

Sur le procédé

Therm'OTEP-L

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

Titulaire(s) : Société OTEP SAS

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version, examinée le 8 avril 2026, ne propose aucune modification du procédé par rapport à la version précédente.	PRAT Etienne	BERNARDIN-EZRAN Roseline
V1	Première version du document L'Avis Technique a été examiné par le Groupe Spécialisé n°3.1 "Planchers et accessoires de planchers" lors de sa réunion du 6 décembre 2022.	PRAT Etienne	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Le procédé THERM'OTEP-L est destiné à traiter les ponts thermiques situés à la jonction entre un plancher à prédalles et la façade en béton armé ou en maçonnerie dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur (ITI).

Les rupteurs THERM'OTEP-L sont utilisables dans le sens non porteur du plancher et viennent interrompre le pont thermique sur la hauteur de la table de compression.

Ils sont constitués par :

- Des nervures en béton armé de largeur 30 cm et de hauteur égale à la hauteur de la dalle de compression – entraxe courant 120 cm ;
- Des sabots disposés sur la tranche de la prédalle ;
- Un bloc d'isolant en forme de U.

Les zones traitées par ces blocs d'isolant sont interrompues tous les 120 cm maximum par des nervures en béton armé de largeur 30 cm et de hauteur égale à la hauteur de la dalle de compression. Ces nervures comportent des cages d'armatures fournies avec les prédalles par le titulaire et mises en œuvre sur chantier.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté	5
1.1.1.	Zone géographique	5
1.1.2.	Ouvrages visés	5
1.2.	Appréciation	5
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	5
1.2.2.	Durabilité	6
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	6
2.	Dossier Technique.....	7
2.1.	Mode de commercialisation.....	7
2.1.1.	Coordonnées	7
2.2.	Description.....	7
2.2.1.	Principe.....	7
2.2.2.	Caractéristiques des composants	7
2.3.	Dispositions de conception.....	9
2.3.1.	Principe du dimensionnement.....	9
2.3.2.	Règles générales	10
2.3.3.	Vérification sous sollicitations verticales	10
2.3.4.	Vérification à la flexion au droit de la nervure	10
2.3.5.	Vérification vis-à-vis de l'effort tranchant vertical	10
2.3.6.	Vérification du cisaillement à l'interface entre le béton de prédalle et le béton de table rapporté	10
2.3.7.	Vérification de la bielle d'about	10
2.3.8.	Vérification de l'ancrage des armatures sur appui.....	10
2.3.9.	Longueur des armatures inférieures et supérieures des raidisseurs.....	10
2.3.10.	Vérification sous sollicitations horizontales	11
2.3.11.	Prise en compte de la concomitance des efforts tranchants verticaux et horizontaux	11
2.3.12.	Vérification des voiles au poinçonnement (axe tirant-buton)	13
2.3.13.	Dispositions des armatures pour les chainages horizontaux	14
2.3.14.	Sécurité incendie	14
2.3.15.	Parasismique	14
2.3.16.	Vérification de robustesse	14
2.3.17.	Effets du retrait différentiel et de la température.....	15
2.3.18.	Vérification du contreventement des ouvrages.....	15
2.3.19.	Vérification des effets ponctuels.....	15
2.3.20.	Balcons	15
2.3.21.	Répartition des rôles des intervenantes lors des différentes étapes de la conception	15
2.3.22.	Isolation acoustique	15
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	16
2.4.1.	Prescriptions particulières dans le cas des balcons.....	17
2.5.	Finitions	17
2.5.1.	Sols	17
2.5.2.	Plafonds	17
2.5.3.	Doublages	17
2.5.4.	Isolation thermique.....	17
2.5.5.	Étanchéité de toiture-terrasse	17
2.6.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	19
2.6.1.	Fabrication	19

2.6.2.	Contrôle de fabrication	20
2.6.3.	Contrôle des sabots	20
2.7.	Mention des justificatifs	20
2.7.1.	Résultats expérimentaux	20
2.7.2.	Références chantiers	20
2.8.	Annexe I : Description des éléments	21
2.8.1.	RAIDISSEURS	21
2.8.2.	BLOC ISOLANT	22
2.8.3.	SABOT	23
2.9.	Annexe II : Vue d'ensemble du procédé.....	24
2.10.	Annexe III : Dispositions constructives en zone non sismique (Exemple).....	25
2.11.	Annexe IV : Dispositions constructives en zone sismique (Exemple)	26
2.12.	Annexe V	27
2.12.1.	Précautions préalables à la pose	27
2.12.2.	Précautions de pose	28
2.13.	Annexe VI : Performances thermiques (Exemples)	29
2.13.1.	Généralités	29
2.13.2.	Planchers intermédiaires.....	30
2.13.3.	Planchers hauts.....	32
2.13.4.	Planchers bas sur local non chauffé.....	34
2.13.5.	Exemple d'utilisation des valeurs de ponts thermiques.....	36
2.14.	Annexe VII	38
2.15.	Annexe VIII : Notice de pose Therm'OTEP-L.....	40
2.16.	Annexe IX : DISPOSITIONS DU SYSTEME THERM'OTEP-L POUR BATIMENTS COURANTS	42
2.17.	Annexe X : Gestion Projet Rupteur Thermique	44
2.18.	Annexe XI : Photos dispositif complet.....	45
2.19.	Annexe XII : Fiche d'auto-contrôle des sabots.....	46
2.20.	Annexe XIII : Modélisation EF du bâtiment - Notice THERMOTEP à l'usage des BET.....	47
2.20.1.	AVANT-PROPOS.....	47
2.20.2.	PRESENTATION.....	47
2.20.3.	GENERALITES SUR LES EFFORTS HORIZONTALS.....	47
2.20.4.	MATERIAUX - HYPOTHESES DE CALCUL.....	48
2.20.5.	MODELISATION DES ELEMENTS EN BETON : PLANCHERS / VOILES & NERVURES.....	50

1. Avis du Groupe Spécialisé

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

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

L'avis est formulé pour la France Métropolitaine.

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé THERM'OTEP-L permet le traitement partiel des ponts thermiques de planchers à prédalles en béton armé ou précontraint d'épaisseur minimale 50 mm, dans le cas d'ouvrages en isolation thermique par l'intérieur (ITI) uniquement.

Le procédé est destiné à tous les niveaux de plancher, à tout type de structure et à toutes les catégories d'importance de bâtiments, réguliers ou non.

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

Les ouvrages, situés dans les zones de sismicité 1 à 4 et nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié sont visés. Le procédé est donc applicable pour toutes zones sismiques en France Métropolitaine et pour toutes les classes de ductilité.

Le prolongement d'un plancher THERM'OTEP-L par un balcon, préfabriqué ou coulé en place, n'est pas visé.

Le procédé vise l'utilisation en toiture terrasse, dans ce cas le film plastique est retiré par l'entreprise de Gros Œuvre (§2.5.5).

Les façades et la structure porteuse de l'ouvrage peuvent être réalisées en béton coulé en place ou en maçonnerie de petits éléments au sens du NF DTU 20.1 P1-2.

Les planchers ainsi réalisés sont d'épaisseur totale minimale 180 mm.

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 NF DTU 20.1.

Le procédé Therm'OTEP-L n'est associé qu'avec le procédé Therm'OTEP, rupteurs thermiques partiels sur appuis porteurs et non-porteurs.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

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

L'incorporation de rupteurs THERM'OTEP-L n'altère pas la reprise des charges verticales par rapport à une jonction courante plancher/façade sans rupteurs.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Le procédé permet de satisfaire à la réglementation incendie pour le domaine d'emploi visé, dans la limite du domaine de validité des Appréciations de Laboratoire listées au §2.7.1 du Dossier Technique.

Les rupteurs THERM'OTEP-L sont couverts par l'Appréciation de Laboratoire du CSTB n°AL 18-227_V2 qui permet de justifier les critères d'Étanchéité (E) et d'Isolation (I) pendant toute la durée requise pour le domaine d'application visé (EI120).

1.2.1.3. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

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

1.2.1.4. Pose en zones sismiques

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

1.2.1.5. Isolation thermique

Les rupteurs THERM'OTEP-L permettent de corriger les ponts thermiques créés notamment par la continuité des éléments en béton de la dalle vers le chaînage du mur. La correction apportée est due à l'insertion des rupteurs entre le plancher et le chaînage périphérique et l'interruption du béton complémentaire au droit des blocs d'isolant. Le risque de condensation superficielle se trouve réduit grâce à la protection thermique que procure le rupteur.

Les calculs de ponts thermiques sont menés conformément aux Règles Th-Bât.

Les isolants admis pour ce procédé sont en laine de roche conforme à la NF EN 13162+A1, certifiés ACERMI et ayant pour désignation commerciale :

- ROCKSOL EXPERT, $\lambda_u = 0,038 \text{ W/(m.K)}$ – certificat Acermi n° 07/015/449
- ROCKACIER B NU, $\lambda_u = 0,039 \text{ W/(m.K)}$ – certificat Acermi n° 04/015/295

Les valeurs courantes de ψ et χ sont données dans les tableaux de l'Annexe VI, pour le calcul des ponts thermiques. Ces valeurs ne sont valables qu'à condition de respecter les limites de validité mentionnées dans ladite Annexe.

1.2.1.6. Isolation acoustique

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

Les performances acoustiques d'un plancher THERM'OTEP-L sont similaires à celles d'un plancher béton coulé en place de même masse surfacique.

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

Sol : Tout type de revêtement de sol. Un dispositif d'étanchéité à l'eau à base de joint souple doit être posé préalablement entre le doublage et le plancher brut, pour assurer le calfeutrement entre les blocs d'isolant des rupteurs et le complexe de doublage.

Plafonds : Tout plafond rapporté et tout type d'enduit applicable aux planchers à prédalles.

1.2.1.8. Aspects sanitaires

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

1.2.2. Durabilité

La durabilité des planchers THERM'OTEP-L est la même que celle des planchers à prédalles sans rupteurs.

Ils ne nécessitent pas d'entretien spécifique.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Sans objet.

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société OTEP SAS
 ZI Bordebasse
 Route du circuit
 FR – SAINT GAUDENS
 Tél. : 05 62 00 86 00
 Email : otep@wanadoo.fr
 Internet : otep-sa.com

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le rupteur Therm'OTEP-L est un procédé de traitement des ponts thermiques au niveau des jonctions plancher-mur périphérique en béton armé ou en maçonnerie dans le sens non porteur, pour les bâtiments à isolation thermique par l'intérieur.

Le rupteur Therm'OTEP-L est un procédé de rupteur de ponts thermiques constitué de deux éléments :

- Des sabots en acier inox fixés sur le flanc de la prédalle, supports d'isolant.
- Un bloc de matériau isolant d'épaisseur 8 cm, raidi par une plaque d'acier inox, de hauteur égale à l'épaisseur totale du plancher, comportant une encoche pour la réalisation d'une nervure en béton armé.

La liaison mécanique entre le plancher et le mur est assurée par des cages d'armatures disposées sur chantier, sur les rives non porteuses de la prédalle, dans les encoches des blocs d'isolant, formant ainsi des nervures en béton armé de 30 cm de largeur et de hauteur égale à la hauteur de l'encoche. L'entraxe des nervures est généralement de 120 cm ; il peut être réduit en utilisant des blocs d'isolant de longueurs différentes. Il ne peut pas excéder 120 cm.

Le procédé Therm'OTEP-L n'est associé qu'avec le procédé Therm'OTEP, rupteurs thermiques partiels sur appuis porteurs et non-porteurs.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Définition des matériaux

2.2.2.1.1. Armatures

Les armatures utilisées pour les cages d'isolant doivent répondre aux spécifications des normes correspondantes NF A 35-015, NF A35-017 et NF A 35-024.

2.2.2.1.2. Nature de l'Isolant

L'isolant composant le corps du rupteur est en laine de roche, sous les dénomination ROCKSOL EXPERT et ROCKACIER B NU, conformes à la NF EN 13162+A1. Ces isolant ont le marquage CE, bénéficient d'une DoP et d'un certificat ACERMI. Leur utilisation est déterminée en fonction de leur destination et des performances requises :

- Laine de roche : ROCKSOL EXPERT
- Marque : ROCKWOOL
- Certificat ACERMI n° 07/015/449
- Conductivité thermique certifiée : = 0,038 W/m.K
- Classe de résistance au feu : Euroclasse A1.
- Laine de roche : ROCKACIER B NU
- Marque : ROCKWOOL
- Certificat ACERMI n° 04/015/295
- Conductivité thermique certifiée = 0,039 W/m.K
- Classe de résistance au feu : Euroclasse A1.

2.2.2.2. Description des éléments

2.2.2.2.1. Raidisseurs

Les armatures utilisées pour les raidisseurs doivent répondre aux spécifications des normes correspondantes NF A 35-015, NF A 35-017, NF A 35-024.

Les raidisseurs dans le sens non porteur (type U) sont constitués de :

- 3 boucles HA8 minimum après calcul par le BET / 3 boucles HA10 en cas d'application de la méthode forfaitaire.

Les cadres des nervures sont des HA6 avec un minimum de 3 cadres dans l'épaisseur de l'isolant.

Dans le cas de la méthode forfaitaire (Voir 2.3.1.1) : Raidisseur avec 3 boucles HA10 : 3 cadres HA6 esp = 3 cm.

La hauteur des raidisseurs est fonction de la hauteur de l'encoche.

Les détails sont donnés en Annexe I.

Les raidisseurs sont repérés selon la codification suivante : TYPEØ-L-H, avec :

- TYPE = U,
- Ø = diamètre de la barre principale, en mm,
- L = longueur droite des barres principales, en cm,
- H = hauteur des cadres, en cm,

Par exemple : U10-L75-H15 pour les raidisseurs type U de la méthode forfaitaire.

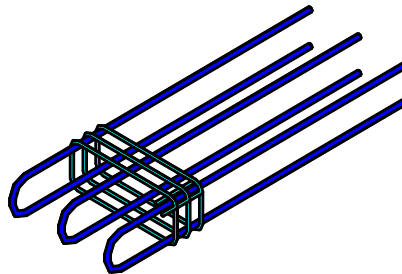


Figure 1 - Raidisseur standard

2.2.2.2.2. Sabots pour isolant

Les supports de rupteurs sont des sabots en tôle d'acier inox 304L ou plus avec une armature HA soudée.

Le descriptif est donné en Annexe I du dossier technique - § 2.8.3.

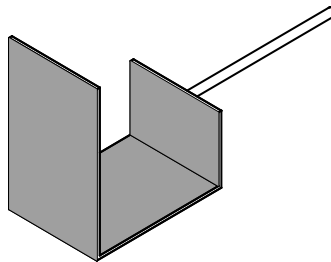


Figure 2 - Sabot pour le bloc d'isolant

2.2.2.2.3. Blocs d'isolant

Les blocs d'isolant sont découpés par OTEP ou par des ateliers agréés par OTEP. Ils sont fabriqués par des producteurs qui garantissent les tolérances dimensionnelles, la conductivité thermique, la réaction au feu et l'absorption d'eau.

Les panneaux sont ensuite découpés. La tolérance de coupe est de ± 5 mm.

Les blocs en laine de roche sont découpés aux dimensions requises puis emballés dans un film plastique étanche d'épaisseur 30 μ m minimum puis identifiés.

Les plaques inox, généralement percées, disposées en partie inférieure des blocs d'isolant ont pour rôle de rigidifier l'élément lors de mise en œuvre. Ces plaques sont en inox 304L ou plus, généralement découpées aux dimensions requises pas découpe laser.

Les détails sont donnés en Annexe I.

En usine ou sur chantier, les blocs d'isolant doivent être stockés à l'abri des intempéries et notamment de la pluie.

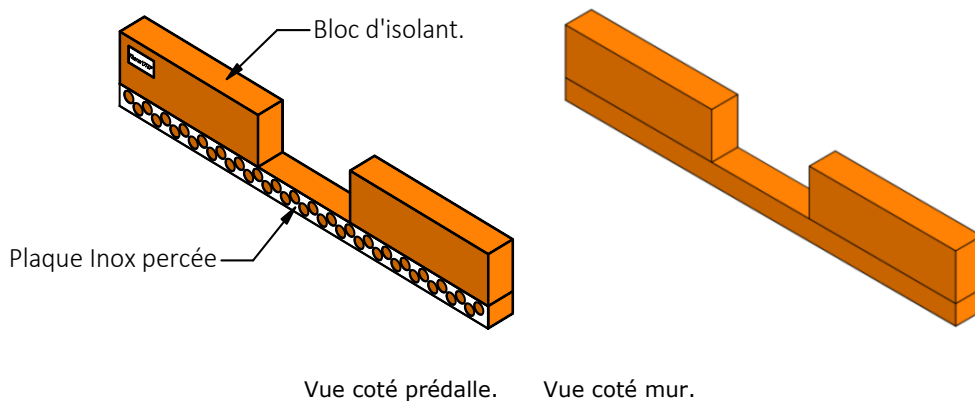


Figure 3

2.2.2.2.4. Prédalles

Les prédalles en béton précontraint, d'épaisseur nominale comprise entre 5 et 12 cm, sont conformes à la norme NF EN 13747, fabriquées en usine fixe, et bénéficient d'un marquage CE et d'une certification NF.

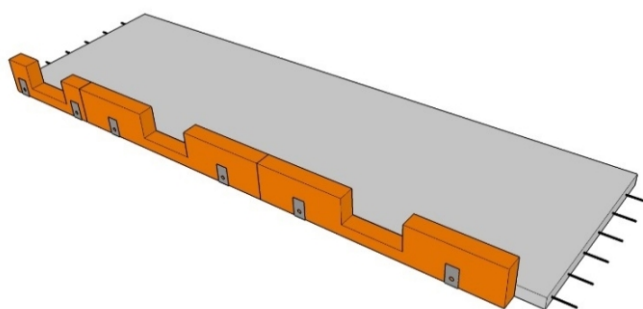


Figure 4 - Prédalle équipée de rupteurs

2.2.2.2.5. Béton coulé en œuvre

Béton de sable et de granulats courants ($D_{\max} \leq 22.4$ mm) conforme à la norme NF EN 206+A2/CN et de classe de résistance au moins égale à C25/30. L'utilisation des bétons autoplaçants est également possible.

2.2.2.3. Données Environnementales¹

Le procédé Therm'Otep-L ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits (ou procédés) visés sont susceptibles d'être intégrés.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Principe du dimensionnement

Le dimensionnement des nervures est systématiquement assuré par la société OTEP.

2.3.1.1. Méthode forfaitaire

Pour un projet de bâtiment ne nécessitant pas de dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié et à condition que le bâtiment considéré présente :

- Une dimension en plan supérieure ou égale à la hauteur du bâtiment ;
- Les deux dimensions en plan inférieures ou égales à 25 m ;
- Un nombre de niveau maximum : R+5 (sans compter les éventuels niveaux inférieurs) ;
- Des surcharges permanentes ≤ 250 daN/m² et surcharges d'exploitation ≤ 400 daN/m² ;

Le ferrailage forfaitaire suivant est adopté pour les nervures : Raidisseur avec 3 boucles HA10 + 3 cadres HA6 esp = 3x3 cm.

2.3.1.2. Méthode générale

Pour les situations de projet ne rentrant pas dans la configuration décrite au §2.3.1.1, une modélisation aux éléments finis sera effectuée par le BET du chantier pour le calcul des efforts dans les nervures, en modélisant ces nervures selon prescriptions du § 2.9.3 ci-après. Le dimensionnement final des nervures est toujours fait par OTEP selon les efforts communiqués par le BET après validation de la note de calcul du BET par OTEP.

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

Une assistance relative à cette modélisation est disponible auprès d'OTEP selon le schéma de l'Annexe X.

Dans tous les cas, les effets du retrait et de la température sont inclus dans les vérifications (méthode simplifiée ou modélisation 3D) selon les prescriptions de la notice explicative destinées aux BET pour la prise en compte des rupteurs thermiques dans le cadre de la modélisation des ouvrages par la méthode des éléments finis (voir Annexe XIII).

2.3.2. Règles générales

D'une manière générale, le plancher équipé de rupteurs thermiques Therm'OTEP-L est calculé conformément au NF DTU 23.4 et la norme NF P19-206.

L'épaisseur du plancher muni de rupteurs Therm'OTEP-L doit être supérieure ou égale à 18 cm.

Les nervures sont équipées d'armatures en aciers HA de limite élastique $f_{yk} = 500$ MPa.

Les boucles des raidisseurs sont ancrées dans le chaînage horizontal périphérique de l'ouvrage.

Pour les justifications par le calcul, la section résistante est la section rectangulaire de la nervure.

Les enrobages sont conformes à la norme NF EN 1992-1-1 et à son Annexe nationale. Les enrobages latéraux des cadres des raidisseurs sont au minimum de 10 mm pour toutes les classes d'exposition.

La disposition des rupteurs thermiques Therm'OTEP-L prend en compte la présence des trémies et des autres inserts (gainés, fourreaux, ...) selon l'annexe VIII. Les autres dispositions complémentaires sont présentées dans l'annexe V.

2.3.3. Vérification sous sollicitations verticales

Les justifications en zone courante de plancher sont menées conformément aux §5 et au §6 de la norme NF P19-206 pour respectivement les vérifications à l'ELU et à l'ELS.

La justification de la limitation des flèches est menée conformément au §6.5 de la norme NF P19-206.

Les dispositions et justifications de l'about de la prédalle ne comportant pas de bloc d'isolant sont celles définies par la norme NF P19-206 pour ce qui concerne les vérifications d'ancrage, de résistances à l'effort tranchant et à la flexion sous moment négatif éventuel.

La vérification du monolithisme est réalisée conformément au §5.3.2 de la NF P19-206.

2.3.4. Vérification à la flexion au droit de la nervure

Sans objet.

Les rupteurs THERM'OTEP-L se trouvent dans le sens non-porteur exclusivement.

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

Les justifications vis-à-vis de l'effort tranchant sous les sollicitations verticales sont réalisées selon la norme NF EN 1992-1-1 6.2.2 et son Annexe nationale.

La justification peut être réalisée selon un modèle bielle-tirant avec des bielles d'inclinaison variable (angle θ tel que $1 \leq \cotan \theta \leq 2,5$). A l'extrémité de cette zone, la capacité résistante est évaluée à partir des formules 6.2.a et 6.2.b de la norme NF EN 1992-1-1, article 6.2.2, en prenant en compte la section béton telle que définie au § 2.3.2 ci-dessus.

Dans le sens non porteur, en l'absence d'étude particulière, l'effort tranchant vertical est pris égal à la moitié de l'effort tranchant vertical déterminé dans le sens porteur.

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

Cette justification s'effectue conformément à l'article 6.2.5 de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale. La liaison entre la prédalle et le béton complémentaire au voisinage de la nervure est assurée par le crantage de la prédalle ou par des armatures de coutures, le cas échéant.

2.3.7. Vérification de la bielle d'about

Cette vérification s'effectue conformément au § 6.5.4 (4) b. de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale « nœud soumis à compression et à traction avec tirant ancré dans une direction ».

Le début de la bielle de compression se situe à l'aplomb du nu intérieur de l'appui pour tout type de support en déduisant, lorsqu'applicable, d'éventuel retrait type chanfrein d'éléments préfabriqués verticaux.

2.3.8. Vérification de l'ancrage des armatures sur appui

Dans le sens non porteur, il n'y a pas d'armatures dépassant latéralement de la prédalle. Pour cette vérification et avec concomitance des efforts du §2.3.11 ci-après, l'équilibre de la bielle d'about est assuré par les seules armatures principales des raidisseurs.

2.3.9. Longueur des armatures inférieures et supérieures des raidisseurs

La longueur totale droite des armatures des raidisseurs est fixe et égale à $65 \varnothing$ minimum en considérant une pénétration forfaitaire dans le chaînage de 15 cm.

2.3.10. Vérification sous sollicitations horizontales

L'OTEP a réalisé dans le laboratoire du CSTB des essais alternés de cisaillement et de traction. Ces essais ont permis d'établir :

- La loi élasto-plastique de comportement de la nervure,
- La raideur de la nervure en cisaillement,
- La raideur de la nervure en traction.
- La capacité de la nervure sous les sollicitations horizontales est déterminée par l'interprétation des résultats des essais.

La nervure est sollicitée par un effort normal, un effort horizontal de cisaillement et un effort vertical. Ces efforts sont comparés à la capacité résistante à l'ELS, à l'ELU et, le cas échéant, à l'ELA. En situation sismique, une vérification de robustesse sera menée selon le § 2.3.16.

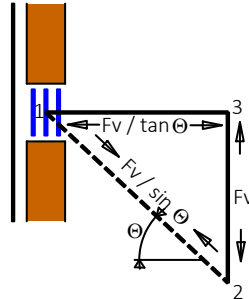


Figure 5 : Schéma d'équilibre des efforts

Avec :

- Barre 1-2 : Transfert des efforts par une bielle de compression ;
- Barre 1-3 : Transfert des efforts de traction par les armatures principales du raidisseur ;
- Barre 2-3 : Transfert des efforts de traction par les armatures du renfort disposées au-dessus de la prédalle au voisinage du rupteur Therm'OTEP-L.

L'équilibre du nœud est étudié selon la figure 6.27 de la norme NF EN 1992-1-1, §6.5.4.

Lorsque cela est nécessaire, le bureau d'études structure du chantier détermine les efforts dans la nervure dans les 3 directions principales. La liaison entre les voiles et les planchers doit être matérialisée à l'aide des éléments filaires de type barre en prenant dans le cas courant :

- Raideur en cisaillement : $K_v = 1220 \text{ kN/mm}$;
- Raideur en traction : $K_N = 1178 \text{ kN/mm}$.

La modélisation de la structure voile-plancher, réalisée à l'aide d'éléments finis surfaciques de type coque, ne doit pas avoir un maillage supérieur à $200 \times 200 \text{ mm}$ au voisinage des nervures du rupteur Therm'OTEP-L. Le maillage courant ne doit pas dépasser $1000 \times 1000 \text{ mm}$. Une assistance relative à cette modélisation est disponible auprès d'OTEP. Une notice de modélisation destinées aux BET est indiquée en Annexe XIII.

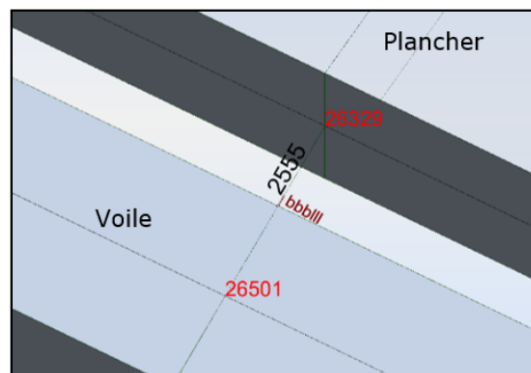


Figure 6 - Exemple de modélisation de la nervure béton

Les résultats de calculs dans la structure modélisée avec ces principes permettent de déterminer la disposition et le ferrailage des nervures.

Le lissage des efforts sur plusieurs nervures est possible à condition de limiter l'écart entre deux nervures à 20%.

2.3.11. Prise en compte de la concomitance des efforts tranchants verticaux et horizontaux

2.3.11.1. Principe de vérification

Pour assurer le fonctionnement du plancher en diaphragme ainsi que la liaison tirant buton avec la façade, le dimensionnement des nervures doit prendre en compte la concomitance des efforts tranchants verticaux et horizontaux.

Selon le schéma d'équilibre décrit de la Figure 7, avec les efforts sollicitants suivants :

- N_{Ed} : l'effort normal par nervure,

- $V_{Ed,V}$: l'effort de cisaillement vertical par nervure ,
- $V_{Ed,H}$: l'effort de cisaillement horizontal par nervure.

Les efforts dans ces nervures, obtenus pour les 3 directions principales, peuvent être répartis :

- Pour l'effort normal N_{Ed} : sur 3 nervures adjacentes ;
- Pour l'effort de cisaillement horizontal $V_{Ed,H}$: l'ensemble des liaisons d'un élément unitaire de mur avec un maximum de 6 m.

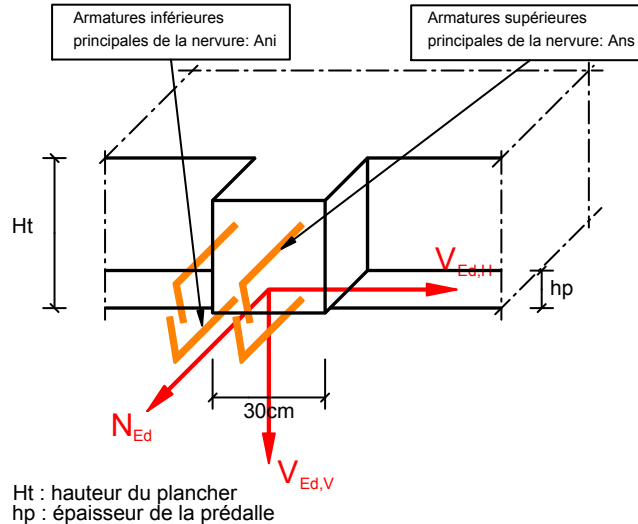


Figure 7 : Section résistante de la nervure

2.3.11.2. Capacité résistante en traction (composante traction) – barre 1-3

Les armatures du raidisseur, représentées par la barre 1-3 de la Figure , doivent pouvoir acheminer des efforts de traction suivants :

- $F_{t,adm}$, une composante inclinée de la force de cisaillement horizontale, équilibrée par une partie de la section efficace des armatures dépassant sur appui A_e ;
- $V_{Ed,V}$;
- N_{Ed} .

L'effort total F_t dans la barre 1-3 est : $F_t = F_{t,adm} + V_{Ed,V} + \alpha * N_{Ed}$

Soit : $F_{t,adm} = F_t - V_{Ed,V} - \alpha * N_{Ed}$

Avec coefficient $\alpha = 1$ car raidisseurs positionnés sur les prédalles certifiées NF.

Section efficace A_e , nécessaire pour équilibrer l'effort $F_{t,adm}$: $A_e = A_{ns} + A_{ni} - V_{Ed,V} / f_{yd} - \alpha * N_{Ed} / f_{yd}$

Avec

- A_{ni} et A_{ns} section d'armatures principales du raidisseur, respectivement inférieures et supérieures.
- f_{yd} pris égal à :
- A l'ELS : $2/3 * f_{yk}$
- A l'ELU et ELA : f_{yk} / γ_s ($\gamma_s = 1,1$ à l'ELU – $1,0$ à l'ELA)
 - A l'ELU, selon la norme NF EN 1992 – 1 – 1 § 2.4.2 4 et son Annexe nationale, la valeur de γ_s est prise égale à 1,1 par absence d'importance de tolérance de position des armatures dans le calcul des nervures.

Capacité portante de la nervure à la traction : $F_{t,adm,ELU} = f_{yd} * A_e * \tan(\theta)$.

La justification peut être réalisée dans un modèle bielle-tirant, considérant des bielles d'inclinaison variable d'un angle θ compris entre 65 et 21,8°.

Les armatures inférieures du raidisseur A_{ni} (voir §2.3.8 ci-avant) doivent équilibrer la bielle d'about sous l'action de $V_{Ed,V}$.

2.3.11.3. Capacité résistante en compression (composante compression) – barre 1-2

La valeur de la capacité résistante en compression de la barre 1-2 est donnée selon les combinaisons ELS, ELU et ELA par les formules suivantes :

Formule ELS : $F_{c,adm,ELS} = 0,6 * f_{ck} * h * a_b * k_2 * v' * \eta \sin(\theta)$

Formule ELU et ELA : $F_{c,adm,ELU} = f_{ck} / \gamma_c * h * a_b * k_2 * v' * \eta \sin(\theta)$

Avec :

- γ_c : Coefficient partiel relatif au béton selon la norme NF EN 1992-1-1 § 2.4.2.4 - Situation de projet durable ou transitoire :
 - $\gamma_c=1,5$ pour le béton in situ,
 - $\gamma_c=1,2$ pour les situations accidentelles
- h = hauteur de la nervure (= épaisseur du plancher).
- $k_2= 0,85$
- $v'= 1-f_{ck}/250$
- $\eta = 1,03$ avec considération du confinement du béton par des armatures transversales:
- $\theta =$ angle compris entre $65,0^\circ$ et $21,8^\circ$ (égal à l'angle θ du § précédent).
- $a_b =$ largeur de la bielle de compression
 - Dans le béton coulé in situ, variable selon schéma suivant :

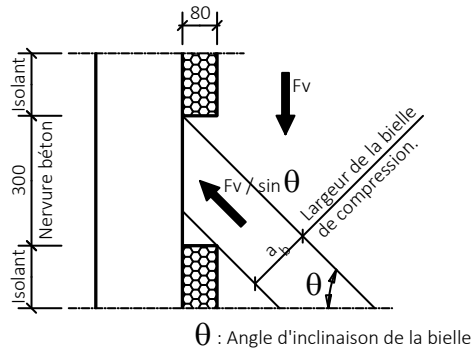


Figure 8

2.3.11.4. Critère d'acceptabilité

La nervure est correctement dimensionnée lorsque, dans les trois états ELS, ELU et ELA :

$$V_{Ed,H} \leq F_{c,adm}$$

$$V_{Ed,H} \leq F_{t,adm}$$

2.3.12. Vérification des voiles au poinçonnement (axe tirant-buton)

Le poinçonnement des voiles suivant l'axe tirant-buton est vérifié selon la norme NF EN 1992-1-1 § 6.4 avec une largeur participante égale à la largeur de la nervure. La hauteur est égale à la hauteur de béton de la dalle rapportée.

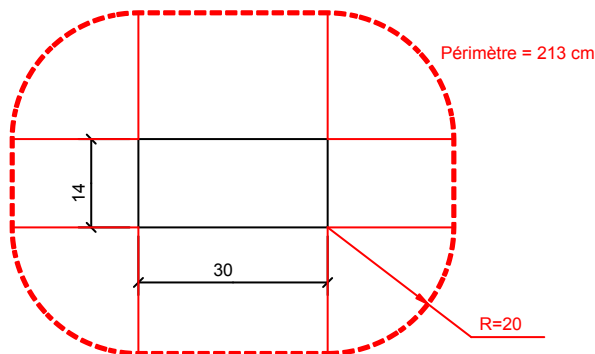


Figure 9 - Exemple de contour de contrôle de référence pour la nervure de type A et pour un mur de 20 cm d'épaisseur avec une nappe d'armatures centrée selon NF EN 1992-1-1 § 6.4

2.3.13. Dispositions des armatures pour les chaînages horizontaux

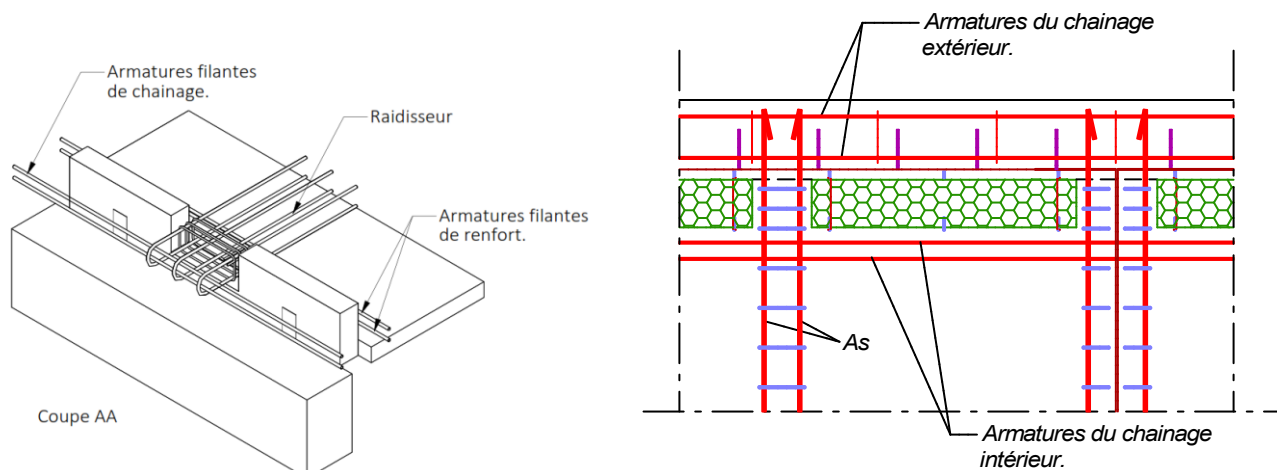


Figure 10

Les sections d'armatures minimales à respecter sont les suivantes :

Armatures minimales du chaînage extérieur selon les règlements en vigueur :

CATEGORIE D'IMPORTANCE	ZONE DE SISMICITE			
	1	2	3	4
I Bâtiments avec activité humaine réduite (ex: bâtiments agricoles).				
II Maison Individuelle (plancher sur VS). Maison Individuelle (plancher autre que sur VS). Bâtiments courants (ex: habitations, bureaux, parkings, bâtiments de hauteur < 28m)				
III Bâtiments avec activité humaine importante (ex: écoles, salles de réunion, bâtiments de hauteur > 28m).				
IV Bâtiments d'importance vitale pour la protection civile (ex: hôpitaux, casernes, centrales électriques).				

Figure 11

- o Zones « en vert » : 1,2 cm² soit au moins 3 HA8 ou 2HA10 ;
- o Zones « en rouge » : 3,0 cm² soit au moins 4 HA10.
- o Armatures minimales du chaînage intérieur aux rupteurs :
 - o Cas où les armatures dans les nervures sont 3 boucles HA10 - 2HA10 filants et ancrés au-delà de la dernière nervure ;
 - o Cas où les armatures dans les nervures sont 4 boucles HA10 ou plus - As/2 (As = section d'aciers dans la nervure = raidisseur).

La section d'armatures du chaînage intérieur doit être équivalente à celle du chaînage extérieur. On retient la section maximale entre celle calculée par le BET pour le chaînage extérieur et les dispositions applicables au chaînage intérieur.

2.3.14. Sécurité incendie

La méthode de calcul au feu est celle définie dans les règles NF EN 1992-1-2.

Le procédé Therm'OTEP-L fait l'objet de l'appréciation de laboratoire N°AL18-227_V2 établie par le CSTB qui conclut sur la satisfaction des critères d'Étanchéité (E) et d'Isolation (I) du procédé pendant toute la durée requise pour le domaine d'application visé (EI 120).

2.3.15. Parasismique

Les dispositions de l'article 12 de la norme NF P19-206 sont applicables dans leur intégralité au droit des nervures.

Le long des lignes de rupteurs Therm'OTEP-L, la fonction diaphragme est assurée par le plancher par l'intermédiaire des nervures béton liaisonnées aux chaînages de rive.

Les efforts verticaux du plancher sont transmis aux appuis par effort tranchant, qui se concentre au droit des nervures en béton armé.

Les efforts horizontaux sismiques du plancher sont transmis aux appuis non porteurs par les nervures.

Le bureau d'études structure détermine les efforts $N_{Ed,r}$, $V_{Ed,V,r}$ et $V_{Ed,H}$ dans les nervures en béton. Ces efforts sont comparés aux efforts admissibles par les nervures à l'ELA.

2.3.16. Vérification de robustesse

Uniquement en situation sismique : un coefficient majorateur de robustesse $\gamma_{rd} = 1,50$ est pris en compte pour ces efforts sismiques pour les actions accidentelles dans le dimensionnement des nervures.

Ce coefficient de robustesse matérialise le fait qu'en cas de « faiblesse » d'une nervure, les deux nervures adjacentes résistent aux efforts sollicitants.

2.3.17. Effets du retrait différentiel et de la température

Les efforts dus au retrait différentiel entre la dalle et les façades ainsi que les effets de la dilatation / gradient thermique de la façade entre été / hiver et jour / nuit sont repris par les nervures. Ces efforts horizontaux sont considérés comme concomitants avec les efforts verticaux.

Les hypothèses des calculs sont mentionnées dans l'Annexe XIII « Note Explicative destinée aux BET pour la prise en compte des rupteurs thermiques dans la modélisation des ouvrages par la méthode des éléments finis ».

Les combinaisons des efforts étudiées sont celles prévues dans la norme NF EN 1990 et son Annexe Nationale.

Le bureau d'études structure détermine les efforts N_{Ed} , $V_{Ed,V}$, et $V_{Ed,H}$ dans les nervures en béton. Ces efforts sont comparés aux efforts admissibles par les nervures à l'ELS et à l'ELU.

Dans le cas de bâtiments avec façades et pignons en maçonnerie, aucune disposition particulière n'est à prévoir dans le cadre de ce chapitre.

2.3.18. Vérification du contreventement des ouvrages

Les efforts dus au vent sont transmis aux éléments de contreventement de l'ouvrage par l'intermédiaire des nervures en béton. Les combinaisons des efforts étudiées sont celles prévues dans la norme NF EN 1990 et son Annexe nationale.

Le bureau d'études structure détermine les efforts N_{Ed} , $V_{Ed,V}$, et $V_{Ed,H}$ dans les nervures en béton. Ces efforts sont comparés aux efforts admissibles par les nervures à l'ELU.

2.3.19. Vérification des effets ponctuels

Les effets ponctuels locaux (vent exceptionnel, tornade, ...) doivent être pris en compte dans le dimensionnement des nervures. Les combinaisons des efforts étudiées sont celles prévues dans la norme NF EN 1990 et son Annexe nationale.

Dans le cas d'un vent exceptionnel, un effort local horizontal de 600 daN/m² sera appliqué sur les façades pour exercer un effort de compression sur les nervures. Le bureau d'études structure détermine les efforts N_{Ed} , $V_{Ed,V}$, et $V_{Ed,H}$ dans les nervures en béton. Ces efforts sont comparés aux efforts admissibles par les nervures à l'ELA.

Les autres cas d'efforts ponctuels doivent être traités au cas par cas et pris en compte dans la combinaison d'action applicable.

2.3.20. Balcons

Il n'est pas possible d'utiliser les rupteurs Therm'OTEP-L en vis-à-vis de balcons en porte-à-faux ni en vis-à-vis des balcons d'angles.

2.3.21. Répartition des rôles des intervenantes lors des différentes étapes de la conception

La conception est réalisée sous la responsabilité d'OTEP :

- Etape 1 : L'usine est consultée par une entreprise et contacte OTEP (transmission à OTEP par l'usine des plans de coffrage projet du BET et de l'étude thermique)
- Etape 2 : OTEP :

Vérifie la faisabilité du projet

Vérifie le coefficient thermique linéique ψ global

Fait une pré-implantation des rupteurs

OTEP transmet à l'usine : Le plan de coffrage avec pré-implantation des rupteurs + estimation du ψ .

- Etape 3 : Sur la base de ces informations, l'usine propose un devis à l'entreprise.
- Etape 4 : S'il y a commande, l'usine transmet à OTEP la commande définitive ainsi que les plans de coffrage définitifs (Ces plans de coffrages donnent le calepinage prévu des prédalles, et donc le positionnement des nervures).
- Etape 5 :
 - Cas 1 : Si la méthode forfaitaire est applicable, OTEP assure la conception définitive (y compris dimension et positionnement des rupteurs).
 - OTEP retourne à l'usine le plan d'exécution du plancher et les plans de fabrication des prédalles
 - Cas 2 : S'il s'agit d'un bâtiment nécessitant une modélisation 3D, OTEP envoie au BET un plan projet avec disposition supposée des nervures.

Le BET réalise une modélisation 3D du bâtiment, en prenant en compte la présence des rupteurs du système THERM'OTEP-L.

Le BET vérifie qu'aucune nervure n'est sollicitée plus que sa capacité résistante.

En cas de dépassement des capacités résistantes, le BET renvoie l'information à OTEP pour nouveau positionnement des nervures, sinon, le BET transforme le plan projet avec disposition supposée des nervures en plan d'exécution.

Une fois que le BET a vérifié cela, il envoie à OTEP le tableau des efforts.

OTEP vérifie le non-dépassement des capacités résistantes et réalise le plan de fabrication des prédalles

A noter : Seul OTEP a la main sur le calcul du coefficient thermique linéique ψ et sur le positionnement des nervures.

2.3.22. Isolation acoustique

La mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique et du niveau de bruit de choc réalisée par le CSTB permet de dire que la présence des rupteurs thermiques n'induit pas de perte d'isolement direct par rapport à une configuration de plancher avec prédalle sans rupteur.

Par ailleurs, des mesures de l'indice d'affaiblissement vibratoire d'une jonction en T entre façade et Therm'OTEP-L ont aussi été réalisées in situ par le CSTB. Il a ainsi été constaté que la présence des rupteurs thermiques n'affaiblissait pas la jonction pour les transmissions acoustiques. Le calcul montre au contraire une égalité ou, un plus au niveau des isolements globaux.

Une amélioration peut être apportée soit par des masses additionnelles (carrelages par exemple), soit par des dispositions permettant de considérer que le système ne fonctionne plus comme une simple paroi acoustique (plafonds suspendus par exemple).

2.4. Dispositions de mise en œuvre

La mise en œuvre de prédalles munies de rupteurs thermiques « Therm'OTEP-L » ne présente pas de difficultés particulières par rapport à des prédalles classiques. Elle est conforme au NF DTU 23.4. Un plan de préconisation de pose des prédalles, établi par le bureau d'études OTEP permet sur chantier, l'orientation et la disposition des prédalles ainsi que de toutes les armatures complémentaires à disposer.

Dans tous les cas, le personnel technico-commercial chargé de la prescription et du suivi des chantiers, assistent les bureaux d'études et les entreprises durant les phases d'études et de mise en œuvre.

La manutention des prédalles est réalisée par élingues ou par palonnier directement par l'intermédiaire des boucles de levage, suivant les indications du plan de préconisation de pose.

Les prédalles sont posées côte à côte, jointivement sur les appuis et sur les files d'étais préalablement disposées selon les indications du plan de préconisation de pose. Les files d'étais sont placées parallèlement aux appuis à des distances variables selon la portée et l'épaisseur de béton complémentaire.

Les appuis sur mur se font soit à bain de mortier, avec des lisses de rive, soit à sec sur une surface ragrée. La pose des prédalles avec ou sans lisse d'appui doit respecter les valeurs minimales de repos sur appui indiquées sur les plans de préconisation de pose.

Lorsqu'il est constaté sur le chantier que ces prescriptions ne sont pas respectées, l'entreprise doit procéder sans délai à la mise en place de lisses d'appui pour les prédalles concernées. Elle définit ensuite les dispositions à prendre en concertation avec le bureau d'études OTEP, en application de l'article 5.4.4 du NF DTU 23.4.

Pour les murs en béton, la pénétration de l'isolant sur le chaînage ne doit pas excéder le quinzième de l'épaisseur du mur et 5 mm pour les murs en maçonnerie.

Pour les prédalles destinées à être équipées de Therm'OTEP-L il faut aligner les sabots avec le mur non porteur.

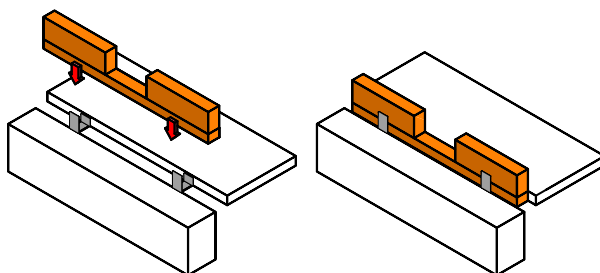


Figure 12

Les autres prédalles sont posées côte à côte, jointivement et toujours sur les files d'étais placées en général parallèlement aux lignes d'appui.

Les rupteurs Therm'OTEP-L seront ensuite insérés dans les sabots RL / S1, supports de Therm'OTEP-L.

Les blocs d'isolant seront toujours disposés de manière que la plaque inox percée se trouve coté prédalle.

Après la mise en place des blocs d'isolant, les armatures complémentaires (raidisseurs dans les encoches, couvre-joint, chapeaux, renforts, chevêtres) sont mises en œuvre selon le plan de pose, à l'aide de cales pour garantir le bon enrobage au-dessus du bloc d'isolant, avec un minimum de 1 cm.

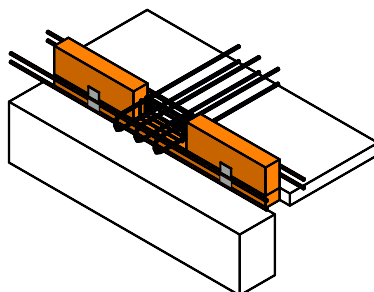


Figure 13

Des armatures filantes de renfort sont à disposer contre les rupteurs à l'intérieur du plancher et ancrées au-delà de la ligne de Therm'OTEP-L, selon le plan de pose.

La valeur des diamètres de ces armatures suit les mêmes règles que les armatures de chaînage horizontal périphérique.

Pour certaines configurations de bâtiments, un renfort dans les angles du bâtiment peut s'avérer nécessaire. Les dimensions et le ferrailage sont dans ce cas spécifiés sur le plan de pose.

A la jonction plancher voiles périphériques, un chaînage horizontal est disposé conformément à la réglementation en vigueur.

Après nettoyage et humidification des prédalles, l'entreprise coule le béton complémentaire dans lequel sont éventuellement incorporés des gaines et des canalisations (par exemple tubes de chauffage, gaines électriques), en conformité avec les normes en vigueur et notamment l'article 5.5.2.3 du NF DTU 23.4-P1-1. Ces éléments ne doivent en aucun cas être disposés dans les nervures des rupteurs sauf si prévu par le dimensionnement à la demande du corps d'état technique concerné.

La surface du béton est dressée à la taloche mécanique ou tirée à la règle.

L'enlèvement des étais se fait après obtention des résistances de béton requises.

Les blocs d'isolant sont livrés avec les prédalles. Ils sont marqués et repérés sur le plan de préconisation de pose.

Lors du coulage du plancher, l'entreprise devra s'assurer du maintien des blocs d'isolant (traités anti-UV).

Dans le cas où les densités d'armatures au droit des rupteurs sont fortes (ex. en zone sismique), les prescriptions concernant le diamètre maximal des granulats seront mentionnées sur le plan de préconisation de pose.

Il est interdit de traverser les nervures en béton armé avec les gaines des réseaux.

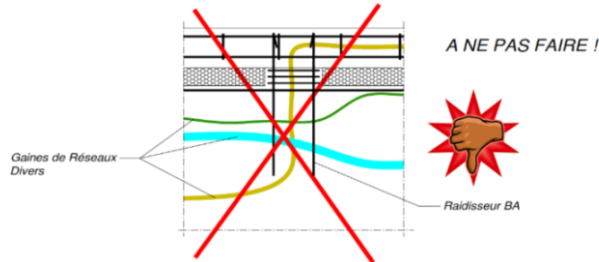


Figure 14

2.4.1. Prescriptions particulières dans le cas des balcons

Le rupteur Therm'Otep-L ne permet pas la réalisation de balcons en porte-à-faux.

La réalisation des balcons sans porte-à-faux est possible.

2.5. Finitions

2.5.1. Sols

Tous les types de revêtements de sol peuvent être appliqués.

2.5.2. Plafonds

La nature de la sous-face du plancher Therm'Otep-L est identique à la sous-face d'un plancher béton à dalle pleine coulée sur prédalles. La finition du plancher ne présente pas de singularité du fait de la présence du rupteur Therm'Otep-L.

2.5.3. Doublages

- Doublages collés : La mise en œuvre des doublages est réalisée conformément à la norme NF DTU 25.42 P1-1.
- Doublages sur ossatures : Le système de doublage sur ossature est mis en œuvre conformément à la norme NF DTU 25.41 P1-1.

2.5.4. Isolation thermique

Le procédé THERM'Otep-L permet de traiter les ponts thermiques au niveau des jonctions plancher-mur périphérique et plancher-balcon, pour les bâtiments à isolation thermique par l'intérieur. Les calculs d'isolation sont menés conformément aux Règles Th-Bat. Des valeurs courantes de transmissions linéiques ψ (W/m.K) et coefficient de pont thermique ponctuel χ pour les différentes sont données en Annexe VI.

En toiture-terrasse, conformément au DTU 20-12, la totalité de l'isolation doit être disposée en partie supérieure du plancher.

2.5.5. Etanchéité de toiture-terrasse

2.5.5.1. Domaine d'emploi

Après retrait du film plastique par l'entreprise de gros œuvre, le domaine d'emploi du rupteur thermique Therm'Otep-L est conforme au CPT 3794 (Février 2018) « Règles de conception des toitures terrasses, balcons et coursives étanchés sur éléments porteurs en maçonnerie munis de procédés de rupteurs de ponts thermiques faisant l'objet d'un Avis Technique ».

2.5.5.2. Compatibilité

Les blocs d'isolant sont constitués de laine de roche recouvert d'un film plastique. Ce film est retiré par l'entreprise Gros Œuvre avant la mise en œuvre de l'étanchéité afin d'assurer la compatibilité des rupteurs Therm'Otep-L à recevoir un pare-vapeur ou un revêtement d'étanchéité.

	Compatibilité de toute la gamme de rupteurs Therm'OTEP-L à recevoir un pare-vapeur ou un revêtement d'étanchéité
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
Apte à recevoir un pare vapeur collé à l'EAC	Oui
Apte à recevoir un isolant support d'étanchéité à base de verre cellulaire collé à l'EAC.	Oui

2.5.5.3. Prescription de mise en œuvre

2.5.5.3.1. Généralité

Avant la mise en œuvre du pare vapeur, de l'équerre de renfort et du revêtement d'étanchéité, le film plastique du rupteur est retiré par l'entreprise Gros Œuvre, afin de laisser la laine de roche nue.

La mise en œuvre et la composition du revêtement d'étanchéité, du pare-vapeur et de l'équerre de renfort est décrite dans l'Avis Technique ou Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité, dans les DTU série 43, ou selon les règles professionnelles de la CSFE « Etanchéité sous protection lourde » de janvier 2025 dans le cas des revêtements bitume SBS et APP posés en indépendance ou par soudage, sous les protections lourdes et les revêtements d'étanchéité PVC-P posés en indépendance sous protection lourde, complété par les prescriptions du CPT 3794 (Février 2018), .

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

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

2.5.5.3.2. 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 rupteurs doivent être protégés par une bande soudée, qui est défini dans un DTA de revêtement d'étanchéité ou dans la fiche système du revêtement conforme aux règles professionnelles de la CSFE « Etanchéité sous protection lourde » de janvier 2025.

2.5.5.3.3. Fixation mécanique en partie courante de toiture

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

2.5.5.3.4. Fixation mécanique en périphérie de toiture

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

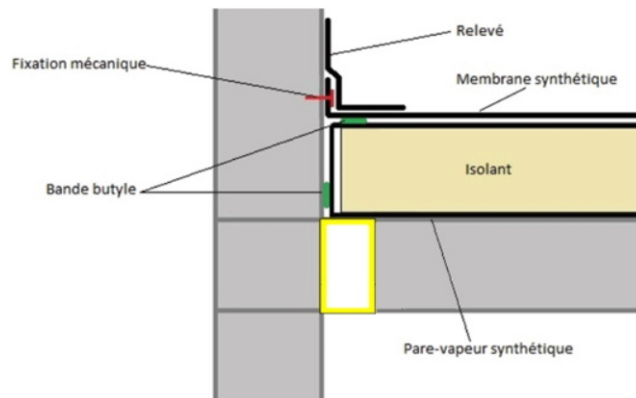


Figure 15 - Réserve avec rupteur continu posé en plancher

2.5.5.3.5. Dalles sur plots

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

Lorsque la largeur du rupteur est supérieure à 50 mm, un système de porte-dalle est prévu de façon que les dalles ne soient pas en porte-à-faux.

2.5.5.3.6. Réservations

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

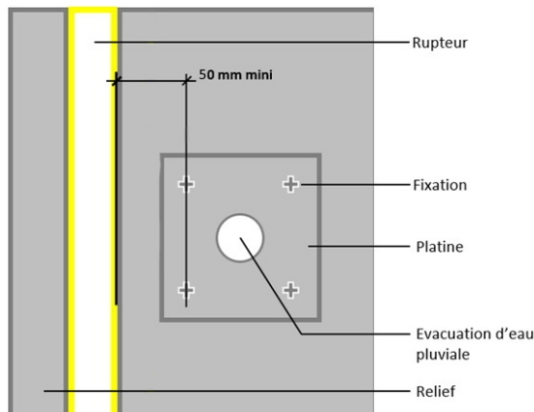


Figure 16 - Réserve avec rupteur continu posé en plancher

2.6. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.6.1. Fabrication

La fabrication des prédalles et des composants du rupteur (Sabots inox), y compris la découpe des blocs d'isolant, a lieu dans des ateliers sous la responsabilité de l'OTEP. La fabrication des prédalles ainsi que la pose des sabots sont réalisées en usine, permettant à chaque poste, les opérations de nettoyage, traçage, ferrailage, bétonnage, mise en place de ces sabots, traitement thermique, démoulage.

Les armatures de la prédalle sont généralement mises en œuvre sur les pistes de fabrication par des personnes formées et habilitées à ce type d'opération.

La mise en place des sabots est réalisée selon les fiches de fabrication individuelles. Lorsque l'usine est équipée d'un traceur automatique de banc, le logiciel AUTOPRED® avec le module OPTIBANC procède au repérage à la peinture des sabots. Sinon, le coffrage se fait à la main de manière traditionnelle.

Les sabots sont identifiés par la mention : RL / S1.

L'identification des éléments isolants se fait par la pose d'une étiquette sur les blocs d'isolant, avec mention du type de rupteur « RL » pour rupteur longitudinal, dimensions et matériau isolant.

Dénomination des blocs d'isolant standards : RL A / B x h

- A = longueur totale isolant (mm).
- B = A - longueur encoche (mm).
- h = hauteur de l'isolant (mm).

Exemples :

- RL : 1200 / 900 x 200
- RL : 900 / 600 x 200
- RL : 750 / 450 x 200
- RL : 600 / 300 x 200



Figure 17 : Fabrication des Prédalles équipées de sabots sens non porteur

2.6.2. Contrôle de fabrication

2.6.2.1. Contrôles sur les prédalles

Les prédalles munies de rupteurs thermiques « Therm'OTEP-L » sont contrôlées en usine selon leur référentiel propre. Concernant les rupteurs, un autocontrôle visuel à la mise en place des sabots est réalisé pour s'assurer du bon positionnement. Les sabots sont mis en place en usine et contrôlés avant coulage de la prédalle.

Les caractéristiques exigées pour les blocs d'isolant sont contrôlées par le fabriquant bénéficiant de l'attestation de conformité.

2.6.2.2. Traçabilité de l'isolant

Les contrôles réalisés à chaque étape permettent d'assurer la traçabilité de l'isolant et donc de garantir ses performances sur le chantier :

- Contrôles par le producteur des panneaux :
 - Attestation de conformité pour le marquage CE.
- Contrôles par OTEP ou ateliers agréés par OTEP (découpe) :
 - Réception des panneaux : contrôle visuel des palettes, archivage des bons de livraison.
 - Découpe des panneaux : contrôle de la hauteur (1 bloc sur 100), suivi des registres (fiches de production), archivage.
 - Palettisation : conditionnement des blocs sur palettes, étiquetage de la palette (indication des dimensions, rappel des principales caractéristiques à savoir la conductivité thermique, la densité et la réaction au feu) et filmage.

2.6.3. Contrôle des sabots

Les sabots doivent être contrôlés selon la procédure décrite dans l'Annexe XII.

2.7. Mention des justificatifs

2.7.1. Résultats expérimentaux

2.7.1.1. Feu

Etude de vérification de la résistance au feu des planchers équipés de rupteurs thermiques Therm'OTEP et Therm'OTEP-L. CSTB Rapport d'essais n° RS18-049 du 06 décembre 2018.

Appréciation de laboratoire du CSTB pour l'Avis Technique ou Document Technique d'Application (DTA) sur les procédés Therm'OTEP et Therm'OTEP-L n° AL 18-227_V2.

2.7.1.2. Mécanique

Rapport d'essais N° MRF/18-260073842 du 07/02/2019 « rapport d'essai concernant le rupteur thermique « Therm'OTEP2 » CSTB, affaire n° 16.000219.01.01.

2.7.1.3. Acoustique

Rapport d'essais N° SC-AEE-2021-210 d'octobre 2021, Caractérisation acoustique d'un rupteur thermique de prédalle Therm'OTEP-L. CSTB, affaire n° 26088357.

2.7.1.4. Thermique

Rapport de calcul des ponts thermiques pour les planchers bas et haut du procédés Therm'OTEP-L par le CSTB n° DEB/R2EB-2022-061-BR/KZ du 30 mai 2022 ;

Rapport de calcul des ponts thermiques pour les planchers intermédiaires du procédés Therm'OTEP-L par le CSTB n° DEB/R2EB-2022-110-KZ/BR/NZ du 8 juin 2022 ;

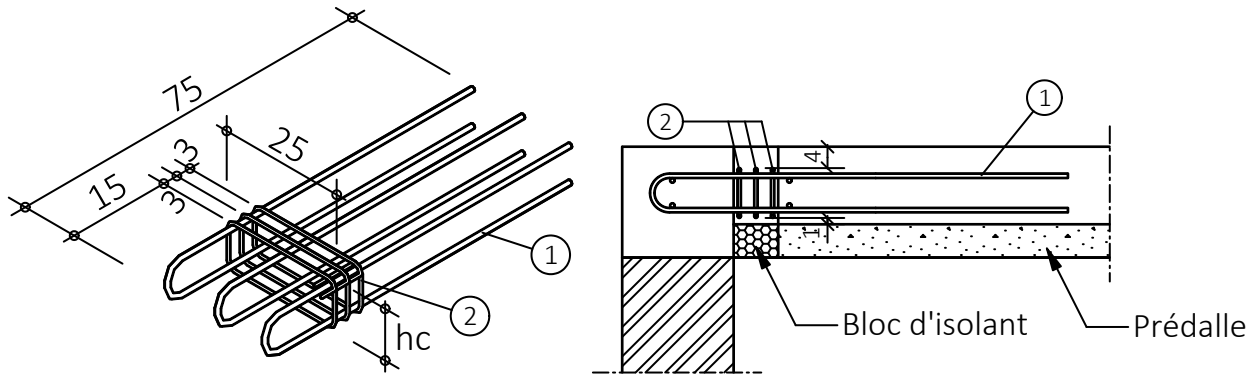
2.7.2. Références chantiers

A ce jour, il a été mis en œuvre plus que 6000 ml de rupteurs thermiques Therm'OTEP-L sur plus que 200000 m² des planchers.

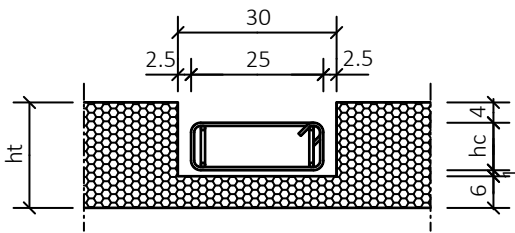
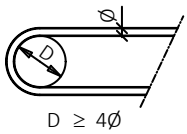
Date	Lieu	Chantier
2025	86000 POITIERS	GARDEN BLUES
2025	64800 NAY	EHPAD GERONTOLOGIE
2025	87270 COUZEIX	LOGEMENTS COUZEIX
2025	BEAUZELLE	HOTEL DE VILLE DE BEAUZELLE
2024	17180 PERIGNY	LUMEN

2.8. Annexe I : Description des éléments

2.8.1. RAIDISSEURS

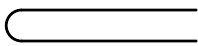
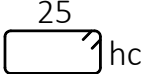


Diamètre minimum du mandrin cintrage des boucles HA8 ou HA10 :



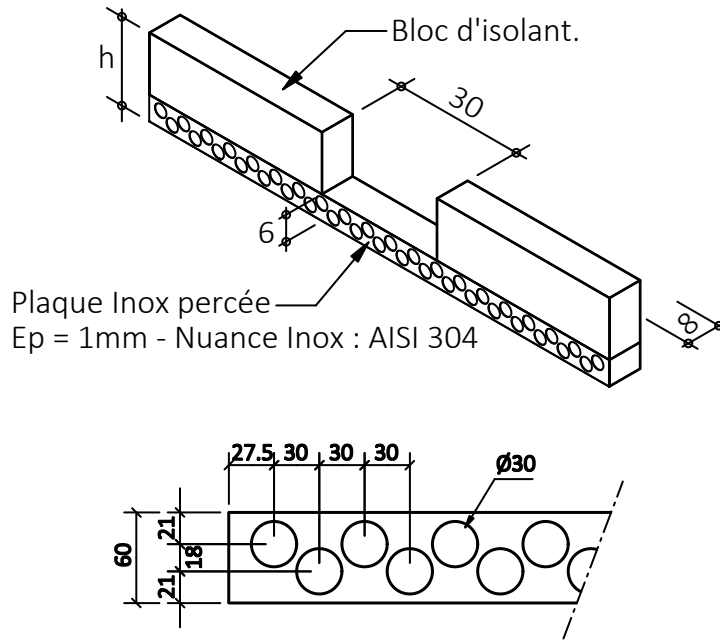
Exemple pour $ht=20$ cm :

- $hc= 9$ cm ;
- Diamètre du mandrin de cintrage des boucles : $D = 5$ cm $> 4\phi$.

N°	Désignation	Nbre
①	HA8 ou HA10 	2, 3, ou 4
②	HA6 	3

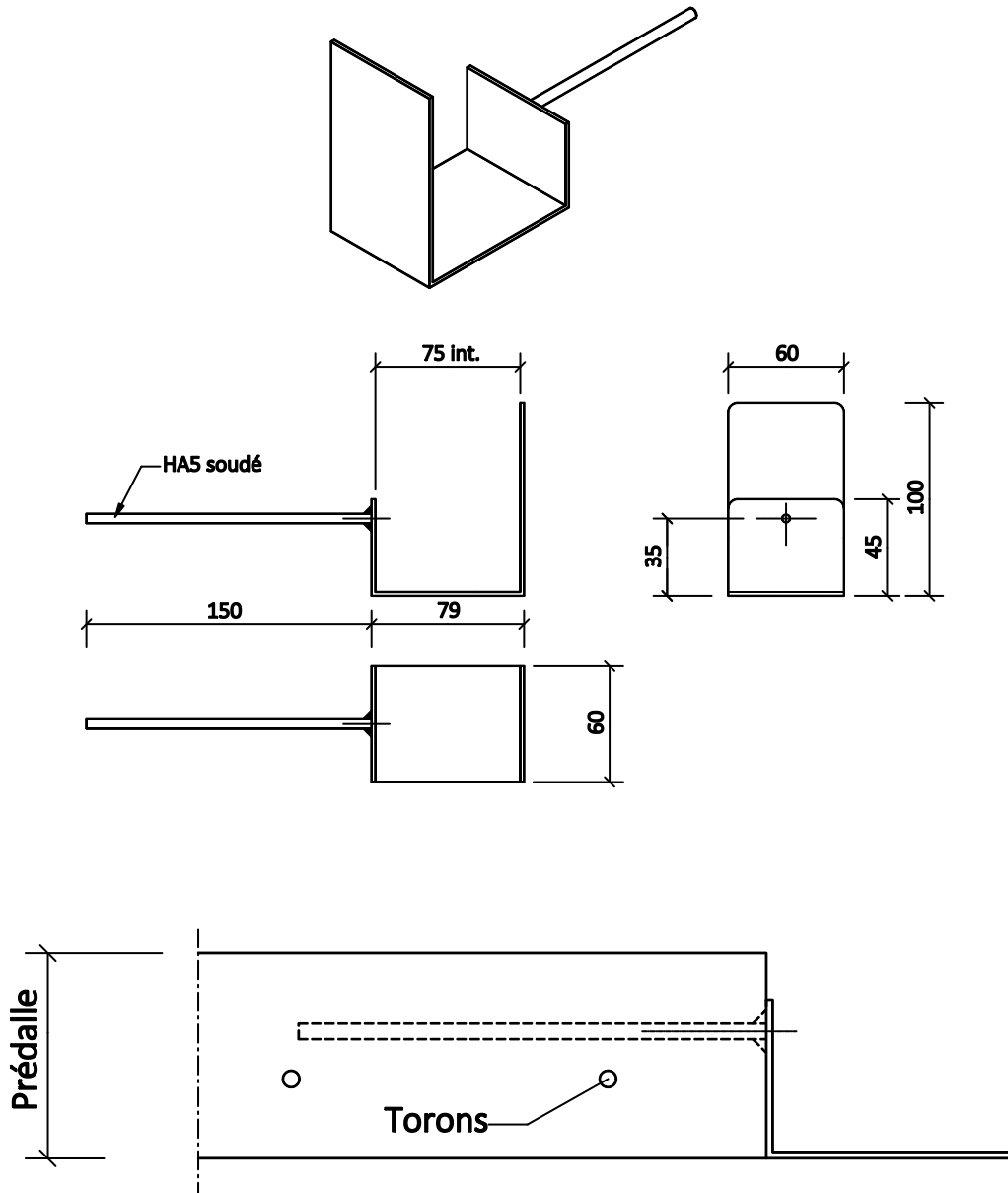
2.8.2. BLOC ISOLANT

Les fibres des panneaux sont perpendiculaires aux flux thermiques.



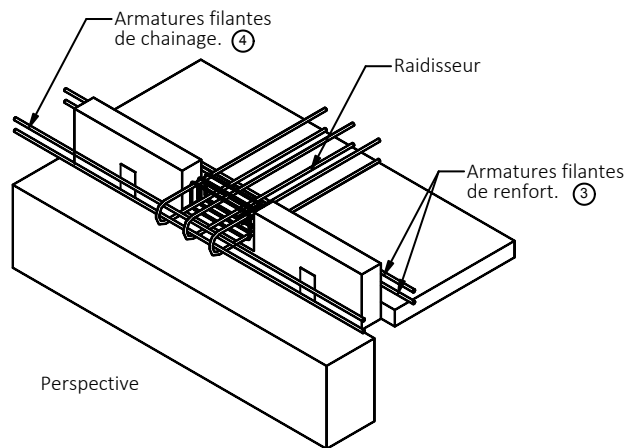
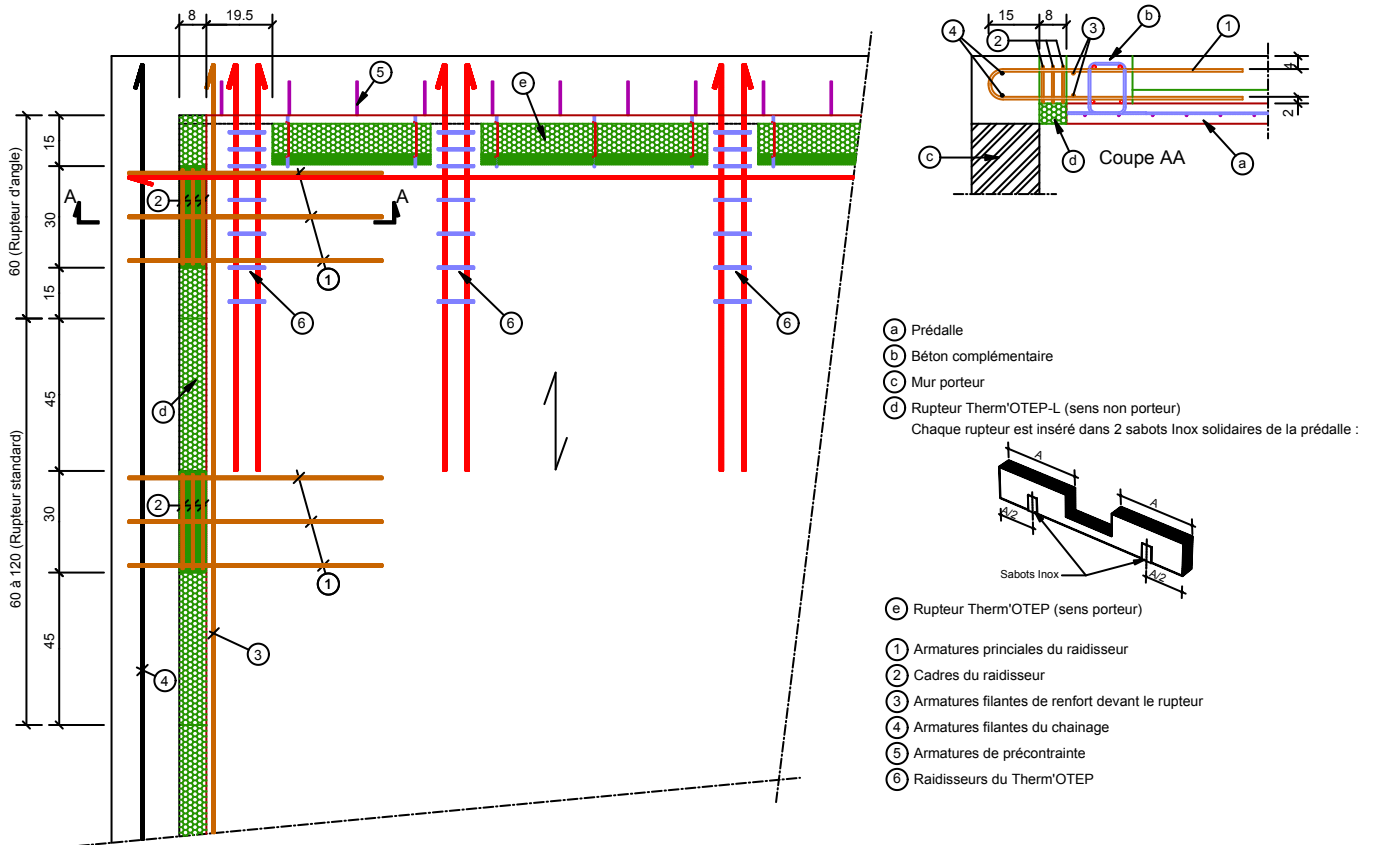
RUPTEURS LONGITUDINAUX THERM'OTEP	
RL 1200 / 900 x h	
RL 1050 / 750 x h	
RL 900 / 600 x h	
RL 750 / 450 x h	
RL 600 / 300 x h	

2.8.3. SABOT



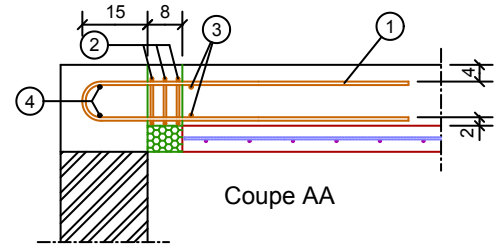
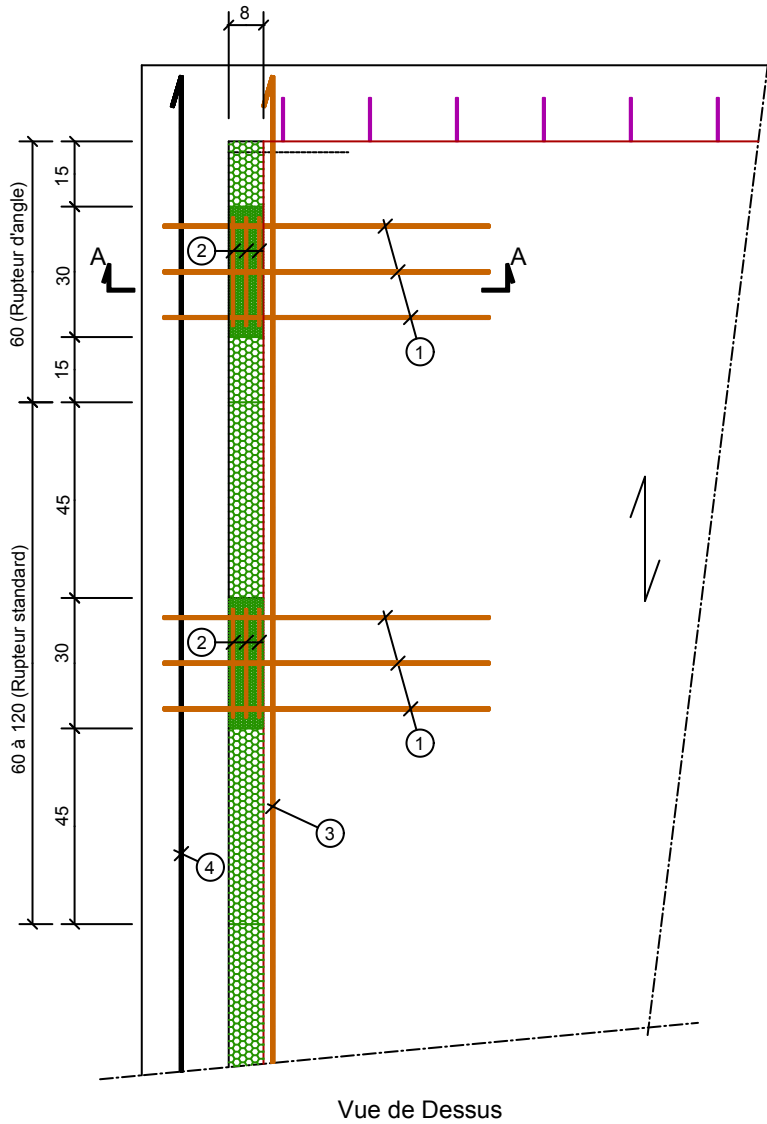
2.9. Annexe II : Vue d'ensemble du procédé

Exemples de ferrailrages compatibles pour des murs en maçonnerie et sur des voiles béton armé.

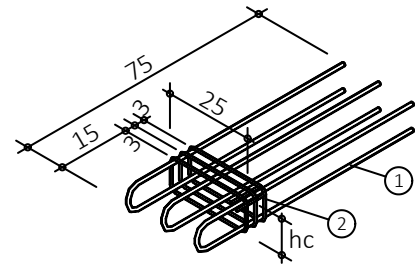


2.10. Annexe III : Dispositions constructives en zone non sismique (Exemple).

Exemple de ferrailage compatibles pour des murs en maçonnerie et sur des voiles béton armé.
Seules les armatures spécifiques au procédé sont représentées sur les schémas suivants.



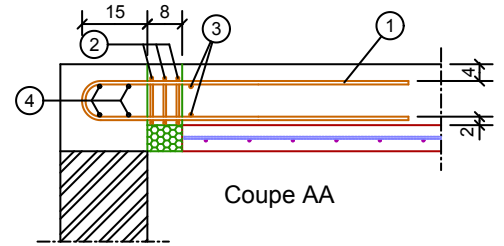
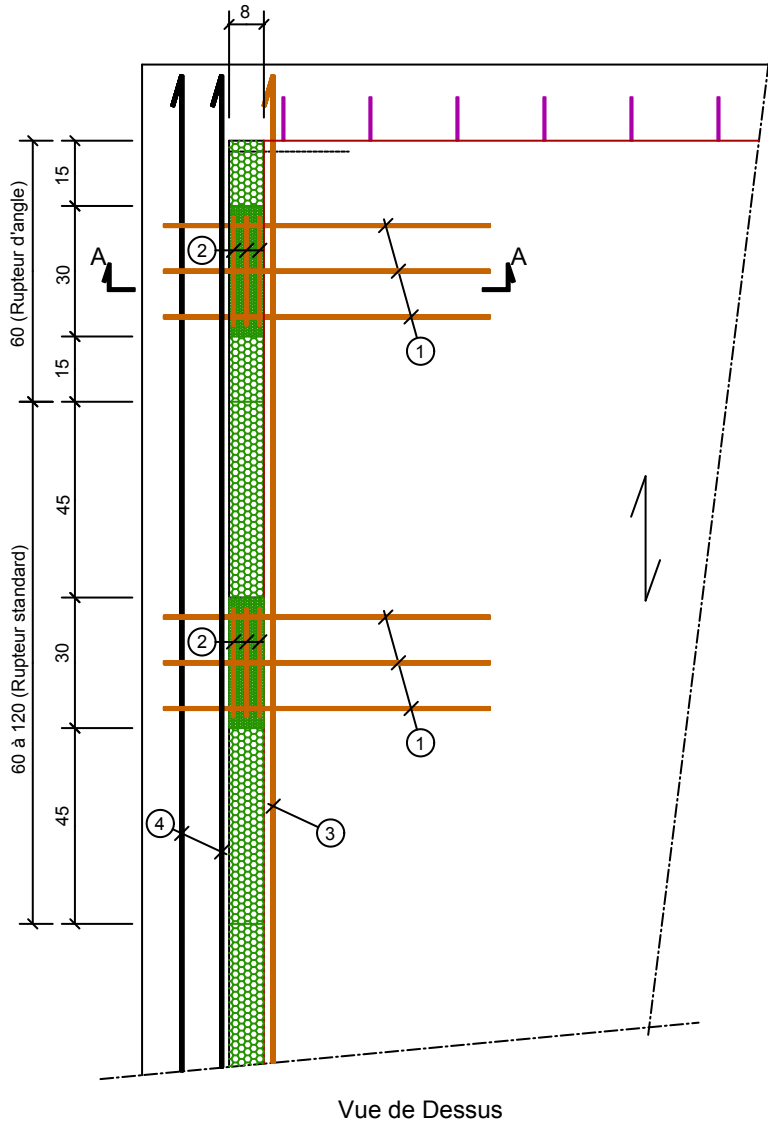
- ① Armatures principales du raidisseur : 3 boucles HA10
- ② Cadres du raidisseur : 3 HA6 $e=3\text{cm}$



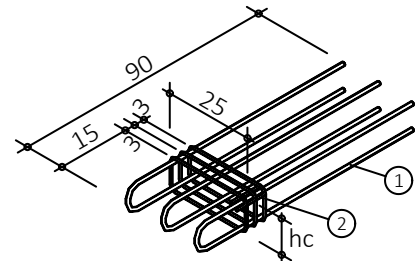
- ③ Armatures filantes de renfort devant le rupteur : 2 HA10
- ④ Armatures filantes du chaînage : 2 HA10

2.11. Annexe IV : Dispositions constructives en zone sismique (Exemple)

Exemple de ferrailage compatibles pour des murs en maçonnerie et sur des voiles béton armé.
Seules les armatures spécifiques au procédé sont représentées sur les schémas suivants.



- ① Armatures principales du raidisseur : 3 boucles HA10
- ② Cadres du raidisseur : 3 HA6 e=3cm



- ③ Armatures filantes de renfort devant le rupteur : 2 HA12
- ④ Armatures filantes du chaînage : 4 HA10

2.12. Annexe V

Les différentes zones du bâtiment qui peuvent être équipés de rupteurs de ponts thermiques sont présentées sur la figure ci-dessous :



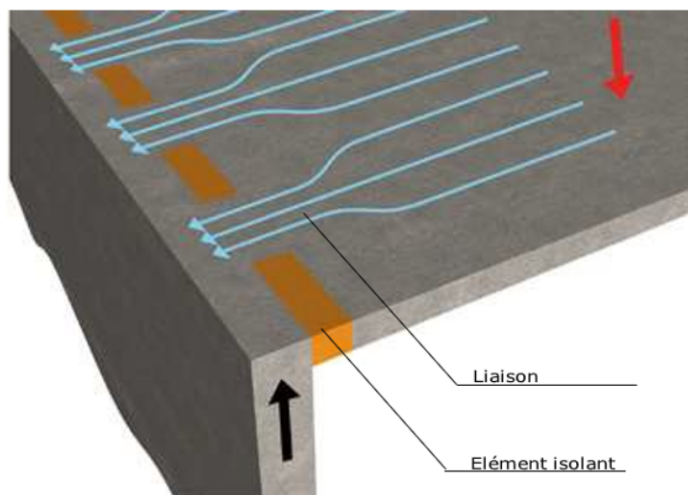
Les ponts thermiques liés aux éléments de structure du bâtiment.

Les rupteurs de ponts thermiques peuvent être insérés au niveau des :

- Liaisons façade/plancher intermédiaire ;
- Liaisons façade/plancher bas, façade/plancher haut.

Les liaisons façade/planchers restent l'utilisation la plus courante des rupteurs de ponts thermiques.

Le fonctionnement mécanique du rupteur Therm'OTEP-L est celui de rupteurs porteurs à appuis discontinus ou ponctuels.



Liaison discontinue avec rupteur

2.12.1. Précautions préalables à la pose

2.12.1.1. Conditions de réception des produits

Les rupteurs sont livrés avec un plan de pose et la notice de mise en œuvre. Le marquage doit permettre l'identification des éléments.

Pour les différentes étapes de la mise en œuvre et des contrôles associés il convient de se référer à ces documents.

2.12.1.2. Conditions de stockage

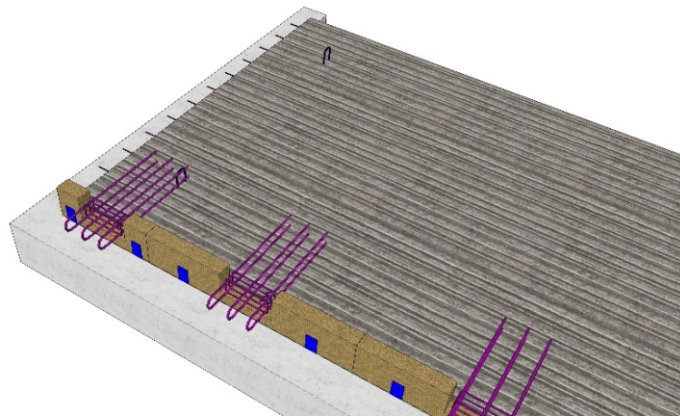
Une attention particulière doit être portée aux conditions de stockage sur chantier des produits avant leur mise en place. Ils doivent être tenus à l'abri de chutes d'objets ou d'autres chocs éventuels. Par ailleurs, lorsque la nature de l'isolant l'exige, les éléments doivent être tenus à l'abri de l'humidité, par surélévation et couverture dans leur emballage d'origine.

2.12.2. Précautions de pose

Le bétonnage est également une étape de la pose à soigner particulièrement. En effet dans la plupart des cas, la mise en place de rupteurs de ponts thermiques implique une densité d'armatures importantes dans certaines zones. Ce point est essentiel notamment au niveau des liaisons ponctuelles pour les rupteurs porteurs à appuis discontinus.

Dans ces zones, il est impératif de prendre en compte ces conditions délicates de bétonnage du fait des encombrements d'armatures et d'assurer un remplissage et des enrobages corrects des armatures afin d'assurer leur bon fonctionnement.

Le positionnement des prédalles doit être réalisé avec soin car il détermine la position de l'isolant.



Pose de la prédalle puis insertion des blocs isolants

2.13. Annexe VI : Performances thermiques (Exemples)

2.13.1. Généralités

Toutes les simulations ont été effectuées conformément aux règles Th-Bât édition 2017 et la norme NF EN ISO 10211.

Les valeurs de ponts thermiques ψ (W/m.K) mentionné ci-après ne sont valides qu'à condition de respecter les hypothèses et les limites de validité décrites ci-dessous.

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour les calculs :

Tableau 1 : Conductivité thermique des matériaux

Matériaux	Conductivités thermiques W/(m.K)	Sources
Maçonnerie courante	0,70	Th-Bât Edition 2017
Béton	2,0	
Béton encoche pour le rupteur 1 < % d'acier ≤ 2	2,3	
Plâtre	0,25	
Acier Inox	17	
Isolant du mur ou du plancher	0,028 à 0,040	
Laine de roche rupteur (fibres orientées perpendiculairement par rapport au sens du flux)	0,039	ROCKACIER B NU Acermi n° 04/015/295

Les limites de validités sont données ci-après :

- Les résultats peuvent être appliqués dans le cas des balcons sans porte à faux.
- Epaisseur de l'isolation du mur comprises ≥ 100 mm.
- Epaisseur de partie haute de la coupure thermique du rupteur ≥ 8 cm avec la conductivité thermique de la coupure isolante du rupteur $\leq 0,039$ W/(m.K).
- Les blocs d'isolant ont leurs fibres orientées perpendiculairement par rapport au sens du flux.
- Epaisseur du voile béton ≥ 16 cm.
- Epaisseur du mur en maçonnerie courante ≥ 20 cm.
- Epaisseur de la prédalle ≤ 5 cm.
- Résistance thermique de la planelle $\geq 0,11$ (m².K)/W dans les cas des murs maçonnés.
- Plancher d'épaisseur totale compris entre 18 et 23 cm.

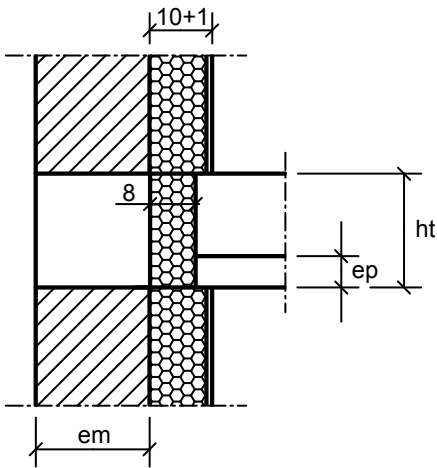
Résistance thermique de l'isolation en toiture terrasse $\leq 2,5$ m².K/W. Pour $2,5 < R_{isolant\ pl\ haut} \leq 8$ m².K/W appliquer une majoration à partir du Tableau 9.

Résistance thermique de l'isolation en sous face du plancher bas $\leq 2,5$ m².K/W. Pour $2,5 < R_{isolant\ pl\ bas} \leq 8$ m².K/W appliquer une majoration à partir du Tableau 13.

Tableau 2: Liaison, longitudinale ou transversale, sans rupteur

	Coefficient de pont thermique Ψ_b en W/(m.K)								
	Mur Béton ep 16 cm			Mur Béton ep ≥ 20 cm			Mur Maçonnerie courante ep 20 \geq cm		
	5 cm			5 cm			5 cm		
Prédalle									
Plancher	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm
Isolant mur 100 \leq ep < 130 mm	0,95	1,01	1,10	0,92	0,98	1,06	0,71	0,76	0,83
Isolant mur 130 \leq ep < 160 mm	0,88	0,94	1,03	0,85	0,91	0,99	0,67	0,72	0,79
Isolant mur ep ≥ 160 mm	0,77	0,83	0,92	0,74	0,80	0,88	0,57	0,62	0,69

2.13.2. Planchers intermédiaires.



em est l'épaisseur du mur sans isolant en cm → 20 cm.

ep est l'épaisseur de la prédalle en cm → 5 cm

ht est l'épaisseur totale du plancher

Figure A-VI.1 : Planchers intermédiaires

Valeurs de Ψ (en W/ml/K).

Nota : Les valeurs de ces tableaux sont les données d'entrée pour le calcul des ponts thermique

Tableau 3: Coefficient de pont thermique $\Psi_{RL,0}$ d'un segment de liaison en partie courante du rupteur longitudinal (zone entre deux nervures) et coefficient de pont thermique ponctuel $\chi_{encoche}$ de la nervure pour une épaisseur d'isolant du mur entre 100 et 130 mm

Plancher	Isolant mur $100 \leq ep < 130$ mm								
	Mur Béton ep 16 cm			Mur Béton $ep \geq 20$ cm			Mur Maçonnerie courante $ep \geq 20$ cm		
	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm
$\Psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	0,10
χ encoche en W/K	0,269	0,287	0,314	0,260	0,278	0,305	0,218	0,233	0,251
χ sabot en W/K	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,011	0,011	0,011

Tableau 4: Coefficient de pont thermique $\Psi_{RL,0}$ d'un segment de liaison en partie courante du rupteur longitudinal (zone entre deux nervures) et coefficient de pont thermique ponctuel $\chi_{encoche}$ de la nervure pour une épaisseur d'isolant du mur entre 130 et 160 mm

Plancher	Isolant mur 130 ≤ ep < 160 mm								
	Mur Béton ep 16 cm			Mur Béton ep ≥ 20 cm			Mur Maçonnerie courante ep ≥ 20 cm		
	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm
$\Psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	0,09	0,10	0,11	0,09	0,10	0,11	0,08	0,09	0,10
χ encoche en W/K	0,250	0,268	0,295	0,241	0,259	0,286	0,209	0,224	0,242
χ sabot en W/K	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,011	0,011	0,011

Tableau 5: Coefficients de minoration Δ_ψ et Δ_χ à appliquer pour des épaisseurs d'isolants supérieurs à 160 mm en liaison mur / plancher intermédiaire

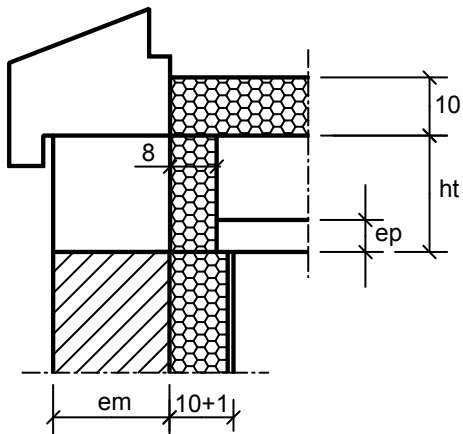
	Isolant mur ep ≥ 160 mm	
	$\Psi_{RL,0}$ en W/(m.K)(*)	$\Delta \chi$ encoche en W/K(*)
Mur Maçonnerie courante ep ≥ 20 cm	+0,01	-0,015
Mur béton ep ≥ 16 cm	+0,01	-0,03

(*) Les majorations ou minoration sont applicables au tableau des valeurs de Ψ (tableau 4 : isolant mur compris entre 130 et 160 mm).

Tableau 6: Coefficient de transmission thermique ponctuel de la jonction entre segments avec et sans rupteur

	Mur béton ep 16 cm	Mur béton ep ≥ 20 cm	Mur Maçonnerie courant ep ≥ 20 cm
χ_j en W/K	0,046	0,046	0,041

2.13.3. Planchers hauts.



em est l'épaisseur du mur sans isolant en cm \rightarrow 20 cm.

ep est l'épaisseur de la prédalle en cm \rightarrow 5 cm

ht est l'épaisseur totale du plancher

Figure A-VI.2 : Plancher haut

Valeurs de Ψ (en W/ml/K).

Nota : Les valeurs de ces tableaux sont les données d'entrée pour le calcul des ponts thermique

Tableau 7: Coefficient de pont thermique $\Psi_{RL,0}$ d'un segment de liaison en partie courante du rupteur longitudinal (zone entre deux nervures) et coefficient de pont thermique ponctuel $\chi_{encoche}$ de la nervure pour une épaisseur d'isolant du mur entre 100 et 130 mm

Plancher	Isolant mur $100 \leq ep < 130$ mm Isolant du plancher haut R 2,5 m ² .K/W								
	Mur Béton ep 16 cm			Mur Béton ep ≥ 20 cm			Mur Maçonnerie courante ep ≥ 20 cm		
	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm
$\Psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	0,10	0,11	0,12	0,10	0,11	0,12	0,10	0,10	0,11
χ encoche en W/K	0,228	0,251	0,283	0,225	0,247	0,279	0,195	0,214	0,241
χ sabot en W/K	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014

Tableau 8: Coefficient de pont thermique $\Psi_{RL,0}$ d'un segment de liaison en partie courante du rupteur longitudinal (zone entre deux nervures) et coefficient de pont thermique ponctuel $\chi_{encoche}$ de la nervure pour une épaisseur d'isolant du mur entre 130 et 160 mm

Plancher	Isolant mur $130 \leq ep < 160$ mm Isolant du plancher haut R 2,5 m ² .K/W								
	Mur Béton ep 16 cm			Mur Béton ep ≥ 20 cm			Mur Maçonnerie courante ep ≥ 20 cm		
	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm
$\Psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12
χ encoche en W/K	0,217	0,240	0,272	0,215	0,237	0,268	0,187	0,206	0,233
χ sabot en W/K	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014

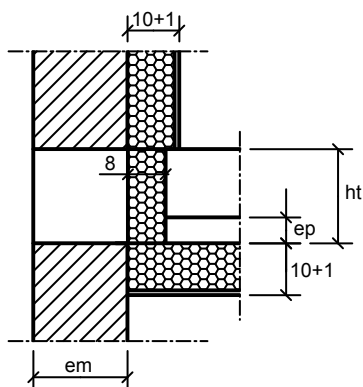
Tableau 9: Coefficient de pont thermique $\Psi_{RL,0}$ d'un segment de liaison en partie courante du rupteur longitudinal (zone entre deux nervures) et coefficient de pont thermique ponctuel $\chi_{encoche}$ de la nervure pour une épaisseur d'isolant du mur supérieure à 160 mm

Plancher	Isolant mur ep ≥ 160 mm Isolant du plancher haut R 2,5 m ² .K/W								
	Mur Béton ep 16 cm			Mur Béton ep ≥ 20 cm			Mur Maçonnerie courante ep ≥ 20 cm		
	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm
$\Psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	0,12	0,13	0,14	0,12	0,13	0,14	0,12	0,12	0,13
χ encoche en W/K	0,206	0,228	0,259	0,204	0,226	0,256	0,178	0,197	0,223
χ sabot en W/K	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014

Tableau 10: Coefficients de majoration du rupteur longitudinal Therm'OTEP-L en plancher haut

	2,5 < Risolant pl haut ≤ 5 m ² .K/W	5 < Risolant pl haut ≤ 8 m ² .K/W
$\Delta \Psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	+0,00	+0,00
$\Delta \chi$ encoche en W/K	+0,012	+0,022

2.13.4. Planchers bas sur local non chauffé.



em est l'épaisseur du mur sans isolant en cm \rightarrow 20 cm.

ep est l'épaisseur de la prédalle en cm \rightarrow 5 cm

ht est l'épaisseur totale du plancher

Figure A-VI.3 : Plancher bas sur local non chauffé

Valeurs de Ψ (en W/ml/K).

Nota : Les valeurs de ces tableaux sont les données d'entrée pour le calcul des ponts thermique

Tableau 11: Coefficient de pont thermique $\Psi_{RL,0}$ d'un segment de liaison en partie courante du rupteur longitudinal (zone entre deux nervures) et coefficient de pont thermique ponctuel $\chi_{encoche}$ de la nervure pour une épaisseur d'isolant du mur entre 100 et 130 mm

Plancher	Isolant mur $100 \leq ep < 130$ mm								
	Isolant en sous face du plancher bas $R \leq 2,5$ m ² .K/W								
	Mur Béton ep 16 cm			Mur Béton $ep \geq 20$ cm			Mur Maçonnerie courante $ep \geq 20$ cm		
	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm
$\Psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	0,09	0,10	0,11	0,09	0,10	0,11	0,09	0,10	0,11
χ encoche en W/K	0,216	0,238	0,269	0,213	0,234	0,264	0,184	0,202	0,228
χ sabot en W/K	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013

Tableau 12: Coefficient de pont thermique $\psi_{RL,0}$ d'un segment de liaison en partie courante du rupteur longitudinal (zone entre deux nervures) et coefficient de pont thermique ponctuel $\chi_{encoche}$ de la nervure pour une épaisseur d'isolant du mur entre 130 et 160 mm

Plancher	Isolant mur $130 \leq ep < 160$ mm								
	Isolant en sous face du plancher bas R 2,5 m ² .K/W								
	Mur Béton ep 16 cm			Mur Béton ep ≥ 20 cm			Mur Maçonnerie courante ep ≥ 20 cm		
	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm
$\psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	0,10	0,11	0,12	0,10	0,11	0,12	0,10	0,11	0,12
χ encoche en W/K	0,203	0,224	0,254	0,200	0,221	0,250	0,174	0,192	0,217
χ sabot en W/K	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013

Tableau 13: Coefficient de pont thermique $\psi_{RL,0}$ d'un segment de liaison en partie courante du rupteur longitudinal (zone entre deux nervures) et coefficient de pont thermique ponctuel $\chi_{encoche}$ de la nervure pour une épaisseur d'isolant du mur supérieure à 160 mm

Plancher	Isolant mur ep ≥ 160 mm								
	Isolant en sous face du plancher bas R 2,5 m ² .K/W								
	Mur Béton ep 16 cm			Mur Béton ep ≥ 20 cm			Mur Maçonnerie courante ep ≥ 20 cm		
	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm	18 cm	20 cm	23 cm
$\psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,13
χ encoche en W/K	0,191	0,212	0,241	0,189	0,209	0,237	0,165	0,182	0,207
χ sabot en W/K	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013

Tableau 14 : Coefficients de majoration du rupteur longitudinal Therm'OTEP-L en plancher bas sur local non chauffé

	2,5 < Risolant pl bas ≤ 5 m ² .K/W	5 < Risolant pl bas ≤ 8 m ² .K/W
$\Delta \psi_{RL,0}$ en W/(m.K)	+0,00	+0,00
$\Delta \chi$ encoche en W/K	+0,015	+0,025

2.13.5. Exemple d'utilisation des valeurs de ponts thermiques.

2.13.5.1. Généralité

Le coefficient de pont thermique de la liaison mur/ plancher bas et local non chauffé, mur / plancher intermédiaire ou mur / plancher haut ψ_9 , exprimé en W/(m.K), se calcule d'après la relation suivante :

$$\psi_9 = \frac{\Psi_R \cdot L_{RL} + \Psi_B \cdot L_B + n_j \cdot \chi_j}{L_{RL} + L_B}$$

Avec :

- ψ_R Coefficient de pont thermique de la liaison longitudinale mur / plancher incluant l'impact des encoches et des sabots, exprimé en W/(m.K)
- L_{RL} Longueur totale de la liaison avec rupteur longitudinal, en m ;
- ψ_B Coefficient de pont thermique de la liaison longitudinale mur / plancher sans rupteur de pont thermique, exprimé en W/(m.K) (cf. Tableau 2)
- L_B Longueur totale de la liaison sans rupteur thermique (en béton), en m ;
- χ_j Coefficient de pont thermique ponctuel de la jonction, en W/K ;
- n_j Nombre de jonctions entre segments de la liaison avec rupteur longitudinal et segments sans rupteur ;

Le coefficient de pont thermique longitudinale de la liaison mur / plancher, ψ_R incluant l'impact des nervures, exprimé en W/(m.K), se calcule d'après la relation suivante :

$$\psi_R = \psi_{RL,0} + \frac{n_{encoche} \cdot \chi_{encoche} + n_{sabot} \cdot \chi_{sabot}}{L_{RL}}$$

Avec :

- $\psi_{RL,0}$ Coefficient de pont thermique longitudinale d'un segment de liaison en partie courante du rupteur longitudinal (hors de l'encoche), en W/(m.K) ;
- $\chi_{encoche}$ Coefficient de pont thermique ponctuel de l'encoche, en W/K ;
- $n_{encoche}$ Nombre d'encoches ;
- $L_{nervure}$ Longueur totale cumulée des nervures, en m ;
- $L_{RT,0}$ Longueur totale cumulée des blocs isolants, en m ;

Pour le calcul de ψ_R , à la jonction entre le linéaire avec et sans rupteur, s'il y a un chaînage avec cage d'armatures, on considère qu'il fait partie de la liaison sans rupteur ψ_B et non comme une nervure. Les nervures sont considérées comme telles, que si elles sont entre deux blocs d'isolant.

2.13.5.2. Exemple d'application :

Données d'entrée :

- Bâtiment de 30 m x 12.5 m
- Périmètre $2 \times (30 + 12.5) = 85$ m
- Le plancher intermédiaire d'une épaisseur de 20 cm ;
- Les murs sont en maçonnerie courante de 20 cm ;
- Isolant mur d'épaisseur 160 mm

Rupteur Therm'OTEP Avis Technique n°3.1/21-1047_V2

- Prédalle d'une largeur de 250 cm ;
- Blocs isolant de 0,667 m ;
- Nervures de 100 et 150 mm (Rupteur Therm'OTEP) ;

Rupteur Therm'OTEP-L

- 38 RL 1200/900/200 ;
- 12 RL 600/900 x 200 ;
- Encoche de 300 mm ;

Disposition des rupteurs de pont thermique :

En rive - Sens longitudinal (non porteur)

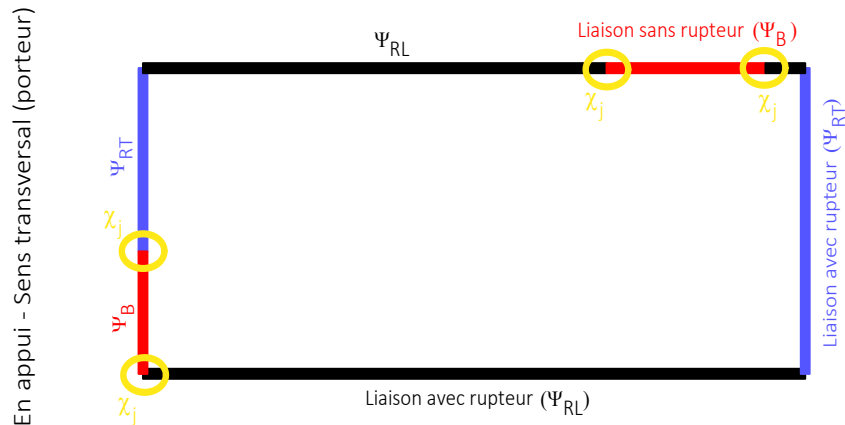


Figure A-VI.4

█ Liaisons sans rupteur

$$L_B1 = 5 + 7.2 = 12.2 \text{ m}$$

█ Liaisons avec rupteurs dans le sens porteur

$$L_1 = 7.5 + 12.5 = 20 \text{ m}$$

█ Liaisons avec rupteurs dans le sens non porteur

$$L_2 = 38 * 1.2 + 12 * 0.6 = 52.8 \text{ m}$$

Valeurs des ponts thermique :

Dans le sens porteur : (Rupteur Therm'Otep Avis Technique n° 3.1/21-1047_V2)

$$\Psi_{RT,0} = 0,38 - 0,04 = 0,34 \text{ W/(mK)} \text{ selon Tableau 4 et Tableau 5 de l'Annexe VI Avis Technique n° 3.1/21-1047_V2}$$

$$\Psi_B = 0,62 \text{ W/(mK)} \text{ selon Tableau 2 de l'Annexe VI Avis Technique n° 3.1/21-1047_V2}$$

Ψ_R pour une largeur de la prédalle 250 cm :

$$\Psi_R = ((3 * 0.667) * 0.34 + (2 * 0.1 + 2 * 0.15) * 0.62) / 2.5 = 0.40 \text{ W/(mK)}$$

Dans le sens non porteur : Therm'Otep-L

$$\Psi_{RL,0} = 0,09 + 0,01 = 0,10 \text{ W/(mK)} \text{ selon Tableau 4 et Tableau 5 de l'Annexe VI}$$

$$\Psi_B = 0,62 \text{ W/(mK)} \text{ selon Tableau 2 de l'Annexe VI}$$

$$n_{encoche} = 38 + 12 = 50$$

$$\chi_{encoche} = 0.224 - 0.015 = 0.239 \text{ W/K} \text{ selon Tableau 4 et Tableau 5 de l'Annexe VI :}$$

$$n_{sabot} = 2 * n_{encoche} = 2 * 50 = 100$$

$$\chi_{sabot} = 0.011$$

Ψ_R

$$\Psi_R = 0.10 + (50 * 0.239 + 100 * 0.011) / 52.8 = 0.347 \text{ W/(mK)}$$

$$\Psi_9 = \frac{(0.347 \times 52.8) + (0.40 \times 20) + (0.62 \times 12.2) + 4 \times 0,06}{85} = 0,401 \text{ W/(m.K)}$$

2.14. Annexe VII

Plans de pose avec logiciel AUTOPRED® (Exemples).

Les rupteurs thermiques Therm'OTEP-L sont complètement intégrés au logiciel AUTOPRED d'OTEP, qui fournit :

- Plans de pose.
- Calepinage.
- Nomenclature avec quantitatif détaillé.
- Etiquettes.

Voir exemples sur les pages qui suivent.

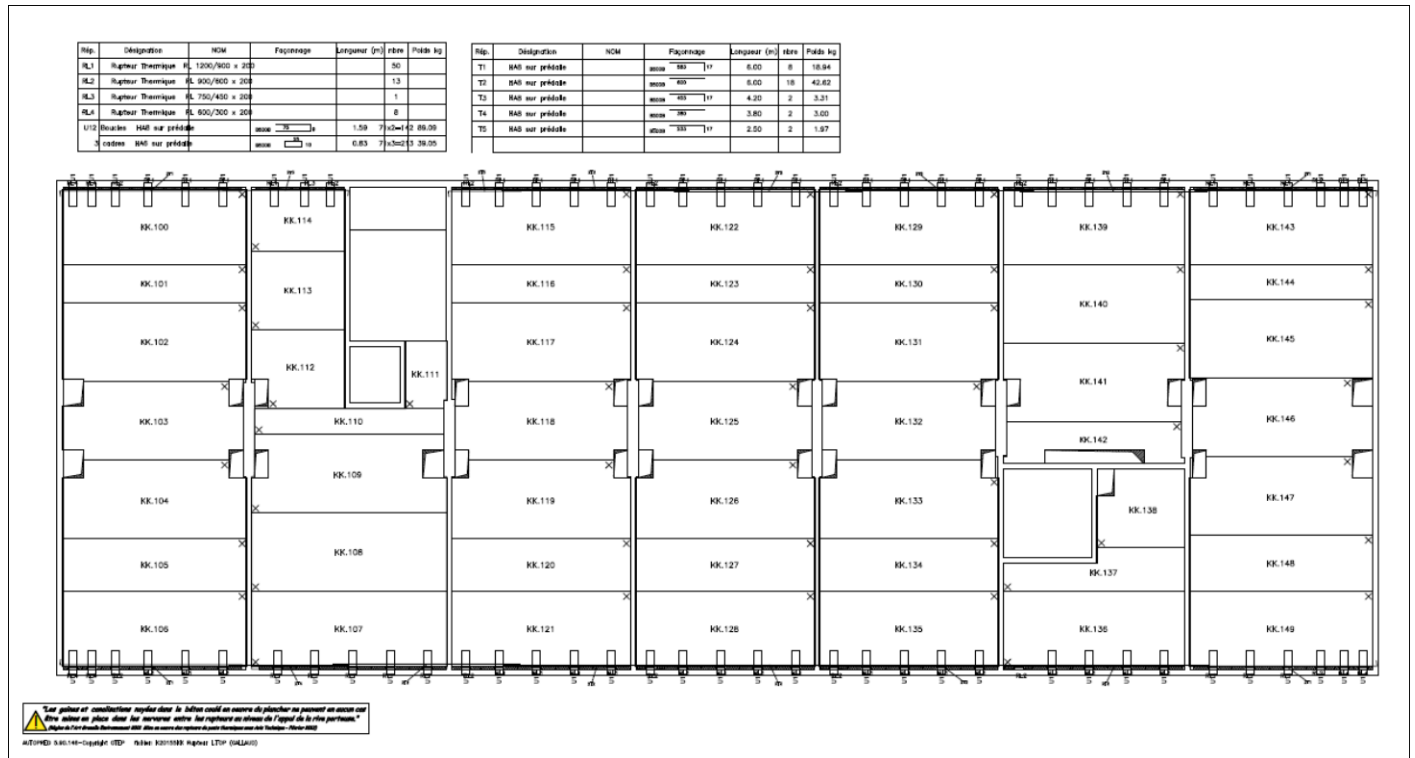


Figure A-VII.1

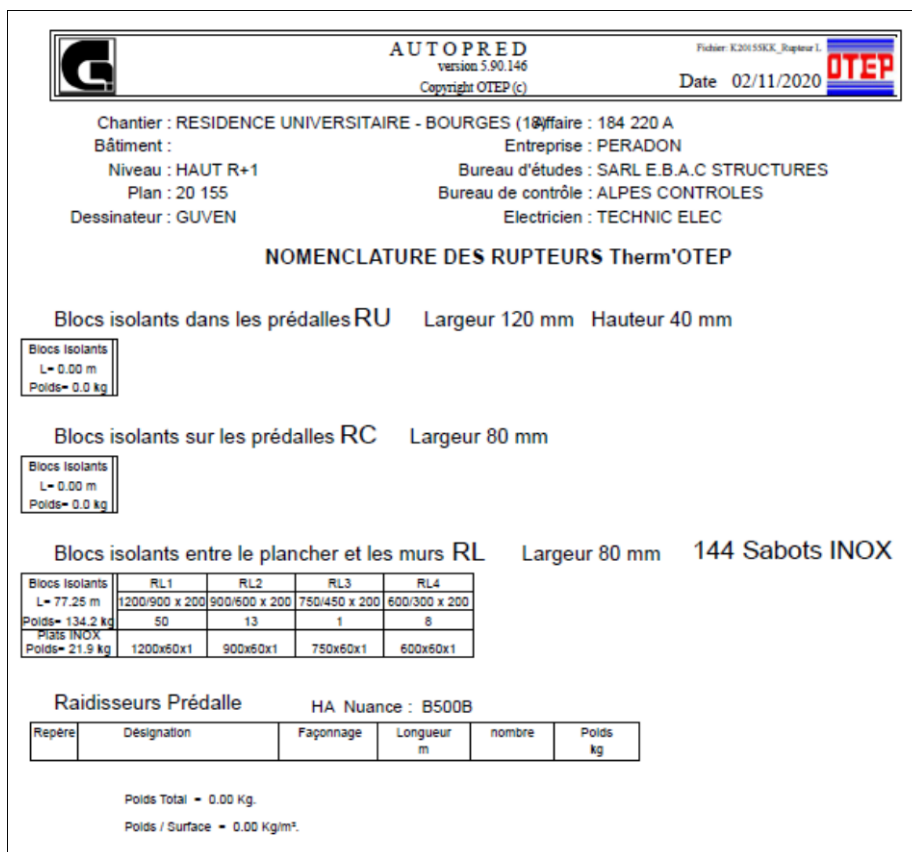


Figure A-VII.2

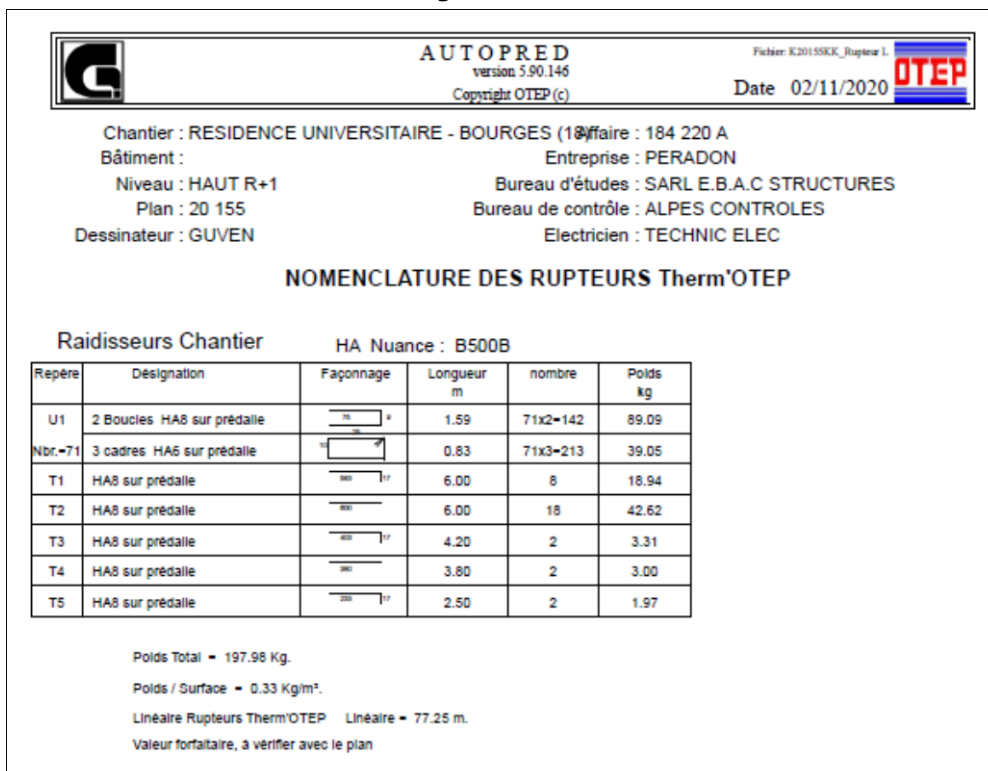




Figure A-VII.3

2.15. Annexe VIII : Notice de pose Therm'OTEP-L

Chaque livraison entre OTEP ☐ usine licenciée et usine licenciée ☐ chantier est accompagnée d'une notice de pose. Un exemplaire de la notice de pose est joint en pages suivantes.




Procédé "THERM'OTEP-L"




**RUPTEURS THERMIQUES
INTEGRES AUX PREDALLES
DE PLANCHER**

NOTICE DE MISE EN OEUVRE
Version 1.2 Décembre 2022



Omnium Technique d'Etudes et de Précontrainte
Z.I. BORDEBASSE - Route du Circuit - F - 31800 St-Gaudens
Tél:33 (0)5 62 00 86 00 - Fax:33 (0)5 61 95 03 92
www.otep-sa.com E-mail: contact@otep-sa.com



Procédé "THERM'OTEP-L"

Le procédé "THERM'OTEP-L" bénéficie d'un Avis Technique délivré par le CSTB.

La présente notice explique les différentes phase de mise en oeuvre du procédé "THERM'OTEP-L".

Pages 2 à 3 : Mise en oeuvre du Procédé Therm'OTEP-L
Pages 4 à 7 : Recommandations importantes

DOCUMENT

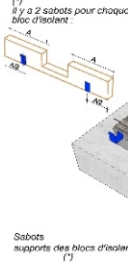
Ce document est la propriété de OTEP. Il est communiqué sans aucune responsabilité et la responsabilité en matière de copie, réimpression ou utilisation en tout ou partie pour autre que la destination visée, sans autorisation préalable de OTEP, est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission de OTEP est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission de OTEP est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission de OTEP est formellement interdite.

OTEP

Phase n°1

Page 2

(*) Il y a 2 sabots pour chaque bloc d'isolant.

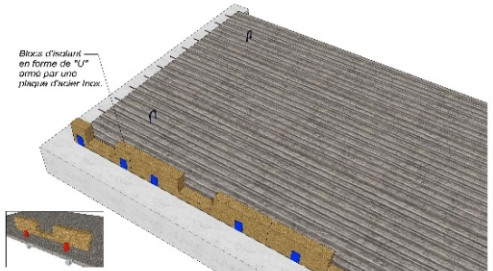


Sabots supports des blocs d'isolant (*)


Pose des prédalles sur les appuis.

Phase n°2

Blocs d'isolant en forme de "U" armés par une plaque d'acier inox.



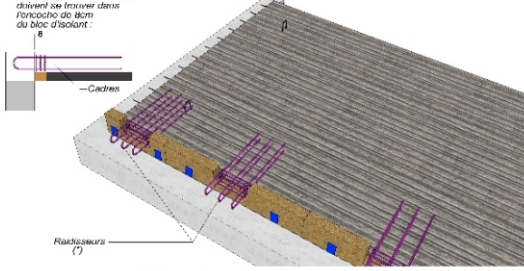
Mise en place des Therm'OTEP-L dans les sabots.
(La plaque Inox à la base de l'isolant doit se trouver contre la prédalle.)



Phase n°3

Page 3

(*) Les 3 cadres du raidisseur doivent se trouver dans l'encoche de bloc d'isolant.

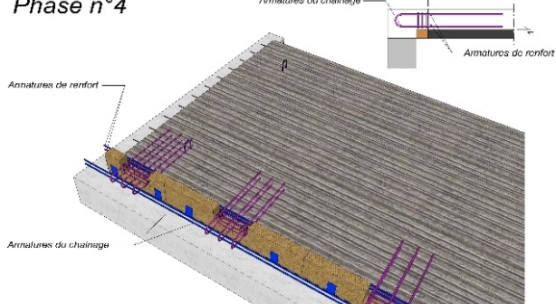


Raidisseurs (*)

Pose des raidisseurs dans les encoches.

Phase n°4


Armatures de chaînage



Armatures de renfort

Armatures de chaînage

Pose des armatures de renfort devant les blocs d'isolant.
Pose des armatures de chaînage.



Page 4

Recommandations Importantes !

1 - Les Incorporations dans les dalles :

A NE PAS FAIRE !

LA BONNE METHODE !
Les Gaines de Réseaux évitent le Radiateur BA !

Il est formellement interdit de traverser les radiateurs BA avec les gaines de réseaux !

OTEP décline toute responsabilité dans le cas du non respect de ces dispositions.

Procédé "Therm'OTEP-L"

Page 5

Recommandations Importantes !

Lors de la pose de gaines sur chantier, il peut arriver qu'on ait besoin de traverser le rupteur thermique. Dans ce cas, une découpe dans l'isolant peut être envisagée suivant les conditions ci-après :

Toute découpe dans le bloc d'isolant implique une protection de celle-ci avec du ruban adhésif de grande largeur, afin d'assurer une bonne étanchéité à l'eau.

Procédé "Therm'OTEP-L"

Page 6

Recommandations Importantes !

2 - Les blocs d'isolant :

Les blocs d'isolant du procédé "THERM'OTEP-L", sont emballés dans un film plastique qu'il ne faut, ni découper, ni percer. Le film plastique protège le bloc d'isolant contre l'eau et les salissures diverses. Bien respecter le sens de pose en suivant la flèche sur l'étiquette.

ATTENTION !

En cas de déchirure du film plastique, il convient de réparer celui-ci avec du ruban adhésif de grande largeur, afin d'assurer une bonne étanchéité à l'eau.

Les blocs d'isolant ne sont pas prévus pour supporter des charges, même de faible intensité. Il est donc formellement interdit d'y circuler.

Tout bloc d'isolant endommagé devra être remplacé. Un étagage en sous-face peut s'avérer nécessaire.

Procédé "Therm'OTEP-L"

Page 7

Recommandations Importantes !

3 - Pose des prédalles :

La mise en œuvre de prédalles munies de rupteurs thermiques Therm'OTEP-L ne présente pas de difficultés particulières par rapport à des prédalles classiques.

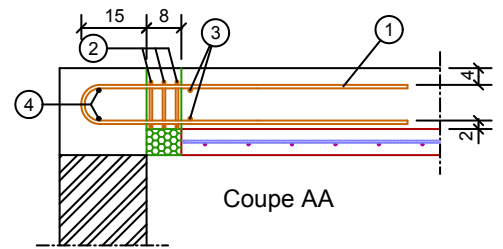
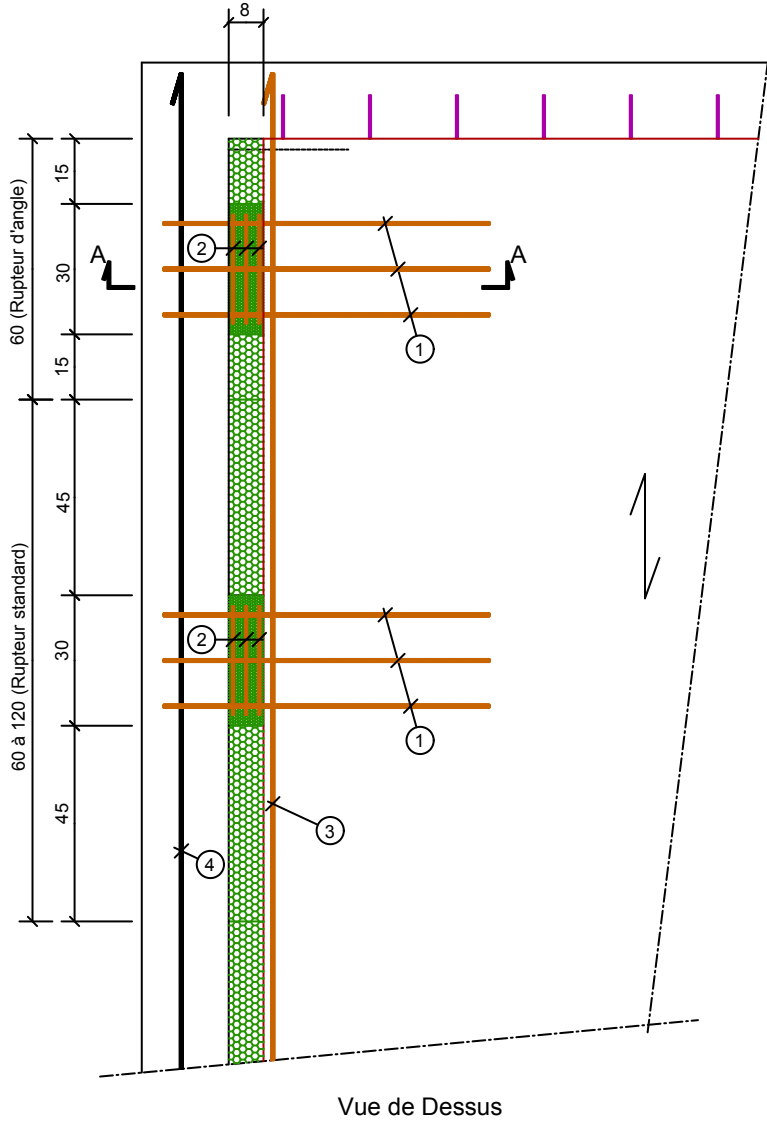
L'entreprise chargée de la pose des prédalles, devra prendre toutes les précautions qu'elle jugera nécessaire pour éviter des chocs importants sur les sabots lors de la manutention des prédalles. Tout sabot ayant subi une déformation importante devra être immédiatement remplacé par un nouveau sabot vissé sur le flan de la prédalle. Ces sabots de remplacement seront fournis par le fabricant des prédalles sur simple demande.

Procédé "Therm'OTEP-L"

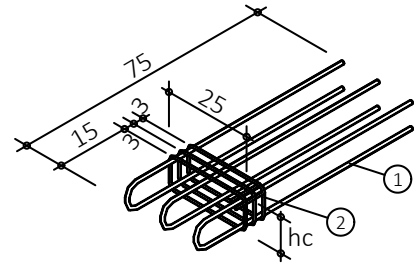
2.16. Annexe IX : DISPOSITIONS DU SYSTEME THERM'OTEP-L POUR BATIMENTS COURANTS

Les dispositions d'armatures rentrant dans la composition du système Therm'OTEP-L pour les bâtiments ne nécessitant pas de modélisation 3D sont les suivantes :

En situation non sismique :

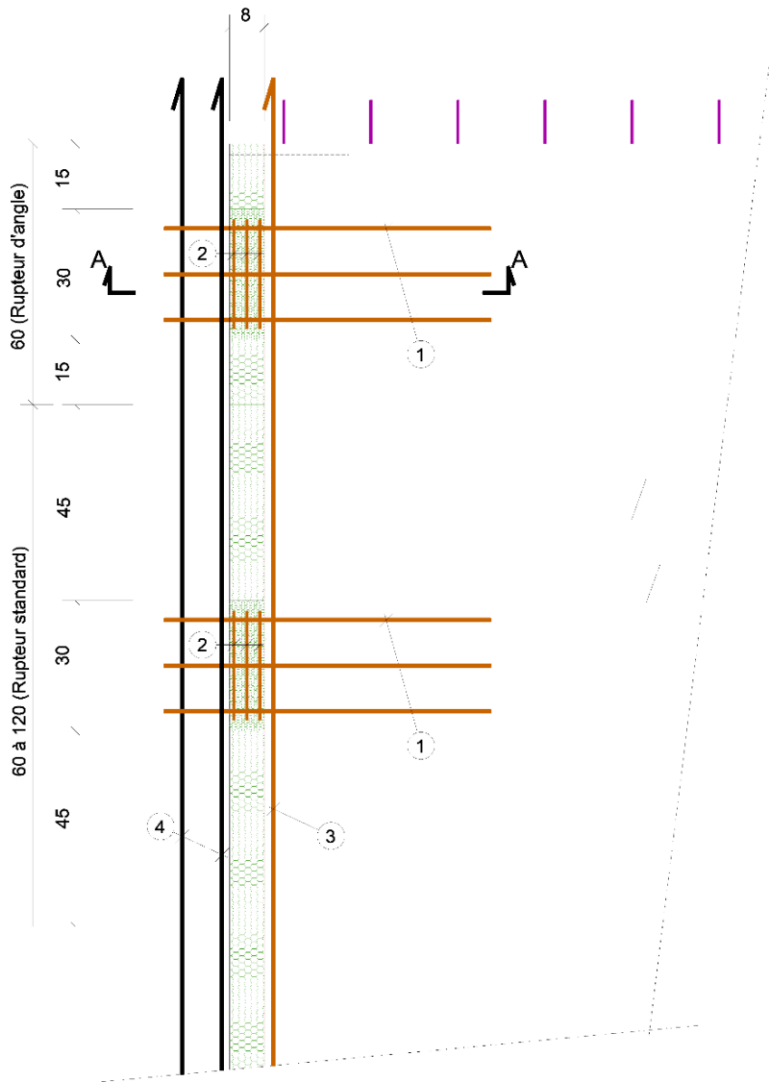


- ① Armatures principales du raidisseur : 3 boucles HA10
- ② Cadres du raidisseur : 3 HA6 e=3cm

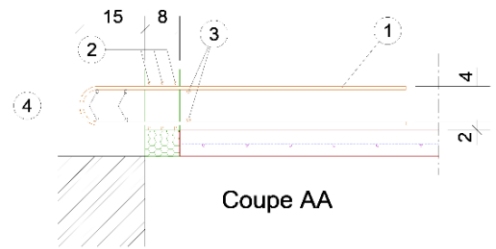


- ③ Armatures filantes de renfort devant le rupteur : 2 HA10
- ④ Armatures filantes du chaînage : 2 HA10

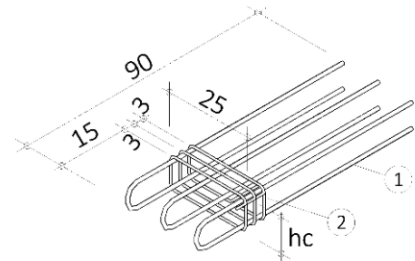
En situation sismique :



Vue de Dessus

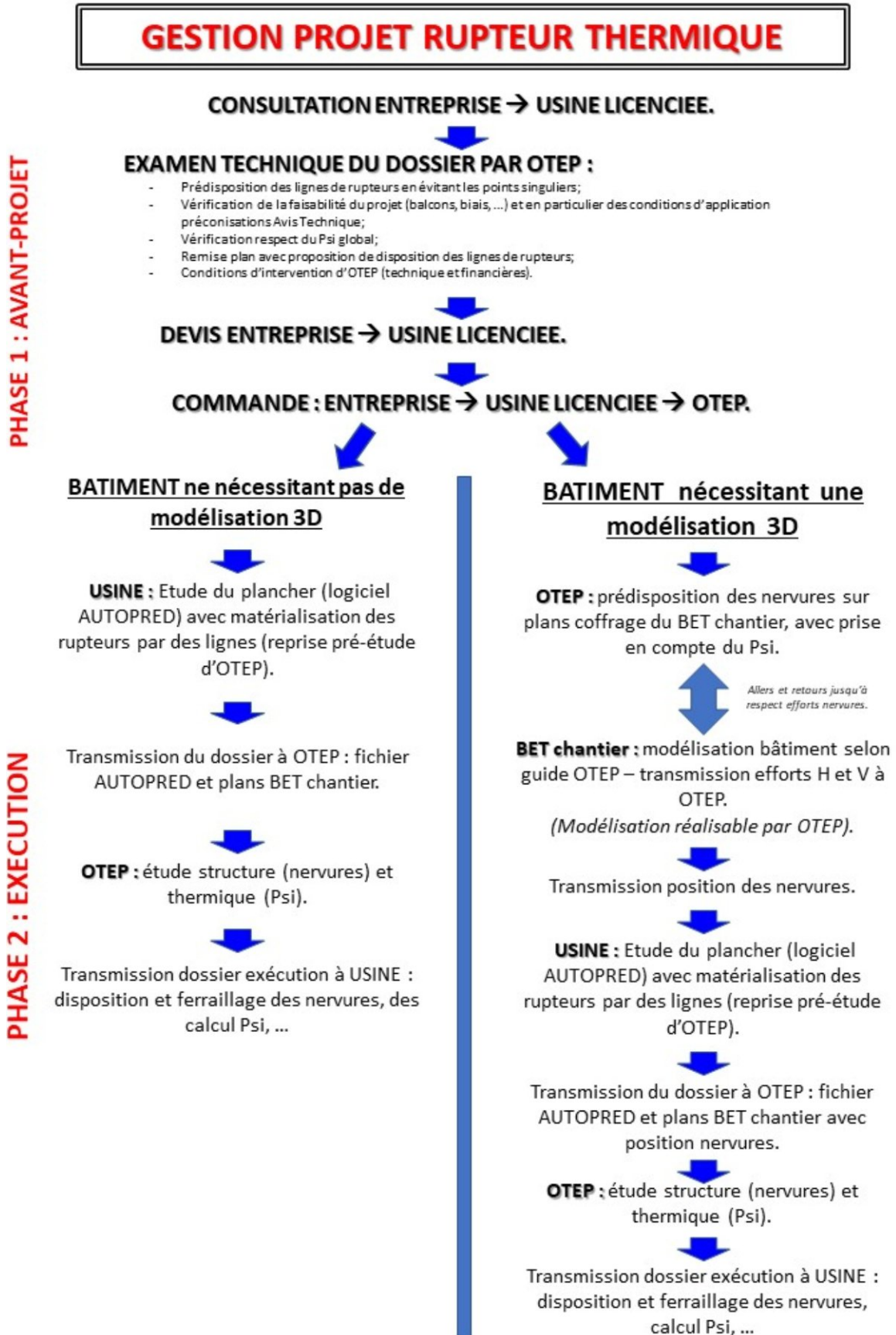


- ① Armatures principales du raidisseur : 3 boucles HA10
- ② Cadres du raidisseur : 3 HA6 e=3cm



- ③ Armatures filantes de renfort devant le rupteur : 2 HA12
- ④ Armatures filantes du chainage : 4 HA10

2.17. Annexe X : Gestion Projet Rupteur Thermique



2.18. Annexe XI : Photos dispositif complet.

Les photos qui suivent montrent le rupteur thermique Therm'OTEP-L complet, avec étiquettes d'identification.



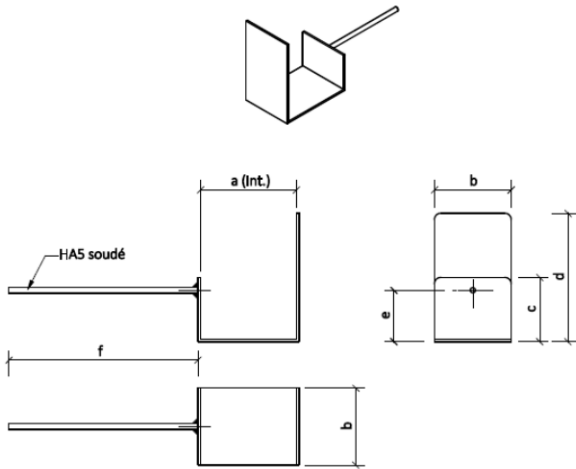
Figure A-XI.1



Figure A-XI.2

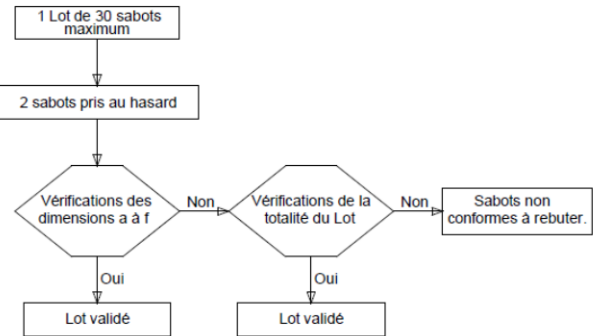
2.19. Annexe XII : Fiche d'auto-contrôle des sabots.

Fiche d'Auto-Contrôle - Sabot



	DIMENSION NOMINALE (mm)	DIMENSION MESUREE (mm)	
a	75		
b	60		
c	45		
d	100		
e	35		
f	150		

Procédure de contrôle :



Tolérances sur Dimensions a à f : ± 5mm

Therm'OTEP
Procédé Therm'OTEP-L

USINE : _____
 Responsable : _____
 Date : _____
 Chantier : _____

2.20. Annexe XIII : Modélisation EF du bâtiment - Notice THERM'OTEP à l'usage des BET

2.20.1. AVANT-PROPOS.

La présente notice s'adresse aux Bureaux d'Etudes Techniques (techniciens, projeteurs et ingénieurs) lorsqu'une modélisation des bâtiments, équipés de rupteurs thermiques de la gamme THERM'OTEP, est nécessaire pour la détermination des efforts : efforts verticaux et efforts horizontaux (contreventement, sismiques, dilatation, gradient thermique, ...).

Les performances thermiques sont indiquées dans les documents technico-commerciaux.

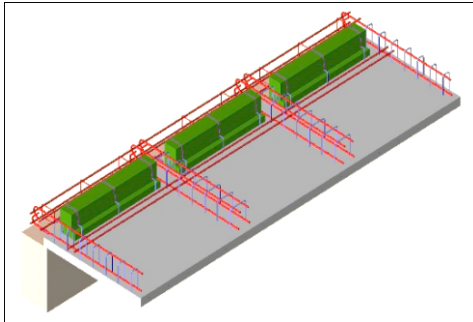
2.20.2. PRESENTATION.

Therm'OTEP est un procédé de rupteurs thermiques intégrés aux prédalles en béton armé ou en béton précontraint :

- **Therm'OTEP □ sens porteur et sens non porteur.**

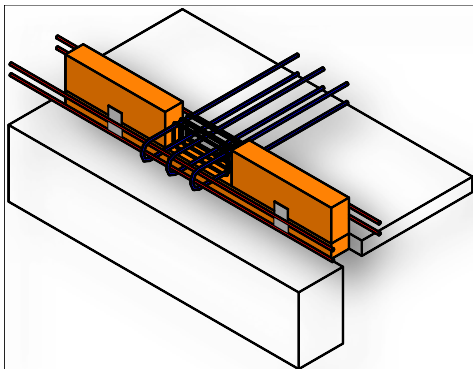
Ce rupteur est un rupteur partiel : pénétration de la prédalle dans l'élément porteur comme dans le cas d'un plancher « prédalles » traditionnel. Il est constitué de :

- Nervures en béton armé de largeur 15 ou 20 cm et de hauteur égale à la hauteur de la dalle de compression – entraxe courant 82 cm ;



- Un isolant thermique entre les nervures :

- Une cage intégrée à la fabrication des prédalles,
- Un bloc d'isolant inférieur enveloppé disposé en partie basse du panier, immédiatement après le bétonnage,
- Un bloc d'isolant supérieur enveloppé, disposé à l'usine ou sur chantier, posé sur le bloc inférieur et maintenu par des élastiques pendant la phase de bétonnage de la dalle de compression.



- **Therm'OTEP-L □ sens non porteur exclusivement.**

Ce rupteur est un rupteur total : l'isolant existe sur toute l'épaisseur du plancher. Il est constitué par :

- Des nervures en béton armé de largeur 30 cm et de hauteur égale à la hauteur de la dalle de compression – entraxe courant 120 cm ;
- Des sabots disposés sur la tranche de la prédalle,
- Un bloc d'isolant en forme de U.

Pour les deux systèmes, la résistance mécanique est basée sur la présence des nervures résistantes en béton armé.

Les entraxes des nervures peuvent être inférieurs aux valeurs courantes données ci-avant pour assurer la résistance mécanique de l'ouvrage en général (points singuliers) ou d'autres ouvrages adjacents (balcons par exemple).

La présente notice s'adresse aux BET : elle a pour objet de définir les conditions de prise en compte de ces nervures dans le cadre de la modélisation du bâtiment tout entier par la méthode des éléments finis.

La présentation qui suit est basée sur des captures d'écran avec le logiciel ROBOT Version PRO 2013. Les autres logiciels de modélisation aux éléments finis peuvent être utilisés en rentrant les mêmes hypothèses.


2.20.3. GENERALITES SUR LES EFFORTS HORIZONTAUX.

Les effets de la température et du retrait différentiel (entre dalle et façades) génèrent des efforts plutôt dans les angles des bâtiments en raison de la déformation gênée des éléments de façades et pignons de l'ouvrage.

Les efforts sismiques et les efforts de contreventement génèrent eux des efforts longitudinaux plutôt répartis le long des éléments porteurs intérieurs et extérieurs avec concentration autour des noyaux de contreventement des bâtiments et sur la partie courante des éléments porteurs verticaux.

Ces deux types de sollicitations ont des valeurs maximales qui n'arrivent pas aux mêmes emplacements des ouvrages, ce qui est favorable au dimensionnement des rupteurs.



 Zone de sollicitation maximale vis à vis du contreventement et de l'action sismique

 Zone de sollicitation maximale vis à vis de la dilatation des façades

2.20.4. MATERIAUX - HYPOTHESES DE CALCUL.

Matériau « Béton » :

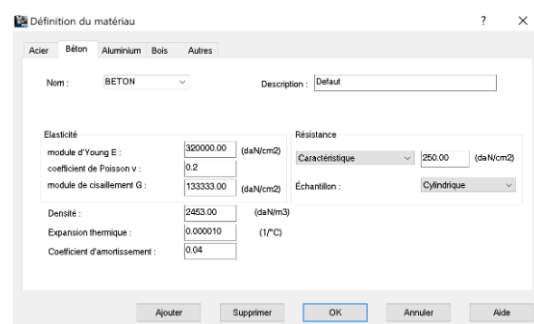
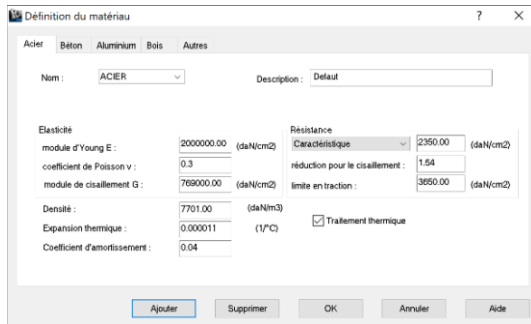
Le béton est uniforme pour tous les voiles et tous les planchers (supposés monolithiques).

Les caractéristiques prises en compte dans les calculs sont celles indiquées dans la fenêtre de droite :

Matériau « Acier » :

Le matériau « acier » est utilisé pour la modélisation des nervures des rupteurs thermiques de la gamme THERM'OTEP (voir plus loin dans cette notice).

Les caractéristiques prises en compte dans les calculs sont celles indiquées dans la fenêtre de droite :



Les hypothèses de charges prises en compte dans les calculs sont les suivantes :

Gradient de température en période ETE (G-ETE) l'extérieur du bâtiment (voile) est plus chaud que l'intérieur (dalle et refends) :

- +18 °C de régime permanent associé à un module d'élasticité E_v différé (dilatation).
- +6° C de régime instantané associé à un module d'élasticité E_i instantané (gradient thermique).

Gradient de température en période HIVER (G-HIVER) l'extérieur du bâtiment (voile) est plus froid que l'intérieur (dalle et refends) :

- -24 °C de régime permanent associé à un module d'élasticité E_v différé (dilatation).
- -6° C de régime instantané associé à un module d'élasticité E_i instantané (gradient thermique).

Retrait différentiel des planchers par rapport aux façades et pignons (RETRAIT) : la valeur prise en compte de ce retrait différentiel dans les calculs est celle des recommandations des règles professionnelles dans le cas de climat tempéré à savoir 1.10^{-4} . Compte tenu des hypothèses pouvant être introduites dans le logiciel ROBOT et du module d'expansion thermique du béton armé, ce retrait est simulé dans ce logiciel par une variation de température de -10 °C, associé à un module d'élasticité E_v différé.

Sollicitations sismiques (SIS) :

Sollicitations habituelles selon zone et état du sol.

Un coefficient de robustesse $g_{rd} = 1,50$ sera pris en compte pour ces efforts sismiques pour les actions accidentelles dans le dimensionnement des nervures.

Ce coefficient de robustesse matérialise le fait qu'en cas de « faiblesse » d'une nervure, les deux nervures adjacentes résistent aux efforts sollicitants.

Sollicitations de contreventement (VENT) :

Prise en compte d'une pression localisée isotrope (agissant dans toutes les directions : compression / traction) de 600 daN/m² (explosion, tornade ou autre), ce qui correspond à une vitesse de vent maximale de 350 km/h (tornade, ouragan, ...).

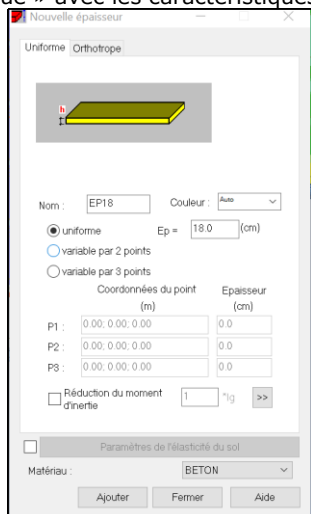
Autres charges verticales :

- Poids propre de la structure (PP) éléments verticaux et éléments horizontaux selon densité des matériaux.
- Surcharges permanentes (SF) selon normes et cahier des charges usuels.
- Surcharges d'exploitation (SL) selon normes et cahier des charges usuels.
- Autres charges particulières selon normes et cahier des charges usuels.

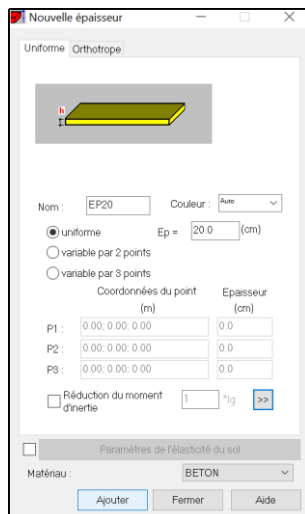
2.20.5. MODELISATION DES ELEMENTS EN BETON : PLANCHERS / VOILES & NERVURES.

2.20.5.1. Modélisation des voiles et planchers :

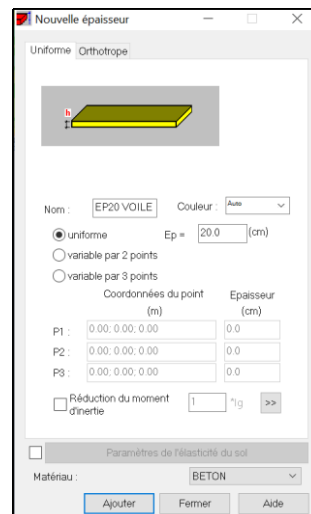
Dans la modélisation, les planchers, voiles intérieurs et façades sont modélisés avec des éléments surfaciques de type « plaque » avec les caractéristiques suivantes :



Modélisation façades
(ici : béton épaisseur 18 cm)



Modélisation planchers
(ici : béton épaisseur 20 cm)



Modélisation Voiles intérieurs
(ici : béton épaisseur 20 cm)

En situation sismique, la rigidité des voiles et planchers pourra être diminuée de 50% selon l'EC8 - §4.3.1 (7). Cette réduction sera entrée dans la case « Réduction du moment d'inertie ».

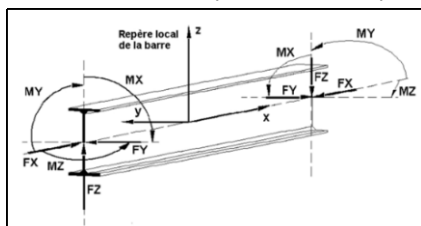
Géométriquement, les planchers sont :

- Décalés à l'intérieur des façades d'une valeur égale à épaisseur façade / 2 + largeur rupteur (8 cm), et
- Reliés aux façades par des éléments filaires de type « barre » matérialisant les nervures béton, avec les caractéristiques données ci-après.

2.20.5.2. Modélisation des nervures :

Les nervures en béton sont des éléments de type « barres » :

- Encastrées dans le plancher, avec point d'encastrement au nu du plancher,



- Articulées côté façade, avec point d'articulation au nu de la façade.

Les efforts et caractéristiques mécaniques de ces éléments « barres » sont donnés par rapport au repère local de chaque barre, comme indiqué sur la figure ci-contre.

2.20.5.2.1. Loi effort / déplacement en traction :

$$N = k_N \times D_N$$

- Avec :
 - N = effort de traction,
 - k_N = raideur en traction,
 - D_N = déplacement sous l'effet de l'effort N.
- Dans le modèle RDM, $k_N = A_s \times E_s / L$
 - A_s = section d'aciers dans la nervure,
 - E_s = module d'élasticité de l'acier considéré,
 - L = longueur de l'élément considéré.

Dans le modèle mécanique aux éléments finis, cette raideur « k_N » conduit à représenter l'élément « barre » par sa section d'aciers HA contenue dans les nervures.

2.20.5.2.2. Loi effort / déplacement en cisaillement :

$$T = k_v \times D_v$$

- Avec
 - T = effort de cisaillement,
 - k_v = raideur en cisaillement, valeur numérique donnée par essais de la nervure considérée (largeur 15 cm, 20 cm ou 30 cm),
 - D_v = déplacement sous l'effet de l'effort T ;
- Formule RDM (poutre encastree – longueur L – inertie I – matériaux E_s) :

$$T = (3.E_s.I / L^3) \times D_v$$

D'où par similitude des 2 formules : $k_v = 3.E.I/L^3$ et donc $I_{\text{équivalent}} = K_v.L^3/3.E_s$

2.20.5.2.3. Valeurs numériques :

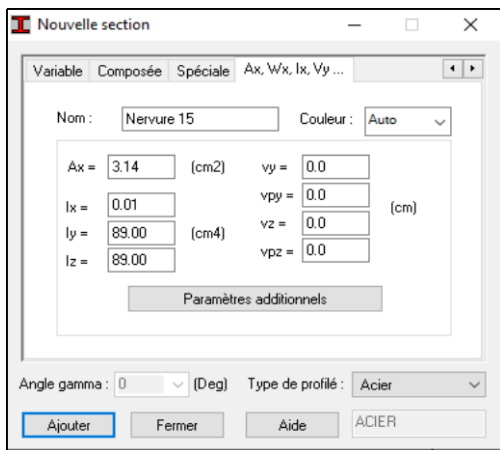
En pratique, les valeurs numériques suivantes sont à prendre en compte dans les caractéristiques des barres du modèle numérique de l'ouvrage tout entier :

- Section d'aciers = section d'aciers HA disposés réellement dans les nervures. Matériaux acier pris en compte selon prescription du paragraphe « 3 » ci-avant.
- Caractéristiques mécaniques des nervures de 15 & 20 cm (Therm'OTEP) :
 - Direction X (repère local) : sections armatures principales seules.
 - Directions Y et Z (repère local) : $K_v = 1038$ kN/mm,
 - Ce qui conduit aux valeurs suivantes pour la modélisation :
 - $I_x = 0.01$ cm⁴ (petite valeur non nulle pour ne pas « planter » le calcul);
 - $I_y = 89$ cm⁴;
 - $I_z = 89$ cm⁴.
- Caractéristiques mécaniques nervures de 30 cm (Therm'OTEP-L) :
 - Direction X (repère local) : sections armatures principales seules.
 - Directions Y et Z (repère local) : $K_v = 1220$ kN/mm,
 - Ce qui conduit aux valeurs suivantes pour la modélisation :
 - $I_x = 0.01$ cm⁴ (petite valeur non nulle pour ne pas « planter » le calcul);
 - $I_y = 104$ cm⁴;
 - $I_z = 104$ cm⁴.

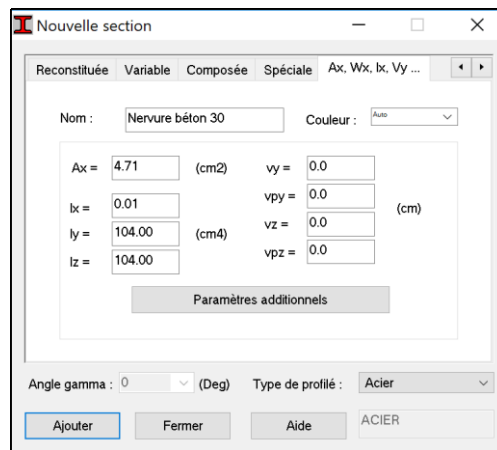
NOTA : plusieurs simulations de calculs avec ROBOT montrent que tous les résultats varient très peu avec une variation de cette valeur de K_v . Il faut faire varier cette raideur d'un coefficient de 5 ou de 10 pour voir les résultats changer de manière significative (notamment les efforts dans les nervures).

2.20.5.2.4. Application numérique pour les bâtiments courants : modélisation nervure béton Therm'OTEP & Therm'OTEP-L par élément de type barre :

	Entraxe (cm)	A_x (cm ²)	I_x (cm ⁴)	I_y (cm ⁴)	I_z (cm ⁴)
Situation non sismique					
Larg. 15 ou 20 cm	82	4 HA10 → 3,14	0,01	89	89
Larg. 30 cm	120	6 HA8 → 3,02	0,01	104	104
Situation sismique					
Larg. 15 ou 20 cm	82	4 HA12 → 4,52	0,01	89	89
Larg. 30 cm	120	6 HA10 → 4,71	0,01	104	104



Élément « nervure béton 15 & 20 cm »



Élément « nervure béton 30 cm »

2.20.5.2.5. Entraxe des nervures Therm'OTEP et Therm'OTEP-L :

Dans la modélisation, les entraxes suivants sont recommandés pour prendre en compte des dimensions en stock des cages d'armatures et des blocs d'isolant :

Therm'OTEP :

	Standard	Réduit 1	Réduit 2	Réduit 3	Réduit 4
Valeur (cm)	82	62	48	35	Sur demande spéciale

Therm'OTEP-L :

	Standard	Réduit 1	Réduit 2	Réduit 3	Réduit 4
Valeur (cm)	120	90	75	60	Sur demande spéciale

En pratique, la modélisation initiale de l'ouvrage se fera en prenant un entraxe standard, dans les deux cas de figure Therm'OTEP et Therm'OTEP-L.

Rappel : la répartition entre les deux systèmes est donnée en général par l'étude thermique pour obtenir la performance thermique requise.

2.20.5.2.6. Conditions d'encastrement :

- Côté planchers : les « barres » unifilaires sont « accrochées » à la rive des planchers par un nœud localisé à l'axe du plancher avec encastrement parfait dans les 3 directions XYZ « bbbbbb ».
- Côté façades: les « barres » unifilaires sont « accrochées » à l'axe des façades au niveau de l'axe des planchers par un nœud et conditions suivantes:
 - Excentrement de la demi-épaisseur de la façade (soit 9 cm pour un voile béton de 18 cm) pour la prise en compte de l'accrochage réel au nu de la façade,
 - Avec rotule parfaite dans les 3 directions XYZ « bbblll ».

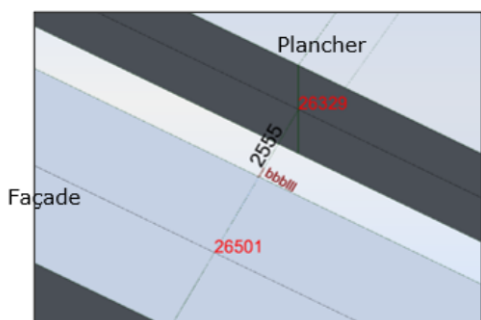
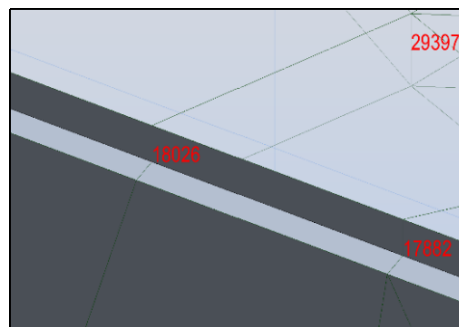


Schéma fonctionnement élément « barre »



Modélisation sans rupteurs.

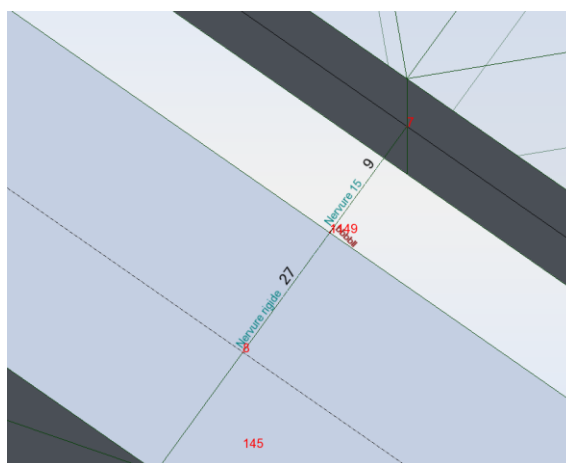
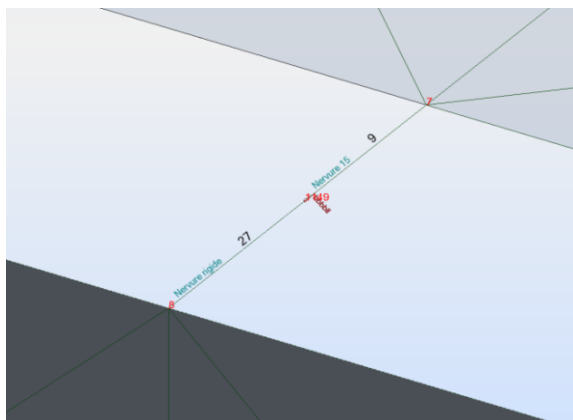
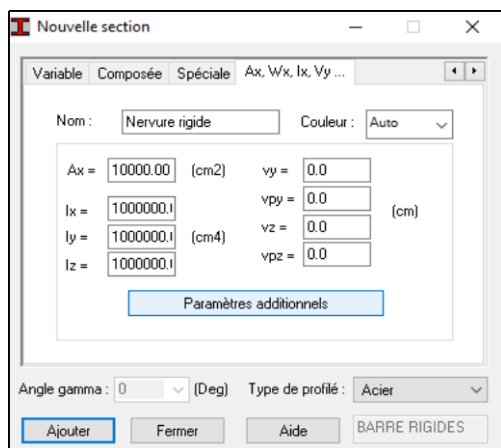
Ce modèle de calcul pour les nervures est stable et ne conduit généralement pas à des instabilités numériques dans le calcul.

2.20.5.2.7. Autre modélisation possible :

En variante de la modélisation des nervures décrite ci-avant, il est aussi possible de modéliser la jonction voile plancher par 2 barres :

- 1 barre infiniment rigide ;
- 1 barre idem précédemment « nervure 15 » ou « nervure 30 » selon le rupteur ;
- Jonction entre les deux barres : rotule idem ci-avant « bbblll ».

Élément « nervure rigide »

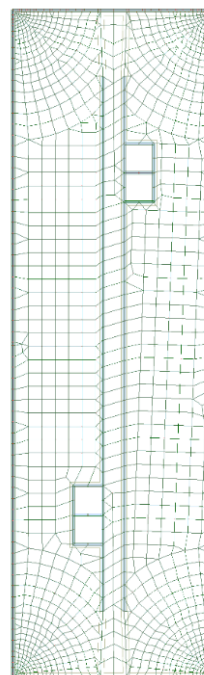
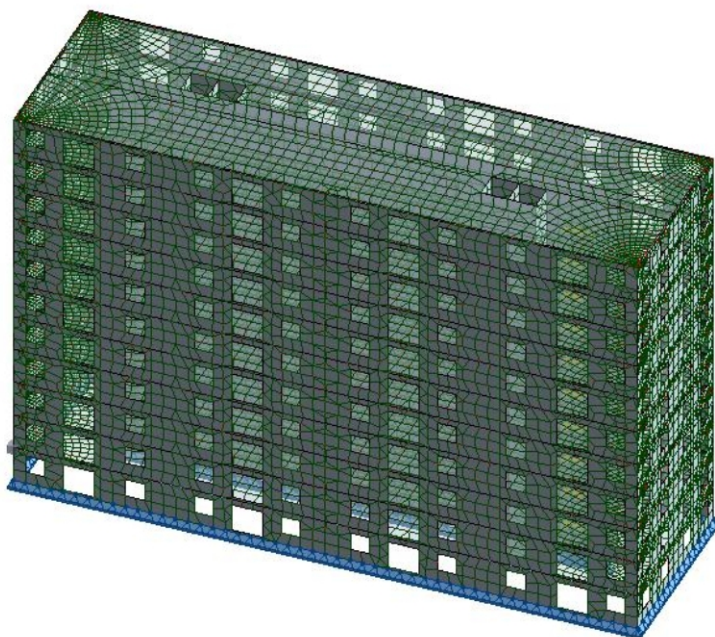


Cette modélisation variée fournit des résultats très similaires à la méthode de base exposée ci-avant.

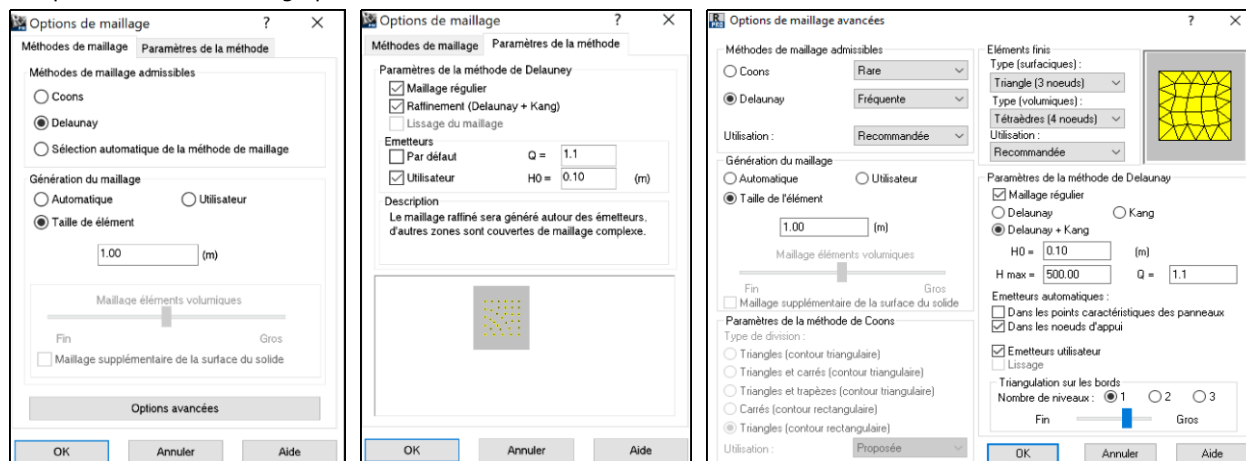
2.20.5.2.8. MAILLAGE DES ELEMENTS FINIS.

Les modélisations sont en général réalisées avec le maillage Delaunay + raffinement Kang et « émetteurs utilisateurs » aux angles du bâtiment pour une évaluation la plus fiable possible des valeurs dans les nervures.

En partie courante, le maillage est choisi « régulier » pour des questions de rapidité de calcul avec un ordinateur « courant », communément utilisé par les bureaux d'études.



Les paramètres du maillage préconisé sont les suivants :



2.20.5.2.9. VERIFICATION DE LA RESISTANCE DES NERVURES.

Le calcul de l'ouvrage permet de vérifier que la capacité résistante des nervures n'est pas dépassée à l'ELS, à l'ELU et à l'ELA selon les combinaisons d'actions usuelles : en cisaillement, en compression et en traction.

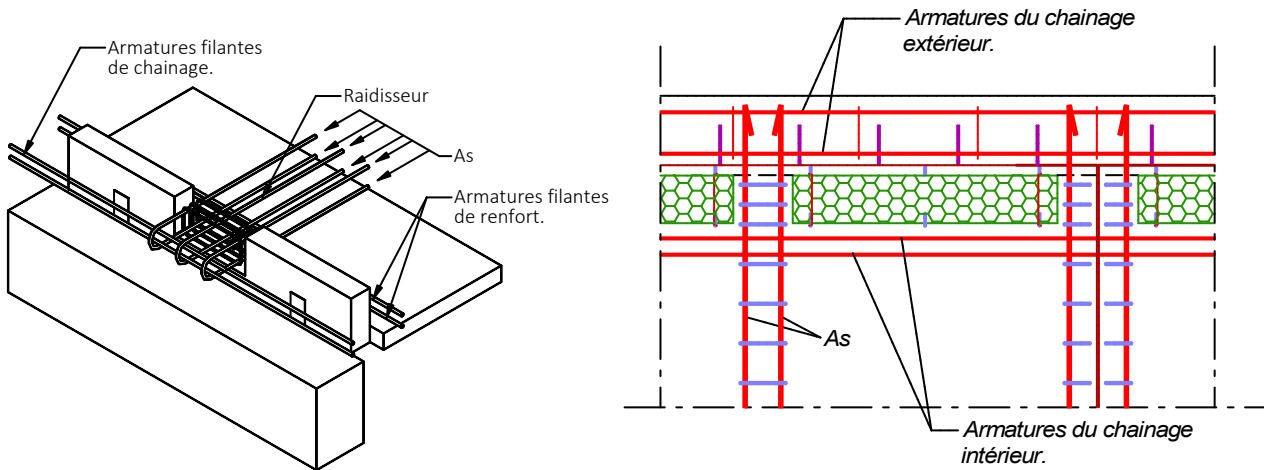
Une fois le calcul de l'ouvrage terminé, le projeteur doit sortir les valeurs des efforts internes des éléments « barre » dans les différents cas de charge (combinaisons d'actions).

La capacité résistante des nervures est déterminée selon les préconisations de l'Avis Technique.

Dans le cas du dépassement de la capacité résistante, une nouvelle disposition est préconisée par OTEP et un recalcul complet de l'ouvrage est nécessaire, suivi par une nouvelle analyse montrant que tous les efforts dans les nervures sont inférieurs aux capacités résistantes.

2.20.5.2.10. ARMATURES DE CHAINAGE.

Dispositions minimales des armatures dans les chaînages des planchers, le long des bords porteurs et non-porteurs équipés de rupteurs thermiques de la gamme Therm'OTEP :



Les sections d'armatures minimales à respecter sont les suivantes :

- Armatures minimales du chaînage extérieur selon les règlements en vigueur :

CATEGORIE D' IMPORTANCE	ZONE DE SISMICITE			
	1	2	3	4
I Bâtiments avec activité humaine réduite (ex: bâtiments agricoles).				
II Maison Individuelle (plancher sur VS). Maison Individuelle (plancher autre que sur VS). Bâtiments courants (ex: habitations, bureaux, parkings, bâtiments de hauteur < 28m)				
III Bâtiments avec activité humaine importante (ex: écoles, salles de réunion, bâtiments de hauteur > 28m).				
IV Bâtiments d'importance vitale pour la protection civile (ex: hôpitaux, casernes, centrales électriques).				

Figure 11

- Zones « en vert » : 1.2 cm² soit au moins 3 HA8 ou 2HA10 ;
- Zones « en rouge » : 3.0 cm² soit au moins 4 HA10.
- Armatures minimales du chaînage intérieur aux rupteurs :
 - Cas où les armatures dans les nervures sont 3 boucles HA10 □ 2HA10 filants et ancrés au-delà de la dernière nervure ;
 - Cas où les armatures dans les nervures sont 4 boucles HA10 ou plus □ As/2 (As = section d'aciers dans la nervure = raidisseur).
- La section d'armatures du chaînage intérieur doit être équivalente à celle du chaînage extérieur. On retient la section maximale entre celle calculée par le BET pour le chaînage extérieur et les dispositions applicables au chaînage intérieur.

2.20.5.2.11. CALCULS POUR EXECUTION.

La modélisation par la méthode des éléments finis a pour seul but la détermination des efforts sollicitants dans les nervures en béton et de vérifier que ces efforts ne dépassent pas les efforts résistants des nervures.

La disposition finale des nervures, le calepinage des nervures et des prédalles, les dispositions d'armatures dans les nervures et dans / sur prédalles sont impérativement réalisés par OTEP.

2.20.5.2.12. Préconisations générales de disposition des rupteurs thermiques Therm'OTEP-L.

Exemple de plan traité par le logiciel AUTOPRED d'OTEP :

Les rupteurs thermiques seront de préférence disposés le long des façades en dehors des points singuliers (angles notamment). Dans la mesure du possible, il faut éviter de disposer des rupteurs thermiques en vis-à-vis de balcons pour des questions de disposition des armatures de ces balcons.

