



GUIDE THERMIQUE ET ACOUSTIQUE

Notions de base et performances des rupteurs.

Avant-propos



- Service technique France : etudes-fr@schoeck.com



- Internet : www.schoeck.com/fr

Schöck France SARL
6 rue Icare
67960 Entzheim
Tél. : 03 88 20 92 28
Fax : 03 88 20 51 76
contact-fr@schoeck.com

	Page
1. Les ponts thermiques	5 - 9
1.1 Généralités	5
1.2 Types de ponts thermiques	5
1.3 Les caractéristiques thermiques des ponts thermiques	7
1.4 Les ponts thermiques linéaires	8
1.5 Les ponts thermiques ponctuels	8
1.6 Les ponts thermiques tridimensionnels (angles)	9
2. Protection contre l'humidité	11 - 15
2.1 Généralités	11
2.2 Formation de condensation	13
2.3 Formation de moisissure	14
2.4 Facteur de température f_{Rsi}	15
2.5 Température surfacique à l'intérieur des pièces θ_{si}	15
3. La RE 2020 en bref	17
4. Quelques définitions de la thermique	19 - 22
4.1 Flux thermique Φ	19
4.2 La conductivité thermique λ	19
4.3 La résistance thermique	19
4.4 Le coefficient de transmission thermique surfacique U	20
4.5 Les coefficients de transmission thermique ψ et χ	21
4.6 Calcul des coefficients Ψ et χ	22
4.7 Température du point de rosée θ_t	22
4.8 Température de prolifération des moisissures θ_s	22
5. Exemples de ponts thermiques dans le bâtiment	24 - 41
5.1 Les ponts thermiques en isolation thermique extérieure (ITE) et leurs types de rupteurs associés	24
5.1.1 Éléments en porte-à-faux et valeurs thermiques des rupteurs en ITE	28
5.1.2 Liaison acrotère et valeurs thermiques des rupteurs en ITE	30
5.2 Les ponts thermiques en isolation thermique par l'intérieur (ITI) et leurs types de rupteurs associés	32
5.2.1 Liaison dalle-façade et valeurs thermiques des rupteurs en ITI	34
5.3 Les connecteurs	40
5.4 Pied de voile	41
5.5 Aide au dimensionnement et à la définition du modèle de rupteur thermique	42

	Page
6. L'acoustique	43 - 50
6.1 Généralités	43
6.1.1 Définition du son	43
6.1.2 La perception	43
6.1.3 Le dB(A)	43
6.2 Types de transmissions dans un bâtiment	44
6.2.1 Les bruits aériens	44
6.2.2 Les bruits de choc	45
6.3 Normes et Qualitel	46
6.3.1 Les bruits aériens	46
6.3.2 Les bruits de choc	46
6.4 Performance et mise en œuvre des rupteurs	47
6.4.1 Les bruits aériens	47
6.4.2 Bruit de choc	49

1. Les ponts thermiques

1.1 Généralités

Les ponts thermiques sont des zones localisées présentant une déperdition thermique plus importante que dans les zones adjacentes. Une déperdition thermique plus élevée entraîne une perte d'énergie plus importante, d'où une température de surface plus faible et donc un risque de **formation de moisissure** (risques pour la santé). D'autres conséquences peuvent être les risques de **formation de condensation** et la détérioration de la structure même du bâtiment.

L'apparition des ponts thermiques peut résulter de configurations différentes. Il existe le pont thermique géométrique qui est une zone non plane d'une construction, comme les angles de bâtiments par exemple, et les ponts thermiques dus aux matériaux, qui sont des zones avec des matériaux ayant des conductivités thermiques différentes.

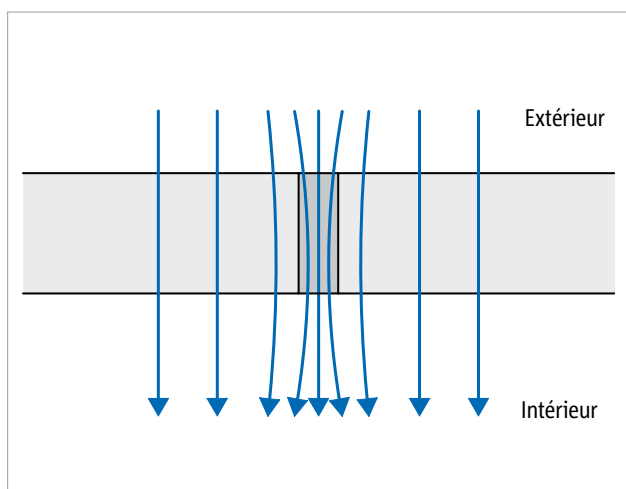
Les effets des ponts thermiques en bref :

- Risque de formation de moisissure
- Risque d'atteintes à la santé (allergies, etc.)
- Risque de formation de condensation
- Déperdition plus importante de l'énergie de chauffage
- Détérioration du confort et du bien-être
- Surconsommation en chauffage et refroidissement des bâtiment

1.2 Types de ponts thermiques

Ponts thermiques dus aux matériaux

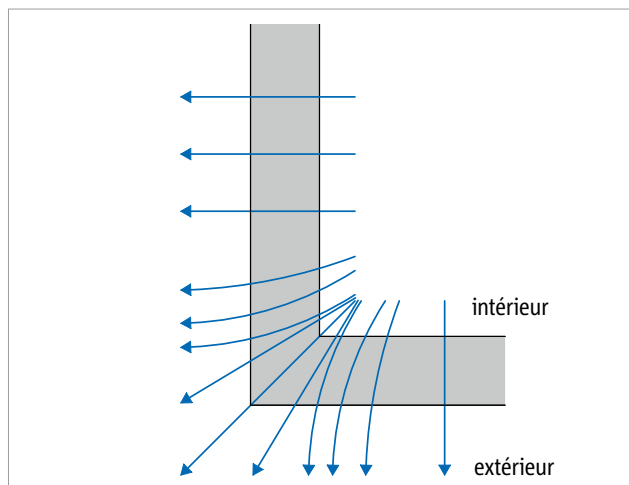
Des ponts thermiques dus aux matériaux apparaissent lorsque des éléments de construction présentant une conductivité thermique très différente sont adjacents. Les fixations d'isolation extérieure en sont un exemple type, ou encore une liaison dalle/façade en isolation par l'intérieur. Dans le schéma ci-dessous, la fixation métallique accroît la dissipation thermique.



1: Figure 1 : plan en coupe de deux matériaux (en gris foncé, le matériau présentant une conductivité élevée et en gris clair, celui présentant une faible conductivité), le sens du flux thermique est représenté par les flèches. Le flux thermique circule de la pièce chaude (du bas du schéma) à la pièce froide (en haut) à travers les matériaux.

Ponts thermiques géométriques

Des ponts thermiques géométriques apparaissent lorsque la surface dégageant la chaleur est plus importante que la surface absorbant la chaleur. Les angles de bâtiment en sont le parfait exemple. A cet endroit, les températures surfaciques diminuent fortement au niveau des surfaces intérieures absorbant la chaleur, qui peut s'échapper de manière plus rapide à travers les surfaces extérieures plus importantes.



2: Figure 2 : plan en coupe d'un angle de bâtiment. Les flèches indiquent le sens du flux thermique, de la pièce chaude à la pièce froide. Le flux thermique linéaire qui passe à travers un mur ne présentant aucun élément perturbateur est très influencé par la situation géométrique

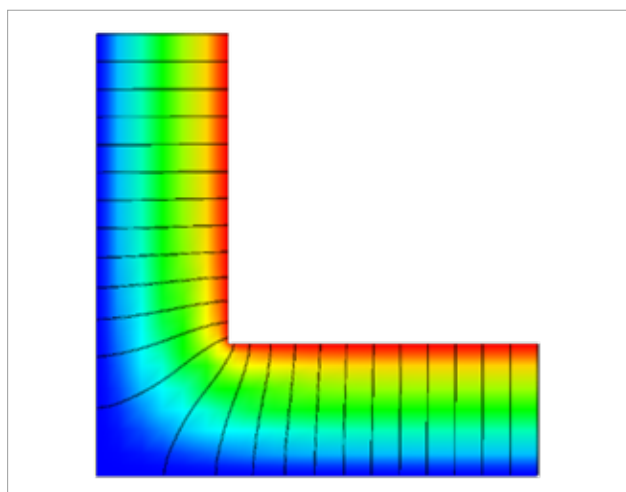
1.3 Les caractéristiques thermiques des ponts thermiques

Pour comprendre les différents effets des ponts thermiques, il existe plusieurs caractéristiques. Ces dernières décrivent différentes propriétés des ponts thermiques. Alors que les **coefficients de transmission thermique ψ et χ** , caractéristiques les plus utilisées en France, fournissent des renseignements sur les déperditions énergétiques de chaleur, le risque de formation de moisissure et de condensation peut être évalué par le **facteur de température** et la **température surfacique minimale**.

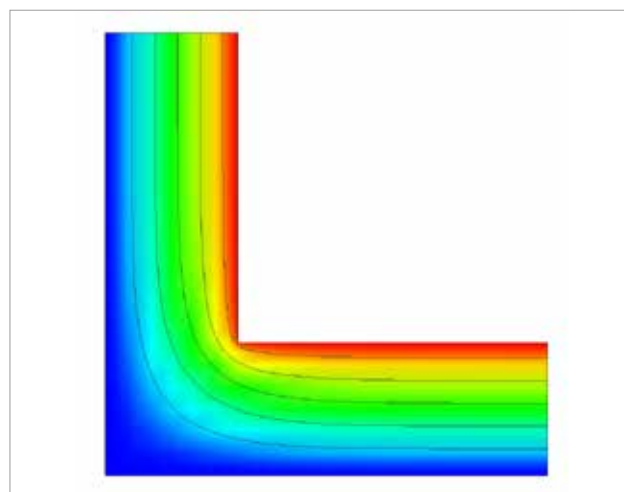
Le calcul de ces caractéristiques est exclusivement possible grâce à un calcul thermique aux éléments finis du pont thermique existant. A cet effet, la géométrie de la construction dans la zone du pont thermique est modélisée dans un logiciel aux éléments finis avec les différentes conductivités thermiques des matériaux utilisés.

Outre les caractéristiques thermiques, le calcul fournit également une représentation de la répartition de la température à l'intérieur de la construction. Une représentation du flux thermique par des lignes de flux thermique (cf. figure 3) ou par des isothermes (cf. figure 4) est alors choisie la plupart du temps.

La représentation des lignes de flux thermique indique le chemin par lequel la chaleur s'échappe au travers de la construction, ce qui permet ainsi de bien reconnaître les points faibles du pont thermique d'un point de vue thermique. Les isothermes sont des lignes où la température est constante. Elles indiquent la répartition de la température à l'intérieur de l'élément de construction. Les lignes de flux thermique et les isothermes sont perpendiculaires entre elles (cf. figures 3 et 4).



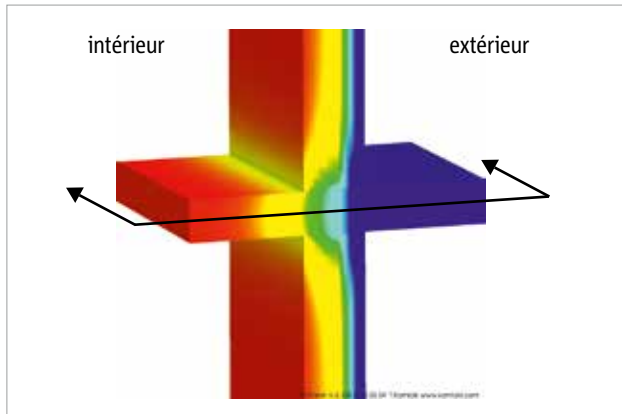
3: Figure 3 : image thermique avec lignes de flux thermique



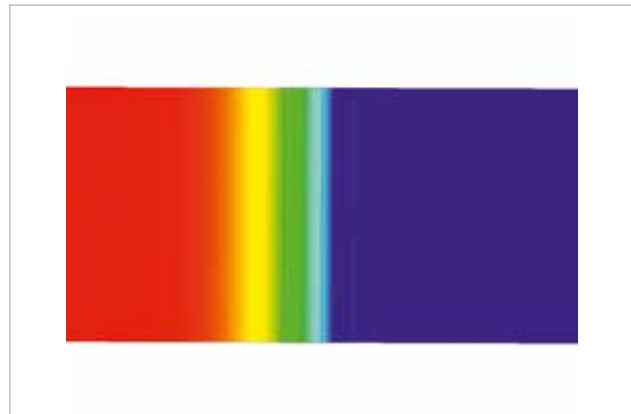
4: Figure 4 : image thermique avec isothermes

1.4 Les ponts thermiques linéaires

Les ponts thermiques linéaires sont des faiblesses de l'enveloppe thermique. Ils apparaissent lorsqu'une liaison en béton crée une coupure de l'isolation thermique, une liaison dalle/facade en isolation intérieure ou une liaison dalle/balcon en isolation extérieure en sont les parfaits exemples. Les déperditions d'un pont thermique linéaire sont représentées par la valeur ψ , en $W/(m \cdot K)$



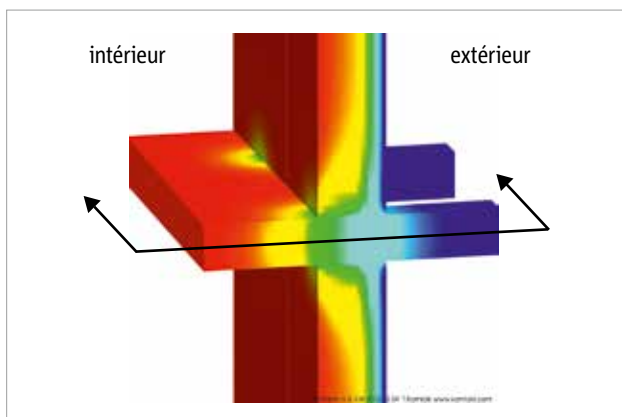
5: Figure 5A : représentation d'un pont thermique linéaire au niveau d'une liaison dalle/balcon en ITE. À gauche, le côté intérieur chaud de la pièce est représenté par une surface rouge et à droite, le côté extérieur froid de la pièce par une surface bleue. Au niveau des angles intérieurs, on peut voir grâce à la coloration en jaune-vert de la surface interne que des températures surfaciques très basses sont atteintes.



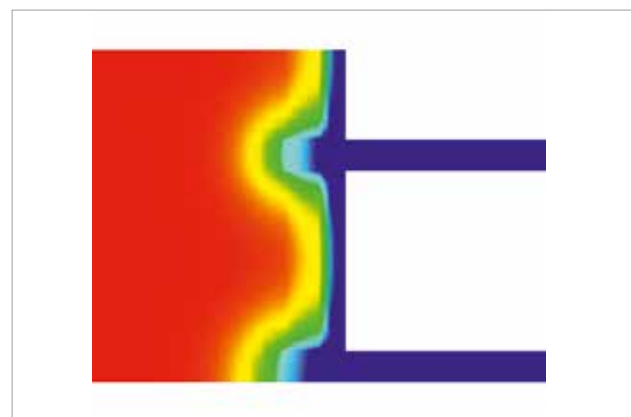
6: Figure 5B : vue de dessus ; On peut voir que les déperditions de chaleur restent identiques sur toute la longueur de la jonction balcon

1.5 Les ponts thermiques ponctuels

Les ponts thermiques ponctuels sont des faiblesses de l'enveloppe thermique qui sont localisées en un point, comme les bandes noyées traversant la couche isolante ou les éléments d'ancrage des façades rideaux par exemple. La valeur des déperditions énergétiques engendrées par des ponts thermiques ponctuels est représentée par sa valeur χ , en W/K , à savoir le **coefficient de transmission thermique ponctuel**.



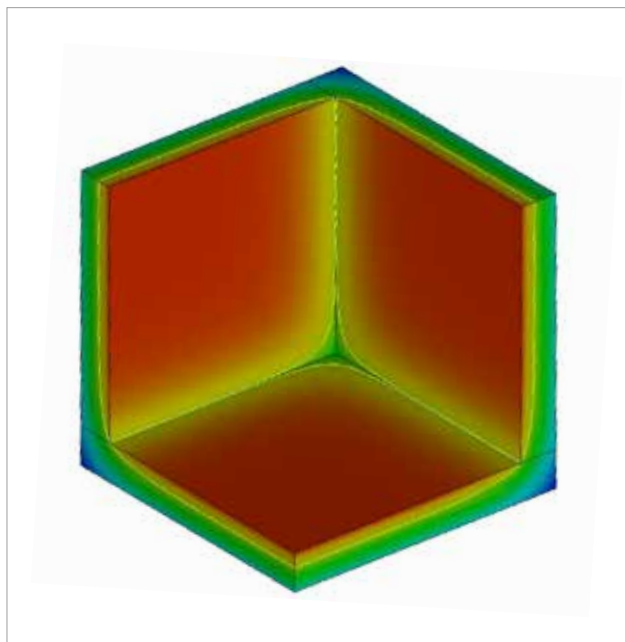
7: Figure 6A : représentation d'un pont thermique ponctuel au niveau d'une jonction balcon ponctuelle. Au niveau des liaisons dalles/poutre, on voit que les températures surfaciques très basses sont atteintes à deux endroits, à l'intérieur du bâtiment.



8: Figure 6B : vue de dessus ; une coupe de la dalle-balcon indiquée dans la figure 6A est représentée ici.

1.6 Les ponts thermiques tridimensionnels (angles)

Il s'agit ici de ponts thermiques qui doivent être considérés de manière tridimensionnelle. L'angle d'une pièce en est un exemple-type. La figure 2 a déjà représenté la manière dont le **flux thermique** se comporte à travers l'angle bidimensionnel d'une pièce. Dans le cas d'un angle tridimensionnel, ce problème est encore amplifié. Dans un angle bidimensionnel, la température surfacique du côté intérieur de l'angle est déjà très basse. Dans le cas d'un angle tridimensionnel, le rapport défavorable surface externe/surface interne augmente de manière à ce que la température surfacique continue à baisser.



9: Figure 7 : découpe de l'angle d'une pièce, avec vue sur l'angle intérieur chaud. Le côté extérieur adjacent est froid. On peut par conséquent voir le parcours de la chaleur du rouge vers le bleu (du chaud vers le froid) à travers les coupes transversales des éléments de construction.

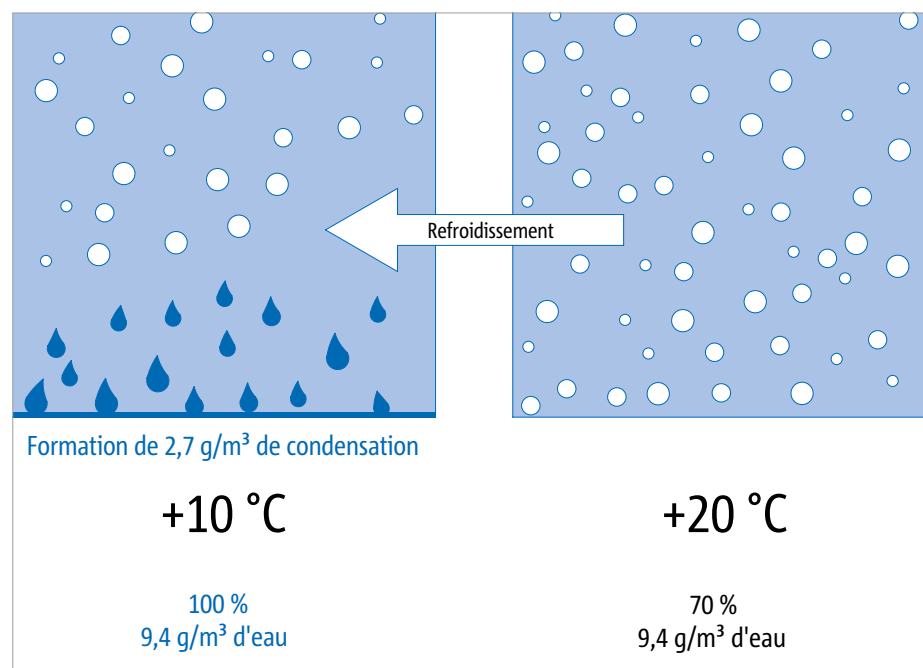
2. Protection contre l'humidité

2.1 Généralités

L'humidité de l'air dans les bâtiments est la combinaison de l'humidité de l'environnement extérieur du bâtiment, la pluie, l'humidité du sol par exemple et de la vie quotidienne de ses occupants, comme le fait de cuisiner ou de se doucher. elle peut donner lieu à apparition d'organismes tels que des moisissures. Des dommages peuvent être causés à la structure même du bâtiment. De plus, la mise en œuvre d'une isolation thermique humide aggrave par ailleurs considérablement les déperditions de chaleur et ainsi le risque de moisissures.

Pour éviter de tels effets négatifs, il faut respecter les exigences concernant la protection contre l'humidité. Il existe des caractéristiques pour identifier ces risques comme le **facteur de température** et la **température surfacique à l'intérieur des pièces**.

L'humidité de l'air désigne généralement la part de vapeur d'eau dans le mélange d'air. La quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air dépend de la température (en plus de la pression de l'air). Plus la température est élevée, plus il peut y avoir de vapeur d'eau dans l'air.

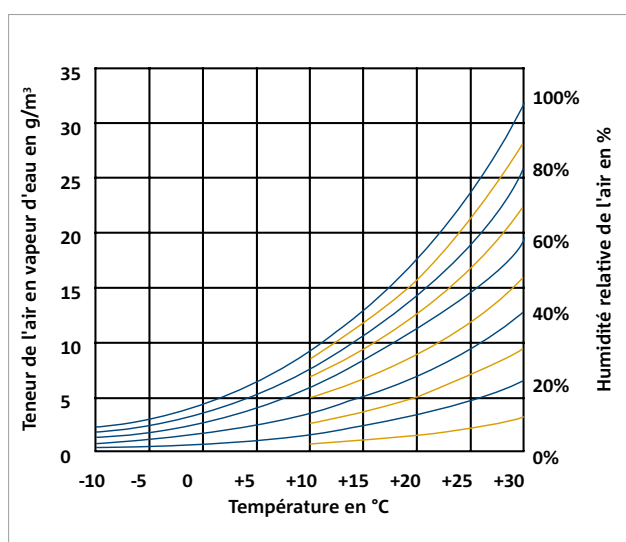


10: Figure 8 : formation de condensation, exemple avec un m³ d'air

Comme on peut le voir dans la figure 8, lors du refroidissement de l'air, une partie de la vapeur d'eau contenue s'échappe sous forme de condensation. Il s'agit là d'un problème typique apparaissant sur les surfaces froides dans des pièces chauffées. En cas d'humidité élevée de l'air, le risque de **formation de moisissure** sur les surfaces froides existe, avant même la **formation de condensation**. Pour décrire l'influence de la teneur de l'air en humidité sur ces processus, on utilise **l'humidité relative de l'air**.

L'humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air décrit, sous forme de pourcentage, à quel point l'air est saturé en vapeur d'eau. 100% d'humidité relative de l'air correspond à la capacité maximale de saturation en eau de l'air. A noter que l'humidité relative se réfère à la température ambiante. Puisque la quantité de vapeur d'eau absorbable au maximum dépend de la température, l'humidité relative de l'air varie également en fonction de la température. Si par exemple, on descend la température de la pièce de 20°C à 18°C pour une humidité relative de l'air de 50%, l'humidité relative de l'air augmente de 7%. Ceci est dû au fait que la quantité de vapeur d'eau qui peut être absorbée décroît lorsque la température baisse.



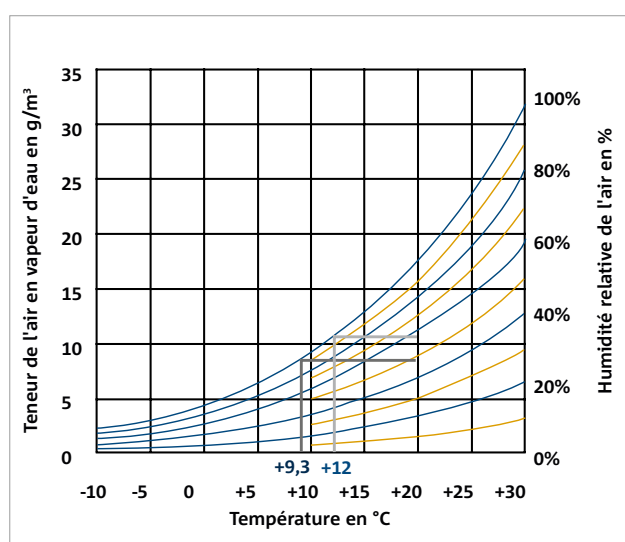
11: Figure 9 : le diagramme de Carrier, également dénommé courbe de saturation, représente la relation entre la teneur en vapeur d'eau absorbable, l'humidité relative de l'air et la température.

2.2 Formation de condensation

Lorsque la température diminue, la capacité de l'air à absorber l'humidité diminue. L'humidité contenue dans l'air de la pièce se dépose alors sur la surface froide sous forme liquide : la condensation se forme (cf. figure 8). La température limite à partir de laquelle cette situation survient est dénommée **température du point de rosée**.

La **température du point de rosée** dépend de la température de la pièce et de l'humidité de l'air intérieur (cf. figure 10). Plus l'humidité relative de la pièce et la température de l'air intérieur sont élevées, plus la température du point de rosée est élevée ; autrement dit, plus la condensation se forme tôt sur les surfaces les plus froides.

Le climat habituel à l'intérieur du bâtiment est en moyenne d'environ 20°C pour une humidité relative de l'air intérieur d'env. 50%, ce qui donne une température du point de rosée de 9,3°C. Dans les pièces très humides, comme par exemple la salle de bain, on atteint des taux d'humidité plus élevés de l'ordre de 60% ou plus. La température du point de rosée augmente en conséquence, de même que le risque de formation de condensation. La température du point de rosée s'élève ainsi déjà à 12,0°C pour une humidité de l'air intérieur de 60%. On reconnaît très bien à la pente de la courbe de la figure 10 cette dépendance sensible de la température du point de rosée avec l'humidité de l'air intérieur. De faibles augmentations de l'humidité de l'air intérieur entraînent déjà une augmentation importante de la température du point de rosée de l'air intérieur, ce qui donne lieu à une nette augmentation du risque de formation de condensation sur les surfaces froides de l'élément de construction.



12: Figure 10 : dépendance de la température du point de rosée avec l'humidité et la température de l'air intérieur.

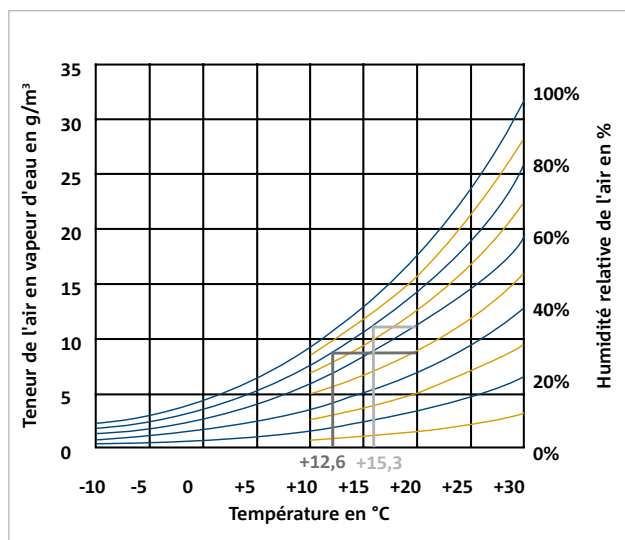
Exemples : une armoire accolée à un mur extérieur : l'humidité de l'air entre le mur et l'armoire peut se déposer puisqu'ici l'air ne passe guère. Il peut en être de même avec des rideaux derrière lesquels de la condensation est susceptible de se former au niveau des fenêtres.

2.3 Formation de moisissure

La moisissure apparaît sur une surface lorsque la température de celle-ci correspond à la température de la surface pour une humidité relative de 80%.

Autrement dit, il y aura formation de moisissures avant même la formation de condensation. La température à laquelle ceci survient est dite « **température de prolifération des moisissures** » θ_5 . La croissance des moisissures se produit donc déjà à des températures supérieures au point de rosée.

Pour un climat intérieur de 20°C et une humidité relative de 50%, la température de prolifération des moisissures est de 12,6°C (cf. figure 11). Elle est par conséquent plus élevée de 3,3°C que la température du point de rosée (cf. figure 10). C'est pourquoi, la température de prolifération des moisissures est déterminante pour éviter les dommages causés à la construction par la formation de moisissure. Les températures surfaciques doivent de ce fait être supérieures à la température de prolifération des moisissures.



13: Figure 11 : la température de prolifération des moisissures dépend de l'humidité et la température de l'air intérieur.

En résumé, il ne suffit pas que les surfaces intérieures soient plus chaudes que la température du point de rosée de l'air intérieur.

Les températures surfaciques doivent également être supérieures à la température de prolifération des moisissures !

La valeur-limite de l'humidité relative sur la surface des éléments de construction est de 80%. Dans le cas d'une température habituelle de l'air intérieur de 20°C et d'une humidité relative de 50%, cette valeur-limite est atteinte à une température de la surface interne de 12,6°C.

$$\theta_{\min} \geq 12,6^{\circ}\text{C}$$

De fréquents problèmes de formation de moisissure surviennent lors de la réhabilitation de bâtiments anciens. La plupart du temps, les vieilles fenêtres entraînent des déperditions de chaleur élevées. Des températures surfaciques particulièrement basses sont de ce fait atteintes. La formation de condensation sur les vitres des fenêtres sont par conséquent un phénomène fréquent. Lors des mesures de réhabilitation, les fenêtres sont changées, les températures surfaciques augmentent et l'humidité relative de l'air augmente également du fait de l'augmentation de l'étanchéité des nouvelles embrasures de fenêtre. Cela a pour conséquence la formation de moisissure dès que les températures surfaciques sont inférieures à 12,6°C. Seule une ventilation régulière et efficace permet d'éviter ce phénomène.

2.4 Facteur de température f_{Rsi}

Le facteur de température décrit la qualité d'isolation thermique des éléments de construction. Il s'agit d'une caractéristique dont le but est d'éviter le danger de formation de moisissure sur une construction.

Le facteur de température f_{Rsi} est défini comme différence de température entre la température surfacique à l'intérieur des pièces et la température de l'air extérieur ($\theta_{si} - \theta_e$) par rapport à la différence de température entre l'air intérieur et l'air extérieur ($\theta_i - \theta_e$):

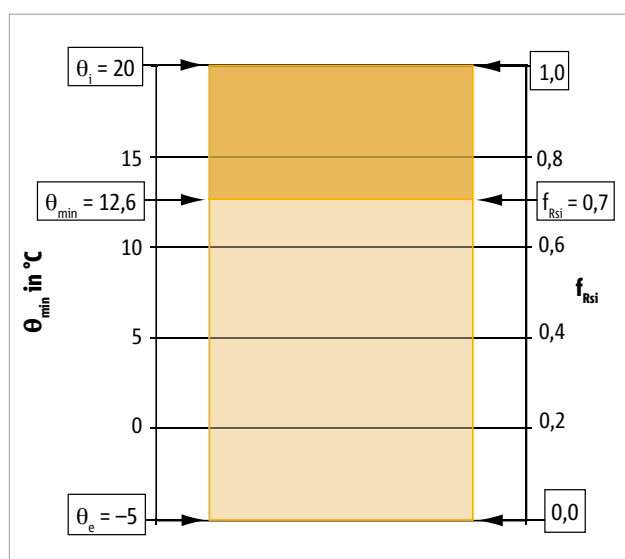
$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Exigence minimale selon la norme allemande

L'exigence minimale pour la valeur f_{Rsi} sert à éviter les détériorations de la substance même du bâtiment suite à la formation de condensation. La valeur suivante s'applique à cet effet :

$$f_{Rsi} \geq 0.70$$

La valeur f_{Rsi} est une valeur relative. Elle présente de ce fait l'avantage de dépendre uniquement de la construction du pont thermique et non pas, comme θ_{si} , des températures de l'air extérieur et de l'air intérieur appliquées. Le facteur de température a la valeur $f=1$ lorsque la température surfacique à l'intérieur des pièces correspond à la température de l'air intérieur et $f=0$ si la température surfacique intérieure correspond à la température de l'air extérieur (cf. figure 12).



14: Figure 12 : pour définir la valeur f_{Rsi}

2.5 Température surfacique à l'intérieur des pièces θ_{si}

La température surfacique à l'intérieur des pièces θ_{si} fournit des renseignements sur la **conductivité thermique** d'un élément de construction. Si la température surfacique à l'intérieur des pièces est basse malgré des températures élevées de l'air intérieur, on peut en conclure qu'une grande quantité d'énergie thermique est évacuée vers l'extérieur par l'élément de construction.

3. La RE 2020 en bref

La France s'est engagée dans le cadre d'accords internationaux (de Rio de Janeiro en 1992 et de Kyoto en 1997) à limiter ses émissions de gaz à effet de serre (GES). Le secteur du bâtiment représentant 25% des émissions de GES et plus de 40% des consommations énergétiques nationales, celui-ci joue un rôle clé dans la politique énergétique actuelle et future de la France. La RT 2000, RT 2005 puis la RT 2012 ont été les premières étapes de la mise en application des accords internationaux. Elles ont apporté un cadre réglementaire et ont contribué au développement des bâtiments à basse consommation.

Aujourd'hui, la RE 2020 a pour but de donner la priorité à la sobriété énergétique et à la décarbonation de l'énergie, de diminuer l'impact carbone de la construction des bâtiments et de garantir le confort d'été. La RE 2020 a pour objectif de poursuivre la baisse des consommations des bâtiments neufs. Elle se veut plus exigeante que la RT 2012, grâce notamment au renforcement (-30%) de l'indicateur de besoin bioclimatique (Bbio).

La RE 2020 :

Les exigences de résultats :

- L'optimisation de la conception énergétique du bâti indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre : il s'agit en l'occurrence du besoin en énergie du bâtiment (chauffage, refroidissement et éclairage), calculé pour des conditions de fonctionnement définies (Bbio).
- La limitation de la consommation d'énergie primaire (Cep) et d'énergie primaire non renouvelable (Cep,nr) du bâtiment.
- La diminution de l'impact carbone des bâtiments neufs sur le climat en prenant en compte l'ensemble des émissions de CO₂ des composants de la construction, du chantier et du cycle de vie du bâtiment de la phase de construction à sa fin de vie, en passant par la phase d'exploitation via une analyse du cycle de vie (ACV).
- Le calcul du nombre de degrés-heures (DH) d'inconfort estival qui exprime la durée et l'intensité des périodes d'inconfort dans le bâtiment sur une année.

Les ponts thermiques :

Confirmation des exigences minimales avec l'obligation de recours aux énergies renouvelables, obligation de traitement des ponts thermiques (fuites de chaleur), obligation de traitement de la perméabilité à l'air des logements neufs, etc.

L'obligation de traiter les ponts thermiques se traduit principalement par le respect des deux points suivants :

Le ratio de transmission linéique global de tous les ponts thermiques ne peut excéder $0,33\text{W}/(\text{m}^2\text{Sref.K})$

La moyenne des coefficients PSI des planchers intermédiaires (L9) ne doit pas dépasser $0,60\text{W}/(\text{m.K})$

4. Quelques définitions de la thermique

4.1 Flux thermique Φ

Le flux thermique (Watt) décrit le transport de l'énergie thermique (joule) en fonction du temps (s). Le flux thermique circule par définition d'une zone présentant une température élevée à une zone de basse température.

4.2 La conductivité thermique λ

La conductivité thermique décrit la quantité de chaleur passant à travers un matériau. Une valeur λ basse implique alors une faible conductivité thermique, donc une bonne isolation thermique. Par exemple, l'acier a ainsi une conductivité thermique très élevée (50 W/(m · K)), l'inox a une conductivité thermique comprise entre 13 et 17 W/(m · K), alors qu'un isolant type Neopor a une conductivité très faible (0,031 W/(m · K)).

4.3 La résistance thermique

La résistance thermique correspond à la résistance qu'oppose un matériau au flux thermique. Elle est exprimée en m²K/W

La résistance R est égale à l'épaisseur du matériau divisée par sa conductivité thermique :

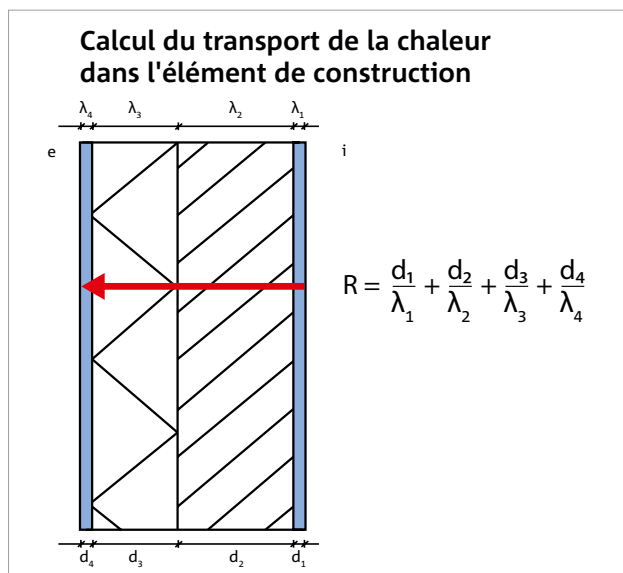
$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \left[\frac{\text{m}^2 \text{ K}}{\text{W}} \right]$$

λ : conductivité thermique en W/(m · K)

d : épaisseur du matériau en m

Pour un élément de construction composé de plusieurs couches, les résistances thermiques de chaque couche s'ajoutent :

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$



15: Figure 21 : représentation de la structure d'un mur. Elle permet de définir la valeur R grâce à l'épaisseur des couches et aux valeurs λ de chaque couche. A droite, on peut voir comment calculer la valeur R_{eq} du voile

4.4 Le coefficient de transmission thermique surfacique U

Le coefficient de transmission thermique décrit la transmission de la chaleur à travers un élément de construction. Il repose sur la valeur R d'un élément de construction. La valeur U représente de ce fait la transmission réelle de la chaleur.

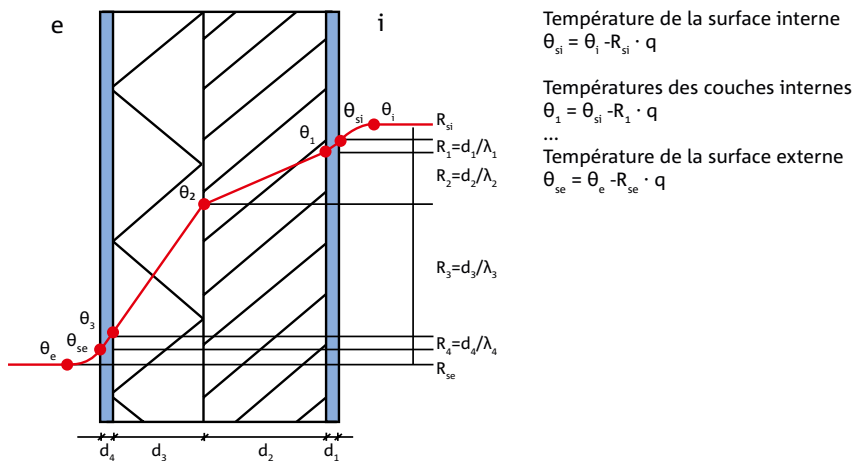
U est calculé comme la valeur inverse de la somme des résistances de transmission thermique et des résistances au passage de la chaleur :

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

R_{si} résistance superficielle intérieure

R_{se} résistance superficielle extérieure

Calcul de la répartition de la température



16: Figure 22 : représentation de l'évolution des températures à travers un mur. Les valeurs R_{si} et R_{se} continuent de plus à s'appliquer aux arêtes de l'élément de construction. A droite, on peut voir la manière de calculer la répartition de la température entre les différentes couches.

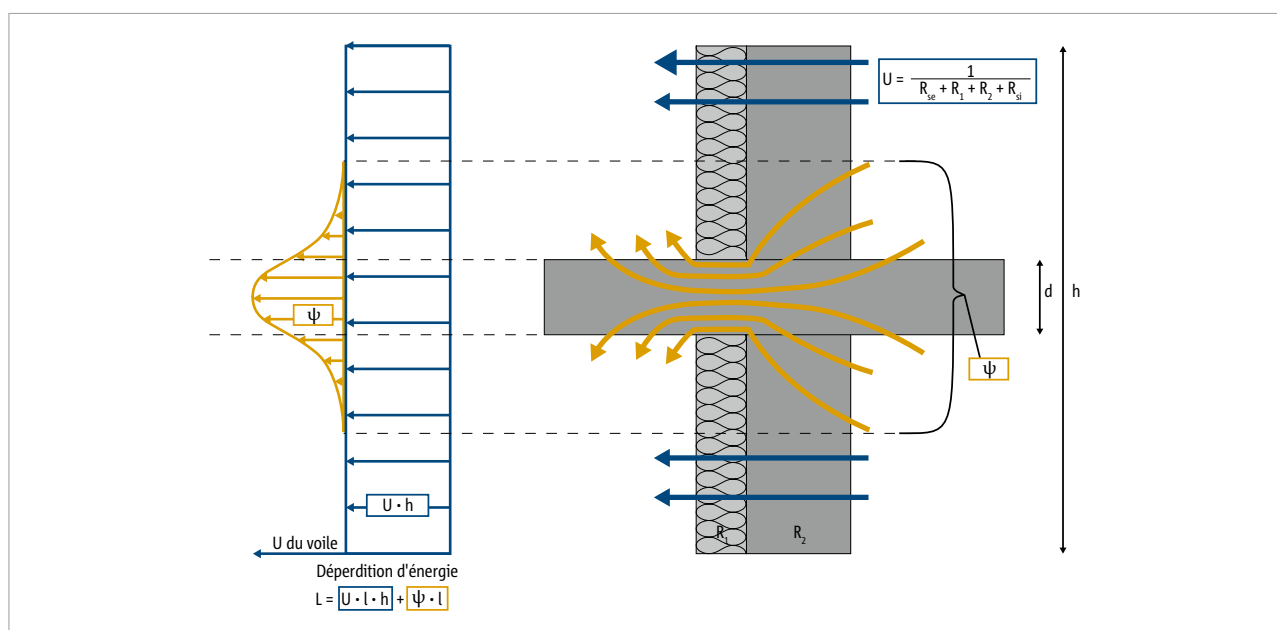
4.5 Les coefficients de transmission thermique ψ et χ

Le coefficient de transmission thermique décrit les déperditions de chaleur par transmission qui apparaissent à cause d'un pont thermique. On distingue s'il s'agit d'un pont thermique linéaire (par exemple liaison dalle/ balcon) ou d'un pont thermique ponctuel.

Le coefficient de transmission thermique ψ (« valeur ψ ») caractérise la déperdition de chaleur d'un pont thermique linéaire qui apparaît en plus par mètre linéaire de pont thermique. En France, cette valeur ψ est calculée en prenant en compte les cotes intérieures de la liaison prise en compte (voir chapitre 6.6), contrairement à un grand nombre de pays européens utilisant les cotes extérieures.

Le coefficient de transmission thermique ponctuel χ (« valeur χ ») caractérise la déperdition de chaleur supplémentaire à travers un pont thermique ponctuel.

La valeur ψ dépend de la qualité de construction, des dimensions et des valeurs U des éléments de construction adjacents, car la déperdition de chaleur au droit du pont thermique et celle du voile adjacent s'influencent réciproquement. Ainsi, la valeur ψ change lorsque la construction adjacente change, même si le pont thermique reste le même.



17: Figure 23 : représentation des déperditions d'énergie par un mur équipé d'une dalle-balcon continue. À droite, la construction est reproduite avec les flux thermiques apparaissant sous forme de flèche. Les déperditions d'énergie apparaissant dans cette coupe sont représentées à gauche. Elles sont également indiquées sous forme de formule avec l comme longueur de la zone des ponts thermiques.

Dans la figure 23, on peut voir à quoi ressemble la valeur ψ pour une liaison dalle-balcon parcourant le mur sans rencontrer de rupteur de pont thermique. Cette déperdition de chaleur supplémentaire par le pont thermique influence également le voile adjacent. Dans la pratique, cela signifie que la dissipation thermique par la liaison dalle-balcon permet de refroidir le mur au-dessus et en-dessous du pont thermique. On peut voir au niveau des flèches, à droite dans la figure, le chemin emprunté par les flux thermiques. Alors que, pour les murs ne présentant aucun rupteur thermique, seuls des flux thermiques horizontaux apparaissent (représentés en bleu), les flux thermiques dans les ponts thermiques sont tridimensionnels (représentés en jaune). Ceci permet de voir pourquoi le calcul des valeurs ψ est beaucoup plus complexe que celui des valeurs U .

4.6 Calcul des coefficients Ψ et χ

Calcul des coefficients de transmission thermique linéaires et ponctuels

Les valeurs Ψ sont déterminées comme suit :

$$\Psi = \frac{\Phi_T - \sum \Phi_k}{\Delta T} \Rightarrow \Psi = \frac{\Phi_T}{\Delta T} - \sum_{i=1}^N U_i L_i \text{ en } W/(m \cdot K)$$

Ψ est le coefficient linéique du pont thermique en $W/(m \cdot K)$

Φ_T est le flux total par mètre de longueur à travers le modèle 2D, exprimé en W/m

ΔT est la différence de température entre les 2 ambiances chaude et froide, exprimé en K

U_i est le coefficient surfacique du composant, exprimé en $W/(m^2 \cdot K)$

L_i est la longueur intérieure sur laquelle s'applique la valeur U_i dans le modèle géométrique 2D, exprimé en m

N est le nombre des composants 1D

Les valeurs χ sont déterminées comme suit :

$$\chi = \frac{\Phi_T - \sum \Phi_k}{\Delta T} \Rightarrow \chi = \frac{\Phi_T}{\Delta T} - \sum_{i=1}^N U_i A_i - \sum \Psi_j L_j \text{ en } W/K$$

χ est le coefficient ponctuel du pont thermique exprimé en W/K

Φ_T est le flux total à travers le modèle 3D, exprimé en W

ΔT est la différence de température entre les 2 ambiances chaude et froide, exprimé en K

U_i est le coefficient surfacique du composant, exprimé en $W/(m^2 \cdot K)$

A_i est la surface intérieure sur laquelle s'applique la valeur U_i dans le modèle géométrique 3D, en m^2

N est le nombre des composants 2D

Ψ_j est le coefficient linéique du pont thermique linéaire j , en $W/(m \cdot K)$

L_j est la longueur intérieure sur laquelle s'applique la valeur Ψ_j dans le modèle géométrique 3D, exprimé en m

M est le nombre des ponts thermiques linéaires

4.7 Température du point de rosée θ_T

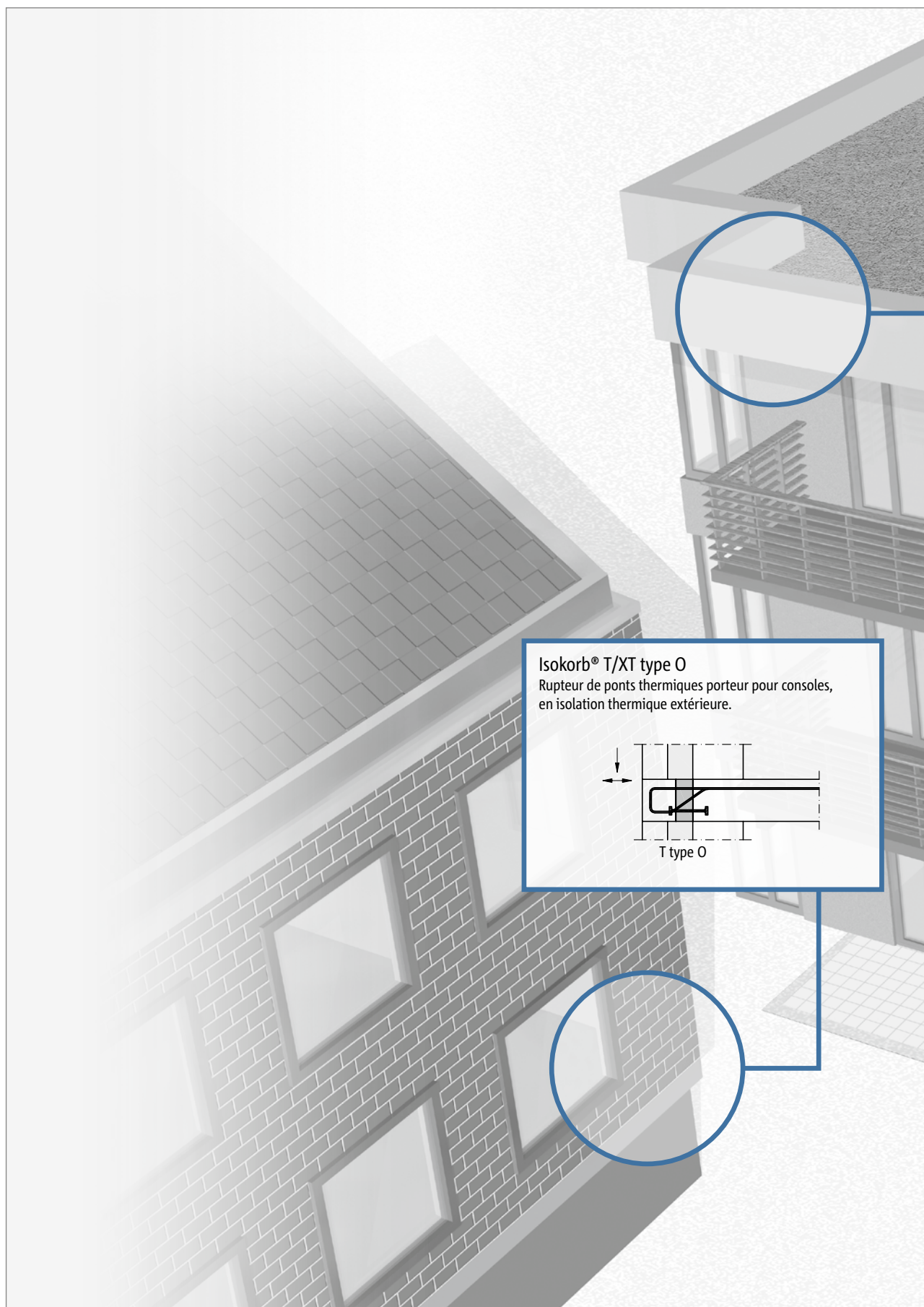
La température du point de rosée θ_T d'une pièce correspond à la température à laquelle l'humidité existant dans l'air intérieur ne peut plus être maintenue par l'air intérieur et qui est ensuite évacuée sous forme de gouttelettes d'eau. L'humidité relative de l'air intérieur est alors de 100%.

4.8 Température de prolifération des moisissures θ_s

De la moisissure se forme sur les surfaces froides de l'élément de construction lorsque la surface de cet élément atteint la température qui provoque l'apparition de moisissure. La température à laquelle ceci survient est appelée « température de prolifération des moisissures » θ_s .

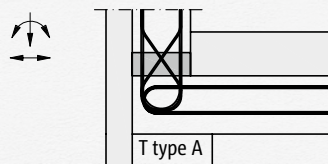
5. Exemples de ponts thermiques dans le bâtiment

5.1 Les ponts thermiques en isolation thermique extérieure (ITE) et leurs types de rupteurs associés

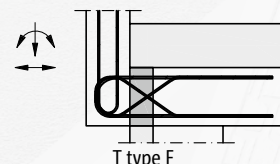


Isokorb® T/XT type A

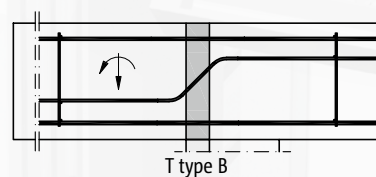
Rupteur de ponts thermiques porteur pour acrotères et garde-corps, en isolation thermique extérieure.

**Isokorb® T/XT type F**

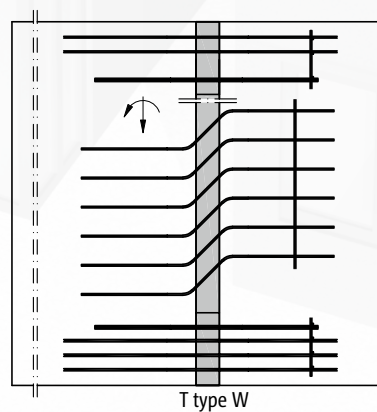
Rupteur de ponts thermiques porteur pour acrotères et garde-corps en saillie, en isolation thermique extérieure.

**Isokorb® T/XT type B**

Rupteur de ponts thermiques porteur pour consoles extérieures en porte-à-faux.

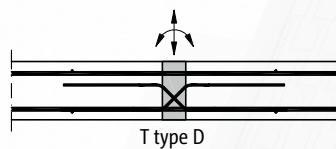
**Isokorb® T/XT type W**

Rupteur de ponts thermiques porteur pour pans de mur.



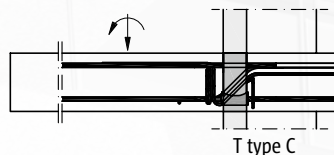
Isokorb® T/XT type D

Rupteur de ponts thermiques porteur pour les dalles en continuité.



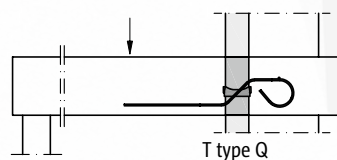
Isokorb® T/XT type C

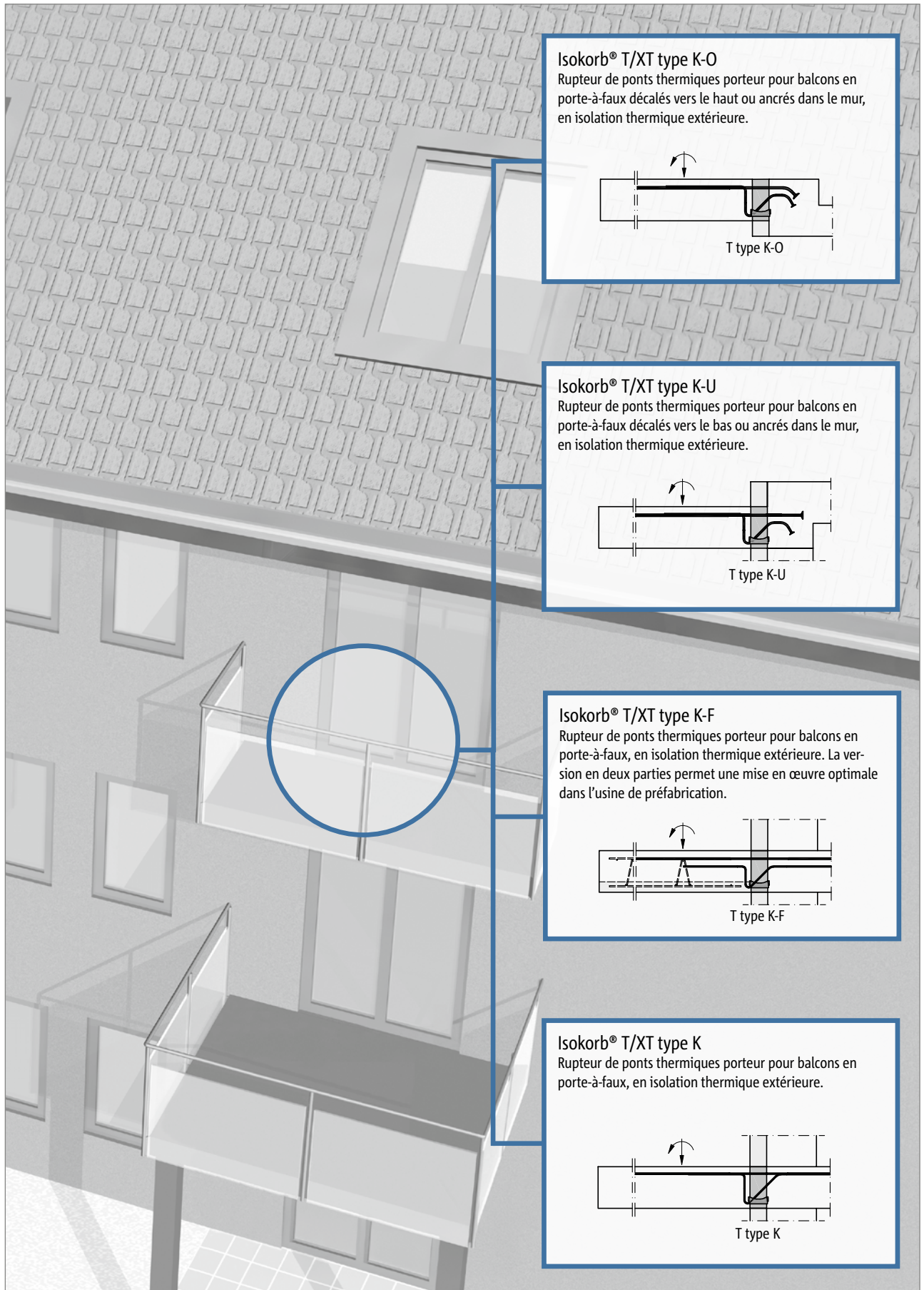
Rupteur de ponts thermiques porteur pour balcons d'angle en porte-à-faux, en isolation thermique extérieure.



Isokorb® T/XT type Q

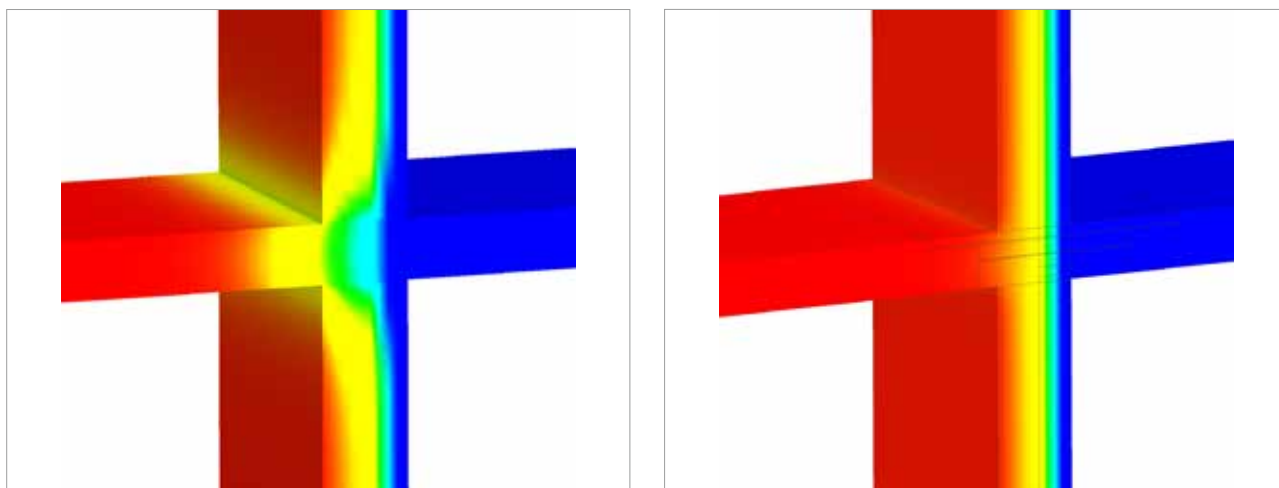
Rupteur de ponts thermiques porteur pour balcons sur appuis, en isolation thermique extérieure.





5.1.1 Éléments en porte-à-faux et valeurs thermiques des rupteurs en ITE

Dans le cas d'éléments en béton en porte-à-faux non isolés comme les balcons, coursives, bandeaux, casquettes, et auvents, la combinaison du pont thermique géométrique (effet ailettes de refroidissement) et du pont thermique dû aux matériaux (perforation au niveau de l'isolation thermique avec du béton armé ou de l'acier) crée une importante déperdition thermique. Ces liaisons font de ce fait partie des ponts thermiques les plus critiques de l'enveloppe du bâtiment. Non isolées, elles entraînent d'importantes déperditions de chaleur et une baisse significative de la température surfacique, ce qui engendre des frais de chauffage plus élevés et un risque de moisissure très élevé dans ces zones.



18: Figure 13 : liaison Dalle/balcon

A gauche : liaison sans rupture thermique

A droite : liaison présentant une rupture thermique assurée par Schöck Isokorb®

La figure 13 est la représentation d'un balcon en béton armé, avec une isolation extérieure, avec et sans rupteur thermique. Le dessin de gauche montre un pont thermique ne présentant aucun traitement. Le dégradé de couleurs permet de voir comment la chaleur passe à travers la dalle-balcon pour se diriger vers l'extérieur, de la zone chaude en rouge à celle froide en bleu. La représentation de droite montre un balcon présentant une rupture thermique. Comme on peut le voir ici, un rupteur thermique réduit considérablement les déperditions de chaleur.

Valeurs des ponts thermiques des jonctions de balcons avec Schöck Isokorb® en isolation par l'extérieur ou répartie

Les valeurs des ponts thermiques résultant des jonctions types réalisées avec des modèles Isokorb® sont affichées ci-dessous.

Modèle Isokorb® T type K

Schöck Isokorb® T type K		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)										
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Plancher intermédiaire (L9)	H180	0,16	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24	0,29	0,30	0,33	0,36	0,36
	H200	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24	0,20	0,29	0,31	0,34	0,37	0,37
	H220	0,17	0,20	0,22	0,23	0,25	0,26	0,30	0,32	0,35	0,38	0,38
Plancher haut (L10)	H180	0,18	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,29	0,30	0,32	0,34	0,34
	H200	0,19	0,21	0,22	0,23	0,25	0,26	0,29	0,30	0,33	0,35	0,35
	H220	0,20	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,30	0,31	0,34	0,36	0,37

Pour toutes les configurations : Voile béton armé ou maçonnerie ≥ 16 cm + isolant ≤ 20 cm $\lambda = 0,04$ W/(m · K)

Modèle Isokorb® XT type K

Schöck Isokorb® XT type K		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)									
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Plancher intermédiaire (L9)	H180	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,22	0,23	0,28	0,29
	H200	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,22	0,24	0,29	0,30
	H220	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,23	0,24	0,30	0,30
Plancher haut (L10)	H180	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,23	0,25	0,29	0,29
	H200	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,24	0,25	0,29	0,30
	H220	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,24	0,26	0,30	0,30

Pour toutes les configurations : Voile béton armé ou maçonnerie ≥ 16 cm + isolant ≤ 20 cm $\lambda = 0,04$ W/(m · K)

Modèle Isokorb® T type Q

Schöck Isokorb® T type Q		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)									
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Plancher intermédiaire (L9)	H180	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,20	-	-
	H200	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,20	0,21	0,23	0,24
	H220	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,22	0,22	0,24	0,25
Plancher haut (L10)	H180	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22	-	-
	H200	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,24	0,24
	H220	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,23	0,23	0,25	0,25

Pour toutes les configurations : Voile béton armé ou maçonnerie ≥ 16 cm + isolant ≤ 20 cm $\lambda = 0,04$ W/(m · K)

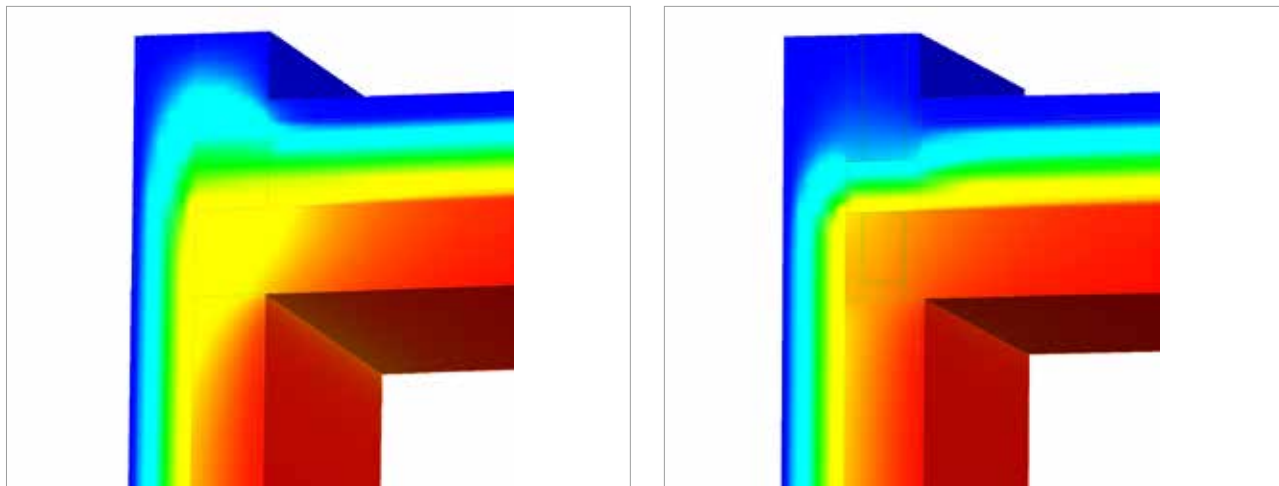
Modèle Isokorb® XT type Q

Schöck Isokorb® XT type Q		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)							
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Plancher intermédiaire (L9)	H180	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16
	H200	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15	0,16
	H220	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17
Plancher haut (L10)	H180	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18
	H200	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,19
	H220	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19

Pour toutes les configurations : Voile béton armé ou maçonnerie ≥ 16 cm + isolant ≤ 20 cm $\lambda = 0,04$ W/(m · K)

5.1.2 Liaison acrotère et valeurs thermiques des rupteurs en ITE

Les acrotères rencontrent les mêmes problèmes thermiques que les balcons. Les acrotères sont toutefois en plus raccordés à l'angle extérieur situé entre le mur et le plafond. Outre le fait que l'acrotère fait office d'ailette de refroidissement, il existe de ce fait ici une autre influence géométrique par l'angle extérieur qui a un impact défavorable sur le rapport surface intérieure/extérieure.



19: Figure 14 : liaison continue acrotère comparée à la solution avec Schöck Isokorb®

A gauche : liaison continue acrotère sans rupture thermique

A droite : liaison acrotère présentant une rupture thermique assurée par Schöck Isokorb®

La figure 14 montre les déperditions de chaleur résultant d'une liaison acrotère sans (à gauche) et avec (à droite) rupteur thermique. Le dégradé de couleur permet de voir les températures à l'intérieur de l'élément de construction. Le flux thermique circule de la zone chaude (rouge) à la zone froide (bleu). L'acrotère sans rupture thermique (à gauche) présente d'importantes déperditions de chaleur, ce qui entraîne des températures de la surface interne basses alors que, pour la liaison présentant une rupture thermique (à droite), peu d'énergie thermique circule à travers l'élément d'isolation thermique.

Valeurs des ponts thermiques des liaisons acrotères avec Schöck Isokorb® en isolation par l'extérieur ou répartie

Les valeurs des ponts thermiques résultant des jonctions types réalisés avec des modèles Isokorb® sont affichées ci-dessous.

Modèle Isokorb® T type A

Schöck Isokorb® T type A		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)	
Epaisseur de l'acrotère [mm]	Espacement [m]	MM1	MM2
160	0,5	0,21	0,22
	1,0	0,18	0,19
	1,5	0,18	0,10
	2,0	0,17	0,17
200	0,5	0,22	0,24
	1,0	0,20	0,20
	1,5	0,19	0,19
	2,0	0,18	0,19

Pour toutes les configurations : Voile béton armé ou maçonnerie ≥ 16 cm + isolant ≤ 20 cm $\lambda = 0,04$ W/(m · K)
Résistance thermique de l'isolant complémentaire $R > 2$ m² · K/W

Modèle Isokorb® XT type A

Schöck Isokorb® XT type A		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)	
Epaisseur de l'acrotère [mm]	Espacement [m]	MM1	MM2
160	0,5	0,17	0,18
	1,0	0,15	0,16
	1,5	0,14	0,15
	2,0	0,14	0,14
200	0,5	0,18	0,19
	1,0	0,16	0,17
	1,5	0,15	0,16
	2,0	0,15	0,15

Pour toutes les configurations : Voile béton armé ou maçonnerie ≥ 16 cm + isolant ≤ 20 cm $\lambda = 0,04$ W/(m · K)
Résistance thermique de l'isolant complémentaire $R > 2$ m² · K/W

Modèle Isokorb® T et XT type Z

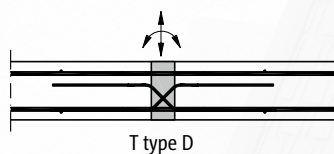
Schöck Isokorb® type Z		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)	
		T	XT
Plancher intermédiaire (L9)	H180	0,11	0,07
	H200	0,12	0,08
	H220	0,12	0,08
Plancher haut (L10)	H180	0,13	0,11
	H200	0,14	0,11
	H220	0,15	0,12

Pour toutes les configurations : Voile béton armé ou maçonnerie ≥ 16 cm + isolant ≤ 20 cm $\lambda = 0,04$ W/(m · K)

5.2 Les ponts thermiques en isolation thermique par l'intérieur (ITI) et leurs types de rupteurs associés

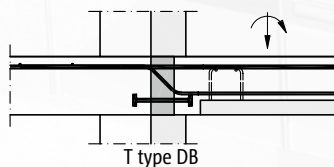
Rurtherma® T type D

Rupteur de ponts thermiques porteur pour les dalles en continuité.



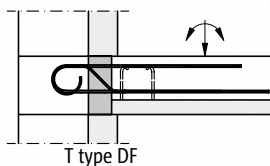
Rurtherma® T type DB/DBi

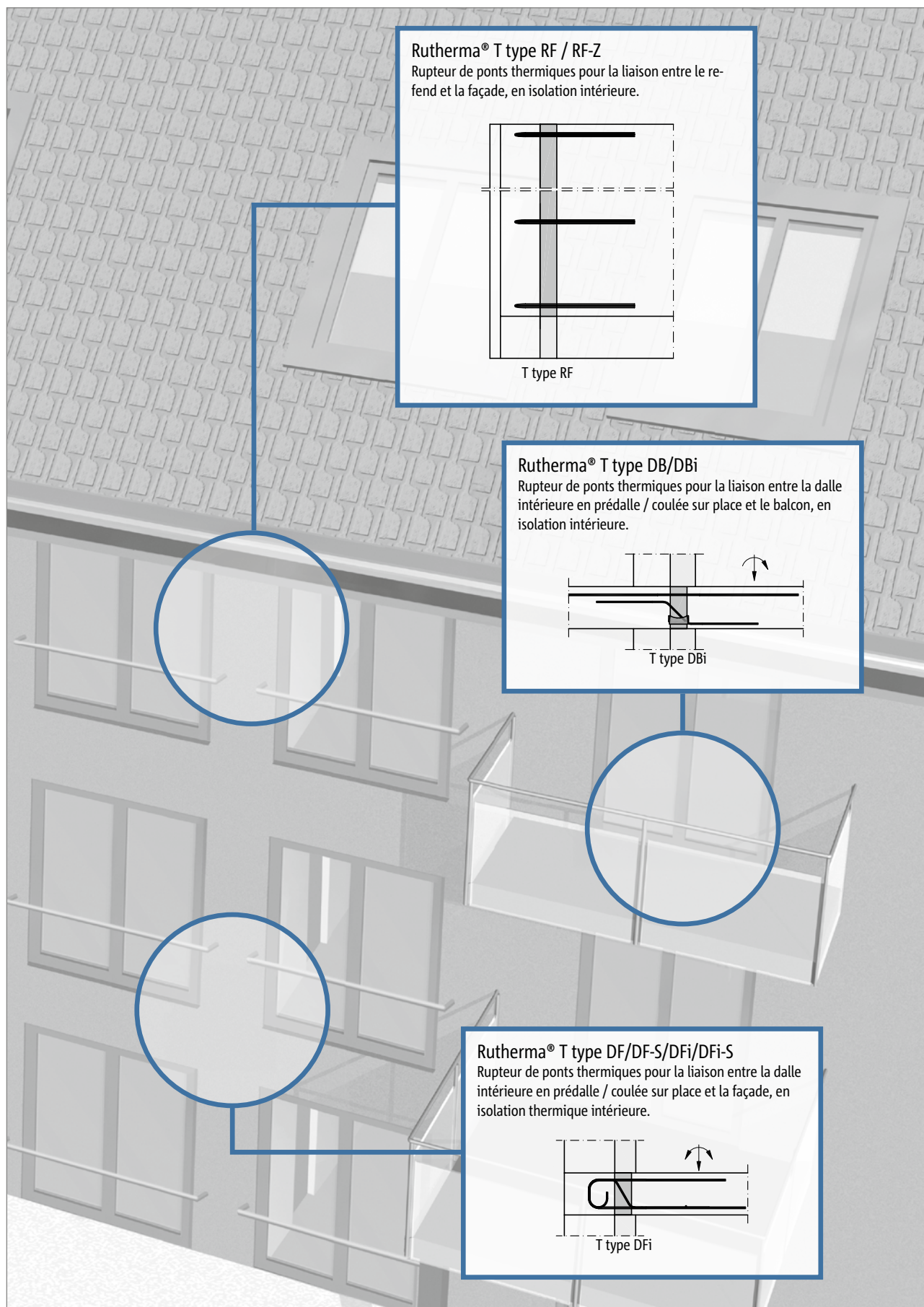
Rupteur de ponts thermiques pour la liaison entre la dalle intérieure en prédalle / coulée sur place et le balcon, en isolation intérieure.



Rurtherma® T type DF/DF-S/DFi/DFi-S

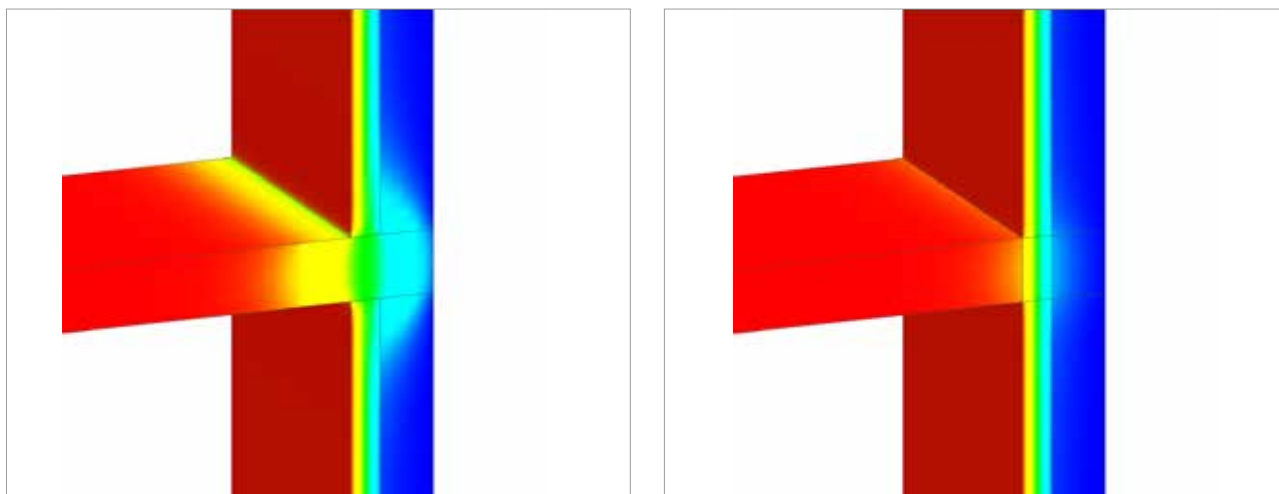
Rupteur de ponts thermiques pour la liaison entre la dalle intérieure en prédalle / coulée sur place et un balcon sur appui en isolation thermique intérieure.





5.2.1 Liaison dalle-façade et valeurs thermiques des rupteurs en ITI

Les constructions avec une isolation par l'intérieur se différencient des constructions présentant une isolation par l'extérieur sur un point important : en cas d'isolation par l'intérieur, les liaisons dalle/façade représentent le principal point faible de l'enveloppe thermique d'un bâtiment, à moins que le linéaire de balcon soit prédominant. Dans la figure 15, l'absence de rupture du pont thermique est mise en évidence. L'énergie thermique s'échappe fortement et induit une température de surface extrêmement faible.



20: Figure 15 : liaison dalle-façade continue en cas d'isolation par l'intérieur comparée à la solution avec Schöck Rutherma®

21: A gauche : liaison dalle-façade continue sans rupture thermique

22: A droite : liaison dalle-façade présentant une rupture thermique assurée par Schöck Rutherma®

La figure 15 établit une comparaison entre une liaison dalle/facade non traitée (à gauche) et une liaison dalle/facade traitée (à droite). Comme on peut le voir, sans rupteur thermique, une forte déperdition est constatée. L'utilisation d'un rupteur thermique réduit considérablement les déperditions de chaleur et améliore de manière importante le confort intérieur.

Valeurs des déperditions thermiques avec Schöck Rutherma® en isolation par l'intérieur

Les valeurs des coefficients de transmission thermique linéiques en isolation par l'intérieur se trouvent dans les tableaux ci-dessous. La gamme de rupteurs pour ITI n'existe qu'en option REI et EI pour la gamme T RF et RF-Z.

Les valeurs des tableaux sont utilisables dans les limites suivantes :

- Mur en béton d'épaisseur 200 mm ou en maçonnerie courante d'épaisseur $e_{\text{mur}} \geq 200 \text{ mm}$
- Conductivité thermique de l'isolation par l'intérieur du mur $\lambda_{\text{utile}} \geq 0,030 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$
- Epaisseur de l'isolant par l'intérieur du mur de 100 mm
- Résistance thermique de l'isolant sous plancher bas $R \leq 6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- Résistance thermique de l'isolant en toiture terrasse $R \leq 10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Modèle Rutherma® T type DFi pour dalle CSP

Schöck Rutherma® T type DFi		Flux thermique (valeur ψ) donné en $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$					
		V1	V2	V3	V4	V5	V6
Plancher bas (L8)	H180	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18
	H200	0,12	0,14	0,14	0,16	0,17	0,18
	H220	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19
	H250	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20
Plancher intermédiaire (L9)	H180	0,11	0,13	0,13	0,15	0,17	0,18
	H200	0,11	0,13	0,13	0,15	0,17	0,18
	H220	0,12	0,14	0,14	0,16	0,18	0,19
	H250	0,13	0,15	0,15	0,17	0,19	0,20
Plancher haut (L10)	H180	0,12	0,14	0,14	0,16	0,18	0,19
	H200	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19
	H220	0,13	0,15	0,15	0,17	0,19	0,20
	H250	0,14	0,16	0,16	0,18	0,20	0,21

Schöck Rutherma® T type DFi		Correctif de la valeur ψ dans le cas de mur en maçonnerie donné en $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$					
		V1	V2	V3	V4	V5	V6
Plancher bas (L8)		-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,01	-0,01
Plancher intermédiaire (L9)		-0,00	-0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01
Plancher haut (L10)		-0,00	-0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01

Modèle Rutherma® T type DFi-S pour dalle CSP (bâtiments soumis aux exigences parasismiques)

Schöck Rutherma® T type DFi-S		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)					
		V1	V2	V3	V4	V5	V6
Plancher bas (L8)	H180	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20
	H200	0,14	0,16	0,16	0,18	0,19	0,20
	H220	0,15	0,17	0,17	0,18	0,20	0,21
	H250	0,16	0,18	0,18	0,19	0,21	0,22
Plancher intermédiaire (L9)	H180	0,13	0,15	0,15	0,17	0,19	0,20
	H200	0,14	0,16	0,16	0,17	0,19	0,20
	H220	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21
	H250	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22
Plancher haut (L10)	H180	0,14	0,16	0,16	0,18	0,20	0,21
	H200	0,15	0,17	0,17	0,18	0,20	0,21
	H220	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22
	H250	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,23

Schöck Rutherma® T type DFi-S		Correctif de la valeur ψ dans le cas de mur en maçonnerie donné en W/(m · K)					
		V1	V2	V3	V4	V5	V6
Plancher bas (L8)		-0,00	-0,01	-0,01	-0,00	-0,01	-0,01
Plancher intermédiaire (L9)		-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02
Plancher haut (L10)		-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01

Modèle Rutherma® T type DF pour dalle avec prédalles

Schöck Rutherma® T type DF		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)					
		V1	V2	V3	V4	V5	V6
Plancher bas (L8)	H180	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18
	H200	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,18
	H220	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,19
	H250	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20
Plancher intermédiaire (L9)	H180	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18
	H200	0,11	0,13	0,15	0,16	0,18	0,18
	H220	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,19
	H250	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20
Plancher haut (L10)	H180	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19
	H200	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,19
	H220	0,13	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20
	H250	0,14	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21

Schöck Rutherma® T type DF		Correctif de la valeur ψ dans le cas de mur en maçonnerie donné en W/(m · K)					
		V1	V2	V3	V4	V5	V6
Plancher bas (L8)		-0,00	-0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01
Plancher intermédiaire (L9)		-0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Plancher haut (L10)		-0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01

Modèle Rutherma® T type DF-S pour dalle avec prédalles (bâtiments soumis aux exigences parasismiques)

Schöck Rutherma® T type DF-S		Flux thermique (valeur ψ) donné en W/(m · K)					
		V1	V2	V3	V4	V5	V6
Plancher bas (L8)	H180	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20
	H200	0,14	0,16	0,17	0,18	0,20	0,20
	H220	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,21
	H250	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,22
Plancher intermédiaire (L9)	H180	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20
	H200	0,14	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21
	H220	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,21
	H250	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,22
Plancher haut (L10)	H180	0,14	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21
	H200	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,21
	H220	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,22
	H250	0,16	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23

Schöck Rutherma® T type DF-S		Correctif de la valeur ψ dans le cas de mur en maçonnerie donné en W/(m · K)					
		V1	V2	V3	V4	V5	V6
Plancher bas (L8)		-0,00	-0,01	-0,01	-0,00	-0,01	-0,01
Plancher intermédiaire (L9)		-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02
Plancher haut (L10)		-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01

Modèles DB et DBi et D pour liaisons dalle-balcon-valeurs Ψ

Les valeurs des tableaux sont utilisables dans les limites suivantes :

- Mur en béton d'épaisseur $e_{\text{mur}} \geq 160$ mm ou en maçonnerie courante d'épaisseur $e_{\text{mur}} \geq 200$ mm
- Conductivité thermique de l'isolation par l'intérieur du mur $\lambda_{\text{utile}} = 0,030$ W/(m · K)
- Epaisseur de l'isolation par l'intérieur du mur $80 \text{ mm} \leq e_{\text{iso}} \leq 130$ mm

Schöck Rutherma® modèle	Ψ en W/(m · K) pour le modèle DB :											
	M1			M2			M3			M4		
	V6	V8	V10	V6	V8	V10	V6	V8	V10	V6	V8	V10
160	0,22	0,23	0,24	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,39	0,41
180	0,23	0,24	0,25	0,30	0,31	0,33	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41
200	0,23	0,24	0,25	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,39	0,40	0,42
230	0,24	0,25	0,26	0,31	0,33	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,43
250	0,25	0,26	0,27	0,32	0,34	0,35	0,36	0,38	0,39	0,41	0,42	0,44

Schöck Rutherma® modèle	Ψ en W/(m · K) pour le modèle DBi :														
	M1			M2			M3			M4			M5		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
160	0,24	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	0,25	0,25	0,26	0,28	0,29	0,29	0,32	0,32	0,34	0,33	0,35	0,35	-	0,39	0,40
200	0,25	0,26	0,26	0,29	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,36	-	0,40	0,40
230	0,26	0,27	0,27	0,30	0,30	0,31	0,33	0,33	0,35	0,35	0,36	0,37	-	0,41	0,41
250	0,27	0,28	0,28	0,31	0,31	0,32	0,34	0,34	0,36	0,36	0,37	0,38	-	0,42	0,42

Schöck Rutherma® modèle	Ψ en W/(m · K) pour le modèle D :														
	D20			D30			D50			D70			D90		
	VV4	VV6	VV8	VV6	VV8	VV10	VV6	VV8	VV10	VV6	VV8	VV10	VV6	VV8	VV10
160	0,22	0,23	0,25	0,25	0,28	0,31	0,29	0,32	0,35	0,36	0,38	0,42	0,40	0,43	0,46
180	0,22	0,23	0,26	0,26	0,28	0,32	0,30	0,33	0,36	0,36	0,39	0,42	0,41	0,43	0,47
200	0,23	0,24	0,28	0,26	0,29	0,32	0,31	0,33	0,37	0,37	0,40	0,43	0,41	0,44	0,47
230	0,24	0,25	0,28	0,27	0,30	0,33	0,31	0,34	0,37	0,38	0,40	0,44	0,42	0,45	0,48
250	0,25	0,26	0,29	0,28	0,31	0,34	0,32	0,35	0,38	0,39	0,41	0,45	0,43	0,46	0,49

Majoration ou minoration du pont thermique de liaison Ψ (Pour DBi, Ki et D)

Le tableau suivant présente la variable de majoration ou minoration $\Delta\Psi$, en cas de variation par rapport à la configuration de base.

Majoration ou minoration $\Delta\Psi$ à appliquer en $W/(m \cdot K)$ pour les modèles DBi, Ki et D		
Mur en briques creuses $e_p \geq 200$ mm	Epaisseur isolant mur $130 \text{ mm} < e \leq 160$ mm	Epaisseur isolant mur $160 \text{ mm} < e \leq 200$ mm
0,00	+0,01	+0,01

Modèles RF / RF-Z pour liaisons refend-façade -valeurs Ψ

Les valeurs des tableaux sont utilisables dans les limites suivantes :

- Mur en béton d'épaisseur $e_{\text{mur}} = 180$ mm ou en maçonnerie courante d'épaisseur $e_{\text{mur}} \geq 200$ mm
- Conductivité thermique de l'isolation par l'intérieur du mur $\lambda_{\text{utile}} = 0,004 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Epaisseur de l'isolation par l'intérieur du mur $e_{\text{iso}} = 100$ mm

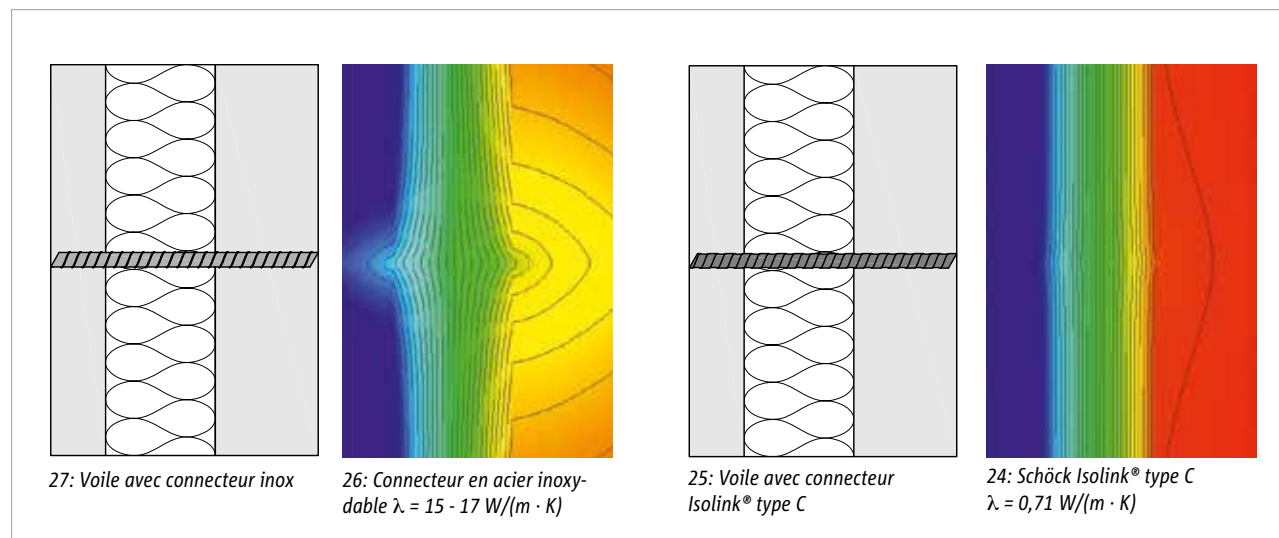
Liaison d'un mur avec	Epaisseur du refend (mm)	Valeur ψ selon configuration (en $W/(m \cdot K)$) RF	Valeur ψ selon configuration (en $W/(m \cdot K)$) RF-Z
Refend	160	0,13	0,09
	200	0,14	0,11

Pour toutes les configurations : Voile béton armé 16 à 20 cm + isolant 8 à 14 cm $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

5.3 Les connecteurs

Dans le cas des prémurs isolés, les deux faces en béton doivent être reliées ensemble. L'utilisation d'acier inoxydable est fréquente. Ces aciers font office de pont thermique à travers la zone d'isolation, ce qui entraîne des déperditions de chaleur élevées dont il faut tenir compte dans le bilan énergétique.

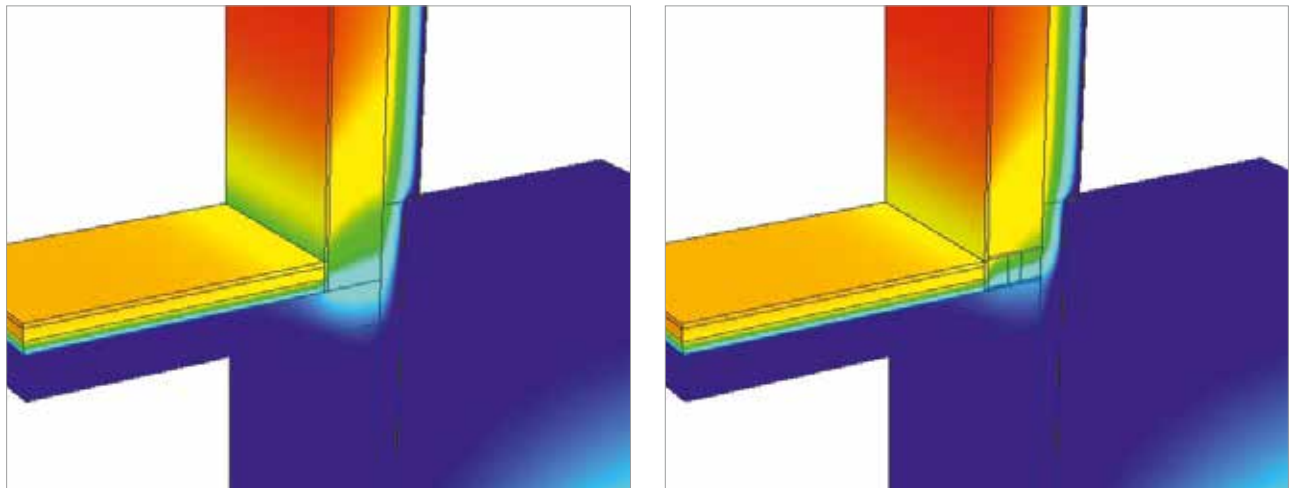
Le connecteur thermique Schöck Isolink® type C offre une alternative. Il relie les 2 faces du mur en diminuant fortement les ponts thermiques. Le Schöck Isolink® type C composé d'une armature en fibre de verre remplace l'inox traditionnel et optimise la qualité thermique du voile. Il sert d'élément de liaison et améliore la performance thermique du mur de 45% (en comparaison avec la conductivité thermique de l'acier inox). Cet excellent résultat est rendu possible grâce à sa conductivité thermique basse, $\lambda = 0,71 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$. Le Schöck Isolink® type C est de ce fait 20 fois moins conducteur que l'acier inoxydable (cf. figure 16).



23: Figure 16 : prémur isolé avec connecteur en acier inoxydable comparé à la solution avec Schöck Isolink® type C.

5.4 Pied de voile

Si le bâtiment dispose d'un plancher isolé en surface, la maçonnerie interrompt l'enveloppe thermique du bâtiment entre l'isolation du mur extérieur et l'isolation en surface de dalle. Un pont thermique très important se forme de ce fait au premier niveau du bâtiment (cf. figure 17 à gauche). De plus, les pertes d'énergie sont grandement accentuées par les remontées d'humidité par capillarité au droit du voile. La valeur réelle de la conductivité thermique dépend de manière significative de la teneur en humidité des matériaux. Cet effet négatif pèse grandement sur la qualité thermique lors de la mise en œuvre d'éléments de maçonnerie. Il faut savoir qu'une hausse de la teneur en humidité de 1 % entraîne une hausse de conductivité thermique de la maçonnerie d'environ 10%. Une teneur en humidité de 10 à 20 % est habituelle pour la maçonnerie traditionnelle en raison de l'apport d'humidité survenant pendant la phase de construction, le risque d'apparition de moisissures est donc important.



28: Figure 17 : pied de voile bâtiment non isolé, à gauche, comparé à la solution avec Schöck Sconnex® type M, à droite

Nous pouvons constater des déperditions de chaleur plus importantes et donc des dépenses de chauffage plus élevées ainsi qu'une diminution de la température surfacique à l'intérieur des pièces avec le risque de formation de condensation et de moisissure. Un pied de voile optimisé en termes de protection contre l'humidité est par conséquent essentiel pour une isolation thermique efficace.

L'élément d'isolation thermique Sconnex® type M accomplit parfaitement son rôle de rupture de pont thermique et de protection contre l'humidité. En association avec sa résistance élevée à la compression, Schöck Sconnex® type M est le pied de mur optimal pour votre bâtiment.

5.5 Aide au dimensionnement et à la définition du modèle de rupteur thermique

Les valeurs des tableaux sont utilisables dans les limites suivantes :

- Dalle en béton coulé en place d'épaisseur 20 cm ; $g' = 2,0 \text{ kN/m}^2$; $q = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- Dalle du balcon de 20 cm ; $g' = 1,0 \text{ kN/m}^2$; $q = 3,5 \text{ kN/m}^2$; garde-corps = 1,5 kN/m

Liaison "dalle-façade" en ITI	Portée de la dalle étudiée l [m]			
	Sens non porteur	$0 < l \leq 5,20$	$5,20 < l \leq 6,80$	$6,80 < l \leq 8,00$
Rupteur choisi	DFi-V1	DFi-V2	DFi-V4	DFi-V5
Valeur Psi [W.(ml.K)]	0,11	0,13	0,15	0,17

Les valeurs des tableaux sont utilisables dans les limites suivantes :

- Dalle en béton coulé en place d'épaisseur 20 cm ; $g' = 2,0 \text{ kN/m}^2$; $q = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- Dalle du balcon de 20 cm ; $g' = 1,0 \text{ kN/m}^2$; $q = 3,5 \text{ kN/m}^2$; garde-corps = 1,5 kN/m

Liaison "dalle-balcon" en ITI	Portée de la dalle du balcon étudiée l [m]			
	1,00	1,50	2,00	2,50
Rupteur choisi	DBi-M1	DBi-M1	DBi-M2	DBi-M4
Valeur Psi [W.(ml.K)]	0,25	0,25	0,29	0,34

Les valeurs des tableaux sont utilisables dans les limites suivantes :

- Dalle en béton coulé en place d'épaisseur 20 cm ; $g' = 2,0 \text{ kN/m}^2$; $q = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- Dalle du balcon de 20 cm ; $g' = 1,0 \text{ kN/m}^2$; $q = 3,5 \text{ kN/m}^2$; garde-corps = 1,5 kN/m

Liaison "dalle-balcon" en ITE	Portée de la dalle du balcon étudiée l [m]			
	1,00	1,50	2,00	2,50
Rupteur choisi	T-K-M1	T-K-M2	T-K-M5	T-K-M8
Valeur Psi [W.(ml.K)]	0,17	0,19	0,24	0,31

6. L'acoustique

6.1 Généralités

Le confort acoustique est devenu aujourd'hui une condition nécessaire pour notre bien être dans la vie de tous les jours. Nous sommes toute la journée constamment encerclés par le bruit, au travail, dans la rue et même chez soi. Un environnement bruyant est source d'effets négatifs pour l'organisme, et peut engendrer de la nervosité, des problèmes de sommeil ou de la fatigue. Il est donc aujourd'hui important de pouvoir être chez soi sans être agressé par les bruits environnants qui nous entourent.

6.1.1 Définition du son

Un son est provoqué par une vibration, qui se propage sous forme d'une variation de pression, dans l'air ou tous types de matériaux. Ces variations de pression se déplacent dans la matière par transmission d'énergie de particules à particules.

6.1.2 La perception

Nous percevons l'intensité de cette variation de pression, intensité variant de 10^{-12} W/m^2 à 1 W/m^2 , et les fréquences qui la composent, de 20 Hertz (son grave) à 20000 Hertz (son aigu) .

Du fait de l'amplitude de notre perception de l'intensité d'un son, il est utilisé une échelle logarithmique, plus facile à appréhender.

Le niveau sonore, exprimé en dB, est calculé de la façon suivante :

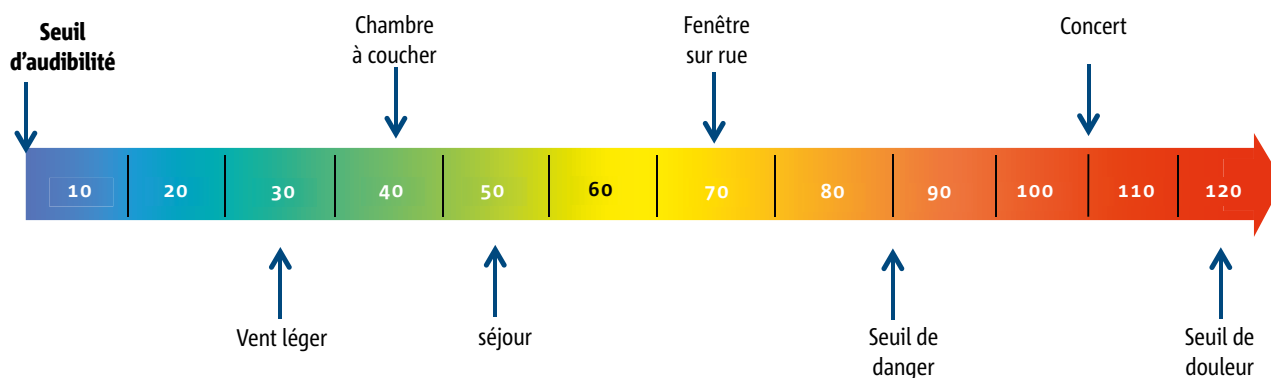
$$L_{\text{dB}} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

I étant l'intensité sonore et I_0 étant le seuil d'audibilité égal à 10^{-12} W/m^2

6.1.3 Le dB(A)

Pour représenter un bruit, il est communément utilisé le décibel, dB(A).

Ci-dessous, le schéma représente l'échelle des sons avec quelques exemples de la vie de tous les jours. A partir de 125 dB, le seuil de douleur est atteint.



6.2 Types de transmissions dans un bâtiment

6.2.1 Les bruits aériens

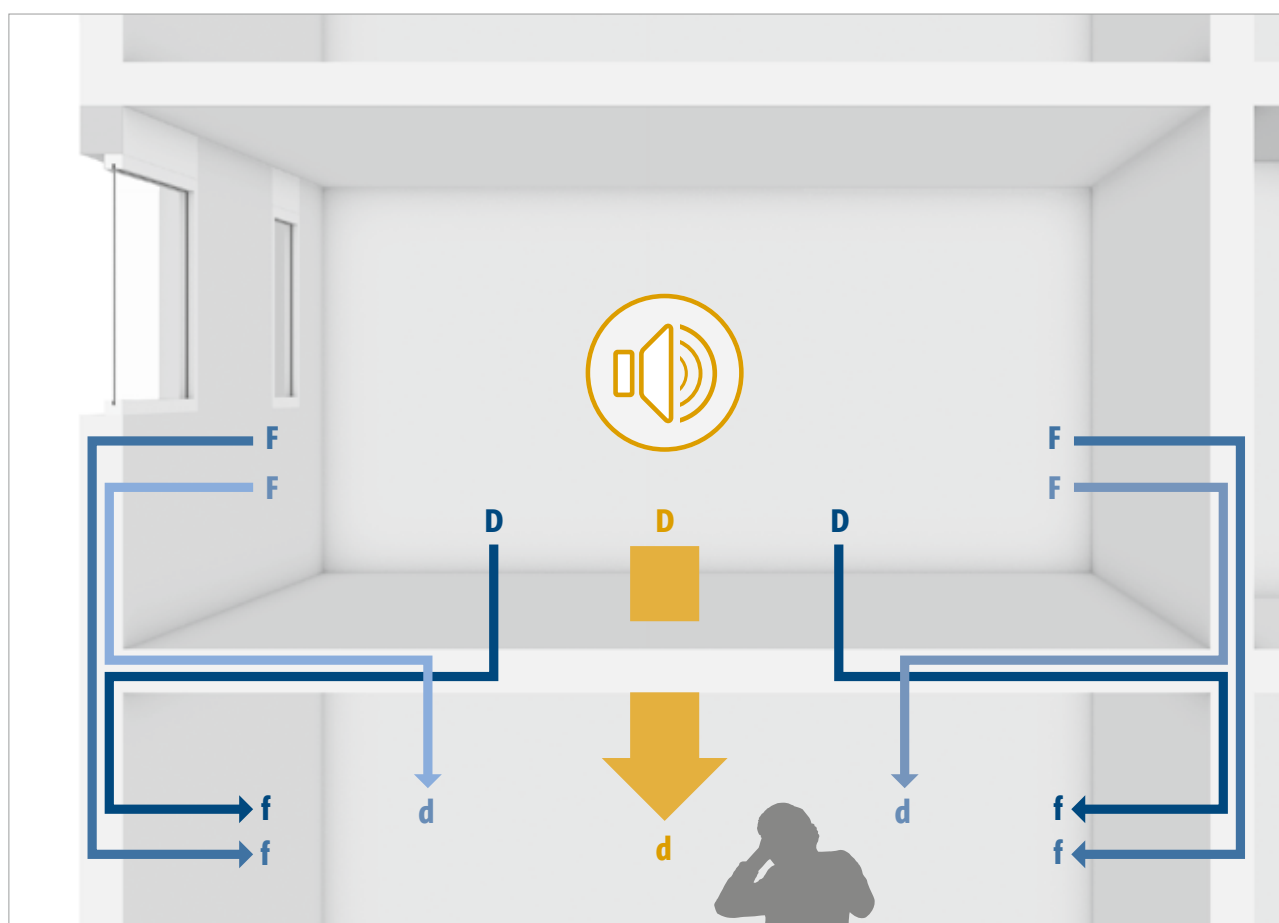
Les bruits aériens ont pour origine entre autres la télévision, la radio, les discussions. Dans un bâtiment, leur propagation se fait par plusieurs voies de transmission, que ce soit entre logements, entre logements/commerces ou entre logements/garages. L'isolement au bruit aérien est la combinaison de ces différentes voies de transmission.

Les voies de transmission directes :

- Transmission par les séparatifs, mur ou dalle.
- Transmission par des éléments particuliers du séparatif, une porte ou une fenêtre par exemple.

Les voies de transmission latérales :

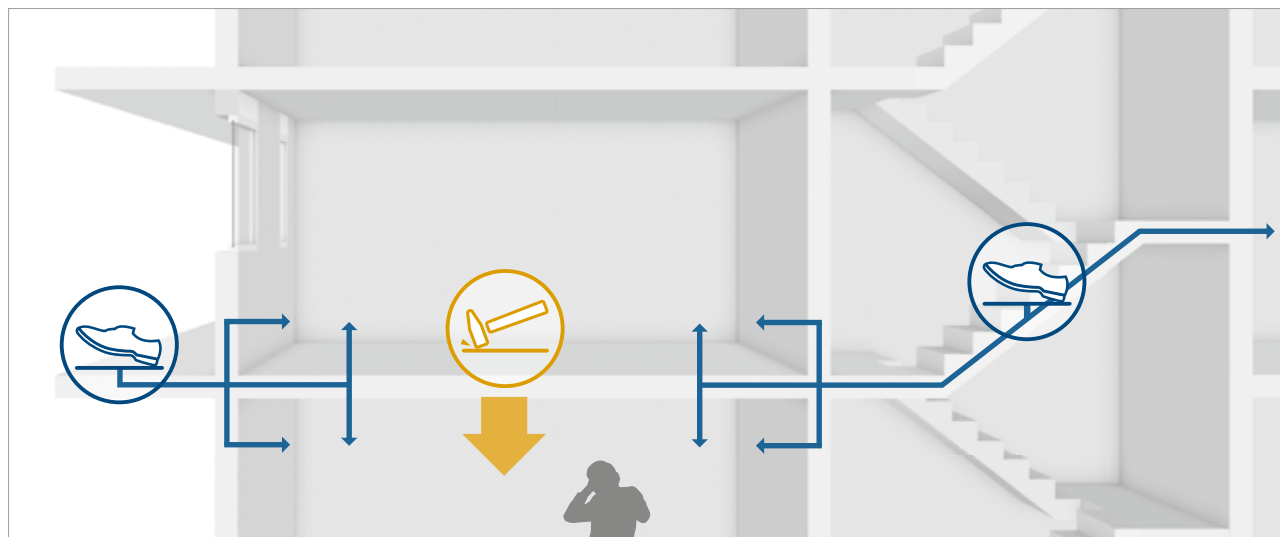
- Flanking / flanking
- Direct / flanking
- Flanking / direct



- F Flanking / flanking
D Direct / flanking
f Flanking / direct

6.2.2 Les bruits de choc

Des déplacements de personnes à l'intérieur d'un logement, sur une coursive ou dans un escalier, et les chutes d'objet sont à l'origine des principaux bruits de choc qui peuvent être engendrés dans un logement. Ces bruits sont transmis par vibration des parois du bâtiment (planchers ou murs) et par les parois latérales.



Bruit aérien



Bruit de choc du quotidien (objet qui tombe par exemple, bruits de pas)



Bruit de choc: zone de passage

6.3 Normes et Qualitel

On a vu précédemment que l'isolation aux bruits aériens ne prend pas en compte uniquement la paroi ou la dalle de séparation, la transmission pouvant provenir des éléments latéraux. Les exigences en isolation acoustique en fonction de la pièce d'émission et de la pièce de réception du bruit sont détaillées dans le tableau ci-dessous, selon la Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA 99), ou les exigences Qualitel.

6.3.1 Les bruits aériens

Exigence sur l'isolation au bruit aérien en dB, NRA		
Source du bruit	Local de réception	
	Pièces principale	Cuisines et salle d'eau
Local d'un autre logement à l'exception des garages individuels	$DnT,A \geq 53$	$DnT,A \geq 50$
Circulation commune	$DnT,A \geq 40$	$DnT,A \geq 37$
Garage individuel d'un logement ou garage collectif	$DnT,A \geq 55$	$DnT,A \geq 52$
Local D'activité	$DnT,A \geq 58$	$DnT,A \geq 55$

Exigence sur l'isolation au bruit aérien en dB, qualitel				
Source du bruit	Local de réception			
	Pièces principale		Cuisines et salle d'eau	
	3*	5*	3*	5*
Local d'un autre logement à l'exception des garages individuels	$DnT,A \geq 53$	$DnT,A \geq 55$	$DnT,A \geq 50$	$DnT,A \geq 50$
Circulation commune	$DnT,A \geq 40$	$DnT,A \geq 45$	$DnT,A \geq 37$	$DnT,A \geq 37$
Garage individuel d'un logement ou garage collectif	$DnT,A \geq 55$		$DnT,A \geq 52$	$DnT,A \geq 52$
Local D'activité	$DnT,A \geq 58$		$DnT,A \geq 55$	$DnT,A \geq 55$

DnT,A (dB): isolement acoustique standardisé pondéré. Le DnT,A représente l'isolement global du local de réception par rapport au local d'émission.

6.3.2 Les bruits de choc

Exigence sur le niveau de bruit de choc en dB NRA ET Qualitel			
Local d'émission	Local de réception		
	Pièces principale		
	NRA	3*	5*
Local d'un autre logement à l'exception des garages individuels	$L'_{nT,w} \leq 58$		
Circulation commune	$L'_{nT,w} \leq 58$	$L'_{nT,w} \leq 55$	$L'_{nT,w} \leq 52$

$L'_{nT,w}$ (dB): niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé exprimé en dB. Plus simplement, c'est le bruit reçu par le local de réception qui ne doit pas dépasser cette valeur.

29: * 3 et 5: note Qualitel

6.4 Performance et mise en œuvre des rupteurs

6.4.1 Les bruits aériens

Des essais ont montré que si les rupteurs sont correctement mis en œuvre dans des bâtiments avec façade en béton plein ou maçonnerie (collée ou traditionnelle) et si le bâtiment considéré est réglementaire vis à vis de la Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA) sans rupteur, alors les nouvelles performances acoustiques avec rupteurs d'épaisseur 8 cm permettent également de satisfaire à la NRA. Il conviendra de s'assurer du bon recouvrement du rupteur par le doublage intérieur, l'effet de masque d'un doublage étant nécessaire pour que la solution avec rupteur soit réglementaire.

Cependant pour répondre à des exigences plus élevées, les rupteurs Schöck Rutherma type DF/DB/DBi/RF font l'objet d'une FEST N°QA07-D de Qualitel (fiche d'exemple de solutions techniques). Celle-ci indique que les rupteurs Schöck pour l'isolation intérieure répondent aux exigences Qualitel que ce soit entre 2 logements, entre logements et commerces ou entre logements et garages. De plus, ces rupteurs possèdent un $D_{n,e,w} + C \geq 58$ dB (tableau ci-dessous). Ceci permet la mise en œuvre de menuiseries (porte, porte fenêtre, coffre de volet roulant) au droit du rupteur, tout en respectant les exigences acoustiques Qualitel.

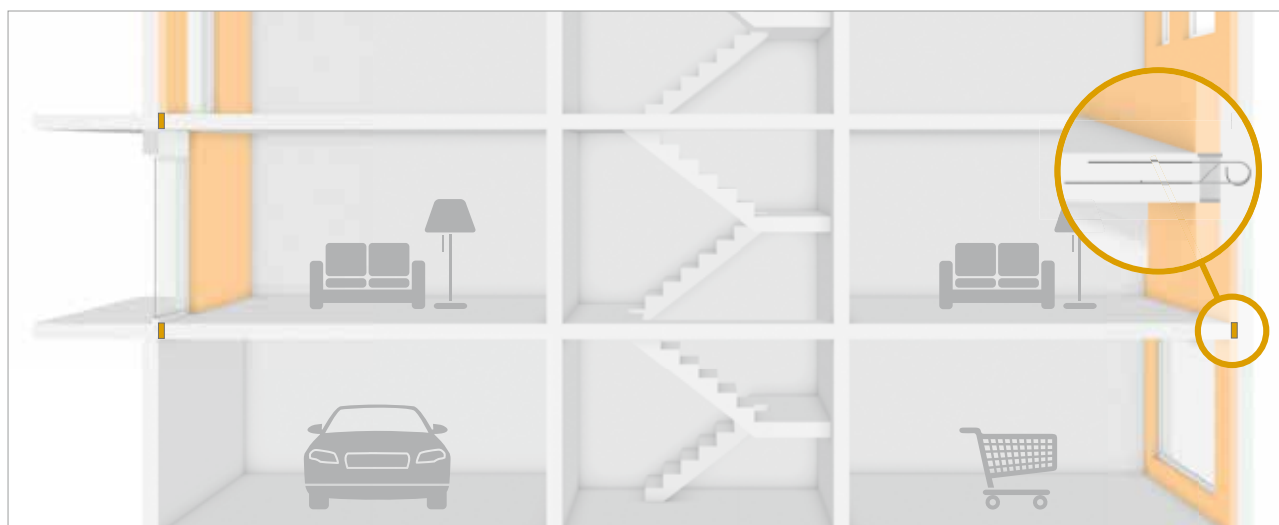
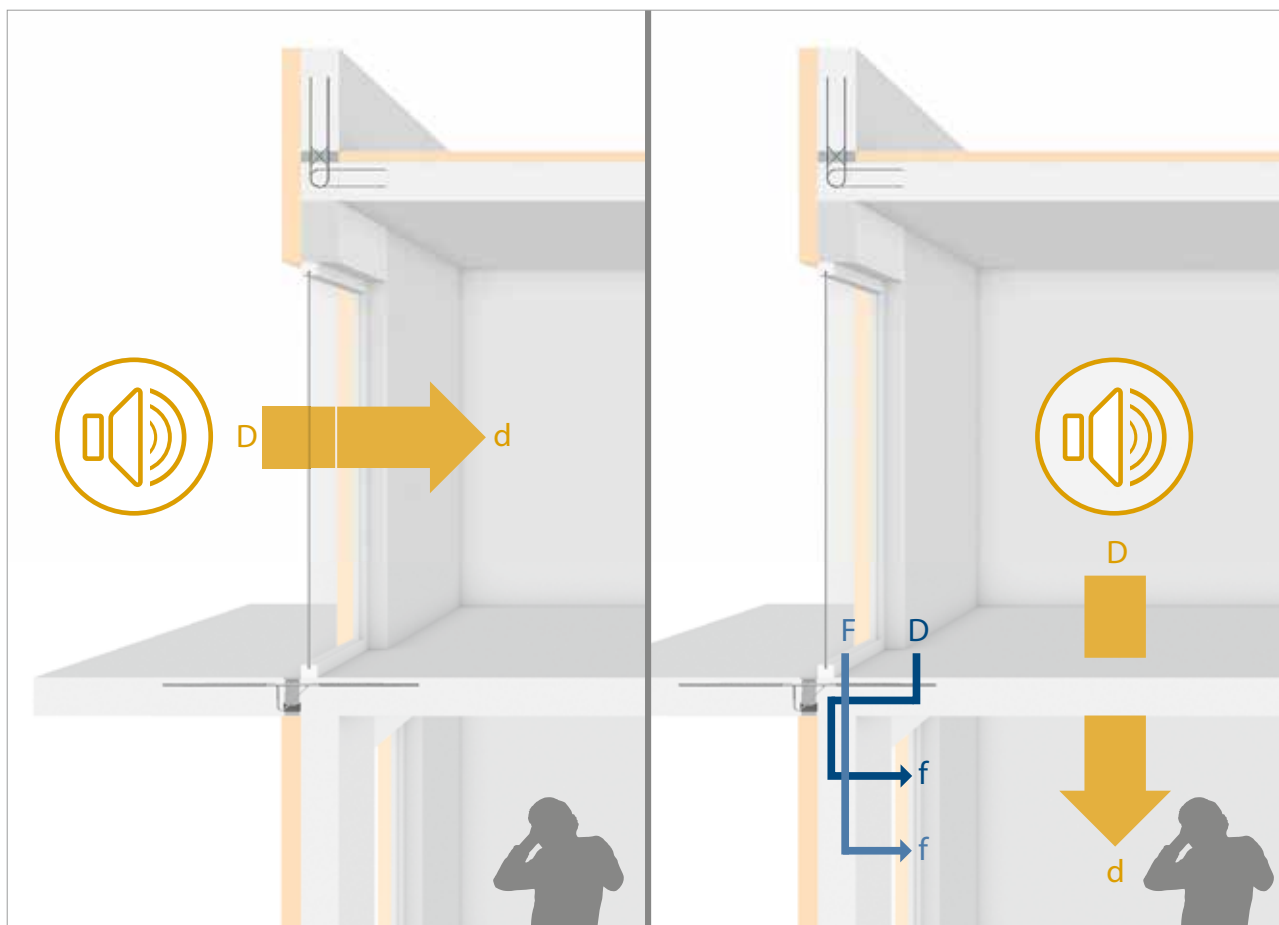


Tableau des $D_{n,e,w} + C$ des différents rupteurs

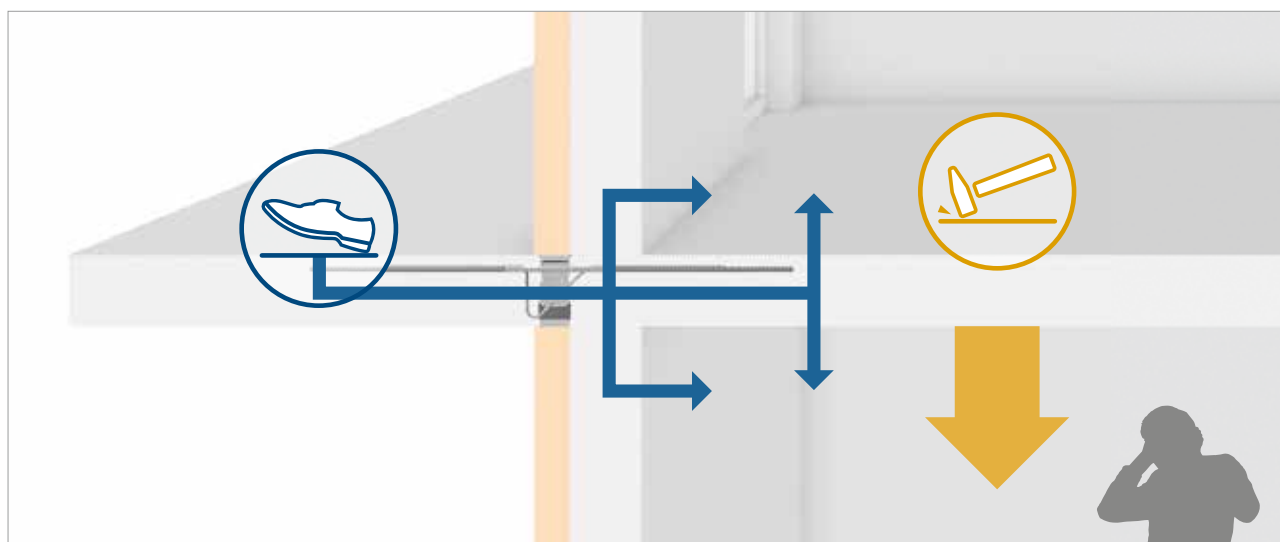
Rupteurs	Epaisseur	$D_{n,e,w} + C$
DF et RF	160	60
	180	60
	200	61
	220	61
	250	62
DBi	160	60
	180	60
	200	61
	220	61
	250	61
DB	160	60
	180	60
	200	61
	220	61
	250	62

Il est à noter qu'en isolation par l'extérieur, les rupteurs sont mis en œuvre principalement au droit des balcons, et acrotères, modèles type K, Q et A, et n'ont aucune influence sur les bruits aériens intérieurs ou extérieurs.



6.4.2 Les bruits de choc

Dans les bâtiments, nous avons montré précédemment qu'il existe les bruits de chocs intérieurs (entre locaux) et les bruits de choc extérieurs (coursives). Que ce soit en isolation intérieure ou en isolation extérieure, les rupteurs de ponts thermiques mis en œuvre ne sont pas concernés par les affaiblissements acoustiques aux bruits de chocs intérieurs entre locaux, la transmission étant directe. (flèche jaune) Cependant, lors de la mise en œuvre de rupteurs de pont thermique sur une liaison dalle/coursive, les rupteurs Schöck participent à la réduction des bruits d'impacts. Ci-dessous vous trouverez des configurations permettant d'obtenir des performances réglementaires en isolation par l'extérieur.



Dans les tableaux suivants figurent les valeurs d'affaiblissement acoustique ΔL_w pour les rupteurs thermiques utilisés pour les coursives extérieures en porte-à-faux (Isokorb® T/XT K) et sur appuis (Isokorb® T/XT Q).

Les coursives en porte à faux :

Schöck Isokorb® T type K		Valeurs d'affaiblissement acoustique ΔL_w [dB]													
H [mm]	160-170	M1-V1	M2-V1	M3-V1	M4-V1	M5-V1	M6-V1	M7-V1	M8-V1	M9-V1	M10-V1	M11-V1	M12-V1	M13-V1	M14-V1
	180-190	13,0	11,5	10,4	10,1	9,7	9,3	7,6	7,5	5,6	5,1	4,2	-	-	-
	200-210	14,0	12,5	11,4	11,1	10,7	10,3	8,6	8,5	6,6	6,1	5,2	7,0	6,0	5,0
	220-230	14,0	12,5	11,4	11,1	10,7	10,3	8,6	8,5	6,6	6,1	5,2	7,0	6,0	5,0
	240-250	15,0	13,5	12,4	12,1	11,7	11,3	9,6	9,5	7,6	7,1	6,2	8,0	7,0	6,0
	240-250	15,0	14,0	12,9	12,6	12,2	11,4	10,1	10,0	8,1	7,6	6,7	8,5	7,5	6,5

Schöck Isokorb® XT type K		Valeurs d'affaiblissement acoustique ΔL_w [dB]												
H [mm]	160-170	M1-V1	M2-V1	M3-V1	M4-V1	M5-V1	M6-V1	M7-V1	M8-V1	M9-V1	M10-V1	M11-V1	M12-V1	M13-V1
	180-190	14,5	14,4	13,9	12,7	12,4	11,9	10,2	9,4	8,3	7,4	-	-	-
	200-210	15,5	15,4	14,9	13,7	13,4	12,9	11,2	10,4	9,3	8,4	10,0	9,0	8,0
	220-230	15,5	15,4	14,9	13,7	13,4	12,9	11,2	10,4	9,3	8,4	10,0	9,0	8,0
	240-250	16,5	16,4	15,9	14,7	14,4	13,9	12,2	11,4	10,3	9,4	11,0	10,0	9,0
	240-250	16,5	16,5	16,4	15,2	14,9	14,4	12,7	11,9	10,8	9,9	11,5	10,5	9,5

Les coursives sur appuis :

Schöck Isokorb® T type Q		Valeurs d'affaiblissement acoustique ΔL_w [dB]											
H [mm]	160-170	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
	180-190	13,0	13,0	12,5	12,0	11,5	11,0	9,0	8,0	-	-	-	-
	200-210	14,0	14,0	13,5	13,0	12,5	12,0	10,0	9,0	7,5	6,5	5,0	-
	220-230	14,0	14,0	13,5	13,0	12,5	12,0	10,0	9,0	7,5	6,5	5,0	4,0
	240-250	14,0	14,0	14,0	13,5	13,0	12,5	10,5	9,5	8,0	7,0	5,5	4,5
	240-250	14,0	14,0	14,0	14,0	13,5	13,0	11,0	10,0	8,5	7,5	6,0	5,0

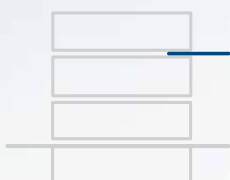
Schöck Isokorb® XT type Q		Valeurs d'affaiblissement acoustique ΔL_w [dB]										
H [mm]	160-170	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
	180-190	13,0	13,0	12,5	12,0	11,7	11,5	10,5	10,0	9,0	-	-
	200-210	14,0	14,0	13,5	13,0	12,7	12,5	11,5	11,0	10,0	7,5	6,5
	220-230	14,0	14,0	13,5	13,0	12,7	12,5	11,5	11,0	10,0	7,5	6,5
	240-250	14,0	14,0	14,0	13,5	13,2	13,0	12,0	11,5	10,5	8,0	7,0
	240-250	14,0	14,0	14,0	14,0	13,7	13,5	12,5	12,0	11,0	8,5	7,5

LE SAVOIR-FAIRE SCHÖCK

Une solution pour chaque domaine d'application.

Grâce à des solutions techniques et des systèmes innovants, nous répondons aux exigences thermiques, structurelles et acoustiques des différentes applications dans les bâtiments neufs et existants. Le traitement des ponts thermiques, l'isolation contre les bruits d'impact ainsi que les techniques d'armature sont au centre de nos préoccupations.

Balcons, coursives,
auvents



Murs,
poutres



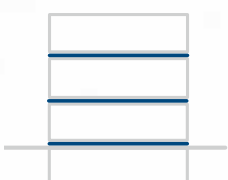
Acrotères,
toitures terrasses



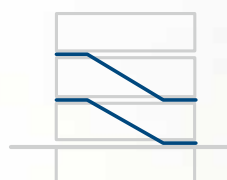
Façades



Dalles



Escaliers



Schock France SARL
6 rue Icare
67960 Entzheim
Téléphone : + 33 (0)3 88 20 92 28
www.schoeck.com/fr
contact-fr@schoeck.com



Scannez pour découvrir
nos solutions technique
sur www.schoeck.com/fr

Rejoignez-nous sur
 Schöck France SARL
 @SchoeckFrance

