles, chainages, aciers verticaux...) en attente de la structure (voiles, poutres,...) passent à l'intérieur des boucles du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique ». Les aciers complémentaires correspondent aux filants au minimum en HA10 placés dans la boucle de l'acier des rupteurs ISOTEC RT+ classiques. Des ligatures sont positionnées entre les aciers du rupteur et les aciers de la dalle. Afin d'assurer une continuité 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.
- Coulage du béton et séchage, puis retrait du coffrage.

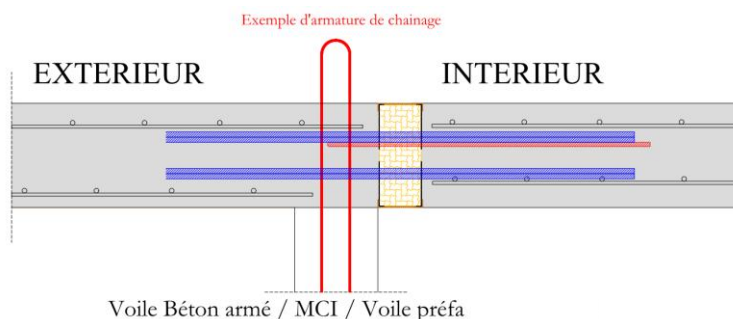


Figure 4 : Coupe type du rupteur ISOTEC RT+ sismique - liaison dalle-balcon (HIB)

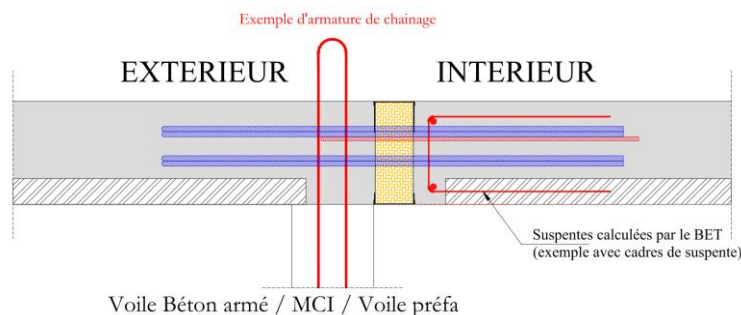


Figure 5 : Coupe type du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » - liaison prédalle décalée balcon (HIB)

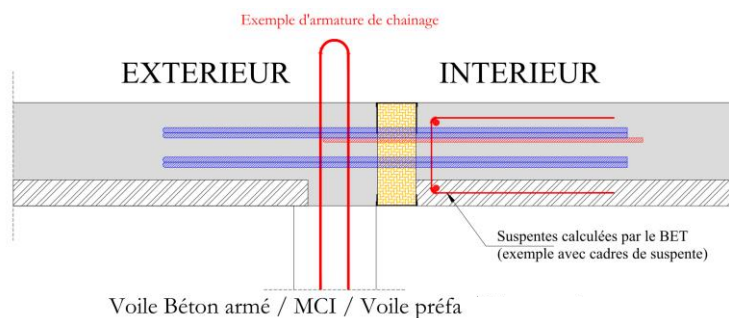


Figure 6 : Coupe type du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » - liaison prédalle balcon (HIB)

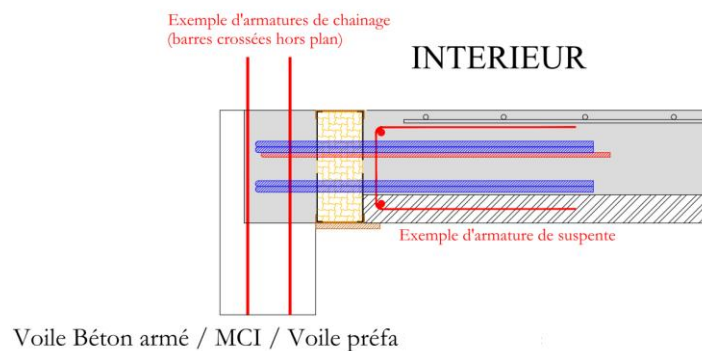


Figure 7 : Coupe type du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » - liaison prédalle-façade (HIP)

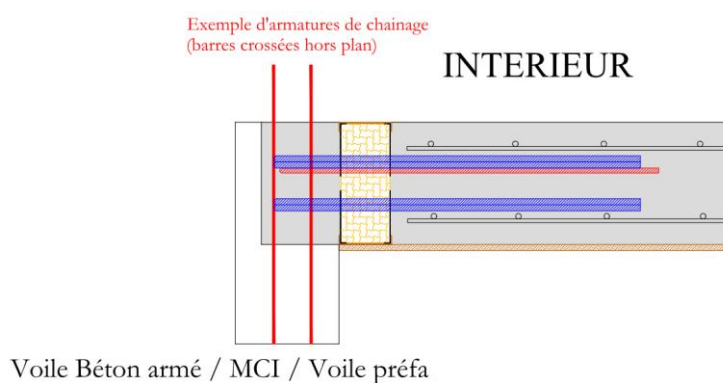


Figure 8 : Coupe type du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » - liaison dalle coulée en place-façade (HI)

1.11. Résultats expérimentaux et études analytiques

1.11.1. 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.
- Rapport n° EEM 21-0735, Essai de chargement alterné en effort normal compression/traction sur modèle de rupteur de type HI 20/1.8/2x2.10
- Rapport n° EEM 21-0735, Essai de chargement alterné en effort de cisaillement horizontal combiné avec un cisaillement vertical constant rupteur de type HI 20/1.8/2x2.10
- Étude – Modélisation du comportement thermomécanique de deux bâtiments complexes (R+4 et R+9) en béton armé équipés de rupteurs thermiques – 05.2017 + rapport complémentaire – 07.2017
- RAPPORT_AFF_20.026_et_20-026-bis-PLAKA France-B-RAKOTOMALALA-F-LAHLOU Calcul des coefficients de ponts thermiques pour les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique »
- APPRÉCIATION DE LABORATOIRE N°AL20-278 de résistance au feu des rupteurs de ponts thermiques « ISOTEC RT+ Sismique » en Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI)
- Etude – N001 A794 LEVIAT Etude de sensibilité et modélisation pour un bâtiment R+3 avec intégration des rupteurs sismiques
- Etude – N003 A794_indC LEVIAT Note d'étude du procédé de rupteur parasismique

1.11.2. Feu

Rapport d'essai	Configuration testée	Appréciation de laboratoire associée**	Equivalent de classement feu
• RS05-063A, CSTB, 2005 • RS05-063B, CSTB, 2006	• Rupteur VI, plancher béton armé et mur maçonnerie blocs béton d'une part, mur béton d'autre part	• 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 • AL20-278 Extension à toute la gamme visée HI/HIP/HIB	REI 120*
• RS10-013, CSTB, 2010	• Rupteur VIP, plancher prédalle précontrainte et mur béton armé		
• RS10-013, CSTB, 2010 • RS10-014, CSTB, 2010	• Rupteur MVI, plancher béton armé et mur maçonnerie blocs béton d'une part, mur béton d'autre part		
• AL 033764	• Rupteur VR sans acier façade / refend	• AL 033774	EI 120

*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'AL 20-278 intègre les rupteurs ISOTEC RT+ sismiques pour lesquels un classement REI 120 est atteint.

1.11.3. 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-C du CERQUAL.
- Notice technique N°20-00012 sur le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » en ITI.

1.11.4. 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
- Rapport CSTB : DEB/R2EB – 2022 – 170 – BR/FaL/LB – N°SAP 70073842 et 70084100

1.12. Références

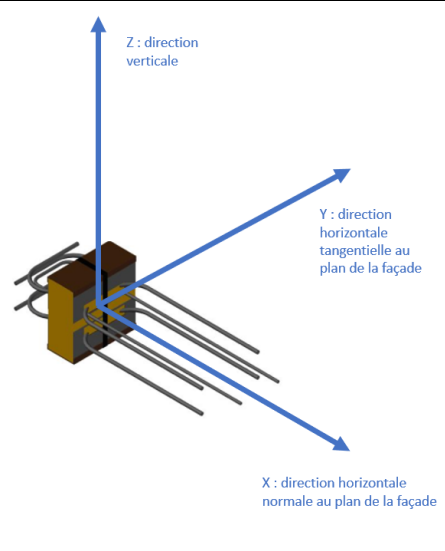
1.12.1. Données environnementales

Les rupteurs thermiques ISOTEC RT+ classiques sont qualifiés par une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). Les matériaux, le lieu et le procédé de fabrication de la gamme ISOTEC classique étant identiques à ceux utilisés pour le rupteur « ISOTEC RT+ Sismique », ce dernier peut donc revendiquer une performance environnementale équivalente. Les D.E. ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

1.13. Annexes du Dossier Technique

ANNEXE 1

Données techniques sur le module « ISOTEC RT+ Sismique » HI

	Modules « ISOTEC RT+ Sismique »	Longueur de l'élément (cm)	Armatures en diagonale	Armatures étrier forme de U	Effort de cisaillement résistant $V_{Rd,Y}$ (kN/élément)	Effort normal résistant $N_{Rd,X}$ (kN/élément)	Rigidité translationnelle K_Y (MN/m/élément)	Rigidité translationnelle K_X (MN/m/élément)
	MODELE HI							
	HI 1.12/2X2.6	20.0	2X2Ø6	1Ø12	36.0	98.0	92.0	481.0
	HI 1.12/2X2.8	20.0	2X2Ø8	1Ø12	68.0	98.0	164.0	481.0
	HI 1.12/2x2.10	20.0	2x2Ø10	1Ø12	111.0	98.0	257.0	481.0
	HI 1.12/2x2.12	20.0	2x2Ø12	1Ø12	161.0	98.0	370.0	481.0

Nota : La rigidité translationnelle suivant l'axe vertical Z et les rigidités rotationnelles X ; Y ; Z sont négligées

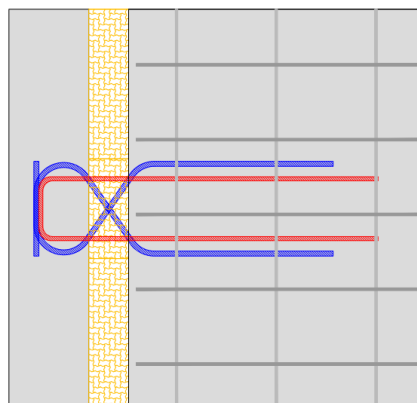
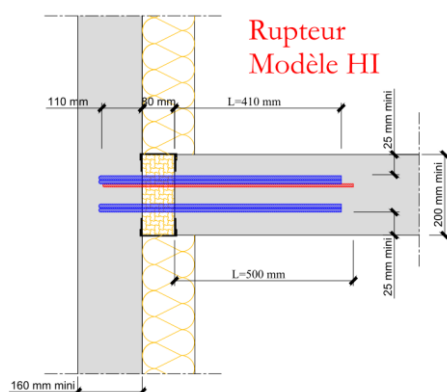
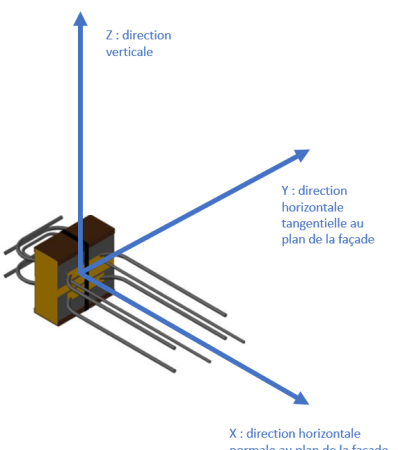


Figure 9 : Coupe de principe du Rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » - modèle HI assorti des cotes dimensionnelles

ANNEXE 2

Données techniques sur le module « ISOTEC RT+ Sismique » HIP

	Modules « ISOTEC RT+ Sismique »						
	MODELE HIP	Longueur de l' élément (cm)	Armatures en diagonale	Armatures étrier forme de U	Effort de cisaillement résistant $V_{Rd,Y}$ (kN/élément)	Effort normal résistant $N_{Rd,X}$ (kN/élément)	Rigidité translationnelle K_Y (MN/m/élément)
	HIP 1.12/2X2.6	20.0	2X2Ø6	1Ø12	36.0	98.0	92.0
	HIP 1.12/2X2.8	20.0	2X2Ø8	1Ø12	68.0	98.0	164.0
	HIP 1.12/2x2.10	20.0	2x2Ø10	1Ø12	111.0	98.0	257.0
	HIP 1.12/2x2.12	20.0	2x2Ø12	1Ø12	161.0	98.0	370.0
							Rigidité translationnelle K_X (MN/m/élément)

Nota : La rigidité translationnelle suivant l'axe verticale Z et les rigidités rotationnelles X ; Y ; Z sont négligées

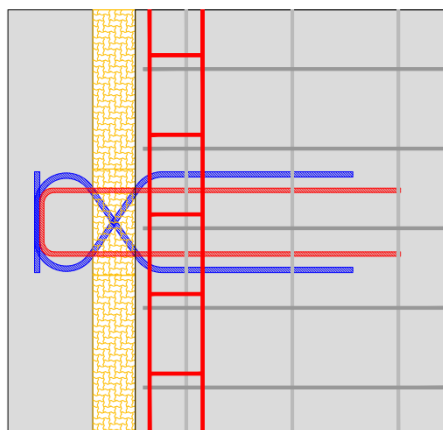
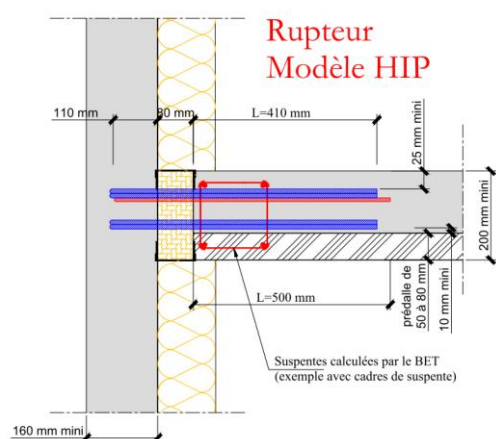
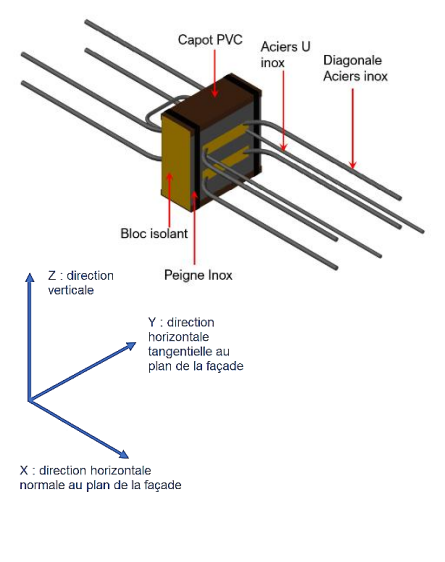


Figure 10 : Coupe de principe du Rupteur ISOTEC RT+ sismique - modèle HIP assorti des cotes dimensionnelles

ANNEXE 3

Données techniques sur le module ISOTEC RT+ sismique HIB

	Modules ISOTEC RT+ sismiques	Longueur de l' élément (cm)	Armatures en diagonale	Armatures étrier forme de U	Effort de cisaillement résistant $V_{Rd,Y}$ (kN/élément)	Effort normal résistant $N_{Rd,X}$ (kN/élément)	Rigidité translationnelle K_Y (MN/m/élément)	Rigidité translationnelle K_X (MN/m/élément)
	MODULE HIB							
	HIB 1.12/2X2.6	20.0	2X2Ø6	1Ø12	36.0	98.0	92.0	481.0
	HIB 1.12/2X2.8	20.0	2X2Ø8	1Ø12	68.0	98.0	164.0	481.0
	HIB 1.12/2x2.10	20.0	2x2Ø10	1Ø12	111.0	98.0	257.0	481.0
	HIB 1.12/2x2.12	20.0	2x2Ø12	1Ø12	161.0	98.0	370.0	481.0

Nota : La rigidité translationnelle suivant l'axe vertical Z et les rigidités rotationnelles X ; Y ; Z sont négligées

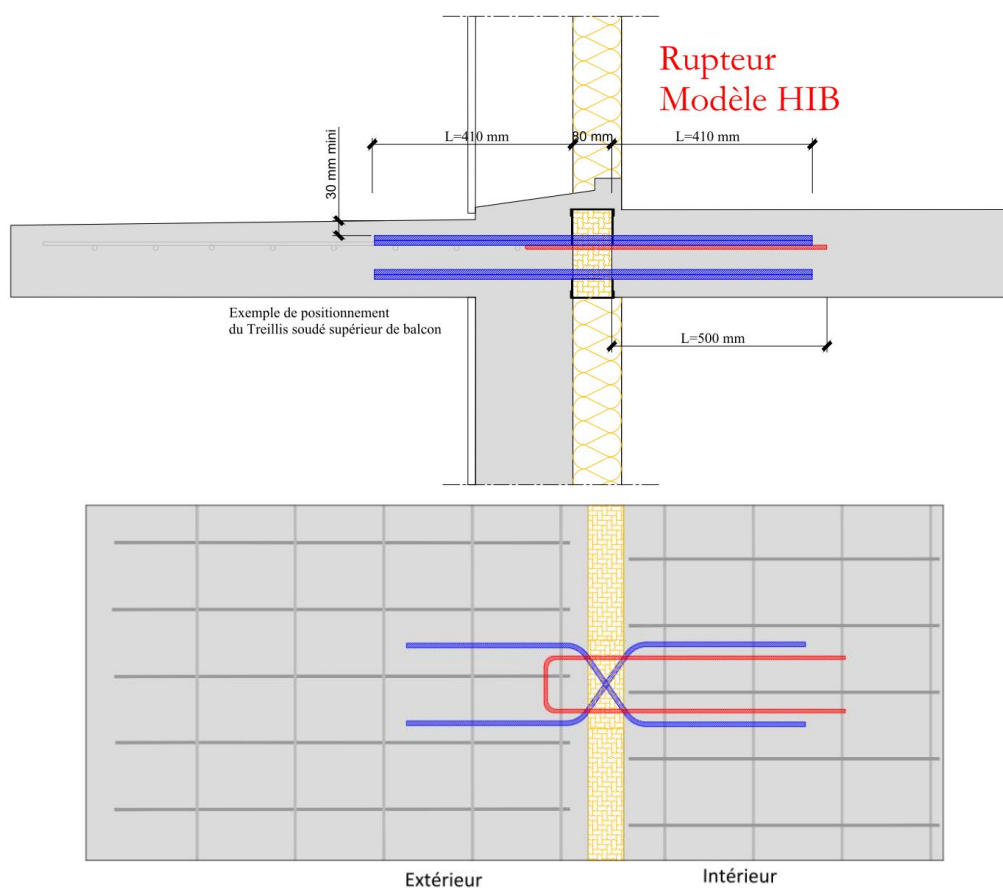


Figure 11 : Coupe de principe du Module HIB assorti des cotes dimensionnelles

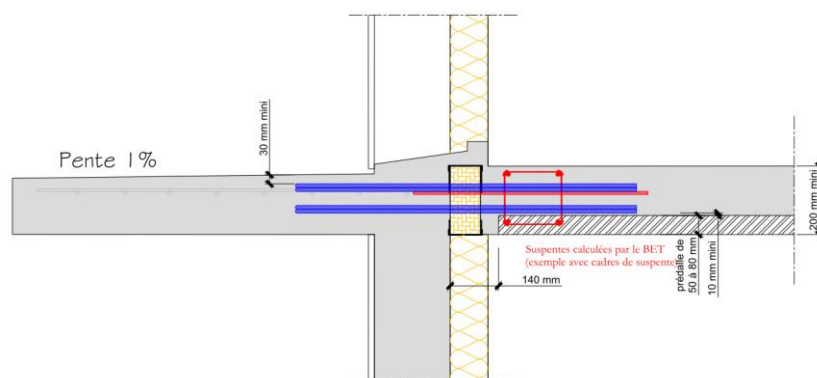


Figure 12 : Coupe de principe d'application HIB avec prédalle BA ou précontrainte côté dalle intérieure

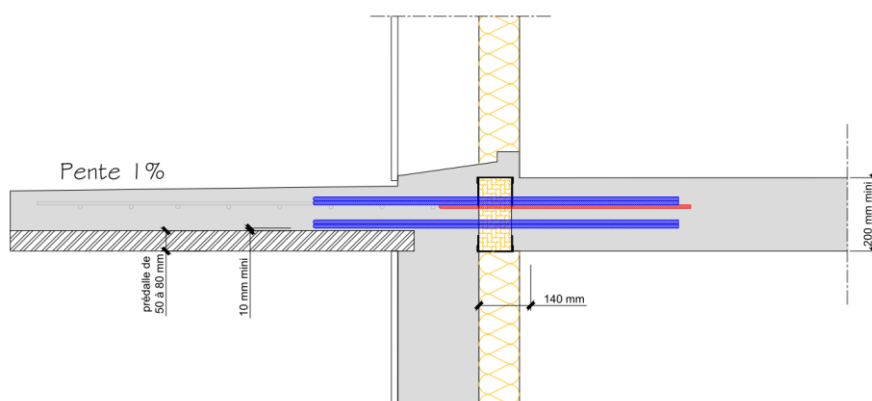


Figure 13 : Coupe de principe d'application HIB avec prédalle BA ou précontrainte côté balcon

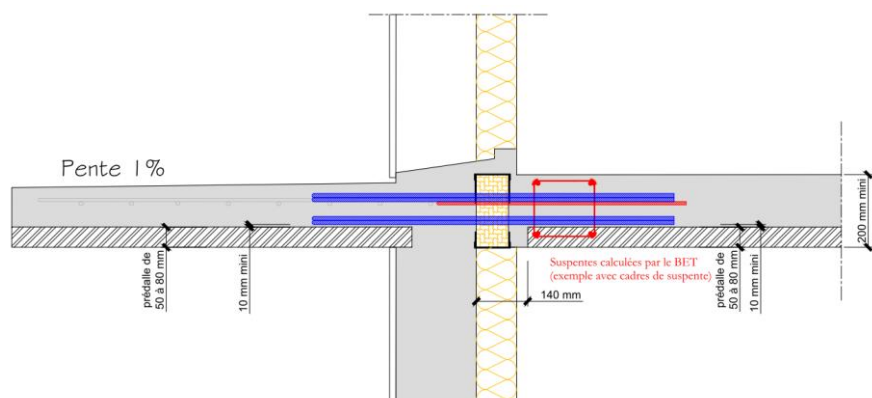


Figure 14 : Coupe de principe d'application HIB avec prédalles BA ou précontraintes de chaque côté

ANNEXE 4

Résistance des rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique »

Diagramme d'interaction du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » avec diagonales Ø6

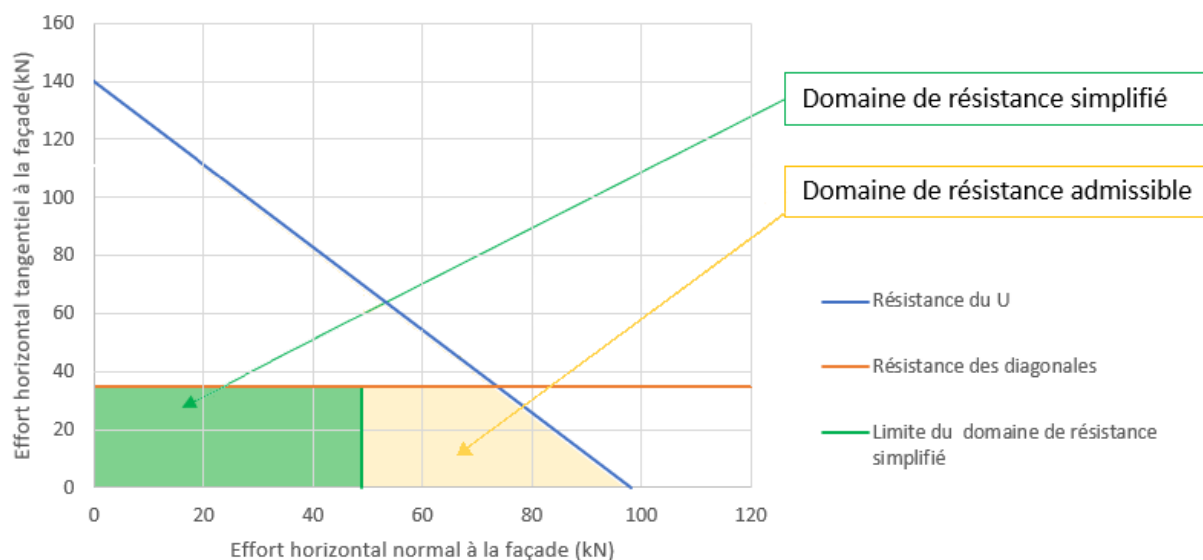


Figure 15 Domaine de résistance admissible du modèle HI / HIP / HIB 1.12/2X2.6

Diagramme d'interaction du rupteur ISOTEC RT+ sismique avec diagonales Ø8

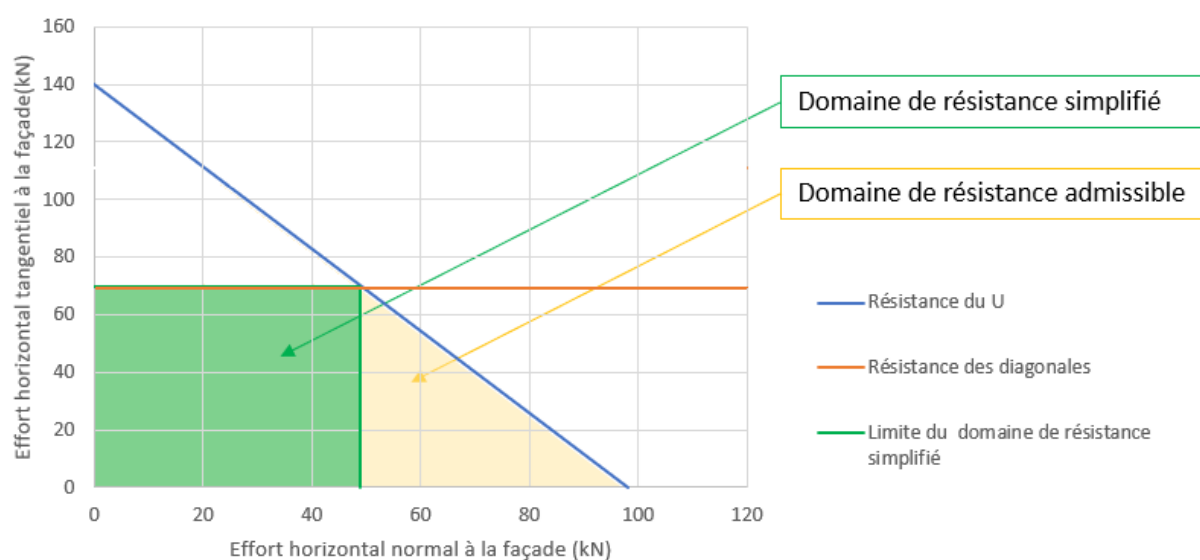


Figure 16 Domaine de résistance admissible du modèle HI / HIP / HIB 1.12/2X2.8

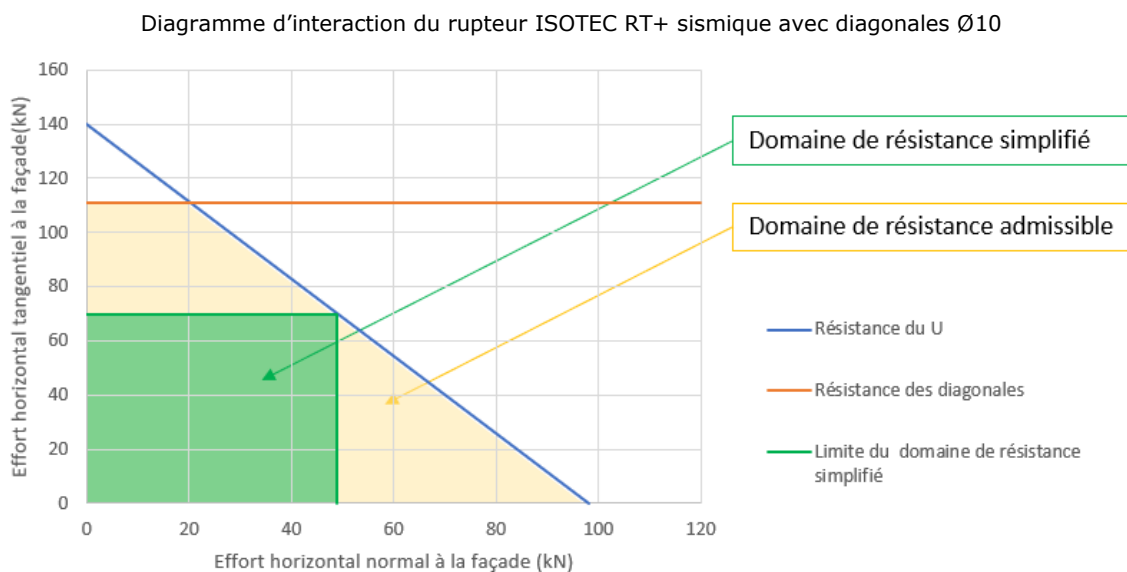


Figure 17 Domaine de résistance admissible du modèle HI / HIP / HIB 1.12/2X2.10

Diagramme d'interaction du rupteur « ISOTEC RT+ Sismique » avec diagonales Ø12

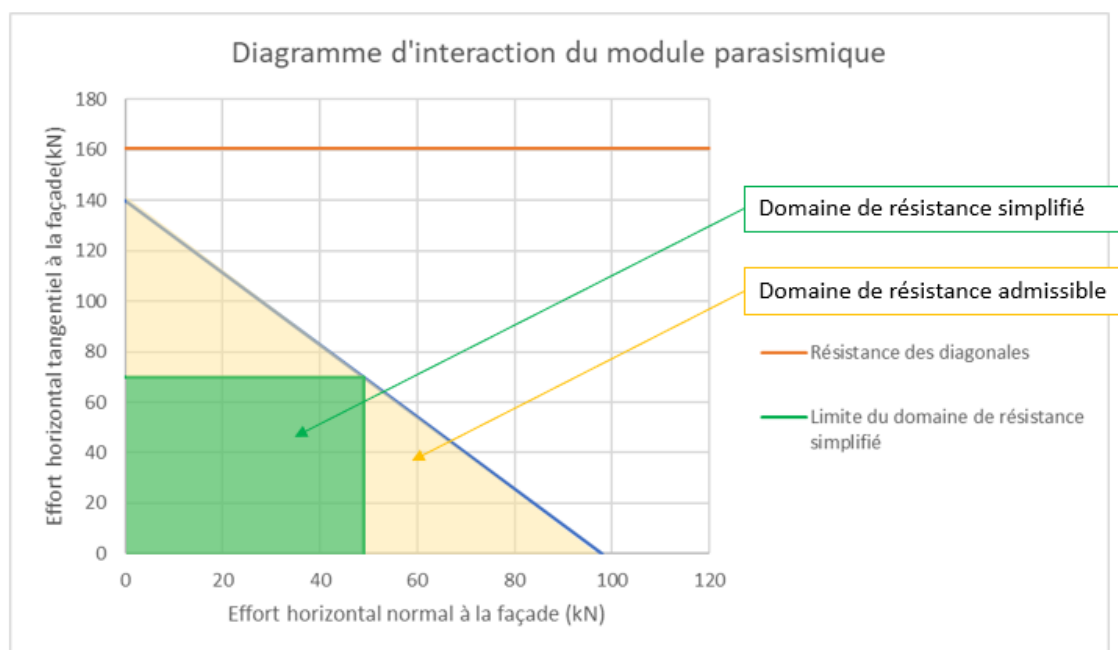


Figure 18 Domaine de résistance admissible du modèle HI / HIP / HIB 1.12/2X2.12

ANNEXE 5

Données techniques sur les rupteurs ISOTEC RT+ classiques

Rupteur thermique ISOTEC RT+ classique	Rigidité translationnelle dans la direction horizontale normale au plan de façade	Rigidité translationnelle dans la direction horizontale tangentielle au plan de façade	Rigidité translationnelle dans la direction verticale
	K_x (MN/m/ml)	K_y (MN/m/ml)	K_z (MN/m/ml)
VI 2.6 2.6	240	0	42
VI 3.6 3.6	360	0	64
VI 4.6 4.6	481	0	85
VI 5.6 5.6	601	0	106
VI 6.6 6.6	721	0	127
VI 4.8 4.6	855	0	85
VI 5.8 5.6	1068	0	106
VI 6.8 6.6	1282	0	127
VI 8.8 8.6	1709	0	170
VI 10.8 10.6	2136	0	212
VI 10.8 10.8	2136	0	378
VI 12.8 12.6	2564	0	255
VI 12.8 12.8	2564	0	453
VIP 2.6 2.6	240	0	42
VIP 3.6 3.6	360	0	64
VIP 4.6 4.6	481	0	85
VIP 5.6 5.6	601	0	106
VIP 6.6 6.6	721	0	127
VIP 4.8 4.6	855	0	85
VIP 5.8 5.6	1068	0	106
VIP 6.8 6.6	1282	0	127
VIP 8.8 8.6	1709	0	170
VIP 10.8 10.6	2136	0	378
VIP 10.8 10.8	2136	0	378
VIP 12.8 12.6	2564	0	255
VIP 12.8 12.8	2564	0	453

Nota : La rigidité translationnelle sur l'axe vertical Y et les rigidités rotationnelles X ; Y ; Z sont négligées

ANNEXE 6

Dimensionnement vis-à-vis des sollicitations thermomécaniques

Sur la base des essais et études de cet ATEX développés et valables selon la conception des rupteurs ISOTEC RT+ classiques et les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique », les domaines d'admissibilité pour le comportement thermomécanique sont présentés ci-dessous, en fonction de :

1. L'espacement entre les modules ISOTEC RT+ sismiques pris à partir des extrémités (1.2 ou 2.2 m)
2. La demi-longueur de façade
3. L'aire/section utile de façade par niveau

L'espacement entre rupteurs est déterminé en fonction de la demi-longueur de façade pour la configuration libre-libre, ce qui correspond à un déplacement nul au centre de la façade.

Pour la configuration refend-libre, les figures suivantes peuvent donc être utilisées en considérant la distance entre le refend et le bord libre, égale à la demi-longueur de façade indiquée en abscisse.

L'aire/section utile, correspond à l'aire/section effective pour les effets thermomécaniques, définie par un plan de coupe perpendiculaire à la façade (hauteur x épaisseur du voile). Pour une approche simplifiée et conservatrice les ouvertures peuvent être négligées. La hauteur est calculée entre les arases supérieures des planchers pour un niveau étudié.

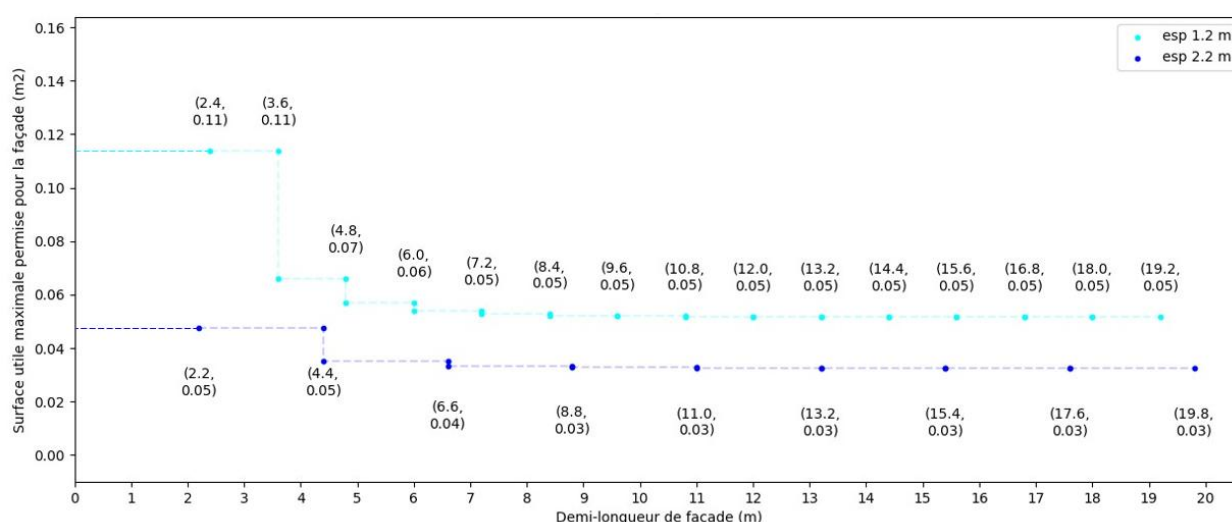


Figure 19 Domaines admissibles vis-à-vis de la sollicitation thermomécanique pour les rupteurs parasismiques avec diagonales $\varnothing = 6$ mm (HI/HIP/HIB 1.12/2x2.6)

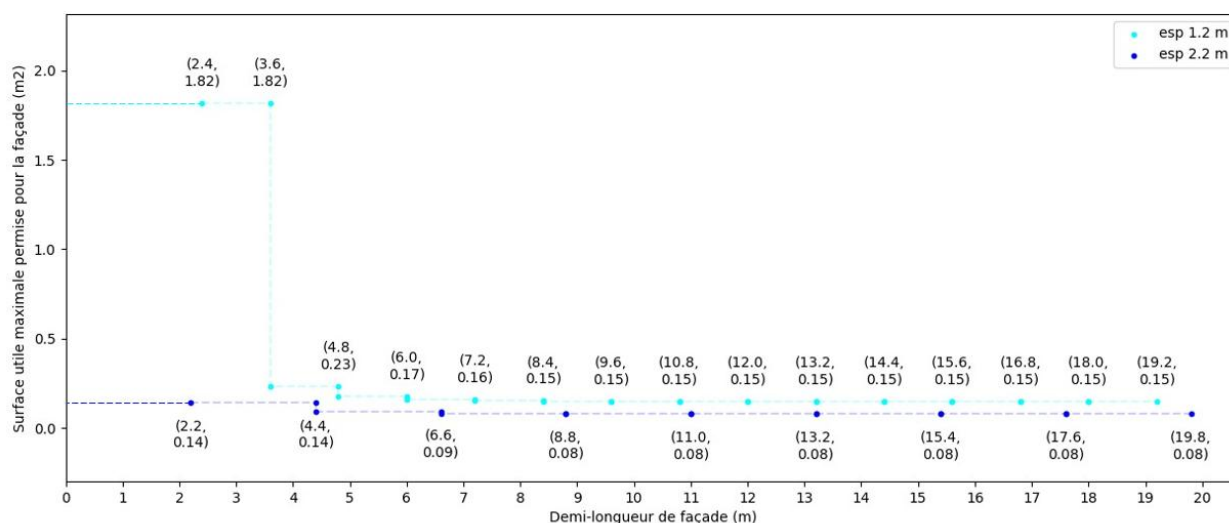


Figure 20 Domaines admissibles vis-à-vis de la sollicitation thermomécanique pour les rupteurs parasismiques avec diagonales $\varnothing = 8$ mm (HI/HIP/HIB 1.12/2x2.8)

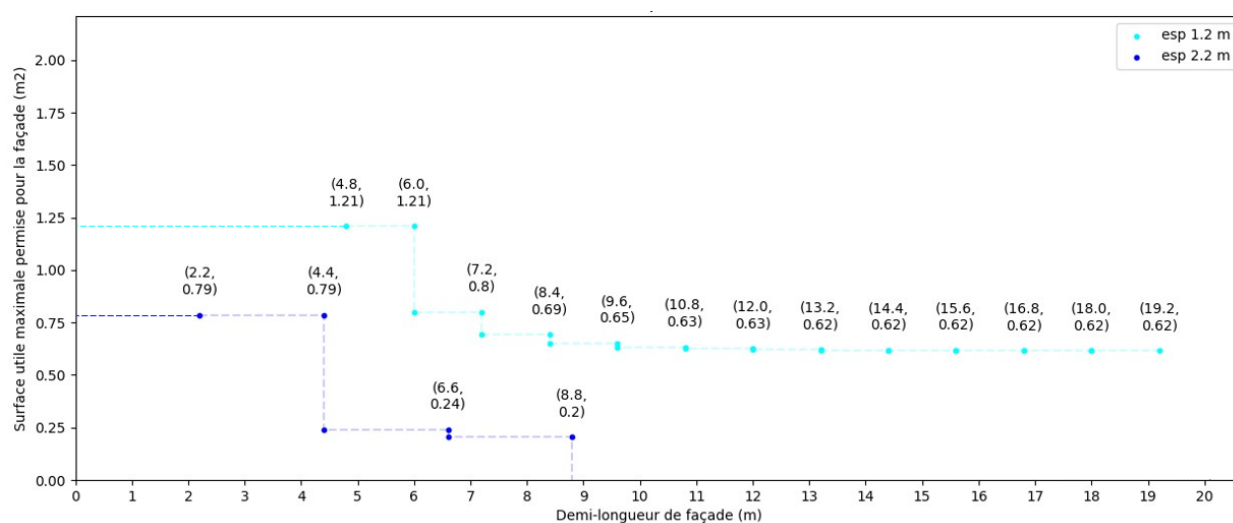


Figure 21 Domaines admissibles vis-à-vis de la sollicitation thermomécanique pour les rupteurs parasismiques avec diagonales $\varnothing = 10$ mm (HI/HIP/HIB 1.12/2x2.10)

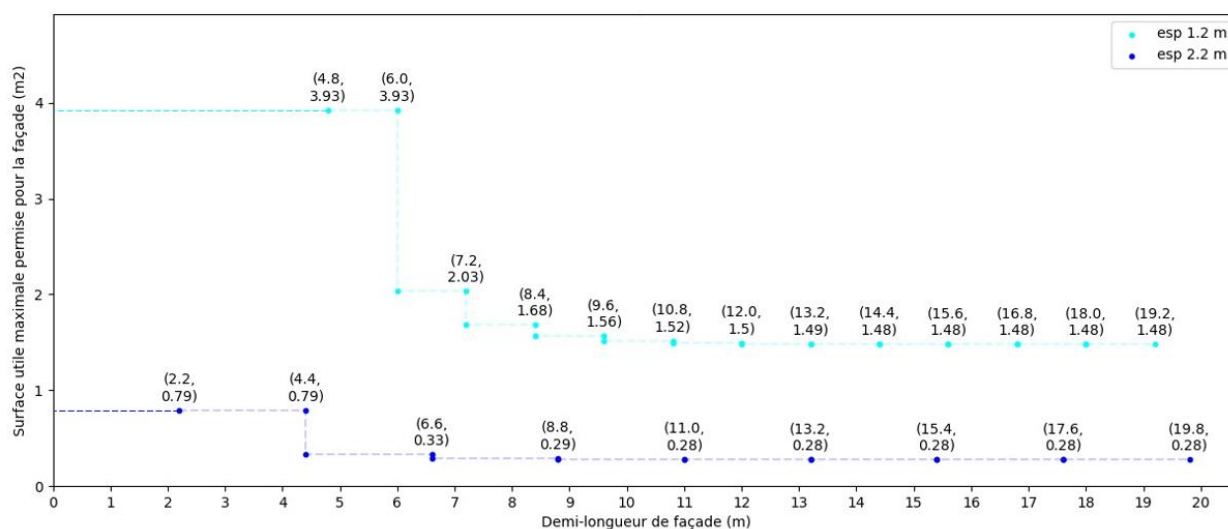


Figure 22 Domaines admissibles vis-à-vis de la sollicitation thermomécanique pour les rupteurs parasismiques avec diagonales $\varnothing = 12$ mm (HI/HIP/HIB 1.12/2x2.12)

ANNEXE 7

Exemple de dimensionnement des modules ISOTEC RT+ sismiques

On présente dans ce paragraphe une démarche de dimensionnement des rupteurs ISOTEC RT+ sismiques, afin de fournir un exemple d'application pratique. Le dimensionnement de ces rupteurs est réalisé en suivant les étapes suivantes (cf. Figure 23) :

1. Dimensionnement thermomécanique des rupteurs ISOTEC RT+ sismiques
2. Calcul aux éléments finis par analyse modale spectrale sans modélisation explicite des rupteurs (et modèle REF d'après) avec extraction des efforts dans les coupures réalisées entre points fixes
3. Dimensionnement des rupteurs ISOTEC RT+ sismiques vis-à-vis de la sollicitation sismique

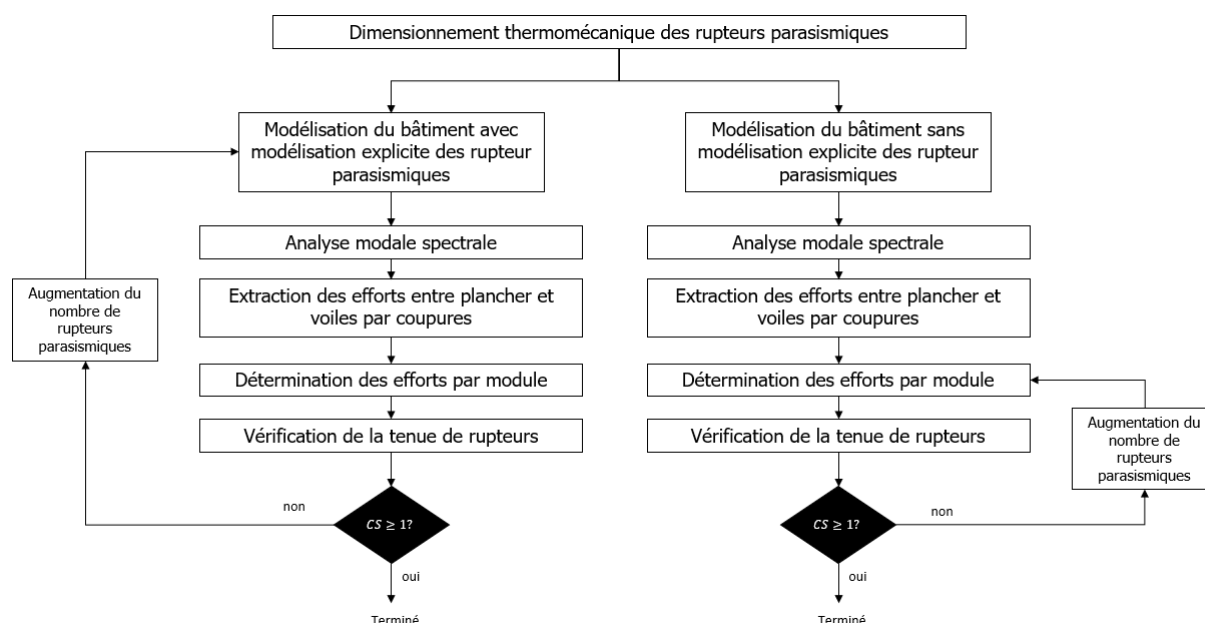


Figure 23 Organigramme de dimensionnement des rupteurs ISOTEC RT+ sismiques

Hypothèses

Présentation du bâtiment d'étude

Les caractéristiques de la structure sont les suivantes :

- Bâtiment d'habitation
- Niveaux : R+3
- Emprise au sol : 40m x 10.5m
- Hauteur des étages : 3.70m
- Pas de joint de dilatation (JD)
- Structures porteuses : planchers, façades, voiles intérieurs
- Épaisseurs : plancher plein 20cm, façade et voiles 18cm
- Les façades comportent des ouvertures qui sont modélisées
- Condition aux limites : bâtiment encastré en pied par appuis fixes (blocage des déplacements)
- Dissociation thermique entre murs de façade et plancher par modules classiques Modèle VI : 4.8/4.6 (4 armatures U Ø8 et 4 armatures diagonales Ø6 pour un module de 1 mètre de longueur)

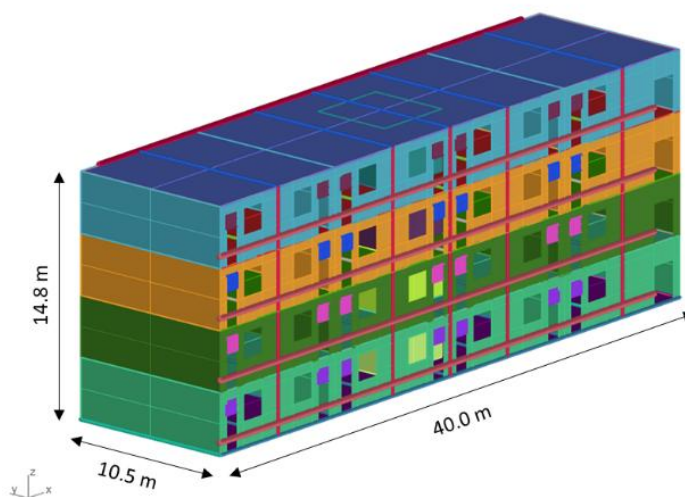


Figure 24 : Vue en perspective du modèle et dimensions principales

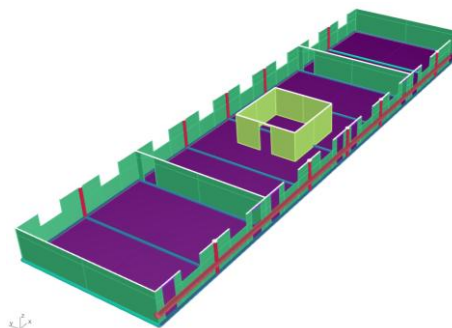


Figure 25 : Coupe en perspective du modèle

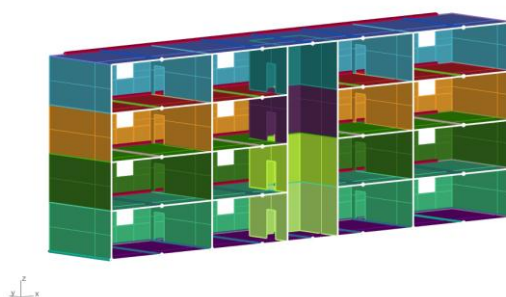


Figure 26 : Coupe en perspective du modèle

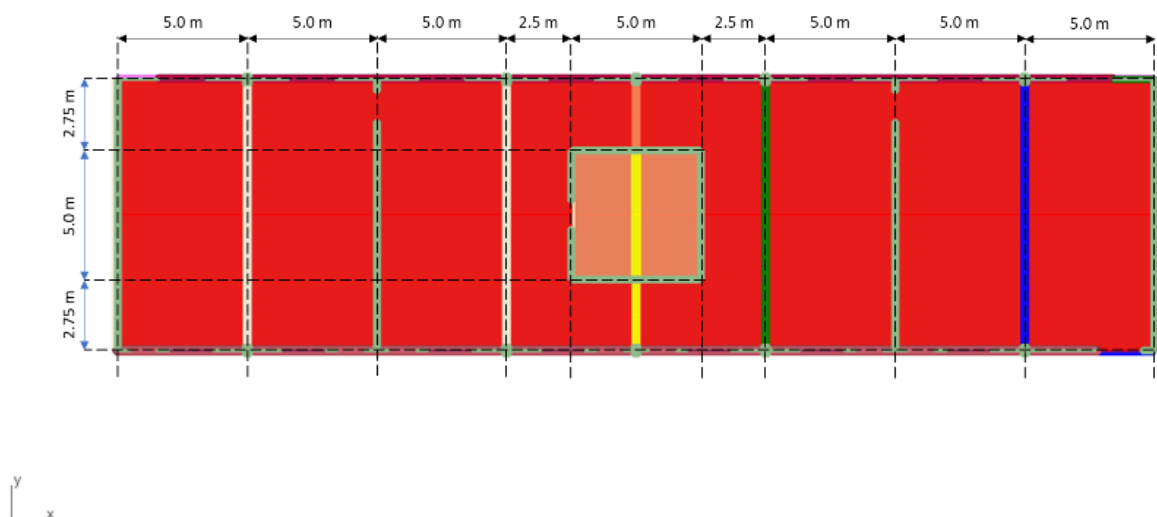


Figure 27 Dimensions de l'ouvrage

Dimensionnement thermomécanique

L'étude du plan de l'ouvrage (cf. Figure 27) et la prise en compte de l'annexe 6 de l'avis technique du procédé ISOTEC RT+ classique montrent que :

- Il n'y a pas de longueur L_{Libre} de façade dans configuration libre-fixe supérieure à $L_e = 7$ m
 - Il n'y a pas de longueur L_{Libre} de façade dans configuration libre-libre supérieure à $2L_e = 14$ m
- **A ce titre, il n'est donc pas requis de mettre en place des brides ou des rupteurs ISOTEC RT+ sismiques bridant les effets thermomécaniques pour les rupteurs ISOTEC RT+ classiques.**

Pour le bridage relatif aux rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique », on étudie les murs de façade les plus longs (pignons)

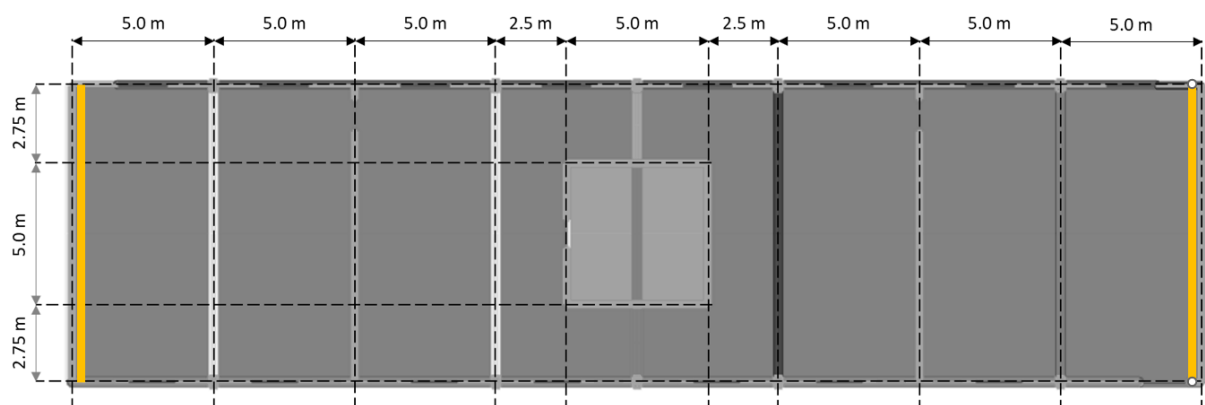


Figure 28 Murs de pignon ($L = 10.5$ m) pour le dimensionnement d'un bridage thermomécanique par rupteurs ISOTEC RT+ sismiques

Etant donné que la hauteur d'étage est de 3.7 m et l'épaisseur de façade est de 18 cm, on a :

- Surface utile de façade $A = 0.67 \text{ m}^2$
- Demi-longueur de façade $L_{1/2} = 5.25$ m

→ **On propose donc des rupteurs ISOTEC RT+ sismiques avec diagonales de diamètre égal à 10 mm (espacement = 1,20 m) le long de la façade du projet.**

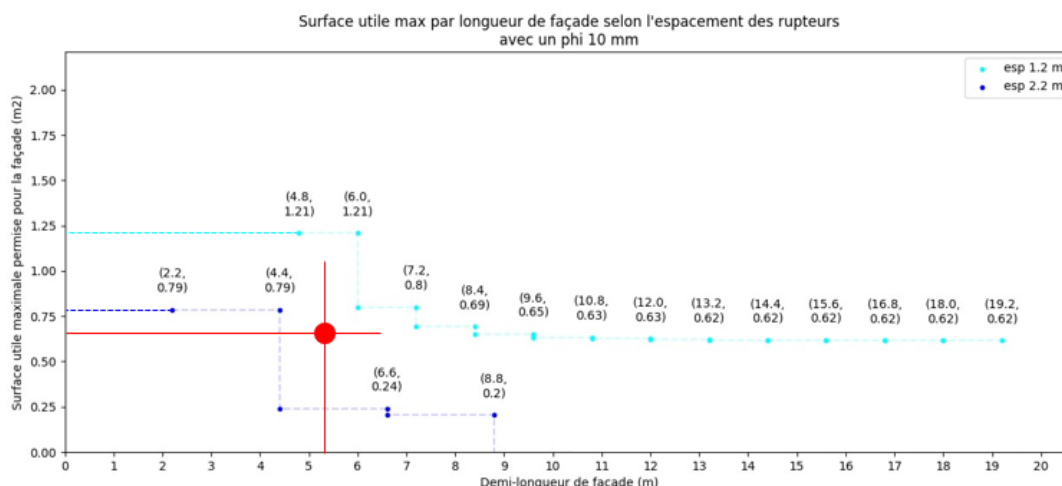


Figure 29 Dimensionnement du bridage thermomécanique par rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » dans les murs pignons du bâtiment exemple

Dimensionnement vis-à-vis des effets du séisme

On réalise des coupures dans le modèle de calcul aux éléments permettant de déterminer les efforts sollicitant les rupteurs classiques et sismiques.

Dans un souci de concision, on présente ici la vérification des rupteurs disposés le long des voiles longitudinaux de façade (direction X) au niveau 5 (toiture).

On présente les vérifications de la tenue des rupteurs sur Figure 30 et le Tableau 2 .

→ **La disposition de rupteurs parasismiques avec un diamètre de diagonale égal à 10 mm (espacement = 1.20 m) permet bien la tenue au séisme de la façade longitudinale au niveau 5**

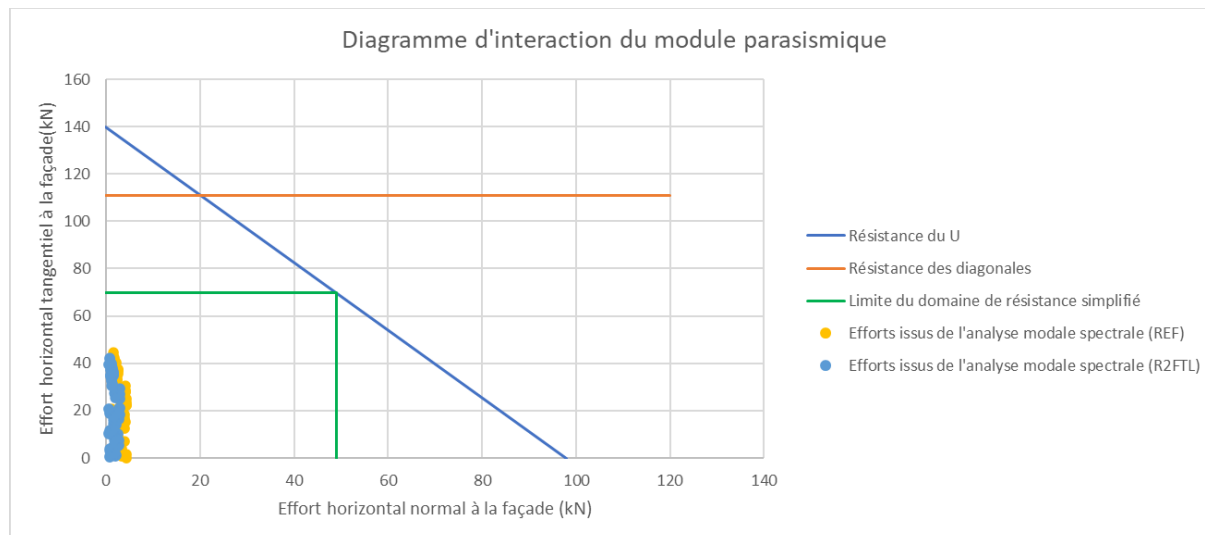


Figure 30 Vérification de la résistance des rupteurs parasismiques vis à vis du séisme

Tableau 2 : Vérification des rupteurs ISOTEC RT+ sismiques (modèle REF, sans modélisation explicite) :

NOM_ZONE	COMB	FX (kN)	FY (kN)	Longueur voile (m)	Espacement entre rupteurs parasismiques (m)	Effort normal linéique (kN/ml)	Rigidité normale module sismique (MN/m/module)	Rigidité normale module classique (MN/m/module VI 4,8/4,6)	Effort normal dans un module parasismique (kN)	Effort tranchant dans un module parasismique (kN)	Coefficient de sécurité des diagonales	Coefficient de sécurité du U
N_5_VA_PO_V8	1	278	53	10	1.20	5	481	855	2.3	33.4	382%	333%
N_5_VA_V2_V4	1	189	76	10	1.20	8	481	855	3.3	22.6	512%	490%
N_5_VA_V4_PO	1	359	36	10	1.20	4	481	855	1.5	43.1	309%	258%
N_5_VA_V4_V8	1	647	90	20	1.20	4	481	855	1.9	38.8	337%	286%
N_5_VA_V8_V10	1	231	96	10	1.20	10	481	855	4.1	27.7	417%	401%
N_5_VC_PO_V8	1	307	-59	10	1.20	6	481	855	2.5	36.8	346%	301%
N_5_VC_V2_V4	1	256	-97	10	1.20	10	481	855	4.2	30.7	381%	362%
N_5_VC_V4_PO	1	305	-36	10	1.20	4	481	855	1.6	36.7	360%	303%
N_5_VC_V4_V8	1	611	-96	20	1.20	5	481	855	2.1	36.7	353%	303%
N_5_VC_V8_V10	1	108	-78	10	1.20	8	481	855	3.4	13.0	785%	853%
N_5_VA_PO_V8	2	298	59	10	1.20	6	481	855	2.5	35.7	356%	311%
N_5_VA_V2_V4	2	230	81	10	1.20	8	481	855	3.5	27.6	430%	403%
N_5_VA_V4_PO	2	342	42	10	1.20	4	481	855	1.8	41.0	321%	271%
N_5_VA_V4_V8	2	630	101	20	1.20	5	481	855	2.2	37.8	342%	294%
N_5_VA_V8_V10	2	186	100	10	1.20	10	481	855	4.3	22.3	491%	498%
N_5_VC_PO_V8	2	272	-52	10	1.20	5	481	855	2.2	32.7	390%	340%
N_5_VC_V2_V4	2	190	-92	10	1.20	9	481	855	4.0	22.8	491%	486%
N_5_VC_V4_PO	2	344	-28	10	1.20	3	481	855	1.2	41.3	325%	269%
N_5_VC_V4_V8	2	617	-82	20	1.20	4	481	855	1.8	37.0	354%	300%
N_5_VC_V8_V10	2	189	-71	10	1.20	7	481	855	3.1	22.7	517%	489%
N_5_VA_PO_V8	3	-371	36	10	1.20	4	481	855	1.5	44.5	300%	250%
N_5_VA_V2_V4	3	-237	96	10	1.20	10	481	855	4.1	28.4	408%	391%
N_5_VA_V4_PO	3	-291	53	10	1.20	5	481	855	2.3	34.9	367%	318%
N_5_VA_V4_V8	3	-652	91	20	1.20	5	481	855	2.0	39.1	334%	284%
N_5_VA_V8_V10	3	-192	76	10	1.20	8	481	855	3.3	23.0	504%	482%
N_5_VC_PO_V8	3	-310	-37	10	1.20	4	481	855	1.6	37.2	354%	298%
N_5_VC_V2_V4	3	-162	-80	10	1.20	8	481	855	3.5	19.5	573%	570%
N_5_VC_V4_PO	3	-313	-60	10	1.20	6	481	855	2.6	37.6	339%	295%
N_5_VC_V4_V8	3	-624	-99	20	1.20	5	481	855	2.1	37.5	346%	296%
N_5_VC_V8_V10	3	-234	-97	10	1.20	10	481	855	4.2	28.1	410%	395%
N_5_VA_PO_V8	4	-351	42	10	1.20	4	481	855	1.8	42.1	313%	264%
N_5_VA_V2_V4	4	-196	101	10	1.20	10	481	855	4.4	23.5	471%	473%
N_5_VA_V4_PO	4	-308	59	10	1.20	6	481	855	2.6	37.0	344%	300%
N_5_VA_V4_V8	4	-669	102	20	1.20	5	481	855	2.2	40.1	323%	277%
N_5_VA_V8_V10	4	-237	81	10	1.20	8	481	855	3.5	28.4	419%	390%
N_5_VC_PO_V8	4	-345	-29	10	1.20	3	481	855	1.3	41.4	324%	268%

N_5_VC_V2_V4	4	-228	-74	10	1.20	7	481	855	3.2	27.3	439%	406%
N_5_VC_V4_PO	4	-275	-53	10	1.20	5	481	855	2.3	32.9	387%	337%
N_5_VC_V4_V8	4	-618	-84	20	1.20	4	481	855	1.8	37.1	353%	299%
N_5_VC_V8_V10	4	-154	-90	10	1.20	9	481	855	3.9	18.5	583%	601%
N_5_VA_PO_V8	5	28	40	10	1.20	4	481	855	1.7	3.3	2409%	3335%
N_5_VA_V2_V4	5	-8	78	10	1.20	8	481	855	3.3	1.0	2433%	11429%
N_5_VA_V4_PO	5	152	35	10	1.20	3	481	855	1.5	18.3	686%	608%
N_5_VA_V4_V8	5	213	77	20	1.20	4	481	855	1.7	12.8	925%	870%
N_5_VA_V8_V10	5	135	84	10	1.20	8	481	855	3.6	16.2	654%	684%
N_5_VC_PO_V8	5	131	-60	10	1.20	6	481	855	2.6	15.8	720%	704%
N_5_VC_V2_V4	5	186	-98	10	1.20	10	481	855	4.2	22.3	494%	498%
N_5_VC_V4_PO	5	44	-53	10	1.20	5	481	855	2.3	5.3	1633%	2104%
N_5_VC_V4_V8	5	172	-114	20	1.20	6	481	855	2.5	10.3	1014%	1078%
N_5_VC_V8_V10	5	-106	-93	10	1.20	9	481	855	4.0	12.7	761%	876%
N_5_VA_PO_V8	6	-167	35	10	1.20	4	481	855	1.5	20.0	631%	554%
N_5_VA_V2_V4	6	-136	83	10	1.20	8	481	855	3.6	16.3	653%	682%
N_5_VA_V4_PO	6	-43	40	10	1.20	4	481	855	1.7	5.1	1844%	2168%
N_5_VA_V4_V8	6	-177	77	20	1.20	4	481	855	1.7	10.6	1077%	1046%
N_5_VA_V8_V10	6	8	78	10	1.20	8	481	855	3.4	1.0	2408%	10923%
N_5_VC_PO_V8	6	-54	-53	10	1.20	5	481	855	2.3	6.5	1437%	1717%
N_5_VC_V2_V4	6	60	-93	10	1.20	9	481	855	4.0	7.2	1080%	1533%
N_5_VC_V4_PO	6	-142	-61	10	1.20	6	481	855	2.6	17.0	675%	653%
N_5_VC_V4_V8	6	-199	-114	20	1.20	6	481	855	2.5	11.9	905%	929%
N_5_VC_V8_V10	6	-208	-99	10	1.20	10	481	855	4.3	25.0	450%	444%
N_5_VA_PO_V8	7	94	60	10	1.20	6	481	855	2.6	11.3	936%	984%
N_5_VA_V2_V4	7	129	94	10	1.20	9	481	855	4.1	15.4	659%	719%
N_5_VA_V4_PO	7	94	55	10	1.20	6	481	855	2.4	11.2	957%	988%
N_5_VA_V4_V8	7	155	115	20	1.20	6	481	855	2.5	9.3	1090%	1193%
N_5_VA_V8_V10	7	-15	99	10	1.20	10	481	855	4.3	1.8	1780%	6296%
N_5_VC_PO_V8	7	16	-35	10	1.20	4	481	855	1.5	1.9	3434%	5834%
N_5_VC_V2_V4	7	-32	-79	10	1.20	8	481	855	3.4	3.9	1601%	2859%
N_5_VC_V4_PO	7	173	-28	10	1.20	3	481	855	1.2	20.7	624%	536%
N_5_VC_V4_V8	7	192	-66	20	1.20	3	481	855	1.4	11.5	1032%	964%
N_5_VC_V8_V10	7	163	-69	10	1.20	7	481	855	3.0	19.6	588%	568%
N_5_VA_PO_V8	8	-101	54	10	1.20	5	481	855	2.4	12.1	908%	920%
N_5_VA_V2_V4	8	1	100	10	1.20	10	481	855	4.3	0.1	2229%	85622%
N_5_VA_V4_PO	8	-101	60	10	1.20	6	481	855	2.6	12.2	882%	913%
N_5_VA_V4_V8	8	-234	115	20	1.20	6	481	855	2.5	14.1	795%	789%
N_5_VA_V8_V10	8	-142	93	10	1.20	9	481	855	4.0	17.0	616%	653%
N_5_VC_PO_V8	8	-169	-29	10	1.20	3	481	855	1.2	20.3	634%	546%
N_5_VC_V2_V4	8	-158	-74	10	1.20	7	481	855	3.2	18.9	596%	586%
N_5_VC_V4_PO	8	-13	-35	10	1.20	4	481	855	1.5	1.6	3740%	7095%

N_5_VC_V4_V8	8	-179	-67	20	1.20	3	481	855	1.4	10.7	1094%	1035%
N_5_VC_V8_V10	8	60	-75	10	1.20	7	481	855	3.2	7.2	1185%	1540%

ANNEXE 8

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 LEVIAT SAS (ex. PLAKAGROUP FRANCE SAS).

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 : 0,023 W/(m.K) ;
- Isolant plancher haut : 0,036 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 validité 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 ≤ 25 cm ;
- Isolation du rupteur d'épaisseur égale à 8 cm et de conductivité thermique égale $\leq 0,038$ 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 ;
- Résistance thermique en sous face du plancher bas : $R_{isolant,pl\ bas} \leq 3,60 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- Résistance thermique de l'isolation du plancher haut : $R_{isolant,pl\ haut} \leq 3,45 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Tableau 3 : Calcul des coefficients thermiques ψ pour les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » HI, HIP

ISOTEC RT sismique en ITI-pour les liaisons dalle -façade (HI & HIP)	Epaisseur du plancher (cm)	Coefficient $\psi^{(1)}$ en W/(m.K)					
		Plancher bas sur vide sanitaire ou sur local non chauffé		Plancher haut		Plancher intermédiaire	
		Mur en béton 16 cm $\leq e_{mur}$	Mur en maçonnerie 18 cm $\leq e_{mur}$	Mur en béton 16 cm $\leq e_{mur}$	Mur en maçonnerie 18 cm $\leq e_{mur}$	Mur en béton 16 cm $\leq e_{mur}$	Mur en maçonnerie 18 cm $\leq e_{mur}$
Doublage 80+10+13 mm	18	0,33	0,31	0,35	0,33	0,37	0,34
	20	0,34	0,32	0,36	0,34	0,38	0,35
	22	0,34	0,32	0,36	0,34	0,39	0,36
	25	0,35	0,34	0,37	0,35	0,41	0,38
Doublage 140+10+13 mm	18	0,33	0,31	0,35	0,33	0,36	0,34
	20	0,34	0,32	0,36	0,34	0,37	0,35
	22	0,34	0,32	0,36	0,34	0,38	0,36
	25	0,35	0,34	0,37	0,35	0,40	0,38

(1) Valeurs par mètre linéaire

Tableau 4 : Calcul des coefficients thermiques ψ pour les rupteurs « ISOTEC RT+ Sismique » HIB

« ISOTEC RT+ Sismique » en ITI-pour les liaisons dalle - balcon (HIB)	Epaisseur du plancher (cm)	Coefficient $\psi^{(1)}$ en W/(m.K)	
		Plancher intermédiaire	
		Mur en béton 16 cm $\leq e_{mur}$	Mur en maçonnerie 18 cm $\leq e_{mur}$
Doublage 80+10+13 mm	18	0,36	0,34
	20	0,37	0,35
	22	0,37	0,35
	25	0,39	0,37
Doublage 140+10+13 mm	18	0,36	0,34
	20	0,37	0,35
	22	0,37	0,35
	25	0,39	0,37

(1) Valeurs par mètre linéaire

ANNEXE 9

Détails des toitures-terrasses

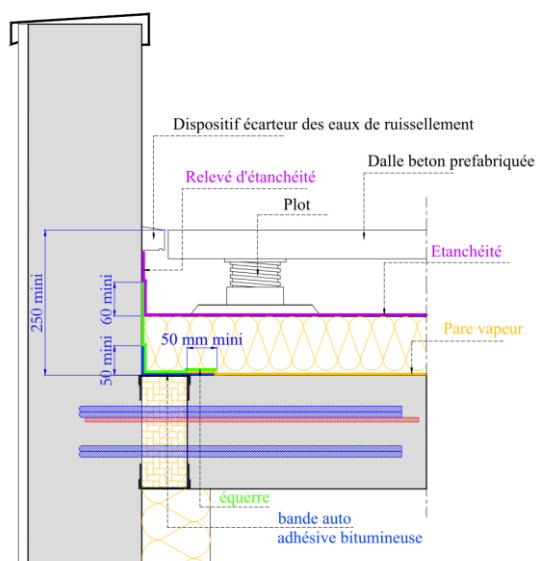


Figure 31 : Coupe sur pare-vapeur ou revêtement d'étanchéité bitumineux soudé à la flamme (élément dalle-façade)

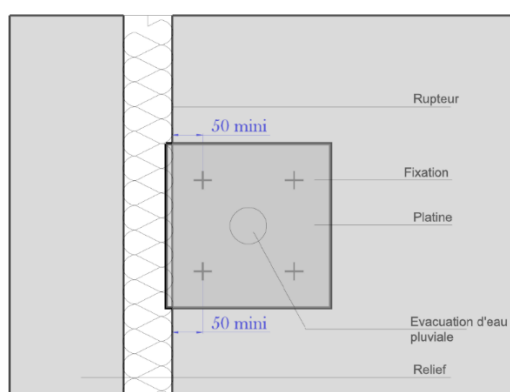


Figure 32 : Réserve avec rupteur continu posé en plancher

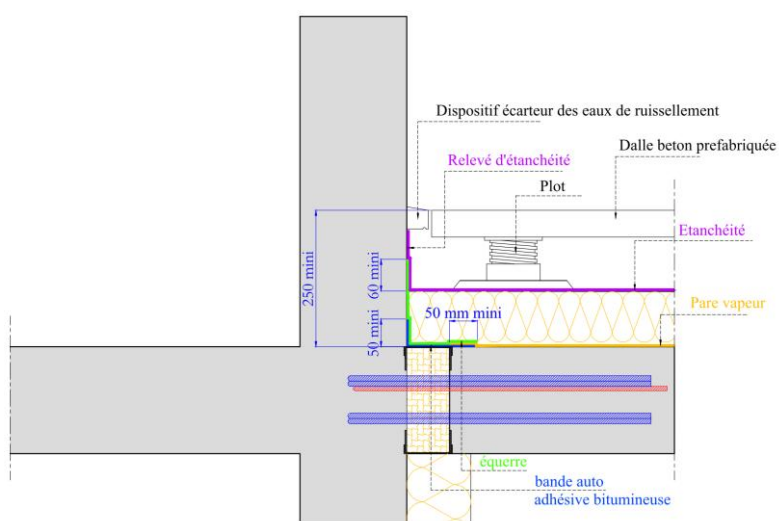


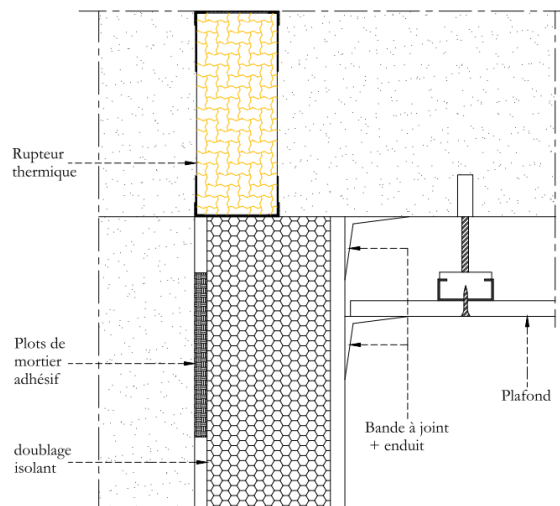
Figure 33 : coupe sur pare-vapeur ou revêtement d'étanchéité bitumineux soudé à la flamme (élément dalle-balcon)

ANNEXE 10

Détails 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

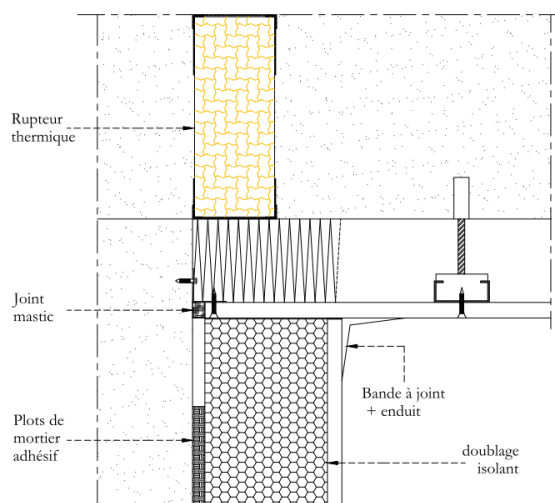
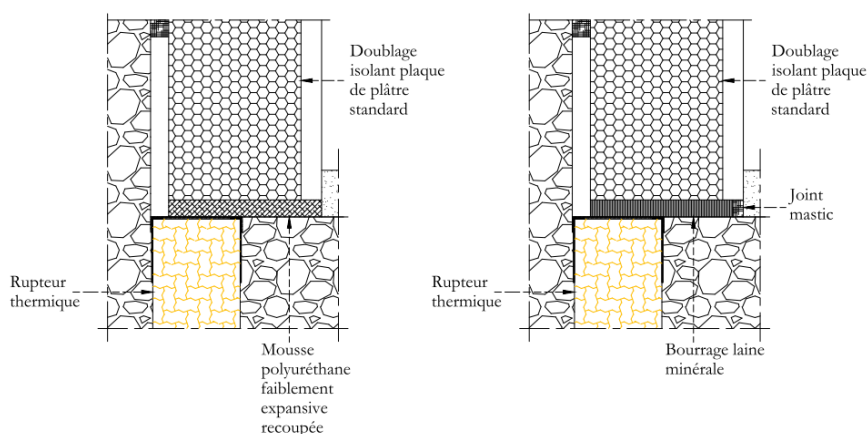
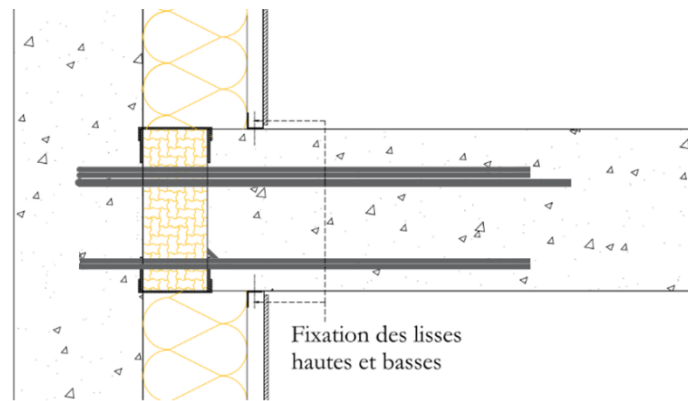


Figure 34 : Mise en œuvre d'isolation périphérique sur des ouvrages de plâtrerie

Raccordement en partie basse



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 35 : Disposition avec doublage à ossature métallique