

Performance énergétique : les matériaux et procédés d'isolation

Choix et mise en œuvre des matériaux et des procédés

- > Performances et références réglementaires
- > Plus de 35 solutions techniques analysées

Performance énergétique : les matériaux et procédés d'isolation

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de développement durable dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes. Avec ses 918 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Le présent guide ne se substitue en aucun cas aux textes de référence, qu'ils soient réglementaires (lois, décrets, arrêtés...), normatifs (normes, DTU ou règles de calcul) ou codificatifs (Avis Techniques, « CPT »...) qui doivent être consultés.

Le CSTB décline toute responsabilité quant aux conséquences directes ou indirectes de toute nature qui pourraient résulter de toute interprétation erronée du contenu du présent guide.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

BÂTIR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

**Performance énergétique :
les matériaux et
procédés d'isolation**

Choix et mise en œuvre des matériaux et des procédés

Rémi BOUCHIÉ, Benoît BUSSON, Benoît CORMIER,
Aurélie DELAIRE, Salem FARKH, Franck LEGUILLON

CSTB
ÉDITIONS

Couverture : Thierry BEL

Illustrations : Franck DASTOT
Jean-Marc LAUBY



Les commentaires « l'œil de Socotec » sont assurés par :

– la branche construction de Socotec :

Laurent Peinaud : directeur de la branche construction du groupe Socotec

– la direction technique de Socotec :

Hubert d'Argoeuves : directeur technique construction immobilier

Claude Saintjean : séismes et comportement dynamique des structures

Jean-Marie Paille : structures béton et fixations

Marthe Jacqueau-Gramaglia : étanchéité, couverture, bardage et photovoltaïque

Jean-Marc Dautin : acoustique et vibrations

Éric Devimes : énergétique

Jean-Paul Henry : sécurité incendie – accessibilité handicapés

Jacques Avondo : génie climatique et frigorifique, gaz

Claude Rzasa : génie climatique et frigorifique, hygiène et santé – protection de l'environnement

Didier Herisson : électricité

Jean François Doudelet : électricité

– le département information de Socotec :

Alain Merveille : directeur du département information

Laurent Van Hinte : ingénierie documentaire en support à la direction technique

Sommaire

Avant propos	3	L'isolation thermique par l'extérieur	189
Le traitement des ponts thermiques.....	5	Fiche 1 : Le bardage rapporté	191
Fiche 1 : Les ponts thermiques dans le bâtiment.....	7	Fiche 2 : Les ETICS (systèmes d'isolation thermique par l'extérieur)	209
Fiche 2 : Les ponts thermiques de liaison (PTL)	17	Fiche 3 : Les vêtements	225
Fiche 3 : Les ponts thermiques intégrés (PTI)	25	Fiche 4 : Les vêtages.....	243
Fiche 4 : Le rupteur thermique dalle béton.....	27	Les planchers bas.....	261
Les parois opaques et les matériaux d'isolation.....	37	Fiche 1 : L'isolation sous chape ou dalle flottante	263
Fiche 1 : Les parois opaques	39	Fiche 2 : La projection d'isolant.....	277
Fiche 2 : La laine de verre	53	Fiche 3 : Les planchers à entrevous en polystyrène.....	289
Fiche 3 : La laine de roche	59	Le plancher haut	301
Fiche 4 : Le polystyrène expansé	65	Fiche 1 : L'isolation de combles perdus.....	303
Fiche 5 : Le polystyrène extrudé	71	Fiche 2 : L'isolation de combles aménagés	323
Fiche 6 : Le polyuréthane.....	77	La toiture	341
Fiche 7 : La fibre de bois.....	83	Fiche 1 : La toiture-terrasse avec isolation thermique support d'étanchéité ou toiture inversée	343
Fiche 8 : La ouate de cellulose.....	89	Fiche 2 : Le système d'isolation de toiture à l'aide de caissons chevrons	357
Fiche 9 : La laine de laitier	95	Fiche 3 : Les panneaux sandwichs supports de couverture	373
Fiche 10 : La perlite.....	101	Fiche 4 : Le sarking	387
Fiche 11 : Les produits réfléchissants	107	Les parois vitrées et les occultations.....	399
L'isolation thermique répartie	113	Fiche 1 : Les parois vitrées.....	401
Fiche 1 : La brique multi-alvéolaire.....	115	Fiche 2 : Les fenêtres et portes-fenêtres avec un vitrage isolant.....	413
Fiche 2 : Les murs en béton cellulaire	129	Fiche 3 : Les volets roulants.....	429
Fiche 3 : Les murs à ossature en bois	143	Fiche 4 : Les façades rideaux.....	441
L'isolation thermique par l'intérieur	157	Symboles	455
Fiche 1 : L'isolation intérieure réalisée à partir de complexes	159		
Fiche 2 : Le doublage fixé mécaniquement.....	173		

Avant-propos

L'amélioration de la performance énergétique des bâtiments constitue un enjeu majeur de la maîtrise des impacts environnementaux. Bien conçue et bien réalisée, l'isolation thermique permet de maîtriser les besoins en énergie devant être consacrés au chauffage ou au refroidissement. Cela participe aussi largement au confort des occupants, particulièrement en hiver.

L'isolation thermique répond également à d'autres enjeux : économique (la maîtrise des consommations, en particulier dans les bâtiments existants, constitue un gisement important d'économies) et réglementaire. En effet, la RT 2012 amène un renforcement important du niveau d'isolation pour permettre de répondre au niveau de performance global exigé.

Le guide présente aussi bien les concepts fondamentaux (les notions de base, la thermique, les ponts thermiques, etc.) que les produits eux-mêmes : produits isolants usuels et procédés isolants mis en œuvre dans le neuf et dans l'existant.

Au travers de plus de 30 fiches, tous les procédés d'isolation sont évalués sous l'angle des critères de choix et de mise en œuvre ainsi que des performances. Les références réglementaires spécifiques à chaque procédé sont aussi listées. Les procédés présentés sont regroupés par type d'ouvrage : plancher bas, plancher haut, toiture, murs, parois vitrées et occultations, etc.

Les fiches sont subdivisées en trois types de fiches :

- une « fiche synthèse » décrivant chaque procédé ou matériau en précisant son domaine d'emploi et les points sensibles de sa mise en œuvre ;
- une « fiche performances », évaluation objective de chaque procédé sur la base de nombreux critères (confort, performance thermique, acoustique, santé, durabilité, coût, sécurité, etc.)
- une « fiche références » récapitulant l'ensemble des textes techniques (DTU, CPT, normes) et réglementaires ainsi que les certifications produits.

PARTIE I
**Le traitement
des ponts thermiques**

Les ponts thermiques dans le bâtiment

1

1. Introduction

Les ponts thermiques dans le bâtiment sont localisés dans des zones où l'isolation thermique est localement affaiblie par rapport au niveau d'isolation moyen. Ils sont créés à la suite d'une interruption totale ou partielle de la couche d'isolation. Cette interruption peut s'avérer nécessaire pour laisser la place à des matériaux plus adaptés assurant la transmission des efforts mécaniques de part et d'autre de la couche d'isolation thermique qui, vu ses faibles caractéristiques mécaniques, ne peut être utilisée pour liaisonner les ouvrages.

Ainsi, sans traitement particulier, l'isolation thermique par l'intérieur des murs est généralement interrompue au niveau des parois internes porteuses comme les dalles et les refends, tandis que l'isolation thermique par l'extérieur se trouve interrompue au niveau des parois externes se prolongeant vers l'intérieur du bâtiment comme les balcons, par exemple. Ces ponts thermiques sont communément appelés les « ponts thermiques de liaison ».

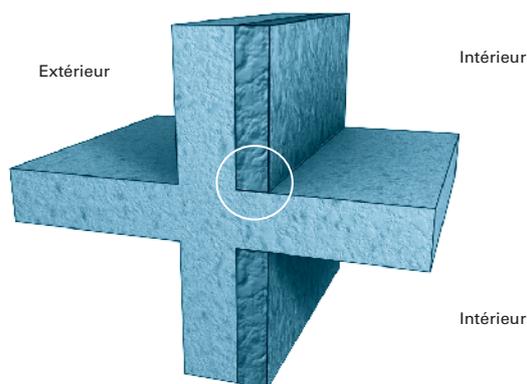


Figure 1 : Interruption de l'isolation au niveau de la dalle en isolation par l'intérieur

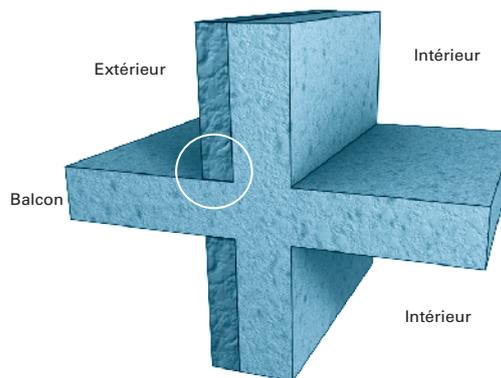


Figure 2 : Interruption de l'isolation au niveau du balcon en isolation par l'extérieur

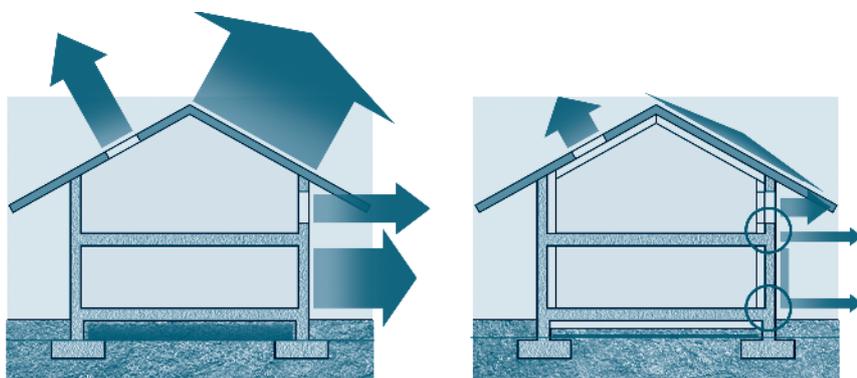
Les ponts thermiques n'existent pas uniquement aux liaisons entre parois mais aussi au sein des parois, où des fixations mécaniques ponctuelles ou filantes sont couramment utilisées pour fixer la couche isolante au gros œuvre. Ces ponts thermiques sont appelés les « ponts thermiques intégrés ». On cite à titre d'exemple les fixations ponctuelles servant à fixer la couche isolante au mur et les pattes métalliques utilisées pour fixer l'ossature secondaire d'un bardage en isolation par l'extérieur.

FICHE SYNTHÈSE

1

Les ponts thermiques dans le bâtiment

Les ponts thermiques sont de véritables « trous » à travers l'enveloppe du bâtiment. Leur impact sur la consommation d'énergie du bâtiment est loin d'être négligeable. Cet impact ne cesse de prendre de l'ampleur notamment après le renforcement des exigences réglementaires suite au Grenelle de l'environnement. En plus de l'impact énergétique, les ponts thermiques peuvent être source de pathologies diverses liées aux mouvements différentiels, à la condensation de l'humidité et au développement des moisissures.



Bâtiment non isolé :
Importantes fuites de chaleur
par les parois

Bâtiment isolé de nos jours :
Fuites réduites à travers les parois,
mais fortes déperditions
par les ponts thermiques

Figure 3 : Fuites de chaleur à travers l'enveloppe

La part du chauffage dans la consommation d'énergie du bâtiment s'élève à 70 % environ de la consommation totale du bâtiment. Pour atteindre les objectifs du Grenelle, il faut au moins réduire de moitié la part du chauffage d'ici la date d'application de la RT 2012. Pour y arriver, il va falloir doubler en moyenne le niveau d'isolation thermique des bâtiments. Cette mesure n'est pas possible sans « colmater les trous thermiques » via un traitement efficace qui doit porter à la fois sur les ponts thermiques de liaison et sur les ponts thermiques intégrés.

D'après le Grenelle, la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs doit être inférieure ou égale à 50 kWh/m².an en moyenne. Ce seuil, même modulé en fonction de différents paramètres comme le type d'énergie, la localisation, les caractéristiques et l'usage du bâtiment, reste au moins deux fois plus sévère que le niveau de la réglementation thermique de 2005 (130 à 250 kWh/m².an en zone H1 tous types d'énergie confondus). Sont concernés par ces mesures les bâtiments publics et tertiaires à partir de début 2011 et tous les bâtiments neufs à partir de début 2013.

La loi Grenelle 1 va encore plus loin puisqu'elle prévoit la généralisation des bâtiments à énergie positive (production d'énergie à partir de sources renouvelables au moins égale à la consommation) dès la fin 2020.

L'  de Socotec

La performance énergétique d'un bâtiment est au niveau de son maillon le plus faible.

Il serait strictement inutile et coûteux d'améliorer d'avantage encore l'isolation thermique sans se préoccuper des déperditions par ponts thermiques.

Pour optimiser le gain en performance énergétique, chaque poste de déperdition doit être amené au même niveau de performance.

Par ailleurs, le terme « consommation » d'énergie est souvent utilisé. Ce mot de consommation prend en compte des éléments différents selon la personne qui l'utilise, comme, par exemple, l'énergie primaire, l'énergie finale, la part d'énergie renouvelable, etc.

Mieux vaut donc parler de besoin en énergie que de consommation d'énergie.

Les ponts thermiques dans le bâtiment

1

L'  de Socotec

Le concept de bâtiments dits « à énergie positive » consiste à intégrer aux bâtiments une installation capable de produire une quantité d'énergie supérieure à leurs besoins.

Il s'agit donc d'une compensation (« je produis au moins la même quantité que celle dont j'ai besoin »). S'il présente d'autres intérêts (décentralisation de la production, par exemple), ce concept ne contribue strictement pas à l'objectif de réduction de la consommation d'énergie.

Un bâtiment ancien très mal isolé, qualifié communément de « passoire thermique », peut devenir un bâtiment à énergie positive, tout en restant passoire : il suffit de l'équiper de la quantité de panneaux photovoltaïques nécessaire pour produire l'énergie qu'il consomme. Une telle solution conduirait à une fuite en avant en matière de consommation énergétique et constituerait, cela va de soi, une réponse à contresens aux objectifs du Grenelle.

C'est bien la limitation des besoins et elle seule qui permettra de réduire les consommations. C'est dans ce cadre que s'inscrit la chasse aux ponts thermiques.

L'  de Socotec

Les prises de courant encastrées dans les doublages intérieurs constituent également des ponts thermiques très courants.

Pour les bâtiments existants, la loi Grenelle 1 vise la réduction des consommations d'énergie du parc existant de 38 % environ d'ici 2020. Elle prévoit, entre autres, une rénovation à un rythme soutenu de l'ensemble du parc de logements sociaux d'ici 2020, soit près de 800 000 logements.

Pour atteindre les objectifs annoncés, il faut commencer par réduire les déperditions énergétiques à travers l'enveloppe du bâtiment par le renforcement de l'isolation thermique tout en récupérant et stockant dans la limite du possible le maximum d'apports gratuits (conception bioclimatique et bonne inertie thermique du bâtiment). Il faut ensuite équiper systématiquement le bâtiment de systèmes énergétiques performants faisant appel, de préférence, aux énergies renouvelables. Pour améliorer le confort d'été, il faut mettre en place des protections solaires adaptées et veiller à ne pas dégrader l'inertie thermique du bâtiment.

L'effort est donc considérable ; d'ailleurs dans le Grenelle on parle de « rupture » par rapport aux pratiques courantes (niveau RT 2005).

La réduction de l'impact des ponts thermiques devient une exigence réglementaire à part entière dans la RT 2012. Ainsi, une valeur maximale de la moyenne des ponts thermiques de liaison, ramenée à l'unité de surface du bâtiment, est désormais exigée par la RT 2012 ainsi qu'une autre valeur maximale du pont thermique situé entre la dalle intermédiaire et le mur.

2. Définition et localisation des ponts thermiques

2.1 Définition

Un pont thermique est une partie de l'enveloppe du bâtiment où la résistance thermique, par ailleurs uniforme, est sensiblement réduite par une absence ou une dégradation locale de l'isolation et donne lieu à d'importantes fuites de chaleur vers l'extérieur.

2.2 Localisation

Les ponts thermiques dépendent du système constructif, du niveau et du type d'isolation des parois. On les localise généralement aux jonctions entre parois (ponts thermiques de liaison ou PTL) ; mais ils sont également présents dans les parois (ponts thermiques intégrés ou PTI).

2.3 Quantification

Les ponts thermiques linéaires (jonction entre une dalle et une façade par exemple) sont quantifiés par un coefficient linéique ψ exprimé en W/(m.K) (Watt par mètre linéaire et par degré Kelvin).

Les ponts thermiques ponctuels (une cheville métallique traversant l'isolant, par exemple) sont quantifiés par un coefficient ponctuel χ exprimé en W/K (Watt par degré Kelvin).

FICHE SYNTHÈSE

1

Les ponts thermiques dans le bâtiment

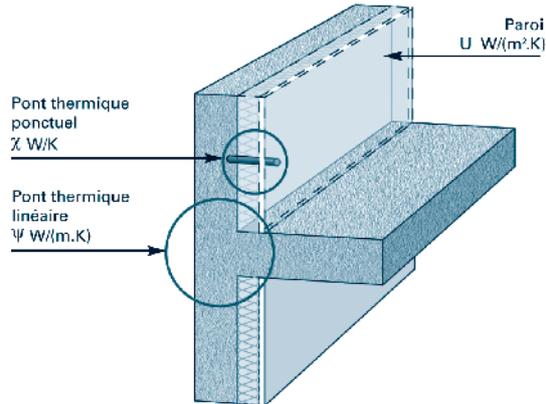


Figure 4 : Ponts thermiques linéaires et ponctuels

3. Les différents types de ponts thermiques

Il existe deux familles distinctes de ponts thermiques dans le bâtiment : les ponts thermiques de liaison et les ponts thermiques intégrés.

3.1 Ponts thermiques de liaison (PTL)

Ils sont généralement dus à l'interruption de l'isolation au niveau de liaison entre parois du bâtiment.

L'exemple type est celui de la liaison entre une dalle et un mur isolé par l'intérieur.

L'interruption de l'isolation constitue un chemin privilégié pour la fuite de la chaleur vers l'extérieur du bâtiment.

En général, la valeur courante d'un pont thermique de liaison varie entre 0 et 1,5 W/(m.K), selon le détail constructif.

3.2 Ponts thermiques intégrés (PTI)

Ils sont générés par l'interruption ou la dégradation de l'isolation au sein de la paroi. Très souvent, ils sont causés par des éléments de fixation de l'isolant ou des ossatures secondaires au gros œuvre. Les PTI dégradent la performance thermique de la paroi. Leur impact doit être pris en compte lors du calcul du coefficient de transmission thermique U_p W/(m².K) de la paroi.

En général, la valeur d'un pont thermique intégré linéique varie entre 0 et 0,4 W/(m.K).

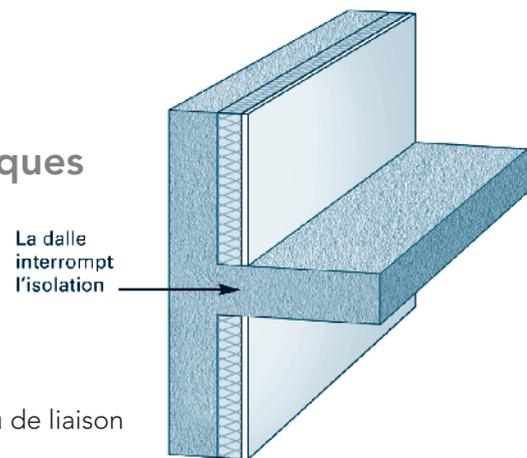


Figure 5 : Pont thermique à la liaison dalle-façade

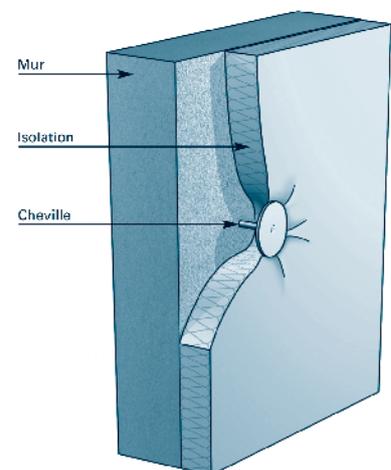


Figure 6 : Pont thermique intégré dû à une cheville métallique pénétrant l'isolation

4. Impacts des ponts thermiques sur le bâtiment

4.1 Impact énergétique

Les ponts thermiques de liaison sont de véritables trous à travers l'isolation de l'enveloppe. Ils sont ainsi responsables de 10 à 40 % de fuite de chaleur supplémentaire vers l'extérieur.

Cet impact dépend de la géométrie du bâtiment (forme, volume), du système constructif (béton, parpaing, ossature légère, etc.) ainsi que du niveau et du type d'isolation pratiqués (par l'intérieur, par l'extérieur, répartie, etc.).

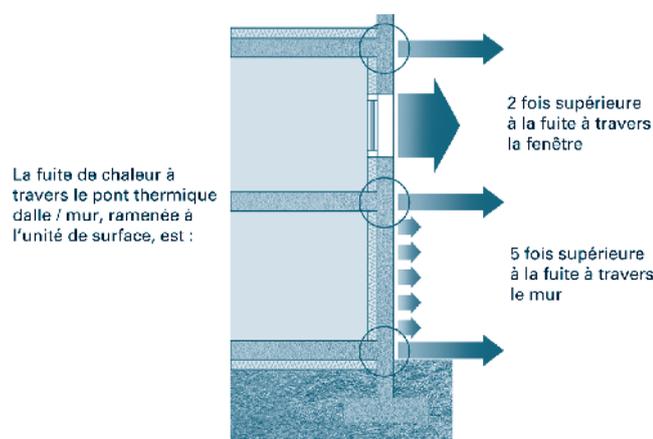


Figure 7 : Fuites de chaleur par les ponts thermiques

4.1.1 Ponts thermiques de liaison

L'impact des ponts thermiques de liaison sur la consommation d'énergie du bâtiment, tous postes confondus (chauffage, refroidissement, ventilation, eau chaude sanitaire, etc.), varie entre + 5 et + 25 %. Il dépend du niveau des prestations choisies et du type d'énergie utilisé.

Exemple

À titre d'exemple, dans un bâtiment collectif type R + 3 isolé par l'intérieur (niveau RT 2005), comportant 38 logements de surface habitable totale de 2 900 m², les ponts thermiques sont responsables de 30 % de fuites de chaleur supplémentaires par l'enveloppe, ce qui se traduit par une consommation d'énergie additionnelle de 12 à 18 % selon le type d'énergie.

Le même bâtiment avec des parois deux fois mieux isolées verra l'impact des ponts thermiques sur la consommation d'énergie augmenter de 8 % environ.

FICHE SYNTHÈSE

1

Les ponts thermiques dans le bâtiment

4.1.2. Ponts thermiques intégrés

Les ponts thermiques intégrés sont présents à l'intérieur de la paroi et sont souvent invisibles une fois les travaux d'isolation terminés. Leur prise en compte nécessite la connaissance de la paroi dans ses moindres détails techniques. Dans certains cas extrêmes, ils sont susceptibles de doubler les déperditions de chaleur par la paroi.

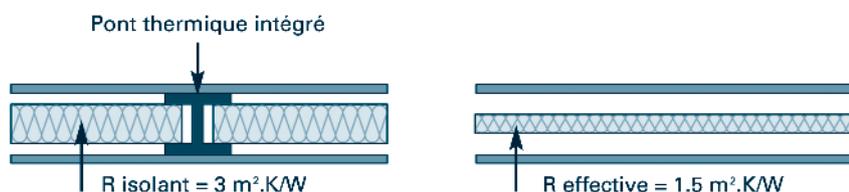


Figure 8 : Incidence des PTI

4.2 Autres impacts

Les ponts thermiques de liaison peuvent être source de pathologies diverses comme des fissurations sur la façade, l'apparition de salissures et le développement de moisissures. Ce dernier phénomène est dû à des températures superficielles intérieures plus basses que le reste des parois. Il est généralement visible aux jonctions entre parois.

Les ponts thermiques intégrés sont également des passages privilégiés du froid à l'intérieur du bâtiment créant ainsi localement des zones plus froides sur la paroi intérieure. Ces zones attirent généralement les condensations superficielles et peuvent être à l'origine de pathologies diverses.

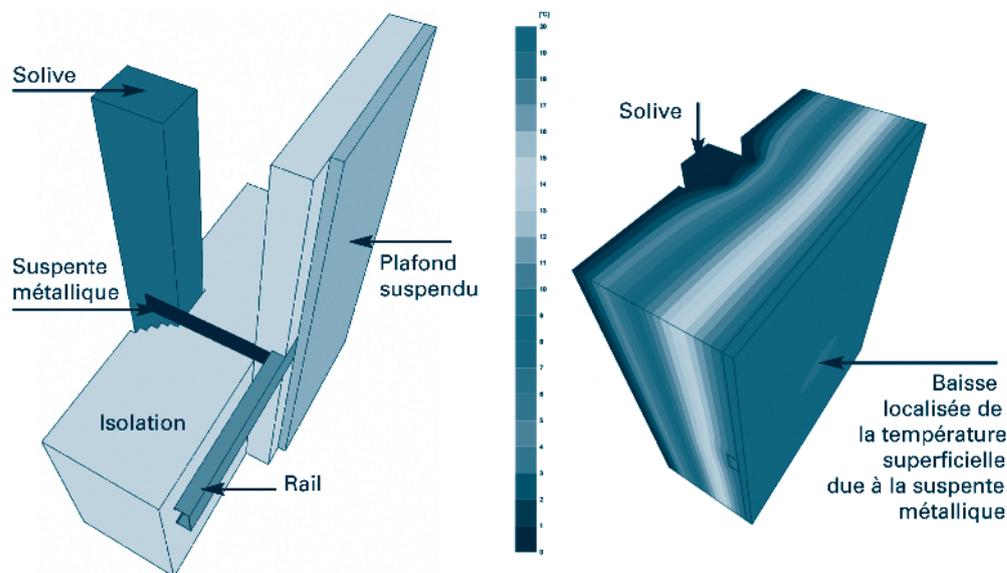


Figure 9 : Champs de température dans un plafond suspendu

1. Rappel historique sur la réglementation thermique

Depuis 1974, date de parution de la première réglementation thermique en France, les différentes réglementations successives ont tenu compte des déperditions par les ponts thermiques et ont valorisé leur traitement :

■ 1974

Apparition de l'isolation thermique des parois avec quelques centimètres d'isolant. Les murs sont isolés par l'intérieur et les premiers ponts thermiques apparaissent aux liaisons entre les parois. Leur impact sur les déperditions thermiques à travers l'enveloppe est proche de 10 % du fait des faibles épaisseurs d'isolants. Les ponts thermiques des liaisons sont comptés dans la paroi lors du calcul réglementaire.

Les valeurs des ponts thermiques $k W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ sont déterminés par analogie électrique et tabulées dans les règles Th-K.

■ 1982

L'épaisseur de l'isolation atteint 4 à 5 cm environ et les fenêtres sont désormais équipées de double vitrage. L'impact des ponts thermiques devient plus important. La réglementation thermique ne prévoit toujours pas d'exigences ou de recommandations spécifiques aux ponts thermiques.

■ 1988

L'épaisseur de l'isolation dépasse les 6 cm et l'impact des ponts thermiques s'amplifie davantage. Toujours pas d'exigences ou de recommandations spécifiques aux ponts thermiques dans la réglementation. Une norme européenne pour le calcul par simulation numérique, des ponts thermiques est en cours d'élaboration au TC89/WG1. La France y participe.

■ 2000

L'épaisseur de l'isolation des murs avoisine les 8 cm. L'isolation des autres parois est également renforcée et notamment celle des parois vitrées (argon ou krypton et couche basse émissivité). Les déperditions par les ponts thermiques atteignent 40 % des déperditions à travers l'enveloppe du bâtiment. La norme européenne du TC89/WG1 (NF EN ISO 10211¹), publiée pour la première fois en 1995, sert de base à l'élaboration du catalogue des ponts thermiques des règles Th-U qui remplacent les règles Th-K.

La réglementation impose pour la première fois des exigences minimales aux parois et aux valeurs des ponts thermiques entre planchers et façade. Elle leur attribue également des valeurs de référence afin d'encourager leur traitement. Les ponts thermiques intégrés et de liaisons sont en ligne de mire. Le CSTB crée le GS20 afin de favoriser le développement de solutions

1. NF EN ISO 10211, Ponts thermiques dans les bâtiments – Flux thermiques et températures superficielles – Calculs détaillés, avril 2008 (indice de classement : P50-732).

FICHE RÉFÉRENCES

1

Les ponts thermiques dans le bâtiment

de traitement innovantes. Quelques rupteurs de ponts thermiques voient le jour.

■ 2005

La RT 2005 renforce les exigences et les valeurs recommandées aux parois et aux ponts thermiques sans imposer un traitement catégorique à ces derniers du fait de l'absence d'une offre industrielle suffisamment structurée et fiables. Cependant, en maison individuelle la valeur minimale exigée impose un traitement systématique du pont thermique entre plancher lourd d'étage et façade. Les rupteurs thermiques se développent davantage. Les Avis Techniques en cours de validité concernant les procédés de rupteurs thermiques sont téléchargeables sur le site internet du CSTB (www.cstb.fr).

■ 2010-2012

Les textes réglementaires fixant les modalités d'application de la RT 2012 ont été publiés en octobre 2010 pour une application prévue en octobre 2011 pour les bâtiments publics et tertiaires, et début 2013 pour les autres bâtiments neufs. La RT 2012 supprime les exigences minimales sur le niveau d'isolation des parois mais renforce les exigences minimales sur les ponts thermiques des liaisons afin de pousser à leur traitement. En effet, les simulations effectuées sur différents types de bâtiments révèlent que le respect de la RT 2012 n'est possible qu'avec une forte réduction de l'impact des ponts thermiques.

Deux niveaux d'exigences sont requis par la RT 2012 :

- le premier concerne la valeur du pont thermique à la liaison entre le plancher courant et le mur extérieur. Une valeur minimale correspondante est fixée quel que soit le type du bâtiment concerné ;
- le deuxième niveau concerne l'impact global de l'ensemble des ponts thermiques de liaisons ramené à l'unité de surface du bâtiment. Ce deuxième niveau permet une compensation entre les différents ponts thermiques et avec leurs linéaires correspondants. Il permet d'optimiser l'impact des ponts thermiques lors de la conception architecturale du bâtiment.

2. Textes législatifs et réglementaires

2.1 La RT 2012 neuf

- Décret n° 2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Décret n°2012-1530 du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions de bâtiments.

Les ponts thermiques dans le bâtiment

1

L'  de Socotec

L'arrêté du 13 juin 2008, dit « RT globale » s'applique aux bâtiments existants de plus de 1 000 m², postérieurs à 1948, lorsque le montant des travaux dépasse 25 % de la valeur du bâtiment estimée suivant un barème au m² publié par arrêté. Elle s'appuie sur un calcul effectué suivant les règles Th-CE ex, tout en prévoyant des performances plancher appelées « garde-fous ». Le seul respect des garde-fous n'entraîne en aucun cas celui de cette RT.

L'arrêté du 3 mai 2007, dit « RT élément par élément » s'applique dans tous les autres cas (sauf exceptions fixées réglementairement : monuments historiques, lieux de culte, etc.). Il fixe forfaitairement des performances minimales, dont le respect est suffisant pour entraîner celui de la RT.

- Arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions + Rectificatif.

2.2 La RT 2005 neuf

- Décret n° 2006-592 du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- Arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 19 juillet 2006 portant approbation de la méthode de calcul Th-CE prévue aux articles 4 et 5 de l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments

2.3 La RT existant

- Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie, aux caractéristiques thermiques, à la performance énergétique des bâtiments existants et à l'affichage du diagnostic de performance énergétique.
- Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT élément par élément).
- Arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1 000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants (RT globale).

3. Règles de calcul et d'application

- Règles Th-U, édition 2007 (RT 2005).
- Règles Th-U, édition 2007 (bâtiments existants).
- NF EN ISO 6946, Composants et parois de bâtiments – Résistance thermique et coefficient de transmission thermique – Méthode de calcul, juin 2008 (indice de classement : P50-731).
- NF EN ISO 10211, Ponts thermiques dans les bâtiments – Flux thermiques et températures superficielles – Calculs détaillés, avril 2008 (indice de classement : P50-732).
- NF EN ISO 13370, Performance thermique des bâtiments – Transfert de chaleur par le sol – Méthodes de calcul, avril 2008 (indice de classement : P50-736).

FICHE RÉFÉRENCES

1

Les ponts thermiques dans le bâtiment

4. Liens utiles

- Site RT-bâtiment : www.rt-batiment.fr
- Site du ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement : www.developpement-durable.gouv.fr

Les ponts thermiques de liaison (PTL)

2

1. Localisation et traitement des PTL

Les ponts thermiques de liaison sont fortement liés au système d'isolation des bâtiments. Pour un système donné, chaque liaison possède un grand nombre de variantes générées par les dimensions et la nature des matériaux qui y figurent.

Cette partie est consacrée à la localisation et au traitement des ponts thermiques les plus courants dans le bâtiment.

1.1 Incidences sur le système d'isolation

1.1.1 Isolation par l'intérieur

L'isolation des murs est réalisée côté intérieur. Il s'agit de doublages isolants comportant une couche isolante et un parement intérieur (plaque de plâtre ou briques). Ce système d'isolation présente l'avantage d'une mise en œuvre aisée, c'est actuellement le plus répandu en France.

Cependant, le respect des objectifs du Grenelle nécessite le renforcement de l'isolation qui pourrait se traduire par une augmentation de l'épaisseur des isolants et donc par une réduction de la surface habitable. Dans ce cas, l'utilisation de matériaux isolants performants prend tout son intérêt.

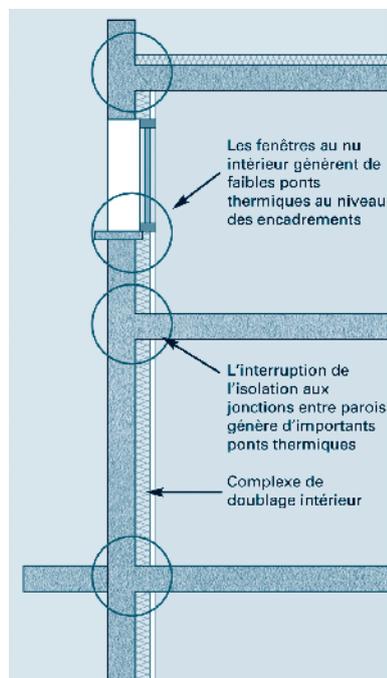
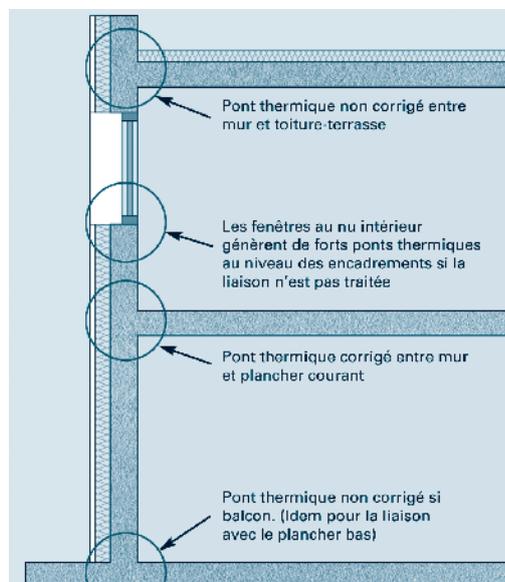


Figure 1 : Points singuliers en isolation par l'intérieur

Figure 2 : Points singuliers en isolation par l'extérieur



L'  de Socotec

En cas d'isolation thermique par l'intérieur de bâtiments neufs, comportant un ou plusieurs planchers intermédiaires lourds, les ponts thermiques générés au niveau des jonctions entre les dalles (ou refends) et les façades des bâtiments neufs devront être traités faute de quoi les objectifs du Grenelle ne pourront pas être atteints.

1.1.2 Isolation par l'extérieur

L'isolation des murs est réalisée côté extérieur. Elle est munie d'un parement pour la protéger des sollicitations climatiques. Ce système d'isolation est moins pratiqué en France que l'isolation par l'intérieur. Son principal créneau est le marché de la réhabilitation principalement des immeubles collectifs. Sa mise en œuvre fait appel à des entreprises spécialisées.

L'isolation thermique par l'extérieur permet de traiter efficacement les ponts thermiques entre planchers intermédiaires (ou refends) et murs de façade. La réduction des ponts thermiques est proche de 90%. Cependant, le traitement de liaison entre façade et planchers bas, planchers hauts, balcons et encadrements de baie est moins évident et nécessite généralement des solutions spécifiques.

FICHE SYNTHÈSE

2

Les ponts thermiques de liaison (PTL)

L'  de Socotec

En rénovation, le traitement des ponts thermiques au niveau des encadrements des baies n'est pas toujours possible : la largeur d'isolant qu'il est possible de disposer en retour est limitée par la largeur du dormant qui est apparente, souvent de quelques centimètres seulement.

1.1.3 Isolation répartie

L'isolation des murs est réalisée par des éléments de maçonnerie isolante et porteuse de forte épaisseur (exemple : maçonnerie isolante en terre cuite ou en béton cellulaire). Ce système d'isolation vise essentiellement les maisons individuelles et les petits collectifs. Il est largement moins répandu que le système d'isolation par l'intérieur.

L'  de Socotec

La mise en œuvre des maçonneries à isolation répartie est très différente de celle, mieux connue, des blocs de bétons : une discontinuité, par exemple un rattrapage de niveau en mortier, devient un pont thermique.

Afin d'éviter cela, ces éléments de maçonnerie sont posés à joints minces et nécessitent au préalable de réaliser un plan de calepinage pour avoir la certitude que les dimensions des blocs, puisque précisément ajustées à celles de l'ouvrage à construire, leur permettront d'être parfaitement jointifs.

Il est vivement recommandé de faire appel à une entreprise bien familiarisée avec ces techniques.

La forte épaisseur des murs permet de traiter aisément les ponts thermiques entre planchers et façades par la mise en place en nez de plancher d'une planelle de même nature que le mur. Pour une meilleure efficacité thermique, cette planelle peut être doublée par un isolant de quelques centimètres d'épaisseur.

Remarque

L'isolation répartie répond aux objectifs du Grenelle en termes de traitement de la majorité des ponts thermiques, à l'exception de la liaison avec les balcons. Cependant, elle doit évoluer assez rapidement pour renforcer la résistance thermique des murs en partie courante. Son utilisation reste limitée aux bâtiments de quelques étages seulement et ceci pour des raisons liées à la stabilité mécanique du bâtiment.

Remarque

L'isolation thermique par l'extérieur verra sans doute sa part de marché évoluer dans un futur proche en lien avec les objectifs du Grenelle. Les bâtiments qui se prêtent le plus à cette technique d'isolation sont les bâtiments de plusieurs niveaux, à condition de traiter également les encadrements de baies. En cas de réhabilitation par l'extérieur des bâtiments existants, l'absence de traitement des encadrements de baies pourrait générer des ponts thermiques, source d'importantes déperditions mais aussi de pathologies liées à l'humidité (salissures, moisissures).

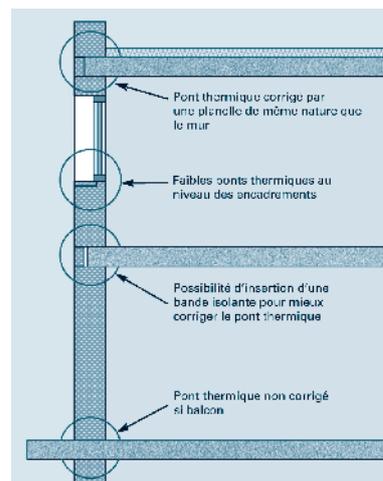


Figure 3 : Points singuliers en isolation répartie

1.1.4 Isolation entre ossatures

L'isolant est placé entre les ossatures légères (bois ou métal). Une isolation complémentaire peut être rapportée côté intérieur ou côté extérieur, réduisant ainsi les ponts thermiques intégrés dus aux ossatures. Une attention particulière doit être portée sur la perméabilité à l'air qui pourrait court-circuiter une bonne partie de l'isolation et la rendre inopérante.

Les ponts thermiques de liaison (PTL)

2

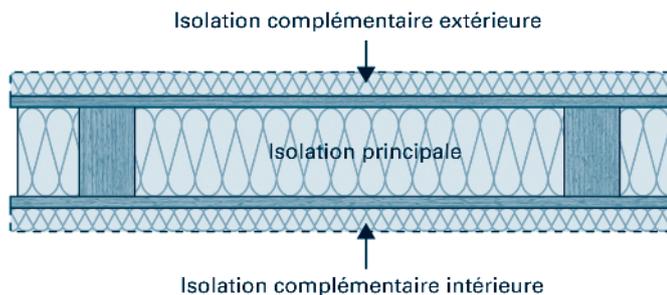


Figure 4 : Murs à ossature bois

Les ponts thermiques de liaison présents dans les bâtiments à ossature métallique sont complexes puisqu'ils dépendent du détail constructif et des divers matériaux présents au niveau de la liaison. Les ponts thermiques entre planchers et murs à ossature bois sont généralement faibles et ne nécessitent pas de traitement particulier.

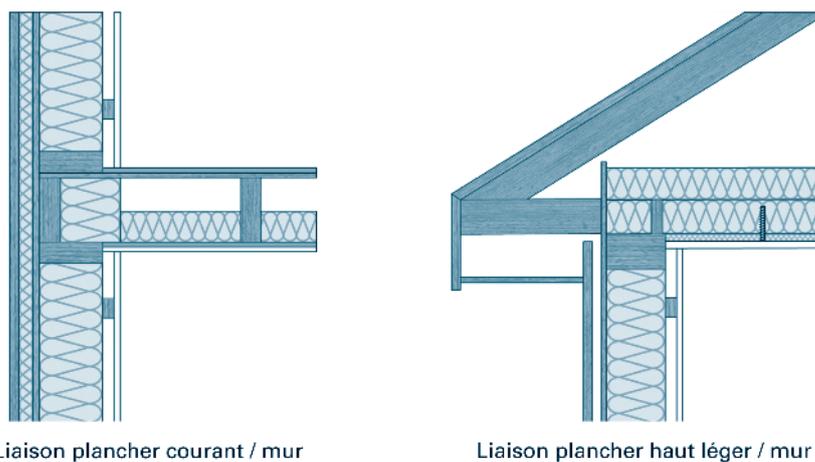


Figure 5 : Exemples de ponts thermiques de liaison entre parois à ossatures bois
($\psi < 0,25 \text{ W/(m.K)}$)

1.2 Localisation et évaluation des PTL

La localisation des PTL peut être faite aussi bien sur plan que *in situ* après la construction du bâtiment.

La localisation *in situ* peut être faite avec une caméra infrarouge qui permet de visualiser les températures des surfaces et d'en déduire la présence de ponts thermiques, y compris ceux causés par les défauts de mise en œuvre.

FICHE SYNTHÈSE

2

Les ponts thermiques de liaison (PTL)

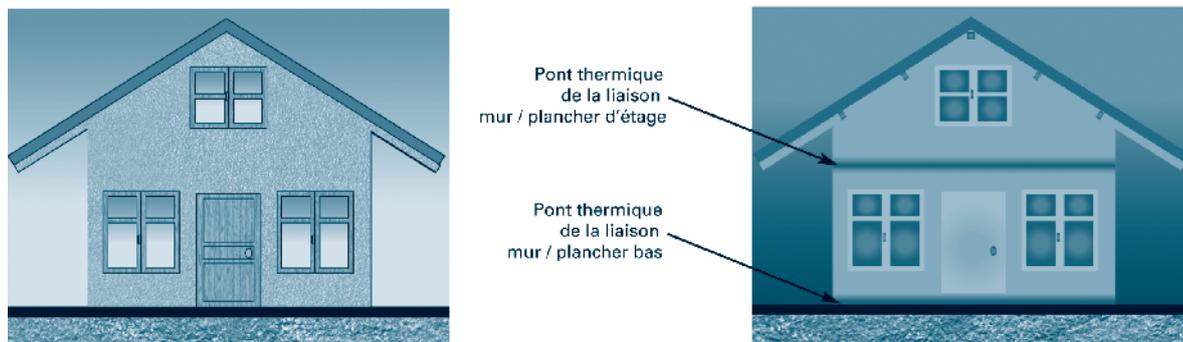


Figure 6 : La caméra infrarouge permet de visualiser les ponts thermiques

Remarque

Attention cependant à ne pas confondre sur une thermographie infrarouge, les ponts thermiques avec les fuites d'air parasites qui sont également une source de déperdition énergétique, mais d'une nature différente.

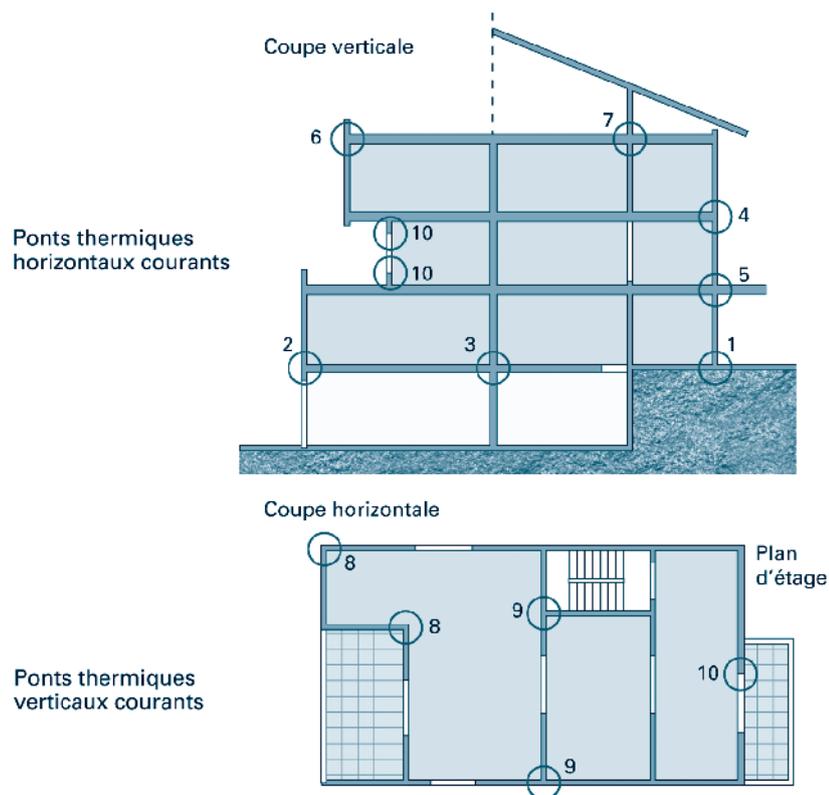


Figure 7 : Exemple de repérage sur plans

Les ponts thermiques de liaison (PTL)

2

Le tableau 1 permet de repérer sur plan les ponts thermiques les plus courants dans le bâtiment. Les différentes configurations possibles sont numérotées pour faciliter leur identification sur les schémas.

Tableau 1 : Ponts thermiques les plus courants dans le bâtiment, repérage de liaison

Ponts thermiques	Liaisons n°
Plancher bas/mur (ou refend)	1 ; 2 ; 3
Plancher courant/mur	4 ; 5
Toiture/mur (ou refend)	6 ; 7
Mur/mur (ou refend)	8 ; 9
Encadrement de baies/mur	10

Les ponts thermiques sont évalués par calcul numérique, conformément aux normes européennes correspondantes. Les règles Th-Bât pour l'application des réglementations thermiques en France offrent un catalogue de valeurs pré-calculées des ponts thermiques. Ces valeurs de ψ sont tabulées en fonction des paramètres les plus influents.

Ci-après, est donnée, à titre d'exemple, une évaluation de la liaison n° 2 (plancher bas avec mur de façade). La valeur du pont thermique est classée de « faible » à « très fort », selon la règle ci-après.

Tableau 2 : Valeur du pont thermique pour la liaison plancher bas/mur de façade

Pont thermique	Faible	Moyen	Fort	Très fort
ψ (W/m K)	0 à 0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	> 1

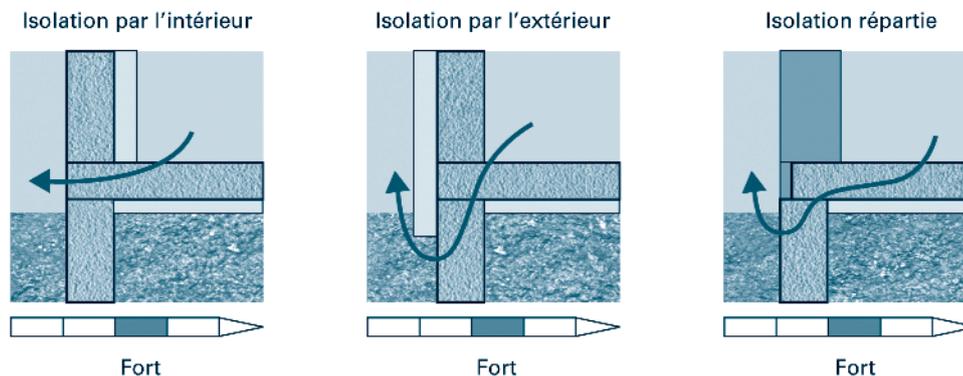


Figure 8 : Plancher isolé en sous-face (isolation périphérique ou continue)

FICHE SYNTHÈSE

2

Les ponts thermiques de liaison (PTL)

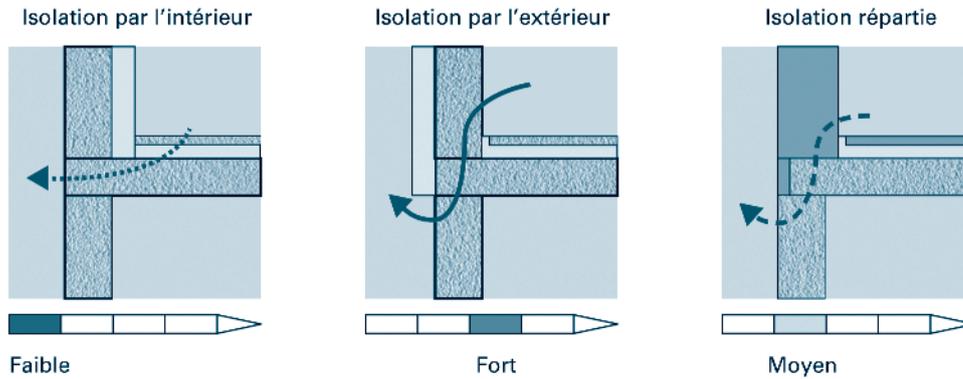


Figure 9 : Plancher isolé par dessus (chape flottante sur isolant)

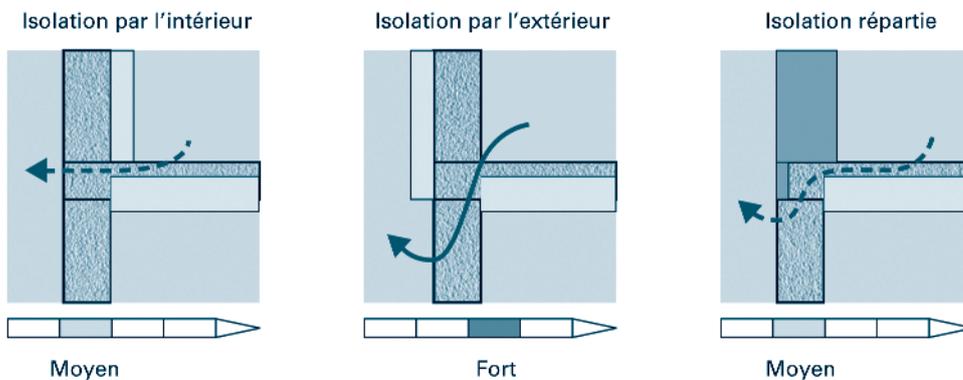


Figure 10 : Plancher isolé par des entrevous à languettes en polystyrène

2. Traitement des PTL

Le respect des objectifs du Grenelle en termes d'économie d'énergie dans le bâtiment implique une série de mesures parmi lesquelles figure, en premier lieu, la réduction de l'impact énergétique des PTL. Cet impact est fonction de la valeur des ponts thermiques et du rapport entre leurs linéaires et la surface du bâtiment. Pour le réduire, il faut prévoir, dès la phase de conception, un système de traitement adapté à la technique constructive et, si possible, une architecture qui optimise le rapport entre le linéaire des ponts thermiques et la surface du bâtiment.

2.1 Objectifs

Le traitement des ponts thermiques répond à trois objectifs :

- le respect des exigences réglementaires en pleine évolution ;
- l'économie d'énergie et la protection de l'environnement ;
- l'élimination des risques potentiels de pathologies.

Les ponts thermiques de liaison (PTL)

2

2.2 Principes

Il existe trois principes de traitement des PTL. Ces principes sont illustrés dans la figure 11. Ils peuvent être combinés pour une meilleure correction.

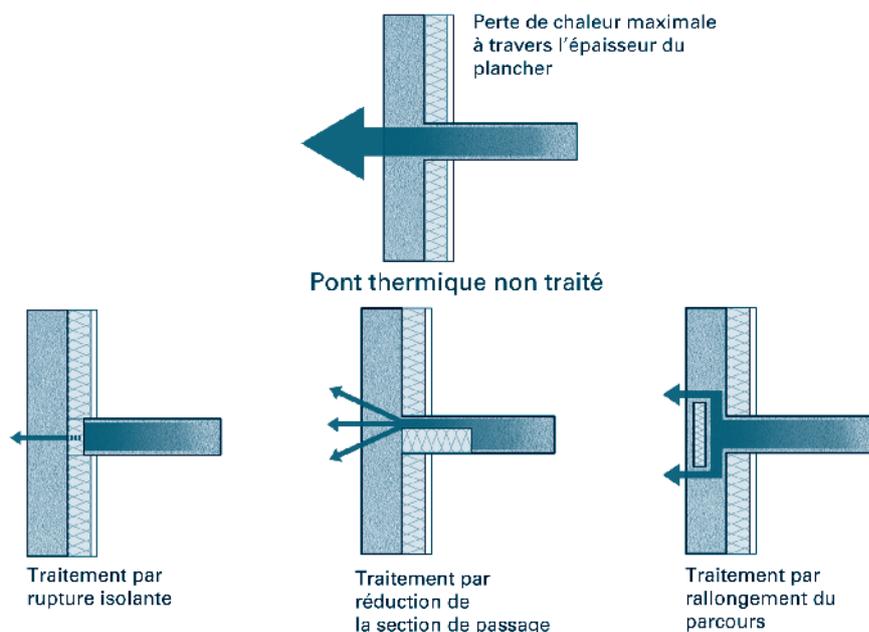


Figure 11 : Principes de traitement des ponts thermiques de liaison

2.3 Application

Ci-après, à titre d'exemple, l'impact du traitement appliqué à la liaison n° 2 (plancher bas sur local non chauffé avec mur) en ayant recours à des solutions courantes et ceci pour les trois systèmes d'isolation (par l'intérieur, par l'extérieur et répartie). L'impact de chaque solution de traitement est présenté sous forme d'un pourcentage de baisse de la valeur du pont thermique par rapport à la liaison sans traitement.

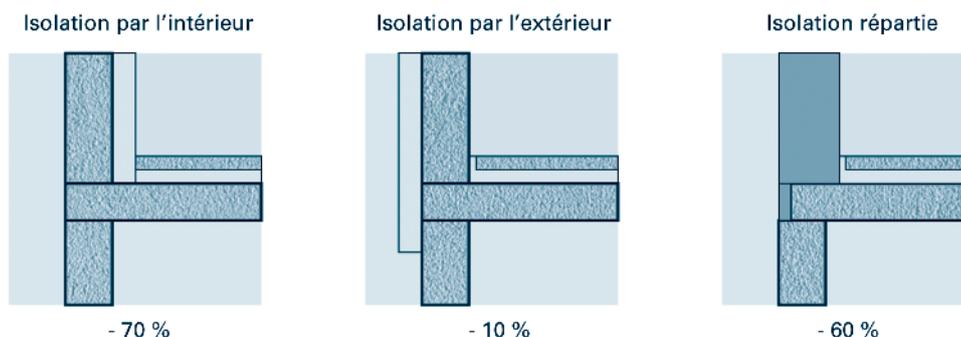


Figure 12 : Impact du traitement appliqué à la liaison n° 2, chape flottante

FICHE SYNTHÈSE

2

Les ponts thermiques de liaison (PTL)

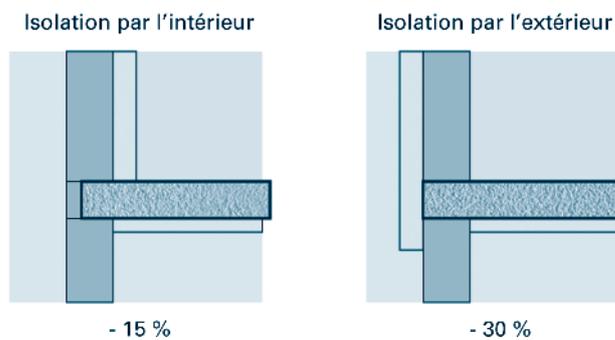


Figure 13 : Impact du traitement appliqué à la liaison n° 2, mur en maçonnerie courante (+ planelle si isolation par l'intérieur)

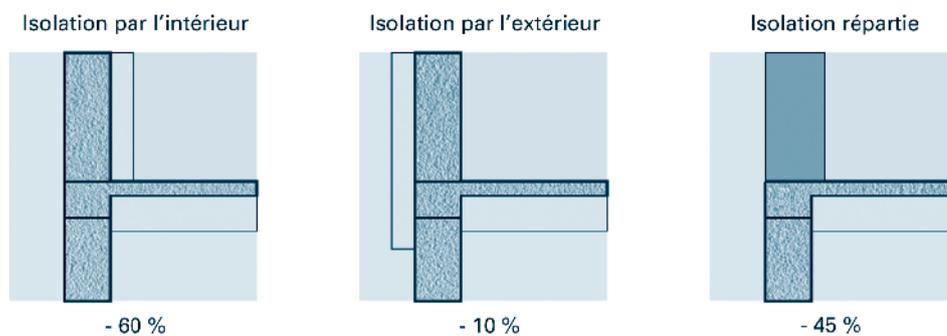


Figure 14 : Impact du traitement appliqué à la liaison n° 2, entrevous en polystyrène

Les ponts thermiques intégrés (PTI)

3

1. Localisation et évaluation des ponts thermiques intégrés (PTI)

Les ponts thermiques intégrés sont très nombreux dans le bâtiment. Leur diversité provient de la combinaison entre matériaux de toutes natures et de multiples configurations géométriques possibles.

Ci-après est donnée à titre d'exemple une évaluation notée de « faible » à « très fort », de l'impact des ponts thermiques intégrés sur la performance thermique de la paroi selon les classes.

Tableau 1 : Impact des ponts thermiques intégrés sur la performance thermique de la paroi

Impact	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Dégradation de la résistance thermique de la paroi (en %)	0 à 5 %	5 à 15 %	15 à 30 %	> 30 %

1.1 Règle d'évaluation de l'impact des PTI

Une classe donnée ne préjuge pas de la valeur absolue du pont thermique intégré mais de son impact sur l'isolation. Un pont thermique intégré faible pourrait donc avoir un impact fort et vice versa.

Les évaluations données ci-après sont valables pour un niveau d'isolation conforme à la RT 2005. Un niveau plus élevé pourra faire basculer l'impact des PTI à la classe supérieure.

1.2 Bardages rapportés en isolation par l'extérieur

L'isolant est fixé au gros œuvre par des attaches ponctuelles. Le parement extérieur est fixé sur des montants verticaux reliés au gros œuvre par des pattes de fixation métalliques.

Les ponts thermiques potentiels sont dus aux systèmes de fixation de l'isolant et de l'ossature filante à la paroi, notamment les pattes équerres métalliques.

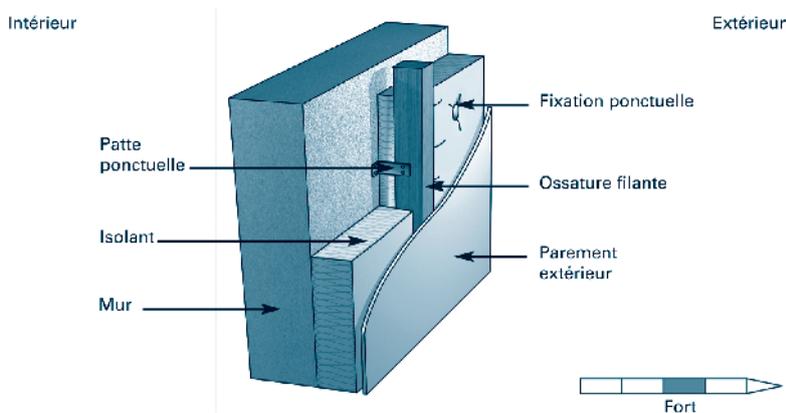


Figure 1 : Bardages rapportés

FICHE SYNTHÈSE

3

Les ponts thermiques intégrés (PTI)

1.3 Rampants de toitures (charpente traditionnelle)

Les ponts thermiques intégrés sont dus aux ossatures en bois et aux suspentes métalliques ponctuelles qui pénètrent une partie ou toute l'épaisseur de la couche isolante. Ces ponts thermiques sont faibles en valeur absolue mais leur impact sur l'isolation de la paroi est important.

1.4 Isolation en deux couches entre pannes et entre chevrons

2. Traitement

La transmission thermique d'une paroi est une donnée d'entrée au calcul de la consommation d'énergie dans le bâtiment et à la vérification du respect des exigences réglementaires éventuelles. Le calcul du coefficient de transmission thermique tient compte des PTI qui peuvent doubler les déperditions thermiques à travers la paroi.

Leur impact sur la consommation d'énergie du bâtiment peut ainsi rivaliser avec celui des ponts thermiques de liaison (PTL). Leur traitement devient donc une nécessité au même titre que celui des PTL.

2.1 Principe

Le principe consiste à réduire l'impact des dispositifs de fixation de l'isolant au gros œuvre, qui sont susceptibles de dégrader l'isolation thermique de la paroi. Pour y arriver, on peut jouer sur la nature du matériau constituant, sur le dimensionnement des pièces et sur la fréquence d'utilisation dans la paroi (entraxe, densité par m^2 , etc.).

Contrairement aux PTL, le traitement des PTI est plus accessible en phase de conception des procédés d'isolation.

2.2 Application

Depuis la parution de la RT 2000, les industriels n'ont cessé d'améliorer la performance thermique de leurs produits en s'attaquant à la fois aux PTI et aux caractéristiques intrinsèques des matériaux isolants.

Ces derniers ont vu leur conductivité thermique baisser de 15 % environ. Cependant, cette baisse reste insuffisante pour limiter le recours à des isolants de forte épaisseur afin de répondre aux objectifs du Grenelle. Or, des isolants plus épais nécessitent l'utilisation de dispositifs de fixation plus robustes et, par conséquent, générateurs de PTI plus importants. Il est donc fortement conseillé d'optimiser leur impact thermique dès la phase de conception.

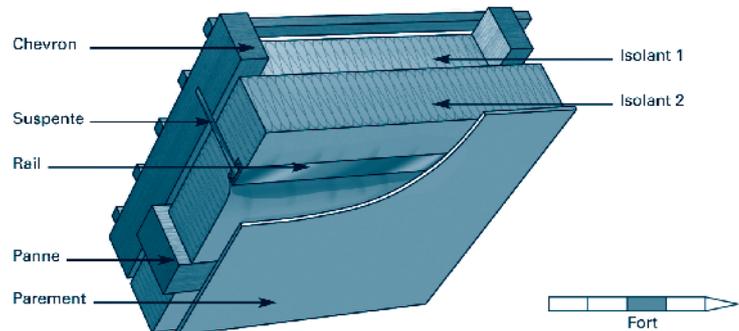


Figure 2 : Isolation entre pannes et entre chevrons

Le rupteur thermique dalle béton

4

1. Description du procédé

Il s'agit d'un procédé de traitement des ponts thermiques entre une dalle en béton et une façade en béton. Il peut également être utilisé en position verticale pour traiter le pont thermique entre un refend en béton et une façade en béton.

Il est généralement constitué de trois éléments :

- un isolant permettant de limiter la transmission thermique périphérique dans la dalle en béton ;
- un système d'armatures ponctuelles pour assurer la transmission des efforts mécaniques entre les parois ;
- une protection éventuelle selon le type de produit isolant, permettant de limiter la propagation du feu en cas d'incendie.

L'isolant est en général un bloc en laine minérale ou en plastique alvéolaire d'épaisseur inférieure à l'épaisseur du doublage.

Les armatures métalliques peuvent être :

- en acier, enrobées dans des noyaux de béton ;
- ou en acier inoxydable lorsque les armatures traversent directement l'isolant.

La protection incendie peut être constituée d'une plaque silico-calcaire placée au-dessus et en dessous de l'isolant.

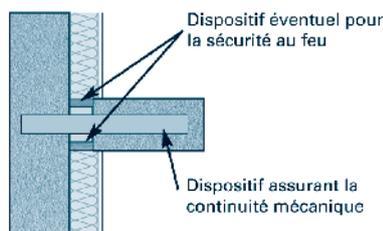


Figure 1 : Schéma de principe d'un rupteur pour dalle béton

2. Fonctions

Le procédé de rupteur de pont thermique pour dalle béton est un procédé très particulier dans le sens où il est inséré dans le gros œuvre du bâtiment et doit donc assurer, en plus de sa fonction d'isolation thermique, l'ensemble des fonctions du plancher :

- stabilité mécanique de l'ouvrage ;
- compartimentage pour éviter la propagation du feu ;
- isolation acoustique vis-à-vis du bruit entre locaux.

3. Domaine d'emploi et champ d'application

3.1 Domaine d'emploi

Le domaine d'emploi de ce type de procédé peut varier d'un système à un autre.

FICHE SYNTHÈSE

4

Le rupteur thermique dalle béton

Tableau 1 : Principales utilisations du rupteur thermique dalle béton en construction neuve

Résidentiel	Maison individuelle	Logement collectif
	Oui	Oui
Non résidentiel	Tertiaire	Autres (ERP, etc.)
	Oui	Oui

3.2 Champ d'application

On donne ci-dessous les principales applications de ce procédé :

- dispositions spécifiques pour les toitures-terrasses ;
- dispositions spécifiques pour les zones sismiques ;
- dalle pleine en béton ou prédalle ;
- mur de façade ou pignon en béton.

La limite d'emploi de ce type de procédé est définie dans les Avis Techniques.

3.3 Fabrication et mise en œuvre

3.3.1 Fabrication

Le produit est préfabriqué en usine et livré sur chantier assemblé. La fabrication de ce type de procédé ne nécessite pas une technicité particulière. Des contrôles de production sont néanmoins nécessaires pour assurer la constance de fabrication.

3.3.2 Mise en œuvre

La mise en place du produit se fait avec le gros œuvre. Le rupteur de pont thermique doit être mis en place juste avant que ne soit coulée la dalle au sein de laquelle les armatures métalliques vont être noyées après être liaisonnées avec les armatures des parois adjacentes. Le rupteur borde le coffrage de la dalle.

La mise en œuvre de rupteurs modifie les pratiques courantes. Selon les cas, il peut être nécessaire de procéder à des étapes supplémentaires en phase de construction (par exemple : plancher ou mur coulé en une étape de plus).

L'assistance technique des fabricants est nécessaire pour la mise en œuvre de ces produits.

Les Avis Techniques rappellent essentiellement les conditions de conception, et la mise en œuvre doit être encadrée par le fabricant à l'aide de supports pédagogiques (notice de pose, aide à la conception, etc.).

Certains procédés proposent des solutions de mise en œuvre qui s'adaptent aux pratiques courantes de chantier. Ces solutions sont évaluées dans les Avis Techniques concernés.

L'  de Socotec

En zone sismique, l'utilisation des rupteurs n'est possible que dans les éléments ne servant pas au contreventement. En conséquence, à ce jour, l'utilisation des rupteurs n'est autorisée dans les Avis Techniques que dans les ouvrages où l'arrêté du 22 octobre 2010 n'impose pas d'exigence de protection sismique.

Remarque

Une attention particulière doit être apportée au bon positionnement des armatures ponctuelles, conformément aux prescriptions techniques données dans les Avis Techniques.

FICHE PERFORMANCES

4

Le rupteur thermique dalle béton

son nombre d'étages, mais peut représenter une diminution allant jusqu'à 20 %.

À titre d'exemple, on donne ci-dessous l'impact des ponts thermiques de liaison sur la déperdition totale avec et sans rupteur pour un bâtiment collectif de type R+5 sans balcon et isolé par l'intérieur.

1.1.3 Transmission des apports solaires

Les rupteurs de ponts thermiques vont limiter les apports solaires par les liaisons, ce qui peut contribuer à améliorer le confort d'été.

En contrepartie, les apports solaires en période hivernale se trouvent également réduits.

1.1.4 Capacité à stocker les apports solaires

Les rupteurs de ponts thermiques n'ont pas d'impact sur l'inertie thermique du bâtiment.

1.1.5 Perméabilité à l'air

Les rupteurs de ponts thermiques n'ont pas d'impact sur l'étanchéité à l'air.

1.2 Comportement vis-à-vis de l'humidité

1.2.1 Étanchéité à l'eau

L'étanchéité à l'eau n'est pas assurée par le rupteur et doit donc être réalisée en partie basse du doublage par des bandes d'étanchéité adaptées.

Les dispositions techniques correspondantes sont détaillées dans les Avis Techniques.

1.2.2 Risque de condensation

Une partie de l'humidité produite à l'intérieur du bâtiment est susceptible de pouvoir s'infiltrer, notamment à travers les défauts d'étanchéité liés à la mise en œuvre.

Lorsque les armatures métalliques sont noyées dans le béton, la présence du béton autour de l'armature la protège du risque de corrosion de la même manière que dans du béton armé traditionnel. En revanche, dans le cas où les armatures traversent directement le matériau isolant, il convient que celles-ci soit en acier inoxydable à cause du risque de diffusion d'humidité plus important vers les armatures dans ce cas-là.

Le risque de condensation superficielle est réduit à la liaison du fait de la mise en œuvre du rupteur thermique.

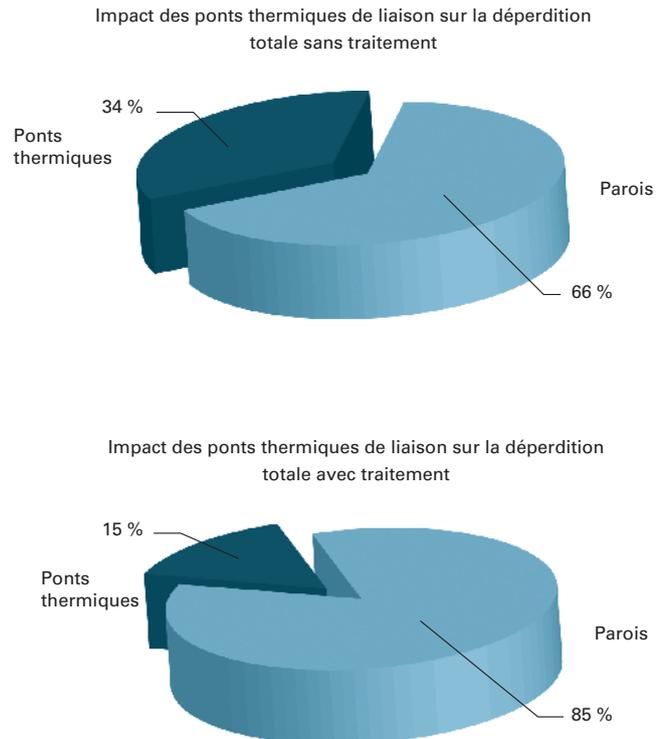


Figure 2 : Comparatif des déperditions sur un immeuble collectif R+5 (niveau RT 2005) isolé par l'intérieur avec et sans traitement des ponts thermiques avec des rupteurs

Le rupteur thermique dalle béton

4

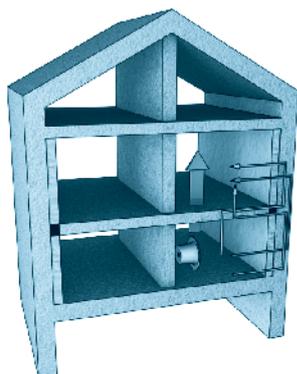


Figure 3 : Isolation entre logements

1.3 Isolation acoustique

1.3.1 Isolation par rapport aux bruits extérieurs

Les rupteurs de ponts thermiques n'ont pas d'incidence sur l'isolation vis-à-vis des bruits extérieurs.

1.3.2 Isolation entre logements

Ce type de produit introduit une faiblesse au bruit aérien au travers du plancher (ou du refend). Cette faiblesse peut en général être limitée par une épaisseur de doublage supérieure ou égale à l'épaisseur du rupteur.

Par ailleurs, ces produits modifient les transmissions latérales en favorisant le passage de l'énergie acoustique par la façade. La mise en œuvre d'un doublage intérieur thermo-acoustique est donc en général fortement recommandée.

Afin de ne pas dégrader la performance acoustique de l'ouvrage, ces produits doivent faire systématiquement l'objet d'études de caractérisation spécifique : mesure de l'affaiblissement vibratoire de jonction K_{jv} , mesure de la transmission directe à travers le plancher ou simulation globale du comportement acoustique de l'ouvrage.

Les dispositions techniques exigées au regard du domaine d'emploi visé et des réglementations en vigueur sont détaillées dans les Avis Techniques correspondants.

2. Performances environnementales et sanitaires

Les performances environnementales et sanitaires d'un procédé ou d'un produit peuvent être renseignées dans des fiches de déclaration environnementales et sanitaires (FDES) propres au procédé ou produit employé.

3. Stabilité mécanique

Les rupteurs de ponts thermiques sont dimensionnés pour répondre aux sollicitations normales auxquelles sont soumises les jonctions d'éléments structuraux.

Dans le cas de parois en béton armé, les rupteurs présentent des armatures en acier ou des plots de béton permettant de reprendre les efforts structuraux éventuels.

En zone sismique, des efforts exceptionnels peuvent apparaître. La composante verticale de ces efforts peut être prise en compte lors du dimensionnement du rupteur ou des liaisons discontinues, selon le cas. La composante horizontale de ces efforts, prépondérante, requiert un dimen-

FICHE PERFORMANCES

4

Le rupteur thermique dalle béton

sionnement spécifique. Un rupteur spécifiquement dédié à la reprise de ces efforts horizontaux est en général conçu si le rupteur ne reprend que des efforts verticaux.

Les dispositions techniques exigées au regard du domaine d'emploi visé et des réglementations en vigueur sont détaillées dans les Avis Techniques correspondants.

4. Sécurité incendie

La présence d'un rupteur au niveau d'une liaison peut modifier la résistance au feu (R = capacité portante ; E = étanchéité ; I = isolation) des planchers.

Cette modification sera plus ou moins importante en fonction de la nature de l'isolant utilisé et des protections qui seront mises en œuvre.

Le niveau de performance en résistance au feu doit être vérifié par un essai. Il doit être compatible avec le domaine d'emploi visé (par exemple : REI90 pour une durée de 90 minutes).

Les dispositions techniques exigées au regard du domaine d'emploi visé et des réglementations en vigueur sont détaillées dans les Avis Techniques correspondants.

5. Durabilité du procédé

Le procédé doit pouvoir résister aux sollicitations courantes du bâtiment pendant toute sa durée de vie. Le procédé participe à la stabilité de l'ouvrage et a donc *a minima* la même durée de vie que celui-ci.

Afin de préserver les armatures métalliques de la corrosion, celles-ci doivent être enrobées dans du béton. Dans le cas où celles-ci traversent directement l'isolation, elles doivent être en acier inoxydable.

Les isolants utilisés doivent être hydrophobes, c'est-à-dire présenter une capacité à rester secs au contact de l'eau liquide, ceci pour éviter de se gorger d'eau en phase chantier et d'être mis en œuvre avec de l'humidité à l'intérieur.

Les dispositions techniques exigées au regard du domaine d'emploi visé et des réglementations en vigueur sont détaillées dans les Avis Techniques correspondants.

L'  de Socotec

En zone sismique, l'utilisation des rupteurs n'est possible que dans les éléments ne servant pas au contreventement. En conséquence, à ce jour, l'utilisation des rupteurs n'est autorisée dans les Avis Techniques que dans les ouvrages ou l'arrêté du 22 octobre 2010 n'impose pas d'exigence de protection sismique.

1. Caractéristiques thermiques minimales

1.1 La RT 2005 (neuf)

La RT 2005 impose des valeurs de coefficient ψ à ne pas dépasser en fonction du type de bâtiment :

- pour les maisons individuelles, ψ doit être inférieur à 0,65 W/(m.K) ;
- pour les autres bâtiments à usage d'habitation, ψ doit être inférieur à 1 W/(m.K) ;
- pour les bâtiments à usage autre que d'habitation, ψ doit être inférieur à 1,2 W/(m.K).

1.2 La RT 2012 (neuf)

La RT 2012 impose un coefficient moyen de déperdition par transmission linéique représentant la somme des ponts thermiques de liaison, multipliée par leur linéaire correspondant rapporté à la surface du bâtiment. Ce coefficient ne doit pas dépasser 0,28 W/m² (SHON_{RT}).K.

L' de Socotec

La SHON_{RT} introduite spécifiquement par la RT 2012, diffère légèrement de la SHON traditionnelle dans sa définition issue de l'article R112-2 du code de l'urbanisme. Ces deux SHON se calculent à partir de la SHOB (surface hors œuvre brute) en lui déduisant un certain nombre de surfaces qui ne peuvent pas être occupées (par exemple les surfaces affectées au stationnement de véhicules).

La SHON autorise en particulier une déduction forfaitaire :

- de 5 % des surfaces hors œuvre affectées à l'habitation (destinée à tenir compte de réduction de surface occupée par les doublages thermiques) ;
- de 5 m² par logement respectant les règles d'accessibilité handicapés.

La SHON_{RT} ne prend pas en compte les deux déductions.

Par ailleurs, un coefficient ψ de pont thermique inférieur à 0,6 W/(m.K) est exigé pour les ponts thermiques en nez de plancher intermédiaire (ψ_9).

L' de Socotec

La valeur de l'isolement acoustique minimal D_{ne} mesuré en laboratoire du rupteur thermique devra être adaptée à celle de l'isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A}$ recherchée entre locaux (par exemple : $D_{ne} \geq$ à 58 dB pour $D_{nT,A} = 53$ dB).

FICHE RÉFÉRENCES

4

Le rupteur thermique dalle béton

2. Évaluations et certifications

Les procédés de rupteurs de ponts thermiques pour dalle béton sont considérés comme non traditionnels et font l'objet d'Avis Techniques.

3. Textes législatifs et réglementaires

3.1 La RT 2012 neuf

- Décret n° 2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Décret n°2012-1530 du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions de bâtiments.
- Arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions + Rectificatif.

3.2 La RT 2005 neuf

- Décret n° 2006-592 du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- Arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 19 juillet 2006 portant approbation de la méthode de calcul Th-CE prévue aux articles 4 et 5 de l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.

3.3 Réglementation acoustique

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation et circulaire d'application du 28 janvier 2000.
- Exemples de solutions acoustiques – Réglementation acoustique 2000 – mai 2002.
- Arrêtés du 25 avril 2003 relatifs à la limitation du bruit dans les hôtels, les établissements d'enseignement et de santé et circulaire d'application du 25 avril 2003.

Le rupteur thermique dalle béton

4

L'  de Socotec

Contrairement au règlement ERP, le règlement habitation (arrêté du 31 janvier 1986) n'a pas été modifié à l'occasion de la parution de l'IT 249 de mai 2010. Cet arrêté cite à l'article 14 des valeurs de « M » masse combustible mobilisable, de 25 et 80 MJ/m² (pour des C+D exigés de 0,8 m, 1 m, 1,3 m). Cet article renvoie nommément à l'IT 249 en date du 21 juin 1982. En conséquence, en habitation, en l'attente de modification de l'arrêté du 31 janvier 1986, les valeurs de « M » ne peuvent être calculées qu'avec les règles de la précédente version de l'IT 249.

3.4 Réglementation incendie

- Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation.
- Instruction technique n° 249 du 24 mai 2010 relative aux façades.

4. Règles de calcul et d'application

- Règles Th-Bât, édition 2012.
- Règles Th-Bât Ex, édition 2008.

5. Normes

- NF P01-010, Qualité environnementale des produits de construction – Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction (indice de classement : P01-010), décembre 2004.
- NF EN ISO 14025, Marquages et déclarations environnementaux – Déclarations environnementales de type III – Principes et modes opératoires (indice de classement : X30-325), août 2010.
- ISO 21930, Bâtiments et ouvrages construits – Développement durable dans la construction – Déclaration environnementale des produits de construction, octobre 2007.

6. Autres documents de référence

- « Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie », *Cahier du CSTB*, n° 3231, juin 2000.
- Guide « Concilier efficacité énergétique et acoustique dans le bâtiment » réalisé en 2009 par le CSTB avec le soutien du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (DGALN).

7. Liens utiles

- Réglementation thermique : www.rt-batiment.fr
- Base INIES – Base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : www.inies.fr
- Avis Techniques consultables sur www.cstb.fr
- Certification des produits isolants : www.acermi.com

PARTIE II

**Les parois opaques
et les matériaux d'isolation**

1. Définition des parois opaques

Les parois opaques sont les parois du bâtiment qui n'assurent pas de fonctions en lien avec la transmission lumineuse. Les parois opaques composent la majorité de la surface du bâti. Elles peuvent être lourdes ou légères, minces ou épaisses, porteuses ou non porteuses, horizontales, verticales ou inclinées, homogènes ou fortement hétérogènes constituées d'un assemblage de plusieurs matériaux. Ensemble avec les parois vitrées et les jonctions entre les parois, elles forment l'enveloppe extérieure du bâtiment.

Les parois opaques participent à l'isolation thermique du bâtiment. Elles doivent en outre contribuer à ne pas dégrader l'étanchéité à l'air du bâtiment et doivent également être conçues et réalisées pour éviter les risques de pathologies diverses notamment celles liées aux condensations de la vapeur d'eau. Elles contribuent au confort d'été et à l'isolation acoustique des ouvrages. Les parois opaques internes et externes assurent le compartimentage au feu et préservent ainsi les occupants des risques liés à l'incendie. Enfin leurs impacts environnementaux et sanitaires doivent être pris en compte lors de leur conception.

Ne sont concernées ici que les parois opaques de l'enveloppe chauffée du bâtiment, autrement dit les parois qui séparent l'ambiance climatisée (chauffée ou refroidie) de l'ambiance extérieure ou d'une ambiance non climatisée.

2. L'isolation thermique

2.1 Pourquoi isoler les bâtiments ?

Le bâtiment est soumis à des conditions climatiques extérieures variables dans le temps. Pour cette raison, l'ambiance intérieure doit être maintenue à une certaine température pour assurer le confort des occupants. La régulation de la température intérieure nécessite souvent l'injection dans le volume habitable d'une certaine quantité d'énergie (chauffage en périodes froides et refroidissement en périodes chaudes). Cette énergie aura tendance à s'échapper par les parois et les liaisons à cause du gradient de température entre l'ambiance intérieure et l'ambiance extérieure ou celle des locaux non chauffés contigus. Pour minimiser ces pertes et par conséquent l'énergie dépensée, on isole thermiquement les parois.

Pour qu'elle soit efficace, l'isolation thermique doit être la plus homogène possible autour du volume chauffé (ou refroidi). Bien conçue et bien réalisée, elle permet de bien maîtriser les besoins en énergie devant être consacrés au chauffage ou au refroidissement, et par voie de conséquence, la facture qui en découle. Elle contribue efficacement à la lutte contre les changements climatiques par la limitation des émissions de gaz à effet de serre. Par ailleurs, une bonne isolation en période froide « réchauffe » les

FICHE SYNTHÈSE

1

Les parois opaques

surfaces intérieures du bâtiment et participe à l'amélioration du confort des occupants par la réduction, voire l'élimination de l'effet de paroi froide.

2.2 L'isolation thermique et les réglementations thermiques

L'isolation thermique s'est généralisée avec la première réglementation thermique en 1974 où quelques centimètres seulement suffisaient à satisfaire les exigences réglementaires de l'époque. En 1982, la réglementation thermique renforce ses exigences : l'épaisseur des isolants passe à 4-5 cm et l'utilisation du double vitrage se généralise pour les parois vitrées. En 1988, l'épaisseur des isolants passe à 6, voire 7 cm et le double vitrage à couche basse émissivité arrive sur le marché. Avec la RT 2000 des exigences minimales et des valeurs cibles ont permis à l'isolation d'évoluer vers des épaisseurs supérieures à 8 cm. Les caractéristiques intrinsèques de produits isolants s'améliorent ce qui aura comme conséquence de relever le niveau d'isolation à épaisseurs quasi constantes. Les doubles vitrages à isolation renforcée se généralisent petit à petit (basse émissivité et remplissage gaz). La RT 2005 renforce les exigences en matière d'isolation de 15 % environ. La RT 2012 supprime les exigences minimales et les valeurs de référence sur l'isolation thermique des parois. Cependant, vu le niveau de performance global exigé sur les besoins bioclimatiques et sur la consommation d'énergie primaire du bâtiment, le niveau d'isolation ne peut que se renforcer davantage jusqu'à doubler sa valeur par rapport à la RT 2005 pour certains bâtiments.

En cas de travaux de rénovation, le niveau d'isolation exigé reste très proche de celui pour les bâtiments neufs (niveau RT 2005). Dans l'existant, les exigences pourraient être réduites en cas de difficultés techniques ou de perte excessive de la surface habitable en cas d'isolation par l'intérieur.

L'  de Socotec

Il existe deux dispositifs réglementaires bien distincts pour les travaux de réhabilitation :

- pour les opérations portant sur des bâtiments de plus de 1000 m², postérieurs à 1948, et d'un montant de travaux supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment (déterminé forfaitairement suivant un barème de prix au m² fixé par arrêté), les règles, dans leur principe et leur niveau d'exigences, sont assez proches de celles fixées par la RT 2005 pour le neuf. Elles visent à atteindre un résultat global, en laissant au concepteur le libre choix des performances de chaque composant. Toutefois, des performances minimales, appelées garde-fous, sont fixées ;
- pour les autres opérations, soit leur importance ne justifie pas que l'on procède à une étude thermique complète, soit l'ancienneté, et donc la conception du bâtiment rénové rendent inappropriées les règles de calcul. Le principe, simplifié, consiste alors à fixer des exigences de caractéristiques de chaque composant, élément par élément, sans se préoccuper du résultat global.

2.3 Les fondamentaux de la thermique

2.3.1 La propagation de la chaleur

Dans le bâtiment, la chaleur se propage essentiellement de trois façons différentes qui sont la conduction, la convection et le rayonnement. Ces trois modes se combinent très souvent dans les parois. La quantité de chaleur échangée augmente avec le gradient de température entre les éléments qui échangent de la chaleur. La conduction est le transfert de chaleur à travers un corps solide en partant du côté chaud vers le côté froid. La convection est le transfert de chaleur d'un corps solide vers un gaz en mouvement et inversement. Enfin, le rayonnement est le transfert de chaleur à distance par rayonnement infrarouge (grandes longueurs d'ondes).

2.3.2 La conductivité thermique λ W/(m.K)

La conductivité thermique d'un matériau homogène représente le flux de chaleur par unité de surface traversant 1 m d'épaisseur du matériau pour une différence de température de 1 degré. La conductivité thermique des matériaux isolants thermiques les plus courants varie entre 0,023 et 0,050 environ. Les métaux sont des matériaux conducteurs qui possèdent des conductivités thermiques élevées (230 pour l'aluminium, 50 pour l'acier galvanisé et 15 pour l'inox). Le verre a une conductivité thermique de 1. Le bois et le plastique, une conductivité thermique proche de 0,2. Le mode de justification de la valeur utile de la conductivité thermique des matériaux de construction est donné dans les règles Th-Bât, règles professionnelles pour l'application des réglementations thermiques.

2.3.3 La résistance thermique R m².K/W

La résistance thermique d'un matériau est sa capacité à résister au passage de la chaleur qui le traverse. Pour un matériau homogène ou quasi homogène, R est égale au rapport entre son épaisseur exprimée en mètre et sa conductivité thermique. Plus R est importante et plus la paroi est isolante thermiquement.

$$R = e/\lambda \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$$

Afin d'obtenir une bonne résistance thermique d'un matériau, on peut donc soit augmenter son épaisseur soit diminuer sa conductivité thermique, soit les deux à la fois. La résistance thermique totale de plusieurs couches homogènes empilées ayant des épaisseurs constantes, est égale à la somme des résistances thermiques de toutes les couches.

La résistance thermique d'une lame d'air dépend de la direction du flux (horizontal, vertical ascendant, vertical descendant). Au-delà de 20 mm d'épaisseur, la résistance thermique d'une lame d'air se stabilise sauf pour les flux descendants où la résistance thermique continue à croître avec l'épaisseur.