

DOCUMENTATION TECHNIQUE – JANVIER 2023

# Principes de la protection thermique et de la protection contre l'humidité



## Service de planification et de conseil

Les conseillers en ingénierie de Schöck seront heureux de répondre à vos questions en matière de statique, de construction et de physique du bâtiment et vous proposeront des solutions avec calculs et plans détaillés.

Pour cela, veuillez envoyer vos plans (vues en plan, coupes, données statiques) ainsi que l'adresse du projet de construction à :

### **Schöck Bauteile AG**

Tellstrasse 90  
5000 Aarau  
info-ch@schoeck.com

### **Technique / statique**

#### **Hotline et élaboration technique de projet**

Téléphone : 062 834 00 13  
Fax : 062 834 00 11  
technik-ch@schoeck.com

#### **Demande et téléchargement du dossier d'assistance à la conception**

Téléphone : 062 834 00 10  
Fax : 062 834 00 11  
info-ch@schoeck.com  
www.schoeck.com

### **Vos ingénieurs produit**

Les ingénieurs produit sont les interlocuteurs des ingénieurs et des physiciens du bâtiment. Nous sommes à votre service sur place. Vous trouverez votre interlocuteur régional personnel sur :

[www.schoeck.com/conseil-technique/cf](http://www.schoeck.com/conseil-technique/cf)

### **Portail sur les ponts thermiques**

Internet : [www.schoeck.com/ponts-thermiques/cf](http://www.schoeck.com/ponts-thermiques/cf)

### **Calculateur de ponts thermiques**

Internet : [psi.schoeck-schweiz.ch/isokorb](http://psi.schoeck-schweiz.ch/isokorb)

### **psi-convert**

Internet : [www.schoeck.com/psi-convert/cf](http://www.schoeck.com/psi-convert/cf)

## Remarques

### **i Manuel de physique du bâtiment**

- Ce document se réfère aux balcons, coursives, attiques, façades, murs et poteaux.
- Ce manuel n'est valable que dans son ensemble et peut donc être uniquement reproduit dans son intégralité. La publication seulement partielle de textes et d'images expose à un risque de transmission insuffisante d'informations, voire d'informations erronées. Leur transmission relève par conséquent de la seule responsabilité de l'utilisateur ou de l'exploitant.
- Ce manuel ne s'applique qu'en Suisse et tient compte des normes nationales spécifiques, ainsi que des avis techniques spécifiques aux produits.
- Le manuel actuel doit être utilisé. Une version actuelle est disponible sur : [www.schoeck.com/documentations/cf](http://www.schoeck.com/documentations/cf)

## Table des matières

<b>Pont thermique</b>	<b>7</b>
Aperçu des valeurs caractéristiques relatives à la physique du bâtiment	8
Traitement des ponts thermiques	9
Protection contre l'humidité	12
<b>Exigences</b>	<b>15</b>
Normes et cadres réglementaires	16
Coefficient de transmission thermique – valeurs $\psi$ et $\chi$	18
Facteur de température superficielle $f_{Rsi}$	19
Exigences Minergie	20
<b>Valeurs caractéristiques du produit</b>	<b>21</b>
Valeurs caractéristiques du produit : protection thermique	22
Valeurs caractéristiques du produit Schöck Isokorb®	24
Valeurs caractéristiques du produit Schöck Sconnex®	25
Valeurs caractéristiques du produit Schöck Isolink®	26
<b>Procédures de justification</b>	<b>27</b>
Procédure de justification relative à la protection thermique et au besoin de chaleur pour le chauffage	29
Procédure de justification relative au facteur de température superficielle $f_{Rsi}$	30
Procédure de justification relative aux ponts thermiques	31
Calcul de pont thermique avec Schöck	33
<b>Traitement des ponts thermiques</b>	<b>35</b>
Traitement des ponts thermiques avec Schöck Isokorb®	36
Traitement des ponts thermiques avec Schöck Sconnex®	38
Traitement des ponts thermiques avec Schöck Isolink®	42



# Protection thermique

## Aperçu des valeurs caractéristiques relatives à la physique du bâtiment

La liste suivante présente les indicateurs utilisés pour l'analyse des ponts thermiques.

$\lambda$ [W/(m·K)]	Conductivité thermique : capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Chaleur qui est transférée en 1 s dans 1 m <sup>3</sup> d'une couche de matière homogène, par Kelvin de différence de température.
$\lambda_{eq}$ [W/(m·K)]	Conductivité thermique équivalente : la conductivité thermique calculée ou équivalente est la conductivité thermique globale obtenue en prenant en compte tous les composants d'un Schöck Isokorb®. C'est une valeur de mesure de la performance d'isolation thermique du raccord.
$R_{eq}$ [m <sup>2</sup> ·K/W]	Résistance thermique équivalente : la résistance thermique est la résistance d'une longueur de matériau d'1 m pour le flux thermique par Kelvin de différence de température, pour une épaisseur du corps isolant de 80 ou 120 mm. $R_{eq} = d / \lambda_{eq}$
$U$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Coefficient de transmission thermique : débit du flux thermique à travers un élément de construction pour une différence de température de 1 Kelvin. $U = 1 / R$
$\psi$ [W/(m·K)]	Coefficient de transmission thermique linéique : le coefficient de transmission thermique linéique $\psi$ (valeur $\psi$ ) désigne la perte de chaleur supplémentaire par mètre courant d'un pont thermique linéaire.
$\chi$ [W/K]	Coefficient de transmission thermique ponctuel : le coefficient de transmission ponctuel $\chi$ (valeur $\chi$ ) désigne la perte de chaleur supplémentaire via un pont thermique ponctuel.
$\theta_{si,min}$ [°C]	Température de surface minimale : la température de surface minimale est la température de surface la plus basse dans la zone d'un pont thermique. Cette valeur détermine si de la condensation ou de la moisissure se forme au niveau d'un pont thermique. La température de surface minimale est donc une valeur caractéristique pour les effets d'un pont thermique sur l'humidité.
$f_{Rsi}$ [-]	Facteur de température superficielle : le facteur de température superficielle $f_{Rsi}$ est également utilisé comme valeur caractéristique pour les questions de protection contre l'humidité. Le facteur de température superficielle $f_{Rsi}$ est : $f_{Rsi} = (\theta_{si,min} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$

### 1 Valeurs caractéristiques propres aux projets

Les valeurs caractéristiques  $\theta_{si,min}$ ,  $f_{Rsi}$ , les valeurs  $\psi$  et les valeurs  $\chi$  dépendent des détails constructifs du pont thermique (géométrie et conductivité thermique des matériaux utilisés). La température de surface intérieure minimale et le facteur de température superficielle sont également influencés par les conditions ambiantes (température intérieure/extérieure). Plus la température de l'air extérieur ou intérieur est faible, plus la température de surface minimale est faible.

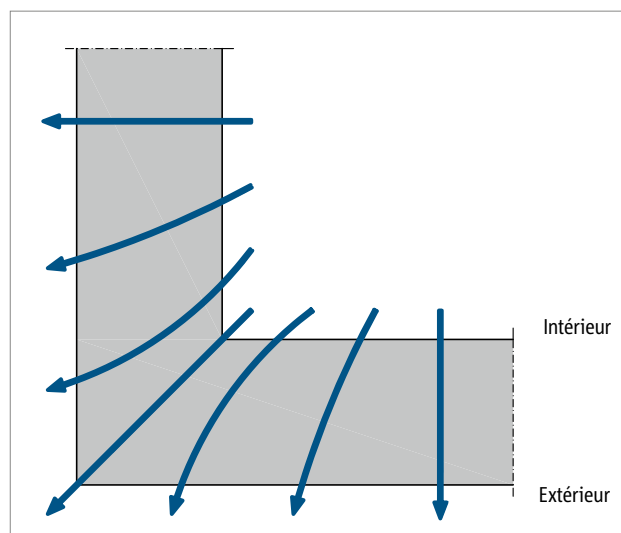
Ces valeurs caractéristiques ne sont pas des valeurs caractéristiques propres au produit. Elles doivent être déterminées individuellement pour chaque projet. Pour ce faire, nous mettons à votre disposition différents outils, comme notre calculateur de ponts thermiques ou notre logiciel psi-convert (voir page 33). Nos conseillers sont également présents pour vous assister (contact, voir page 3).



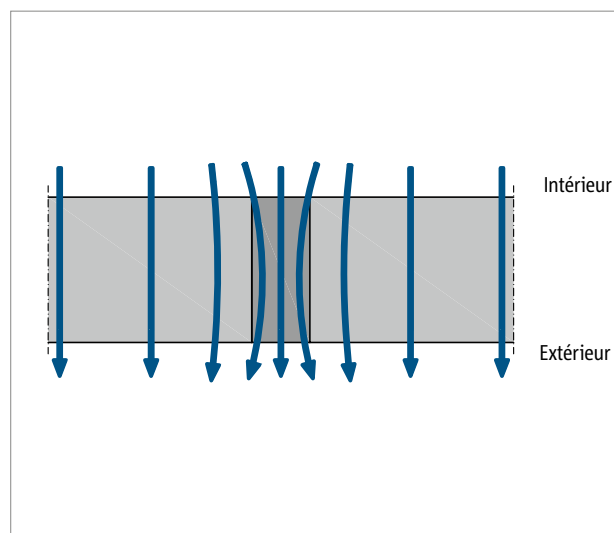
## Traitement des ponts thermiques

### Définition d'un pont thermique

Les ponts thermiques sont des zones locales d'éléments de construction dans l'enveloppe du bâtiment dans lesquelles les déperditions de chaleur sont plus importantes. Cette perte de chaleur accrue provient du fait que la partie de cet élément de construction diverge de sa forme plane courante (pont thermique géométrique) ou du fait que dans la partie concernée, des matériaux particulièrement conducteurs de chaleur sont présents localement (pont thermique lié au matériau).



Ill. 1: Pont thermique géométrique



Ill. 2: Pont thermique matériel

Les balcons, les coursives, les acrotères, les parapets et les avant-toits ainsi que les murs et les piliers doivent faire l'objet d'une attention particulière. En raison de leur forme et des matériaux utilisés, comme l'acier ou le béton, l'influence géométrique tout comme l'influence matérielle sont particulièrement importantes.

### Conséquences des ponts thermiques

Dans la zone du pont thermique, les déperditions thermiques locales accrues entraînent une diminution des températures de surface intérieures. Le risque de moisissure est nettement plus important dès que la température de surface chute sous la «température de moisissure»  $\Theta_s$  pendant une durée prolongée. Si des moisissures se sont formées dans la zone d'un pont thermique, les spores de moisissures libérées dans la pièce peuvent avoir des effets néfastes considérables sur la santé des habitants. Si la température de surface passe sous la température de point de rosée  $\Theta_r$ , alors l'humidité qui se trouve dans l'air ambiant se condense sur les surfaces froides sous forme d'eau de condensation.

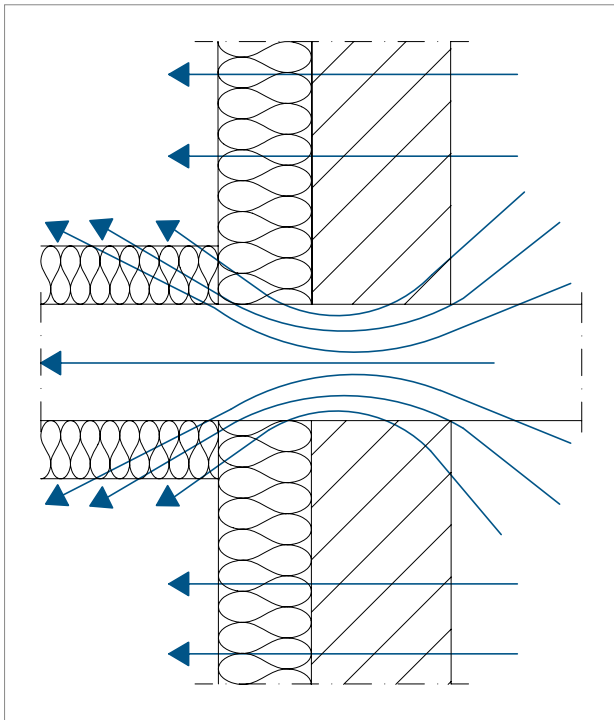
Les spores de moisissures ont un effet allergène et peuvent donc provoquer des réactions allergiques chez l'Homme (comme la sinusite, la rhinite et l'asthme). L'exposition quotidienne et sur une longue durée dans ces appartements implique un risque élevé de réactions allergiques chroniques.

Les conséquences des ponts thermiques se résument ainsi :

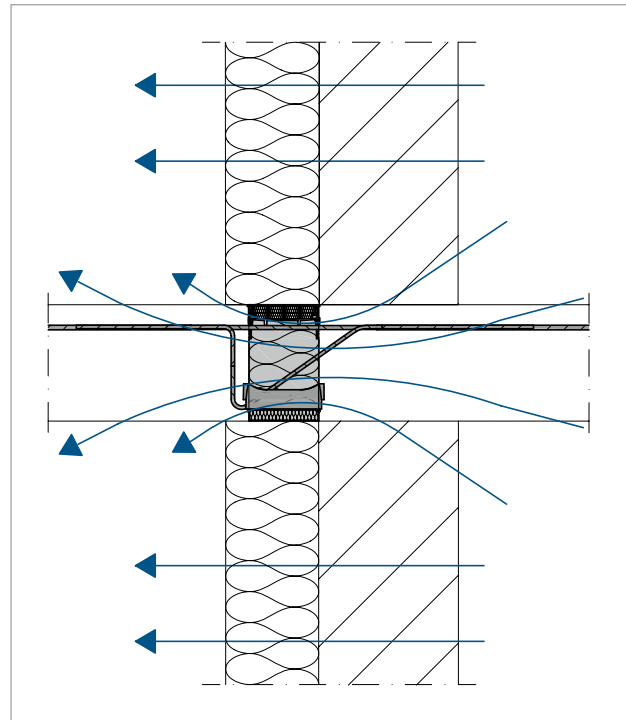
- Risque de formation de moisissures
- Risque pour la santé (allergies, etc.)
- Risque de condensation
- Pertes d'énergie de chauffage accrues

## Traitement des ponts thermiques

Pour les raisons mentionnées, il est important de respecter les exigences en matière de protection contre l'humidité et de protection thermique. Pour les balcons et les coursives, l'utilisation de consoles isolantes est une pratique communément admise en construction, qui permet de réduire les déperditions thermiques à leurs minimums.



Ill. 3: Déperdition thermique accrue pour les balcons ou les coursives avec une isolation périphérique



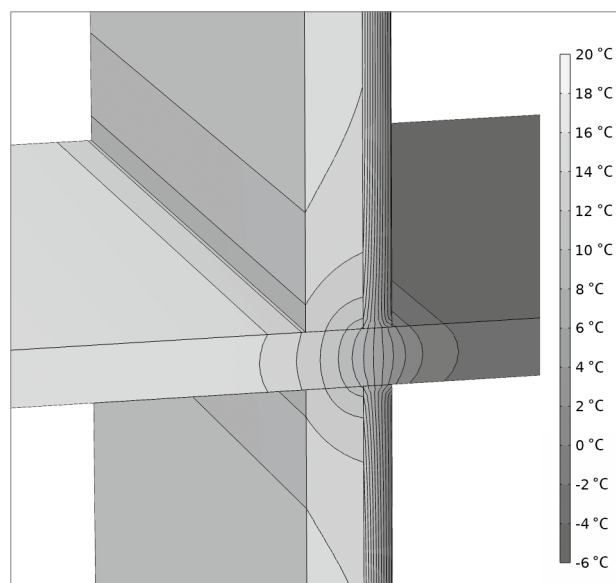
Ill. 4: Déperdition thermique minimisée pour les balcons ou les coursives avec consoles isolantes

## Ponts thermiques linéaires | Ponts thermiques ponctuels

### Ponts thermiques linéaires et valeur $\psi$

Les ponts thermiques linéaires engendrent un flux de chaleur linéaire plus élevé (zone thermiquement perturbée) que dans la section adjacente qui est isolée thermiquement (zone thermiquement non perturbée).

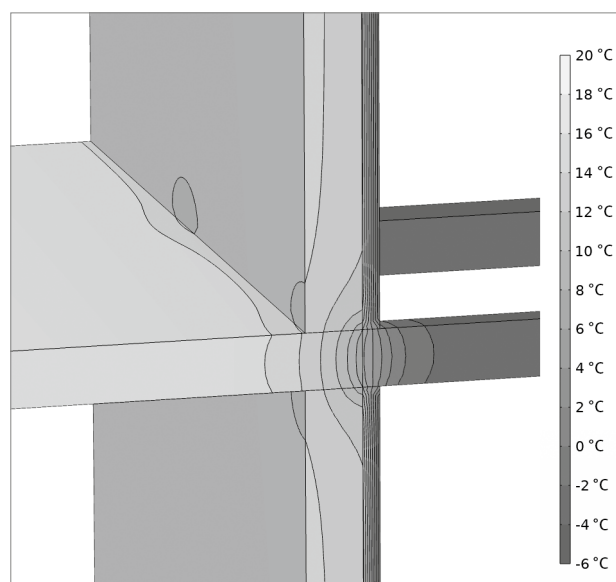
Les déperditions énergétiques, qui surviennent via un pont thermique linéaire, et apparaissant en plus de la zone non perturbée, sont représentées par le **coefficient de transmission thermique linéique  $\psi$**  (prononcé : psi).



### Ponts thermiques ponctuels et valeur $\chi$

Les ponts thermiques ponctuels sont des perturbations de l'enveloppe thermique limités localement, de sorte qu'ils n'apparaissent que ponctuellement. Parmi les exemples typiques, citons les poutres raccordées, les éléments de fixation comme les chevilles, les ancrages de façades suspendues et des poteaux qui traversent une couche d'isolation.

Les déperditions énergétiques via des ponts thermiques ponctuels sont déterminées par le **coefficient de transmission thermique ponctuel  $\chi$**  (prononcé : chi).



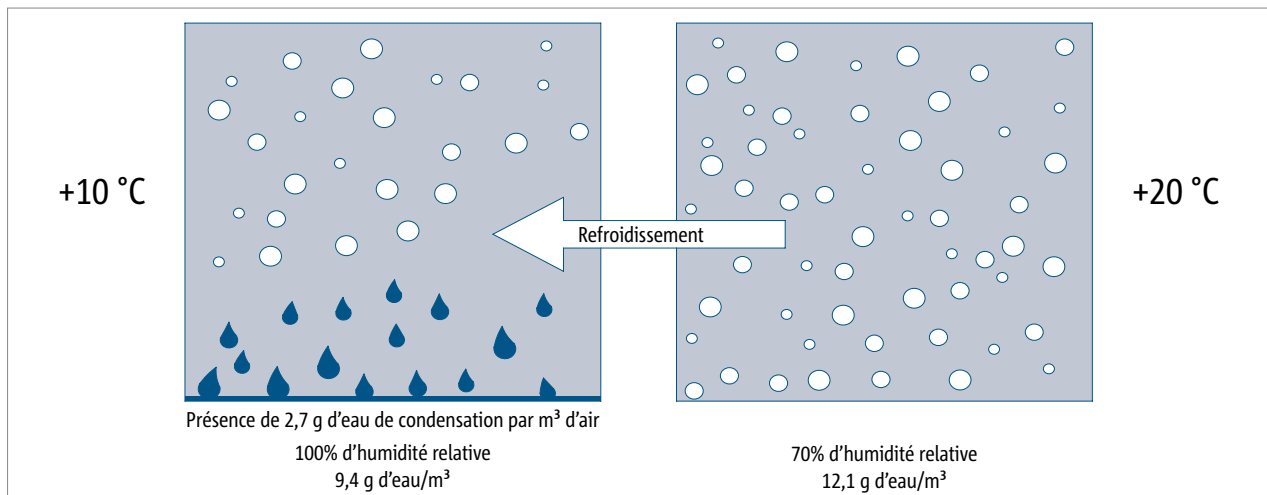
La détermination détaillée de ces valeurs caractéristiques par le calcul n'est possible que par le biais d'un calcul thermique aux éléments finis (calcul FE) du pont thermique concrètement étudié. Pour ce faire, la géométrie de la construction au niveau du pont thermique est reproduite, de pair avec la conductivité thermique des matériaux employés, dans un programme de modélisation aux éléments finis. Les conditions limites à appliquer lors du calcul et de la modélisation sont définies par la norme SN EN ISO 10211.

En plus des valeurs caractéristiques quantitatives, le calcul aux éléments finis fournit également une représentation de la répartition de la température à l'intérieur de la construction. Une représentation du flux thermique via des lignes de flux thermique ou des isothermes est alors généralement choisie. La représentation avec des lignes de flux thermique montre par quelle voie la chaleur s'échappe de la construction, ce qui permet de bien identifier les points faibles thermiques du pont thermique. Les isothermes sont des lignes ou des surfaces de même température et indiquent la dispersion de la chaleur à l'intérieur du composant calculé (voir illustrations ci-dessus). Les lignes de flux thermique et les isothermes sont toujours parallèles.

## Protection thermique et protection contre l'humidité sont étroitement liées

La déperdition thermique supplémentaire locale dans des zones de ponts thermiques entraîne des températures de surface faibles. C'est pourquoi la protection thermique est également inévitablement liée à la protection contre l'humidité.

L'air chaud peut absorber davantage d'humidité que l'air froid. En cas de températures de surface basses dans la zone des ponts thermiques, l'eau de condensation peut alors apparaître sur les surfaces froides ou de la moisissure peut se former. Les conséquences peuvent représenter un risque pour la structure du bâtiment et la santé.

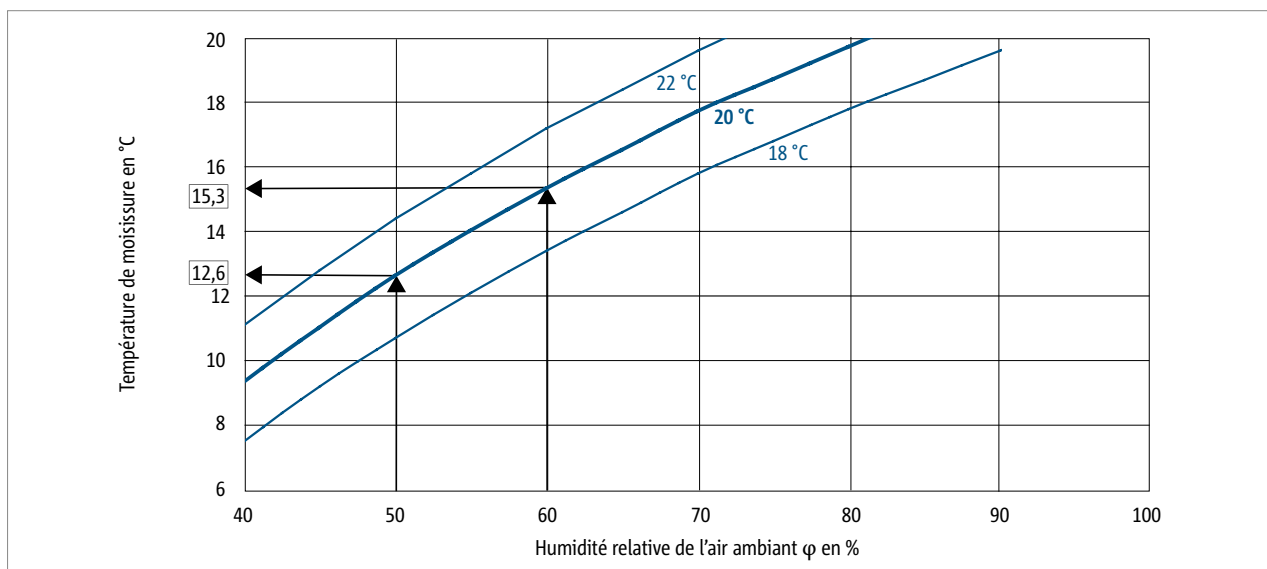


Ill. 5: Formation de condensation par refroidissement de l'air

De la condensation se forme quand l'air est refroidi de sorte que la saturation en vapeur d'eau est atteinte (humidité relative de l'air atteignant 100%). L'apparition à court terme d'eau de condensation à la surface est autorisée si elle n'entraîne pas de dommages.

Pour la croissance de moisissures, il n'est toutefois pas nécessaire que de l'eau de condensation se forme, l'humidité relative critique à la surface des éléments de construction se situe ici déjà à 80%. C'est pourquoi l'exigence pour les ponts thermiques linéaires et ponctuels est basée sur la température de surface intérieure minimale, qui, dans des conditions ambiantes précises, conduit à cette humidité de surface.

Pour une humidité relative de 80% dans la zone du pont thermique et une humidité relative de 50% de l'air ambiant à 20°C, la température dite de formation de moisissures est de 12,6°C. C'est la raison pour laquelle la température de surface minimale pour éviter les moisissures ne doit pas être inférieure à 12,6°C. Si l'air ambiant à 20°C présente une humidité relative différente, par exemple de 60%, la température critique pour la formation de moisissures est de 15,3°C.



Ill. 6: Dépendance de la température de moisissure par rapport à l'humidité de l'air et à la température ambiante

## Température de surface intérieure $\theta_{si}$ | Facteur de température superficielle $f_{Rsi}$

### Température de surface intérieure $\theta_{si}$

La température de surface intérieure  $\theta_{si}$  dépend de la température extérieure, des matériaux de construction et de la température intérieure. Elle donne des informations indirectes concernant la conductivité thermique d'un élément de construction. Si la température de surface intérieure est faible malgré des températures intérieures élevées, on peut en déduire qu'une grande quantité d'énergie thermique est conduite vers l'extérieur via l'élément de construction.

Les températures de surface les plus basses apparaissent dans la zone de ponts thermiques. On parle alors de la température de surface minimale  $\theta_{si,min}$ . La valeur de la température de surface minimale est déterminante lorsqu'il s'agit de savoir si de la condensation se forme ou si des moisissures se développent au niveau d'un pont thermique. La température de surface minimale est également une valeur caractéristique des effets relatifs à l'humidité d'un pont thermique.  $\theta_{si,min}$  dépend donc directement de la structure constructive d'un pont thermique (géométries et conductivité thermique des matériaux formant le pont thermique).

### Facteur de température superficielle $f_{Rsi}$

Le facteur de température superficielle décrit la qualité d'isolation thermique des éléments de construction extérieurs et représente une valeur caractéristique pour évaluer le risque de formation de moisissures sur une construction.

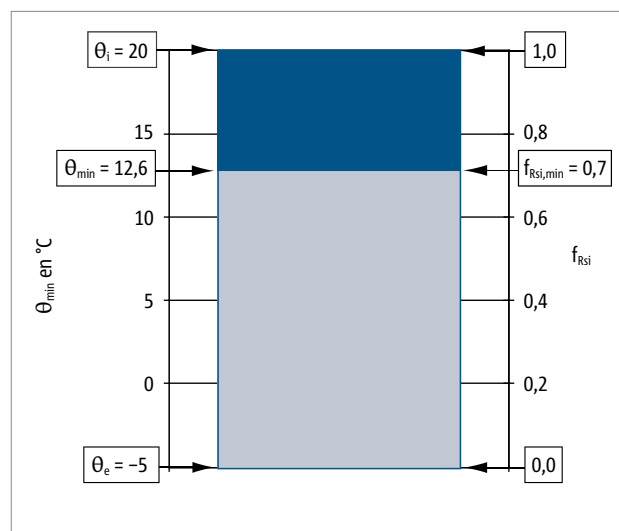
Le facteur de température superficielle  $f_{Rsi}$  est la différence de température entre la température de surface intérieure et la température de l'air extérieure ( $\theta_{si} - \theta_e$ ) rapportée à la différence de température entre l'air intérieur et extérieur ( $\theta_i - \theta_e$ ) :

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

La valeur  $f_{Rsi}$  est une valeur relative et présente donc l'avantage qu'à partir d'une différence de température suffisante entre l'intérieur et l'extérieur ou en se référant au climat de référence, elle ne dépend plus que de la construction du pont thermique, et non pas, comme  $\theta_{si,min}$ , des températures de l'air extérieur et de l'air intérieur appliquées.

Si on admet qu'à 12,6 °C, une humidité relative de l'air de 80% est atteinte (valeur initiale : 20 °C avec h.r. de 50%) et que la température extérieure est de -5 °C, on obtient une valeur  $f_{Rsi}$  de 0,7.

$$f_{Rsi} = \frac{12,6 - (-5)}{20,0 - (-5)} = \frac{17,6}{25,0} = 0,7$$



Ill. 7: Relation entre la température de surface minimale et la valeur  $f_{Rsi,min}$



# Exigences

## Normes et cadres réglementaires

Depuis l'introduction des normes SIA 180 et SIA 380/1 en 1988, les exigences thermiques relatives aux bâtiments sont de plus en plus strictes. Cette évolution s'inscrit avant tout dans un contexte d'économies d'énergie et de protection du climat. De nouvelles connaissances, notamment dans le domaine du confort des utilisateurs et de l'absence de dommages à la construction, ont également contribué au développement de ces normes.

La prise en compte des ponts thermiques implique des exigences sous deux aspects.

D'une part, du point de vue de la physique du bâtiment, la température de surface intérieure sur un pont thermique doit toujours dépasser les valeurs qui entraînent une condensation (présence d'humidité) ou favorisent nettement la prolifération de moisissures (humidité de l'air accrue à la surface). Les exigences en termes de protection contre l'humidité sont décrites dans la norme SIA 180.

D'autre part, du point de vue énergétique, les pertes thermiques provoquées par des ponts thermiques doivent être limitées. La norme SIA 380/1 définit les différentes méthodes de calcul du besoin thermique et ainsi, la prise en compte des ponts thermiques dans le bilan énergétique des bâtiments. Les standards de construction plus performants, tels que Minergie ou Passivhaus, sont souvent soumis à des exigences plus strictes

Dans le cadre d'un justificatif par performance globale, les exigences relatives à l'enveloppe des bâtiments sont définies alternativement comme valeurs limites ou valeurs cibles pour le calcul du besoin en énergie de chauffage. Dans le cadre d'un justificatif par performances ponctuelles, des valeurs limites sont définies pour les coefficients de transmission thermique (valeurs  $U$ ,  $\psi$  et  $\chi$ ). Pour les justificatifs par performance globale, il convient de vérifier séparément si les éléments de construction individuels satisfont aux exigences de la norme SIA 380/1, chiffre 2.4.

Les exigences relatives aux ponts thermiques, qui sont disponibles dans les versions actuelles des normes SIA 180, SIA 380/1 ou dans le MoPEC (Modèle de prescriptions énergétiques des cantons), sont brièvement décrites ci-après. Les procédures de justification sont expliquées en détail au chapitre suivant.

### SIA 180:2014

#### Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments

La norme SIA 180 vise à garantir un climat intérieur agréable et éviter les dommages structurels. La norme décrit les concepts et les exigences qui permettent d'atteindre ces objectifs dans le cadre d'utilisations et d'entretiens normaux du bâtiment. Un climat intérieur agréable doit d'abord être garanti avec des différentes mesures de construction. Lorsque les installations techniques sont éteintes, le bâtiment doit être au moins aussi confortable thermiquement que l'espace extérieur. Un concept de ventilation doit être établi et il doit justifier comment assurer une bonne qualité de l'air. De même, il doit être expliqué comment éviter les dommages structurels causés par l'humidité et les faibles températures. Les exigences en matière d'isolation thermique sont décrites, en particulier le traitement des ponts thermiques de manière à éviter la condensation et les moisissures.

### SIA 380/1:2016

#### Besoins de chaleur pour le chauffage

La norme SIA 380/1 décrit l'établissement du bilan des besoins de chaleur pour le chauffage. La norme vise l'utilisation modérée et économique de l'énergie pour le chauffage intérieur des bâtiments. Elle contribue ainsi à une construction écologique. La révision a été effectuée en étroite collaboration avec les auteurs du MoPEC 2014. Les deux documents poursuivent le même objectif et les contradictions ont été éliminées. Certaines parties du contenu ont été ajustées dans le cadre d'un contrôle périodique de la norme. Les principales nouveautés concernent les pertes thermiques par ventilation et la modification de la définition de l'enveloppe thermique du bâtiment selon SIA 380/1.

### MoPEC

#### Modèle de prescriptions énergétiques des cantons

Le MoPEC constitue un ensemble de prescriptions énergétiques élaborées conjointement par les cantons sur la base de leurs expériences en matière d'exécution dans le domaine du bâtiment. Ces prescriptions sont le dénominateur commun des cantons. Elles ont pour objectif d'assurer une grande harmonisation dans le domaine des prescriptions énergétiques cantonales, simplifiant le travail des maîtres d'ouvrage et des professionnels actifs dans plusieurs cantons. Le recours à des aides à l'application et à des formulaires, élaborés eux aussi conjointement, permet de renforcer cette harmonisation.



## Normes et cadres réglementaires

### Labels et normes

En plus des normes, il existe également des labels qui définissent des standards de construction plus performants, comme Minergie. Leur application est facultative.

Minergie est un standard de construction suisse créée en 1998 et destinée aux bâtiments neufs et à rénover. La marque est portée par l'économie, les cantons et l'État fédéral. Elle est également protégée de toute utilisation abusive.

La priorité va au confort, à l'efficacité et au maintien de la valeur. Le confort est rendu possible grâce à une enveloppe de bâtiment haut de gamme et un renouvellement systématique de l'air, une protection thermique supérieure à la moyenne et une assurance-qualité complète. Les constructions Minergie se distinguent également par un faible besoin en énergie et une part maximale d'énergies renouvelables.

### Choix du mode de justification

Les exigences en matière de ponts thermiques dépendent de la procédure de justification sélectionnée par le planificateur.

La législation laisse le libre choix du mode de justification, à savoir la justification par performances ponctuelles ou par performance globale, à deux exceptions près: En présence de façades rideaux ou lorsque le taux de transmission d'énergie globale des vitrages est inférieur à 0,3, la justification par performances ponctuelles ne peut être utilisée (cf. norme SIA 380/1, chiffre 2.2.1.4).

Les ponts thermiques doivent être traités selon les méthodes de calcul définies par la norme SIA. Pour ce faire, plusieurs outils sont disponibles, par exemple la check-list des ponts thermiques ([www.endk.ch](http://www.endk.ch)) ou le catalogue de ponts thermiques de l'office fédéral de l'énergie (OFEN). Ils contiennent des explications ainsi que des données importantes pour une justification correcte. Les fabricants mettent également des catalogues ou des outils à disposition. Dans la justification par performance globale, les ponts thermiques doivent être intégrés selon la norme SIA 380/1.

### Justification par performances ponctuelles

La justification par performances ponctuelles fixe les valeurs U maximales admises pour chaque élément de construction. Cette procédure est plus simple que le calcul du besoin de chaleur de la justification par performance globale, mais il impose généralement des exigences plus strictes à chaque élément de construction. Si les seuils de certaines valeurs U individuelles et/ou de ponts thermiques ne peuvent être respectés, une justification par performance globale sera nécessaire.

### Justification par performance globale

La norme SIA 380/1 constitue la base pour optimiser techniquement et économiquement l'isolation thermique de l'enveloppe d'un bâtiment. Seul l'objectif global est défini par la performance globale requise. Les valeurs U des différents éléments de construction peuvent être choisies librement – en respectant les limites imposées par la physique du bâtiment (voir norme SIA 380/1, chiffre 0.3.4).

La justification par performance globale offre une marge pour la planification d'une solution économique.

## Coefficient de transmission thermique – valeurs $\psi$ et $\chi$

### Justification par performances ponctuelles pour bâtiments neufs

Il convient d'accorder une attention particulière à une conception limitant les ponts thermiques afin de maintenir la somme des pertes de chaleur par transmission à un niveau le plus faible possible. (selon SIA 380/1 – chiffre 2.2.3.1).

Les coefficients de transmission thermique des ponts thermiques linéaires et ponctuels dépendent des valeurs U des éléments de construction de surface avoisinant ; les valeurs  $\psi$  et  $\chi$  sont généralement élevées lorsque les valeurs U sont faibles. Concernant les performances ponctuelles, les ponts thermiques peuvent être déterminés avec les valeurs limites pour les coefficients de transmission thermique  $U_{ti}$  selon le tableau 2. De cette manière, les valeurs U de projet plus basses ne sont pas désavantagées par rapport aux valeurs limites du tableau 2.

Les exigences suivantes s'appliquent aux bâtiments neufs et aux nouveaux éléments de construction dans le cadre de transformations et de changements d'affectation (tableau 2, SIA 380/1) :

### Valeurs limites pour des coefficients de transmission thermique surfaciques à une température ambiante de 20 °C

Pièce	Valeurs limites $U_{ti}$ en W/(m <sup>2</sup> ·K)	
	Élément de construction contre	
	l'extérieur ou jusqu'à 2 m sous terre	Zones non chauffées ou plus de 2 m sous terre
Éléments de construction opaques (toit, dalle, mur, sol)	0,17	0,25
Fenêtre, portes-fenêtres	1,0	1,3
Portes	1,2	1,5
Portes (selon la norme SIA 343)	1,7	2,0
Caissons de store	0,50	0,50

En cas d'application des performances ponctuelles, les valeurs limites ci-dessous s'appliquent aux ponts thermiques (tableau 5, SIA 380/1).

### Valeurs limites pour des coefficients de transmission thermique linéiques pour les bâtiments neufs

Coefficient linéique de transmission thermique $\psi$	Valeur limite $\psi_{li}$ en W/(m·K)
Type 1: partie saillante telles que balcon, avant-toit	0,30
Type 2: interruption de l'isolation thermique par des parois, des dalles ou des plafonds	0,20
Type 3: interruption de l'enveloppe isolante vers les arêtes horizontales ou verticales	0,20
Type 5: appui de fenêtre contre mur	0,15

### Valeurs limites pour des coefficients de transmission thermique ponctuels pour les bâtiments neufs

Coefficient ponctuel de transmission thermique $\chi$	Valeur limite $\chi_{li}$ en W/K
Type 6: élément ponctuel traversant l'isolation thermique	0,30

### Justification par performance globale pour bâtiment neuf

Avec la justification par performance globale, il n'existe pas de limites directes en matière de ponts thermiques. Les exigences relatives aux ponts thermiques résultent indirectement de la consigne selon laquelle les besoins de chaleur pour le chauffage ne doivent pas dépasser une certaine valeur limite, en tenant compte de différents paramètres (y compris les déperditions de chaleur par les ponts thermiques)

Même si aucune valeur limite directe n'est définie, le planificateur utilise les valeurs les plus réalistes possibles pour les coefficients de transmission thermique des ponts thermiques (valeurs  $\psi$  et  $\chi$ ) avec la justification par performance globale. Ces valeurs de référence sont souvent tirées du catalogue de ponts thermiques de l'OFEN.

### 1 Vérification des valeurs limites

Il incombe à la direction de travaux de vérifier que l'exécution est conforme à la planification. Elle doit donc s'assurer que les produits installés respectent les valeurs limites ou les valeurs planifiées.

## Facteur de température superficielle $f_{RSi}$

Afin de garantir la protection contre l'humidité, des valeurs limites sont définies pour la température minimale de surface ou le facteur de température superficielle conformément à la norme SIA 180:2014.

Conformément au chiffre 6.2.1.1, la construction doit être dimensionnée comme suit :

- la condensation superficielle n'apparaît en aucun endroit
- le risque de contamination par des moisissures n'existe en aucun endroit.

Cela doit toujours être garanti, indépendamment de la vérification du besoin de chaleur pour le chauffage. Conformément au chiffre 6.2.1.2, l'apparition momentanée d'eau de condensation en surface est tolérée, si elle n'entraîne aucun dégât.

En cas d'humidité ambiante exceptionnellement élevée ou de ponts thermiques importants, les valeurs limites concernant  $f_{RSi}$  doivent être justifiées par le calcul dans le justificatif.

Avec la vérification simplifiée, le facteur de température superficielle  $f_{RSi}$  doit être supérieur ou égal aux valeurs limites indiquées selon l'annexe F de la norme SIA 180.

Les valeurs limites concernant  $f_{RSi}$  sont définies en fonction du lieu pour les justificatifs concernant l'absence de moisissures et la prévention contre le risque de condensation.

Humidité de l'air intérieur		Humidité de l'air intérieur non contrôlée Facteur de sécurité 1,25			Humidité de l'air intérieur constante de 50 % Marge de sécurité de 5%		
Prévention contre		Moisissures		Condensation	Moisissures		Condensation
Station	Altitude m	$f_{RSi,min}$	Mois critique	$f_{RSi,min}$	$f_{RSi,min}$	Mois critique	$f_{RSi,min}$
Adelboden	1320	<b>0,70</b>	<b>Mars</b>	<b>0,61</b>	<b>0,72</b>	<b>Janvier</b>	<b>0,74</b>
Aigle	381	<b>0,70</b>	<b>Avril</b>	<b>0,60</b>	<b>0,69</b>	<b>Janvier</b>	<b>0,72</b>
Altdorf	449	<b>0,72</b>	<b>Avril</b>	<b>0,60</b>	<b>0,69</b>	<b>Janvier</b>	<b>0,70</b>
Basel-Binningen	316	<b>0,71</b>	<b>Avril</b>	<b>0,60</b>	<b>0,68</b>	<b>Janvier</b>	<b>0,73</b>
Bern-Liebefeld	565	<b>0,71</b>	<b>Avril</b>	<b>0,60</b>	<b>0,71</b>	<b>Janvier</b>	<b>0,73</b>
Buchs-Aarau	387	<b>0,70</b>	<b>Avril</b>	<b>0,61</b>	<b>0,70</b>	<b>Janvier</b>	<b>0,73</b>
Chur	555	<b>0,73</b>	<b>Avril</b>	<b>0,61</b>	<b>0,70</b>	<b>Janvier</b>	<b>0,74</b>
Davos	1590	<b>0,70</b>	<b>Avril</b>	<b>0,62</b>	<b>0,76</b>	<b>Janvier</b>	<b>0,76</b>
Disentis	1190	<b>0,71</b>	<b>Avril</b>	<b>0,61</b>	<b>0,72</b>	<b>Janvier</b>	<b>0,75</b>

Ill. 8: Extrait du tableau annexe F, SIA 180 Correctif C1:2015, page 8

## Exigences Minergie

Le standard Minergie a été introduit en Suisse en 1998 et représente actuellement le principal standard énergétique pour les maisons à faible consommation d'énergie. Dans ce contexte, les exigences en matière de qualité, de confort et de besoins énergétiques des bâtiments sont très élevées. Au cours du temps, le standard Minergie a été étendu.

Aujourd'hui, l'indice Minergie dans la catégorie normale ne doit pas dépasser 55 kWh/m<sup>2</sup>a. Il tient compte de la qualité de l'enveloppe du bâtiment, de la domotique, des appareils et de l'éclairage, de l'approvisionnement énergétique renouvelable et de l'électricité produite en interne (énergie finale pondérée). Le tableau suivant rassemble les principales exigences. Pour une vue d'ensemble précise, voir [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch).

### Extrait des exigences selon Minergie, version d'octobre 2020

	Minergie	Minergie-P	Minergie-A
Exigence principale : indice Minergie pour bâtiment neuf Immeuble collectif/Maison individuelle	55 kWh/m <sup>2</sup> a	50 kWh/m <sup>2</sup> a	35 kWh/m <sup>2</sup> a
Exigence supplémentaire : besoin en chaleur de chauffage pour bâtiment neuf conformément à la loi (MoPEC 2014)	100% de la valeur limite bâtiment neuf $Q_{h,li}$ selon MoPEC 2014	70% de la valeur limite bâtiment neuf $Q_{h,li}$ selon MoPEC 2014	100% de la valeur limite bâtiment neuf $Q_{h,li}$ selon MoPEC 2014
Exigence supplémentaire pour la technique du bâtiment : besoin en énergie finale sans photovoltaïque	35 kWh/m <sup>2</sup> a	35 kWh/m <sup>2</sup> a	35 kWh/m <sup>2</sup> a
Possibilités de combinaison	Complément avec les produits supplémentaires ECO, possibilité de reconnaissance avec une certification selon SNBS	Complément avec les produits supplémentaires ECO, double certification avec Minergie-A, possi- bilité de reconnaissance avec une certification selon SNBS	Complément avec les produits supplémentaires ECO, double certification avec Minergie-P, possibilité de reconnaissance avec une certification selon SNBS
Assurance-qualité	Confirmation d'achèvement plus procès-verbal de mise en service pour la production de chaleur et la ventilation, 20% de vérifications aléatoires, complément avec SQM Construction et SQM Exploitation	Confirmation d'achèvement plus procès-verbal de mise en service pour la production de chaleur et la ventilation, procès-verbal du test d'étanchéité à l'air (Blower-door), 20% de vérifications aléatoires, complément avec SQM Construc- tion et SQM Exploitation	Confirmation d'achèvement plus procès-verbal de mise en service pour la production de chaleur et la ventilation, procès-verbal du test d'étanchéité à l'air (Blower-door), 20% de vérifications aléatoires, complément avec SQM Construc- tion et SQM Exploitation

Ces exigences ne peuvent être respectées qu'en accordant une grande attention à l'exécution des détails. Il convient d'accorder une attention particulière à l'étanchéité à l'air et à l'exécution de ponts thermiques en évitant les déperditions thermiques causées par des défauts d'étanchéité ainsi qu'en utilisant des composants adaptés aux réalisations à faible consommation d'énergie (éléments de construction haut de gamme).

Ainsi, pour atteindre l'exigence pour les constructions Minergie-P, il faut par exemple une valeur U qui tend vers 0,1 W/m<sup>2</sup>K pour les éléments de construction en contact avec l'extérieur. Plus l'enveloppe du bâtiment est performante, plus les ponts thermiques sont importants.

# **Valeurs caractéristiques du produit**

## Valeurs caractéristiques du produit : protection thermique

### Valeurs caractéristiques pour la description des ponts thermiques d'éléments de construction saillants

Plusieurs paramètres sont utilisés pour décrire les effets d'un pont thermique. La propriété d'un Schöck Isokorb® empêchant le transfert de chaleur est quantifiée par sa conductivité thermique équivalente  $\lambda_{eq}$ . Il s'agit d'une valeur caractéristique propre au produit, comme la résistance thermique équivalente  $R_{eq}$  qui en découle, qui tient également compte de l'épaisseur du corps isolant d'un Schöck Isokorb®. Elle peut être utilisée pour comparer des produits possédant la même épaisseur de corps isolant.

Valeur caractéristique du produit	Valeur caractéristique	Type de pont thermique
Conductivité thermique équivalente	$\lambda_{eq}$	Éléments de construction saillants, comme des balcons et des attiques, exécutés avec Schöck Isokorb®
Résistance thermique équivalente	$R_{eq}$	

### Conductivité thermique $\lambda_{eq}$

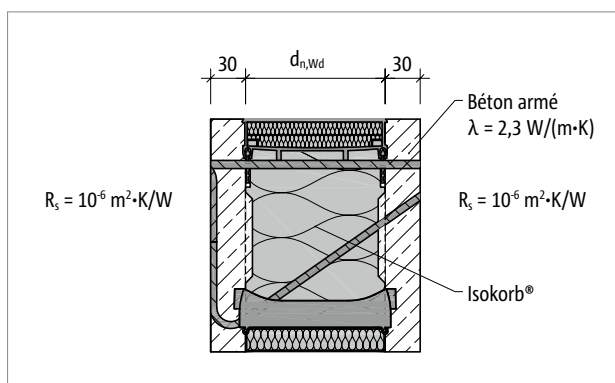
La conductivité thermique équivalente  $\lambda_{eq}$  correspond à la conductivité thermique globale de tous les composants de l'élément Schöck Isokorb® et constitue une valeur servant à quantifier la performance d'isolation thermique du raccordement pour une épaisseur de corps isolant définie. Plus  $\lambda_{eq}$  est petite, plus la capacité d'isolation thermique de console isolante est grande. Les valeurs  $\lambda_{eq}$  sont déterminées par des calculs des ponts thermiques et étant donné que chaque produit a une géométrie et des composants particuliers, il résulte une valeur unique pour chaque élément Schöck Isokorb®.

La méthode de calcul pour déterminer la valeur  $\lambda_{eq}$  a été validée dans l'agrément technique européen (European Technical Assessment – ETA) sur la base du document européen d'évaluation (European Assessment Document – EAD) concernant les éléments structuraux et isolants et par conséquent pour l'élément Schöck Isokorb®.

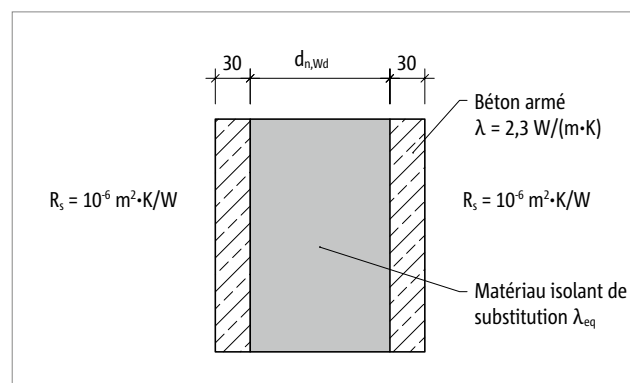
Des logiciels de ponts thermiques courants sur le marché permettent d'effectuer un calcul à l'aide des conditions thermiques limites (selon SN EN ISO 6946). Les températures de surface  $\Theta_{si}$ , et donc le facteur de température superficielle  $f_{Rsi}$ , peuvent être alors calculés en plus des déperditions thermiques des ponts thermiques (valeur  $\psi$ ).

La conductivité thermique équivalente  $\lambda_{eq}$  peut être utilisée pour des calculs détaillés de ponts thermiques pour les justifications SIA, Minergie ou encore Passivhaus, aussi bien en 2D qu'en 3D.

L'illustration ci-dessous montre comment, selon l'EAD, on détermine un corps isolant de substitution qui, avec une valeur  $\lambda_{eq}$  modélisée entre deux plaques de béton de 30 mm d'épaisseur, présente la même conductivité thermique que le produit complet également considéré entre ces deux mêmes plaques de béton.

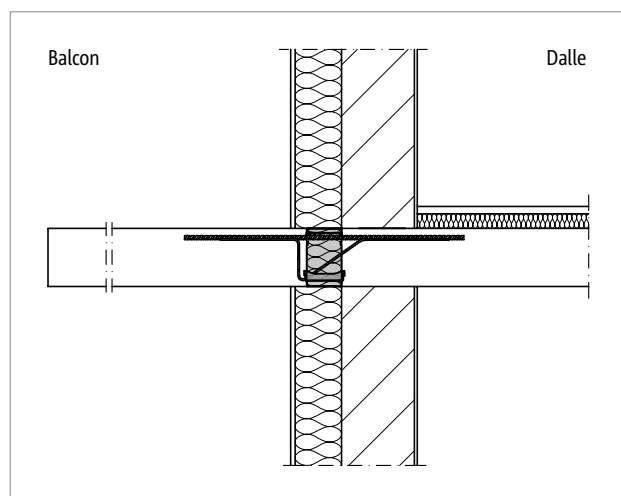


Ill. 9: Produit complet Schöck Isokorb® ; pris en compte entre deux plaques de béton

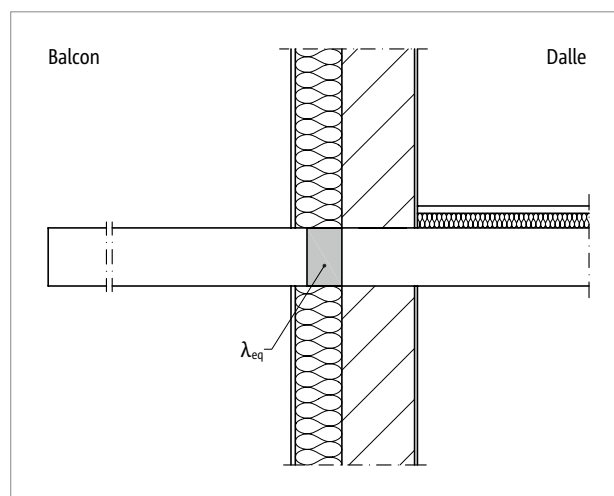


Ill. 10: Matériau isolant de substitution selon EAD ; pris en compte entre deux plaques de béton

## Valeurs caractéristiques du produit : protection thermique



Ill. 11: Représentation d'un schéma en coupe avec modèle Schöck Isokorb® détaillé



Ill. 12: Représentation d'un schéma en coupe avec matériau isolant de remplacement simplifié

### Résistance thermique équivalente $R_{eq}$

La résistance thermique équivalente désigne la résistance qu'oppose un matériau d'une certaine épaisseur au flux thermique pour une différence de température de 1 °K sur une surface de 1 m<sup>2</sup>. R est calculée en divisant l'épaisseur du matériau par sa conductivité thermique. Il en va de même pour la résistance thermique équivalente  $R_{eq}$  d'un produit :

$$R_{eq} = \frac{d}{\lambda_{eq}} \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$$

$R_{eq}$  prend donc en compte l'épaisseur de l'isolant d'un produit, contrairement à  $\lambda_{eq}$ . En conséquence :

- Les produits possédant la même épaisseur et la même hauteur d'isolant peuvent être directement comparés via la valeur  $\lambda_{eq}$  ou  $R_{eq}$ .
- Des produits avec une épaisseur d'isolant différente doivent être comparés via la valeur  $R_{eq}$ .

## Valeurs caractéristiques du produit Schöck Isokorb®

### Valeurs caractéristiques du produit Schöck Isokorb®

Dans les documents intitulés «Valeurs caractéristiques de la physique du bâtiment» des différentes gammes de produits Isokorb®, vous trouverez les valeurs caractéristiques actuelles  $\lambda_{eq}$  et  $R_{eq}$  pour chaque modèle de produit. Vous trouverez ces documents sous :

[www.schoeck.com/download-physique-du-batiment/cf](http://www.schoeck.com/download-physique-du-batiment/cf)

Donné à titre d'exemple, le tableau suivant est extrait du document «Valeurs caractéristiques de la physique du bâtiment Schöck Isokorb® T pour constructions en béton armé».

T type KL	M1-V1		M2-V1		M3-V1		M4-V1		M5-V1		M6-V1	
H [mm]	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$
160	0,769	0,104	0,734	0,109	0,702	0,114	0,588	0,136	0,571	0,140	0,497	0,161
170	0,808	0,099	0,769	0,104	0,734	0,109	0,620	0,129	0,597	0,134	0,523	0,153
180	0,833	0,096	0,800	0,100	0,762	0,105	0,645	0,124	0,625	0,128	0,548	0,146
190	0,870	0,092	0,825	0,097	0,800	0,100	0,672	0,119	0,650	0,123	0,571	0,140
200	0,909	0,088	0,860	0,093	0,816	0,098	0,708	0,113	0,678	0,118	0,593	0,135
210	0,930	0,086	0,899	0,089	0,851	0,094	0,734	0,109	0,708	0,113	0,620	0,129
220	0,964	0,083	0,930	0,086	0,889	0,090	0,755	0,106	0,734	0,109	0,640	0,125
230	1,000	0,080	0,952	0,084	0,920	0,087	0,784	0,102	0,755	0,106	0,661	0,121
240	1,026	0,078	0,976	0,082	0,941	0,085	0,808	0,099	0,784	0,102	0,684	0,117
250	1,053	0,076	1,013	0,079	0,964	0,083	0,825	0,097	0,808	0,099	0,714	0,112
260	1,067	0,075	1,039	0,077	0,988	0,081	0,851	0,094	0,825	0,097	0,734	0,109
270	1,096	0,073	1,053	0,076	1,026	0,078	0,889	0,090	0,842	0,095	0,755	0,106
280	1,127	0,071	1,081	0,074	1,039	0,077	0,909	0,088	0,870	0,092	0,777	0,103
290	1,143	0,070	1,096	0,073	1,053	0,076	0,930	0,086	0,899	0,089	0,792	0,101
300	1,176	0,068	1,127	0,071	1,081	0,074	0,941	0,085	0,930	0,086	0,816	0,098

### Info

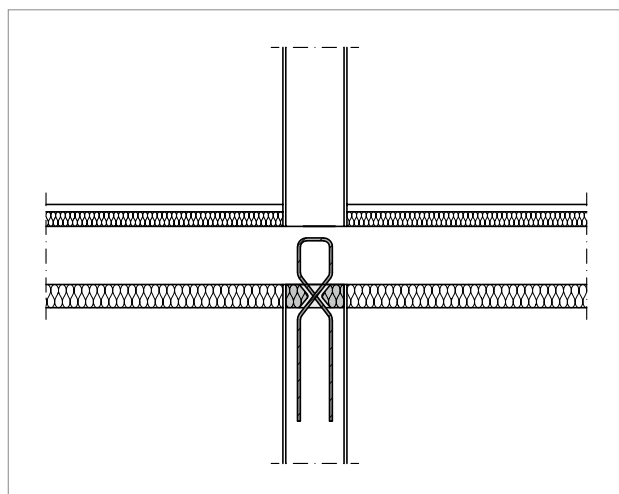
$\psi$ ,  $\chi$ ,  $\theta_{si,min}$  et  $f_{Rsi}$  sont toujours déterminées pour un pont thermique spécifique, c'est-à-dire une certaine construction dans laquelle un Isokorb® est intégré. Ces valeurs dépendent donc toujours de la construction et des matériaux présents, tandis que  $\lambda_{eq}$  et  $R_{eq}$  décrivent la performance thermique d'un Schöck Isokorb®. La transmission thermique via le pont thermique est également modifiée (et ainsi les valeurs  $\psi$ ,  $\chi$ ,  $\theta_{si,min}$  et  $f_{Rsi}$ ) lorsque les propriétés du détail en question sont modifiées, comme par exemple le modèle d'Isokorb® ou encore l'épaisseur de l'isolation de façade.



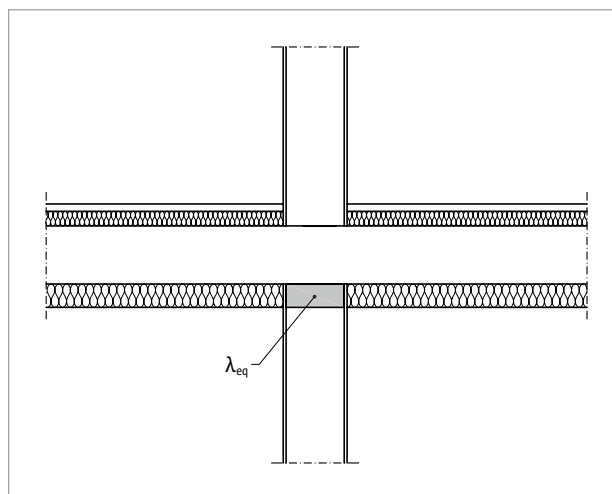
## Valeurs caractéristiques du produit Schöck Sconnex®

### Valeurs caractéristiques du produit Schöck Sconnex®

Le concept de la conductivité thermique équivalente est également utilisé pour les produits Schöck Sconnex®. Avec le Sconnex® type W, au lieu de reproduire la géométrie complexe du produit de façon détaillée, la valeur  $\lambda_{eq}$  peut être utilisée pour un matériau de substitution de forme rectangulaire dans différents programmes de pont thermique 2D ou 3D. Pour Sconnex® type P, il s'agit d'un raccord ponctuel, raison pour laquelle l'utilisation de la valeur  $\lambda_{eq}$  est uniquement pertinente dans des logiciels de pont thermique 3D.



Ill. 13: Représentation d'un schéma en coupe avec modèle de Schöck Sconnex® détaillé



Ill. 14: Représentation d'un schéma en coupe avec matériau isolant de remplacement simplifié

Vous trouverez les valeurs de produits  $\lambda_{eq}$  actuelles des différents modèles dans la documentation technique Schöck Sconnex® pour murs et poteaux. La documentation technique est disponible sur : [www.schoeck.com/documentations/cf](http://www.schoeck.com/documentations/cf)

Les tableaux suivants sont donnés à titre d'exemple. Il s'agit d'un extrait issu de la documentation technique Schöck Sconnex®.

Schöck Sconnex® type		P
B [mm]	L [mm]	$\lambda_{eq}$
245	245	0,610

Schöck Sconnex® type W	N1-V1H1	N1T1-V1H1-B	N1T2-V1H1-B	N1T1-V1H1-L
Reprise d'efforts				
B [mm]	$\lambda_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$\lambda_{eq}$
150	0,573	-	-	-
180	0,471	0,526	0,584	0,584
200	0,421	0,470	0,521	0,521
250	0,336	0,373	0,411	0,411
300	0,281	0,311	0,342	0,342

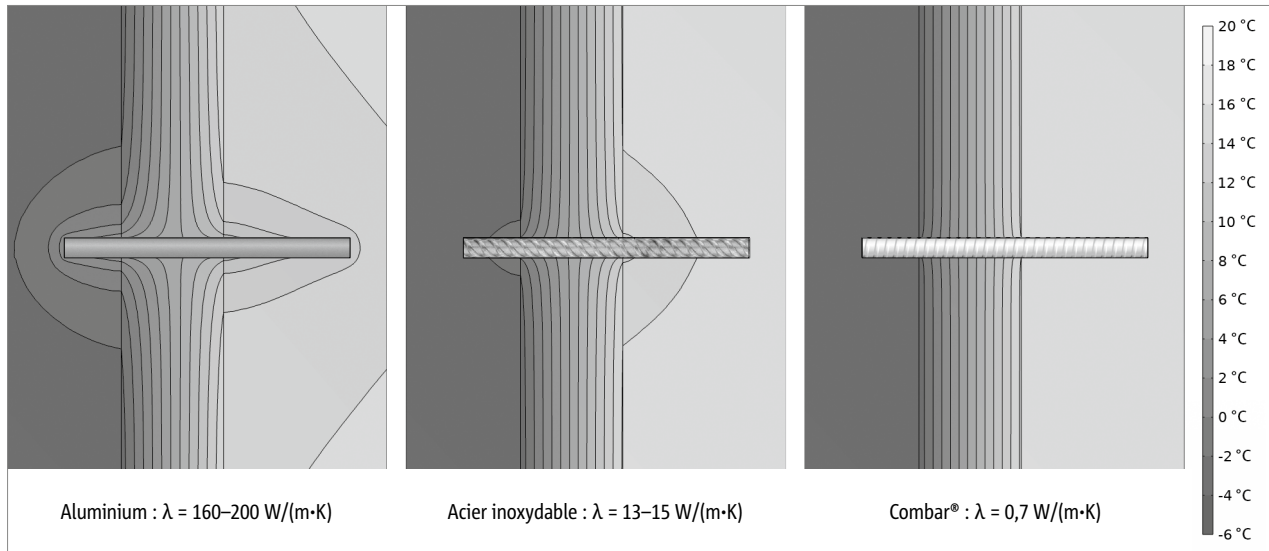
### **i** Info

$\psi$ ,  $\chi$ ,  $\theta_{si,min}$  et  $f_{Rsi}$  sont toujours déterminés pour un pont thermique spécifique, un détail de construction spécifique dans lequel Schöck Sconnex® est intégré. Ces valeurs sont donc dépendantes de la construction. Alors que  $\lambda_{eq}$  et  $R_{eq}$  décrivent la performance thermique de Schöck Sconnex®. Si l'on modifie donc les propriétés de la construction en adaptant l'épaisseur de l'isolation du plancher ou le type de Schöck Sconnex® utilisé, le transfert de chaleur à travers le pont thermique change également (et donc  $\psi$ ,  $\chi$ ,  $\theta_{si,min}$  et  $f_{Rsi}$  sont également différents)

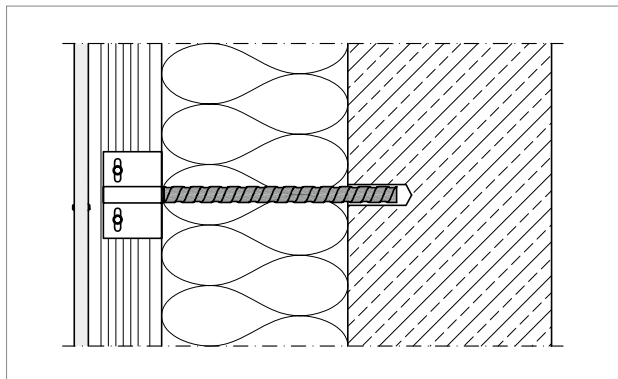
## Valeurs caractéristiques du produit Schöck Isolink®

### Valeurs caractéristiques du produit Schöck Isolink®

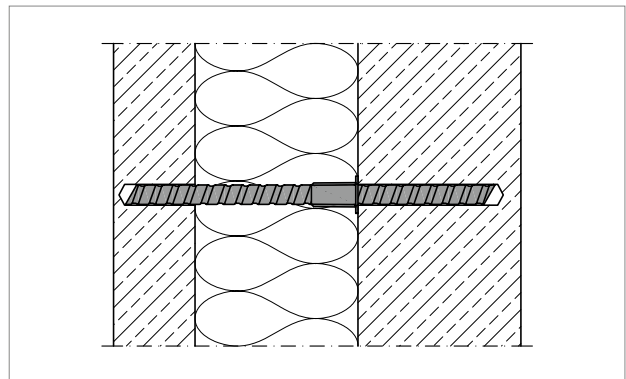
La propriété thermique de Schöck Isolink® est décrite via la conductivité thermique du matériau. Le matériau composite en fibre de verre Combar®, qui est utilisé pour Isolink®, présente une conductivité thermique extrêmement faible, à savoir environ 15 fois plus faible que celle de l'acier inoxydable et presque 300 fois plus faible que celle de l'aluminium.



Ill. 15: Isothermes comparés avec aluminium, acier inoxydable et Combar®



Ill. 16: Schöck Isolink® type F : ancrage dans du béton



Ill. 17: Schöck Isolink® type C : ancrage dans un panneau sandwich

Cette propriété thermique spécifique est utilisée aussi bien pour les façades suspendues ventilées, que pour les murs préfabriqués et panneaux sandwichs. Par rapport aux fixations en aluminium ou en acier inoxydable, des valeurs U nettement plus faibles peuvent être obtenues pour la construction de façades. Les valeurs U sont ici données à titre d'exemple pour des parois en béton isolées sélectionnées. Les valeurs U exactes sont obtenues via le nombre d'éléments de fixation requis du point de vue statique par m<sup>2</sup>.

### Valeurs U des murs avec Schöck Isolink® pour panneaux en béton à plusieurs couches

Épaisseur de la couche isolante [mm]	Coefficient de passage de la chaleur U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]												
	Épaisseur du mur [cm]												
	24	25	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
80	-	0,395	0,391	0,390	0,389	0,387	0,386	0,385	0,383	0,382	0,381	0,380	0,378
100	-	-	0,321	0,320	0,319	0,318	0,317	0,316	0,315	0,315	0,314	0,313	0,312
140	-	-	-	0,235	0,235	0,234	0,234	0,233	0,233	0,232	0,232	0,231	0,231
160	-	-	-	-	0,207	0,207	0,207	0,206	0,206	0,205	0,205	0,205	0,204
200	-	-	-	-	-	-	0,168	0,167	0,167	0,167	0,167	0,166	0,166

# Procédures de justification

## Procédures de justification

La norme SIA 380/1:2016 «Besoin de chaleur pour le chauffage» décrit les exigences relatives à la limitation du besoin en chaleur de chauffage, tandis que la norme SIA 180:2014 «Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans des bâtiments» décrit les exigences en matière de confort thermique et d'absence de dommages aux bâtiments. La norme SIA 180 régit notamment les exigences en matière de protection thermique estivale et hivernale, de ventilation et de protection contre l'humidité. Un critère essentiel est la prévention d'une humidité superficielle critique et de la formation de moisissures, ainsi que la limitation de l'humidité dans la construction.

Une vérification simplifiée, ainsi qu'une vérification via le calcul ou la mesure permettent d'évaluer l'humidité superficielle critique. Celles-ci sont expliquées en détail au chapitre 6.2 de la norme SIA 180:2014. Le facteur de température superficielle  $f_{Rsi}$  est le critère d'évaluation déterminant concernant la procédure.

La norme SIA 380/1 a pour objectif de limiter la perte thermique des bâtiments à l'aide du calcul du bilan énergétique. Elle comprend aussi bien des exigences en matière de physique du bâtiment appliquées à l'enveloppe thermique du bâtiment, que des exigences concernant les installations techniques. Il s'agit ici d'une méthode de calcul normalisée. Le besoin en chaleur de chauffage annuel représente, avec le besoin thermique pour l'eau chaude, la valeur caractéristique pertinente pour la vérification de l'efficacité énergétique.

La validité et l'application de certaines normes et lois sont déterminées par chaque canton. Cependant, le modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC), à savoir un pack global de prescriptions énergétiques élaboré conjointement, favorise l'harmonisation. Les MoPEC 2014, qui se réfèrent à la version actuelle des normes SIA 180 et SIA 380/1, sont utilisées dans 18 cantons. Les autres cantons utilisent encore le MoPEC 2008 (version de juillet 2022). Vous trouverez de plus amples informations sur [www.endk.ch](http://www.endk.ch).

## Procédure de justification relative à la protection thermique et au besoin de chaleur pour le chauffage

Comme décrit précédemment, la justification peut être réalisée avec : la justification par performances ponctuelles ou la justification par performance globale.

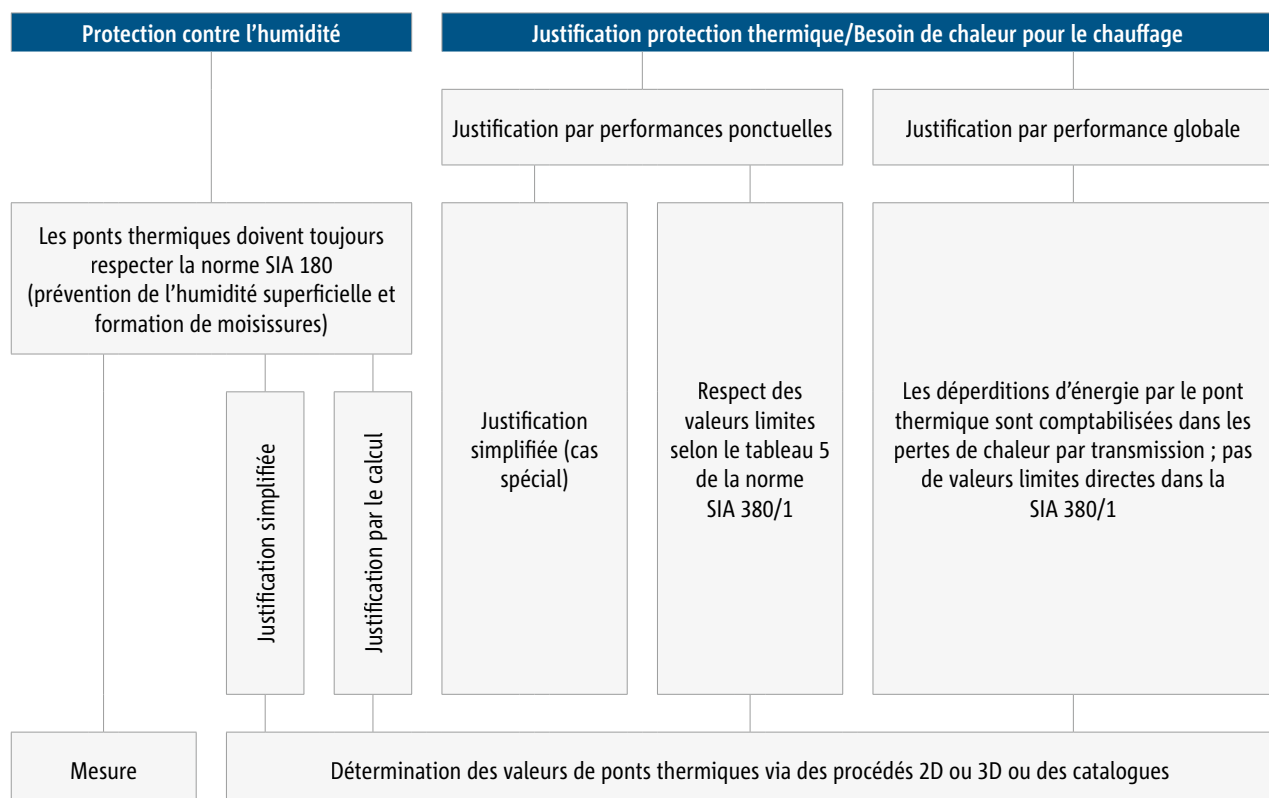
Avec le justificatif par performances ponctuelles, il n'est pas nécessaire de calculer le besoin en chaleur de chauffage ; cette justification est donc nettement plus simple que la justification par performance globale. Toutefois, les valeurs U requises des éléments de construction sont généralement plus basses et donc plus contraignantes qu'avec la justification par performance globale. Les exigences relatives aux ponts thermiques sont définies via les valeurs limites indiquées dans le tableau 5 de la norme SIA 380/1 (voir page 18).

Avec la justification par performance globale, le besoin en chaleur de chauffage du bâtiment est calculé sur la base de la compacité ainsi que du type de construction. L'enveloppe du bâtiment et la technique du bâtiment (ventilation) sont ainsi prises en compte. Le besoin en chaleur de chauffage doit ainsi être inférieur à une valeur limite. La procédure précise est décrite dans la norme SIA 380/1. Des aides à l'application (par exemple, aide à l'application EN-102 de janvier 2020) sont également publiées par l'EnFK. Comme de nombreux programmes informatiques reproduisent le système de calcul et qu'ils sont utilisés dans la pratique, l'établissement du bilan n'est pas décrit plus en détail ici.

Une justification des ponts thermiques dans le cadre de la limitation des pertes énergétiques doit être effectuée pour les deux variantes mentionnées ci-dessus. Ceci ne signifie pas obligatoirement que les ponts thermiques doivent toujours être calculés de façon détaillée.

La justification par performances ponctuelles permet de vérifier les ponts thermiques de façon simplifiée ou via le respect des valeurs limites. La justification simplifiée est cependant un cas exceptionnel (aucune pénétration dans l'isolation des toitures et des murs, sous-sols complètement intégrés dans l'enveloppe thermique, fenêtres alignées avec l'isolation).

Avec la justification par performance globale, il n'existe qu'une seule variante. L'illustration montre sous forme de graphique les moyens de justification possibles.

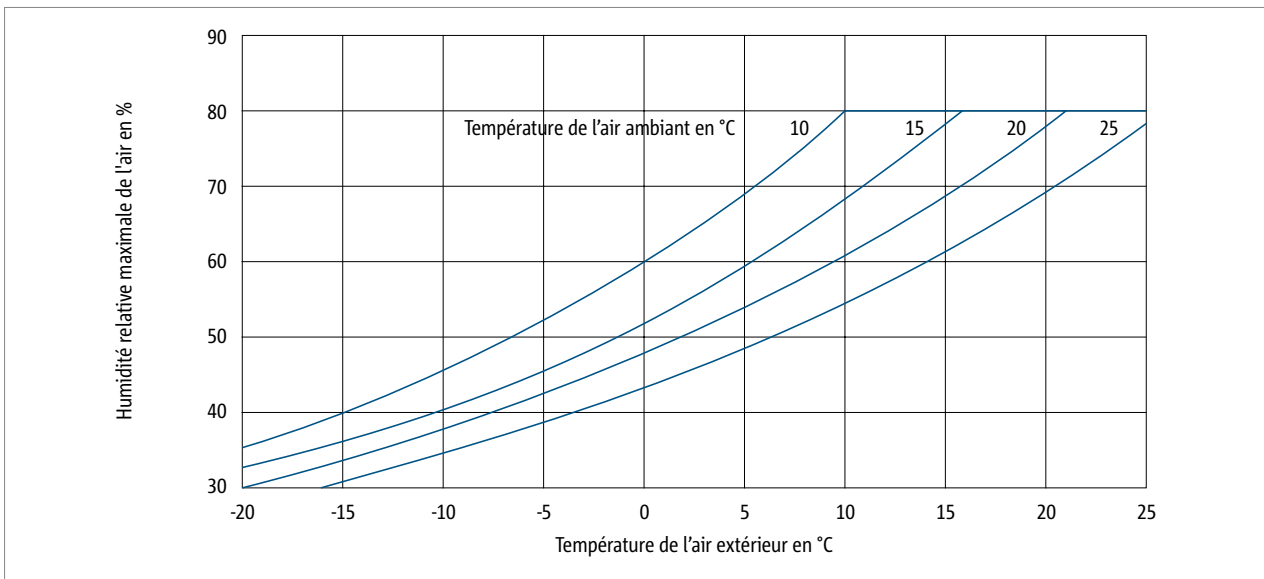


## Procédure de justification relative au facteur de température superficielle $f_{Rsi}$

Selon SIA 180:2014, trois procédures peuvent être utilisées pour la protection contre l'humidité superficielle. La justification simplifiée et la justification par le calcul sont décrites brièvement ci-après. La justification par la mesure n'est pas abordée ici, car ce document met en avant la planification de bâtiments.

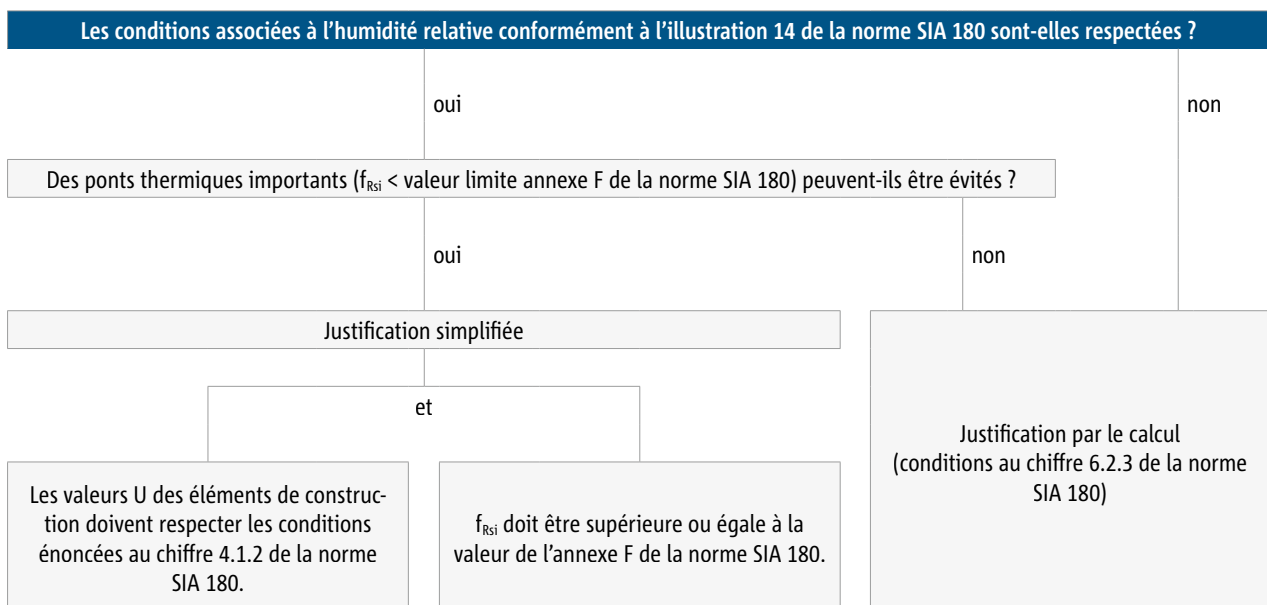
La justification simplifiée (voir chiffre 6.2.2 SIA 180:2014) peut être utilisée pour vérifier le pont thermique quand les limites d'humidité relative de l'air indiquées sur l'illustration ci-dessous (illustration 14 de la norme SIA 180) sont respectées dans la moyenne journalière. Dans les autres cas, la justification par le calcul (voir chapitre 6.2.3 SIA 180:2014) doit être utilisée. La justification par le calcul doit également être utilisée lorsque des ponts thermiques significatifs sont présents alors que l'humidité relative de l'air est extrêmement faible.

Avec la justification simplifiée, le facteur de température superficielle  $f_{Rsi}$  doit être supérieur ou égal à la valeur limite selon l'annexe F de la norme SIA 180 pour le lieu concerné.



Ill. 18: Humidité relative maximale admise de l'air ambiant pour la détermination du débit volumique de l'air extérieur (moyenne journalière) ; source : Illustration 14 de SIA 180

L'illustration montre sous forme de graphique le déroulement de la justification visant à éviter la condensation ou le risque de moisissures sur les surfaces intérieures (sans justification par la mesure).



## Procédé de vérification des ponts thermiques

En fonction de la procédure de justification sélectionnée pour la nouvelle construction d'un bâtiment, les ponts thermiques doivent être pris en compte sous différents points de vue.

La Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK) a publié une check-list des ponts thermiques couvrant les trois variantes. Sur le principe, les ponts thermiques ne doivent pas obligatoirement être calculés en détail avec un procédé 2D ou 3D. Des catalogues de ponts thermiques peuvent également être utilisés.

L'utilisation de valeurs forfaitaires entraîne le risque d'une sous-évaluation ou surévaluation des ponts thermiques réellement présents.

Justification de protection thermique	Types de justification des ponts thermiques selon l'application
Justification par performances ponctuelles	Procédure simplifiée
	Procédure normale
Justification par performance globale	Prise en compte énergétique

### Justification par performances ponctuelles

La procédure simplifiée est une exception car de nombreuses conditions limites doivent être satisfaites simultanément afin de pouvoir se passer complètement de la justification des ponts thermiques :

- L'ensemble du sous-sol se trouve dans l'enveloppe thermique du bâtiment.
- L'isolation thermique des parois extérieures et du toit n'est traversée par aucun raccord.
- Toutes les fenêtres sont posées en alignement avec le bord de l'isolation thermique.

En général, les ponts thermiques doivent également être justifiés dans le cadre de la justification par performances ponctuelles. Ils doivent donc respecter les valeurs limites du tableau 5 de la norme SIA 380/1 (voir page 18).

### Justification par performance globale

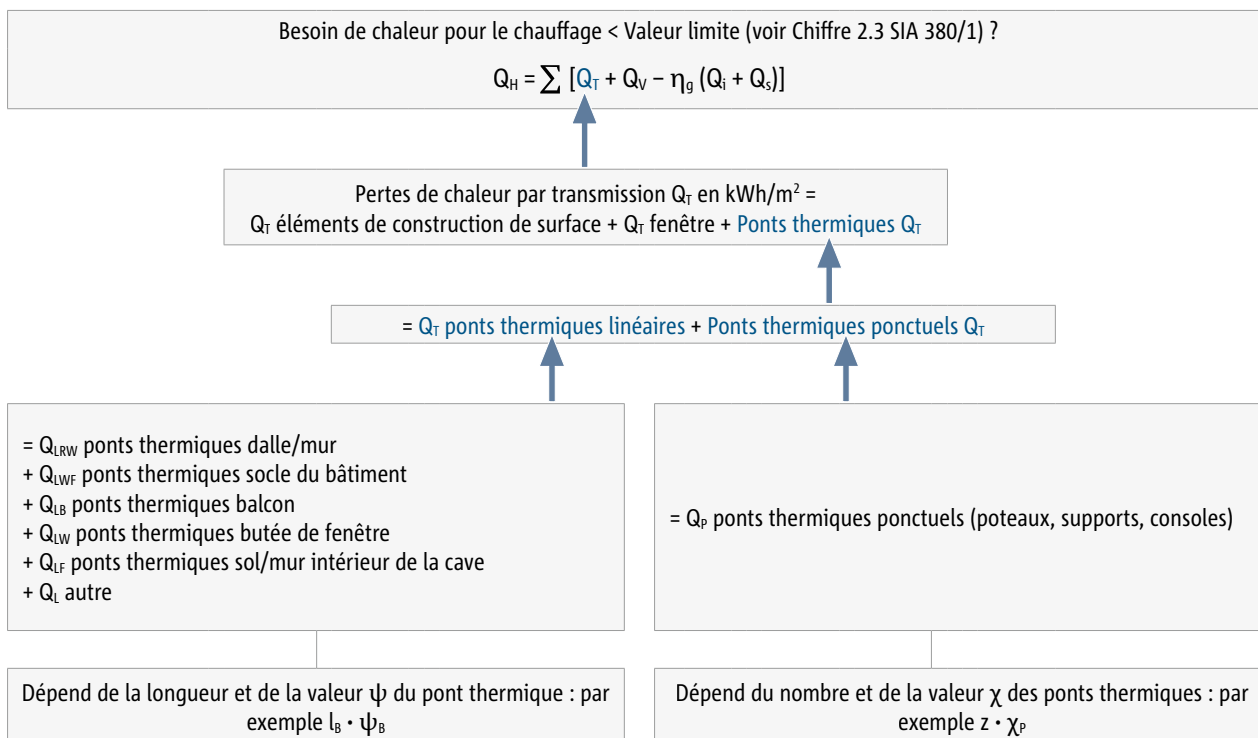
Avec la justification par performance globale, les déperditions thermiques supplémentaires sont intégrées au bilan énergétique avec les ponts thermiques linéaires ou ponctuels. Elles sont prises en compte en tant que pertes de chaleur par transmission. Il est donc particulièrement important de planifier des constructions sans pont thermique afin que la somme des pertes de chaleur par transmission soit la plus faible possible.

Les ponts thermiques géométriques avec une isolation thermique continue et non réduite (par ex. les angles) peuvent être ignorés. Les ponts thermiques récurrents (chevrons, lattages, ancrages de fixation, etc.) doivent être pris en compte dans les coefficients de transmission thermique de surface. Les autres ponts thermiques doivent être saisis et pris en compte séparément.

Le besoin en chaleur de chauffage doit être inférieur à la valeur limite qui est calculée spécifiquement à chaque projet selon SIA 380/1. Il se compose de l'ensemble des pertes thermiques par transmission et ventilation, moins les gains thermiques. Les pertes thermiques des éléments de construction de surface (parois, toits, portes, fenêtres, etc.) sont déterminées via les valeurs  $U$  tandis que les ponts thermiques doivent être calculés via les coefficients de transmission thermique rapportés linéaires  $\Psi$  ou les coefficients de transmission thermique ponctuels  $\chi$ .

## Procédé de vérification des ponts thermiques

L'illustration montre de façon schématisée l'intégration des ponts thermiques dans le calcul du besoin en chaleur de chauffage.



Les longueurs et le nombre de coefficients de transmission thermique doivent être déterminés selon la norme SIA 380/1. Les coefficients de transmission thermique sont calculés selon la norme SN EN ISO 14683 ou SN EN ISO 10211. Des procédés de calcul bi- et tridimensionnels sont nécessaires pour des calculs détaillés des ponts thermiques. Des outils informatiques adaptés sont disponibles à cet effet. Des catalogues de ponts thermiques peuvent également être utilisés.

### **i** Avec une justification par performances ponctuelles et justification par performance globale

Si des valeurs forfaitaires sont utilisées dans le justificatif, par exemple des valeurs issues de catalogues, et que des produits finalement mis en œuvre ne suffisent pas à respecter ces valeurs (valeurs plus élevées et donc moins bonnes), alors le justificatif n'est pas respecté. La responsabilité incombe alors en général à la direction de travaux.

### **i** Avec une justification par performance globale

Si des valeurs forfaitaires trop élevées sont choisies lors de la planification, le planificateur perd inutilement du potentiel en générant des coûts additionnels souvent évitables, qui devront être compensés ailleurs.

### Procédure de justification Minergie

Différents justificatifs doivent être déposés pour la certification Minergie. Cela comprend par exemple les justificatifs de l'autoproduction d'électricité, du renouvellement contrôlé de l'air, de la protection thermique estivale et du concept d'étanchéité à l'air. Le bilan énergétique est calculé via la justification par performance globale selon SIA 380/1. La systématique de la vérification des ponts thermiques n'est donc pas différente.

Il n'est pas nécessaire de fournir des justificatifs pour les ponts thermiques allant au-delà des normes et 380/1, mais les prescriptions imposent des exigences élevées en matière d'exécution et d'optimisation.

L'optimisation des ponts thermiques permet d'atteindre plus facilement le standard Minergie choisi ou d'obtenir une marge de manœuvre dans la conception des éléments de construction et des installations techniques du bâtiment.



## Calcul de pont thermique avec Schöck

### Calculateur de ponts thermiques

Le calculateur de ponts thermiques vous permet de calculer rapidement et facilement des ponts thermiques détaillés avec les consoles isolantes Schöck Isokorb®.

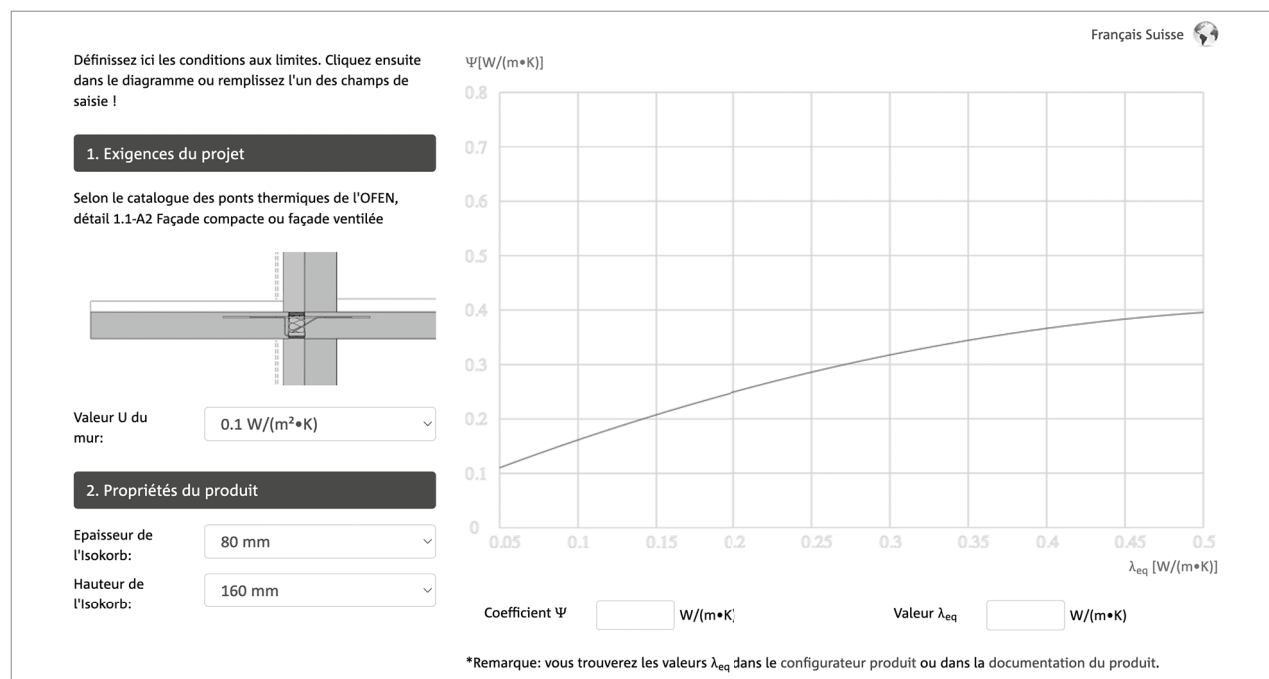
Le calculateur de ponts thermiques se base sur le programme de ponts thermiques WinIso2D et réalise des calculs en temps réel sur un serveur dédié. Basé sur la valeur  $\lambda_{eq}$  du Schöck Isokorb®, il permet de déterminer des propriétés physiques complexes pour une construction définie :

- Valeur  $\psi$  (coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique)
- Températures de surface
- Valeurs  $f_{Rsi}$  (facteur de température superficielle : valeur limite décrivant le risque de formation de moisissures)
- Courbe des isothermes (représentation graphique de dispersion de la température à l'aide de lignes de température identique)
- Compte rendu et représentation graphique de la structure de l'élément de construction et des résultats du calcul

Vous trouverez le calculateur de ponts thermiques à cette adresse:  
[psi.schoeck.de](http://psi.schoeck.de)

### psi-convert

Cet outil en ligne vous permet de comparer les valeurs  $\lambda_{eq}$  avec les valeurs  $\psi$  pour le détail typique d'un raccord de dalles en porte-à-faux issu du catalogue de ponts thermiques de l'OFEN. Dans son tableau des valeurs caractéristiques, Schöck publie les valeurs  $\lambda_{eq}$  et  $R_{eq}$ . Conformément à la description fournie dans ce document, il s'agit de valeurs caractéristiques de produits. Toutefois, comme de nombreux fabricants n'indiquent que des valeurs  $\psi$ , qui dépendent du détail constructif propre à chaque projet, la possibilité de comparaison est souvent inexistante. L'outil psi-convert permet d'effectuer une comparaison rapide et simple pour l'utilisateur.



Vous trouverez le logiciel psi-convert sur :  
[www.schoeck.com/psi-convert/cf](http://www.schoeck.com/psi-convert/cf)

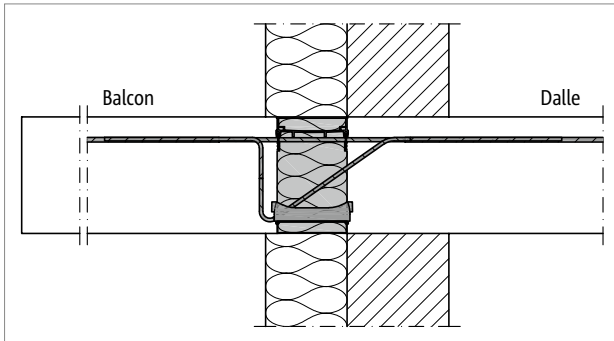


# Traitement des ponts thermiques

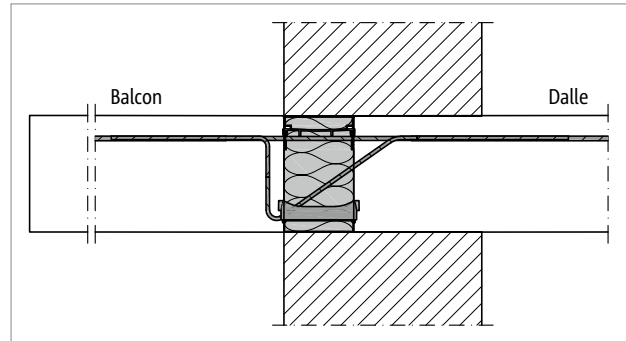
## Traitement des ponts thermiques avec Schöck Isokorb®

### Exécution de balcons, coursives et avant-toits

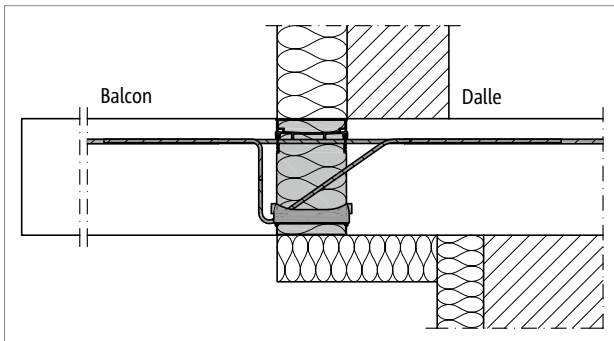
La console isolante Schöck Isokorb® doit toujours se trouver dans le plan de l'isolation, alignée avec le bord intérieur de l'isolation. Dans le cadre de constructions monolithiques, comme une maçonnerie monolithique, l'Isokorb® affleure avec le bord extérieur de la structure murale. Dans le cadre d'avant-toits, l'Isokorb® est également positionné dans le plan d'isolation du mur, aligné avec le bord intérieur de l'isolation. Il est important ici que la couche isolante ne soit pas interrompue. Il convient de s'assurer que les fenêtres et les portes se trouvent dans la couche isolante, en particulier lors de leur exécution.



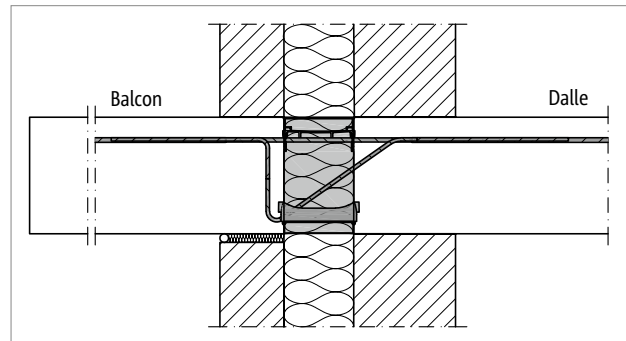
Ill. 19: Schöck Isokorb® XT type KL : raccordement pour système d'isolation thermique par l'extérieur (ITE)



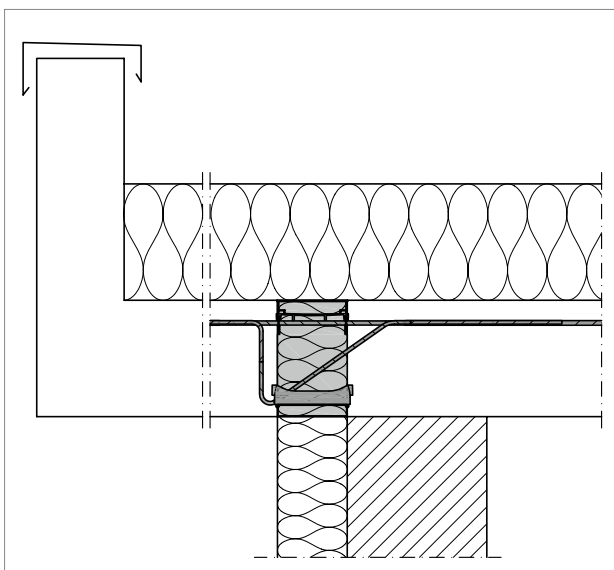
Ill. 20: Schöck Isokorb® XT type KL : raccordement pour une maçonnerie monolithique



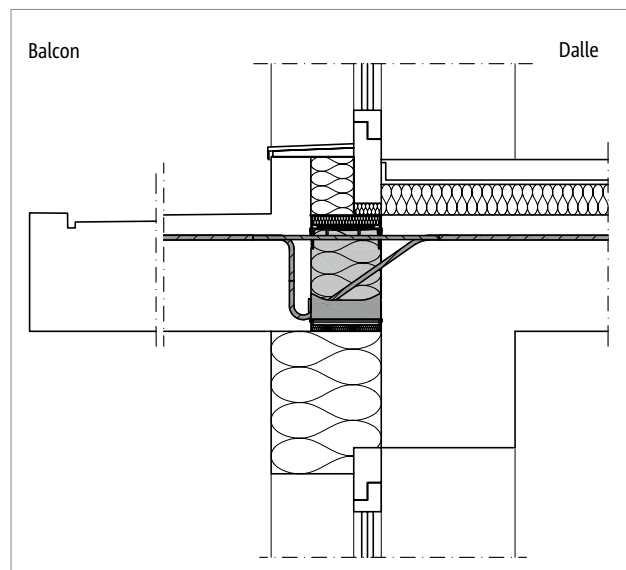
Ill. 21: Schöck Isokorb® XT type KL : raccordement pour plancher indirectement appuyé et système ITE



Ill. 22: Schöck Isokorb® XT type KL : raccordement pour maçonnerie double avec âme isolante

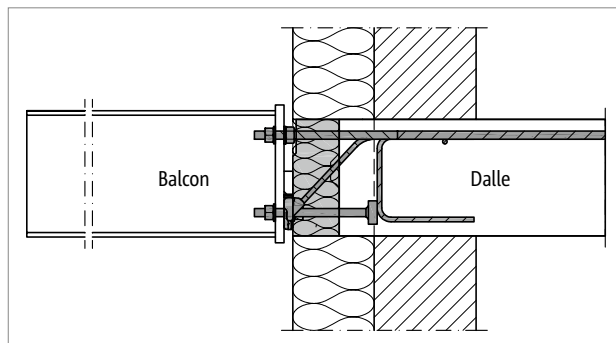


Ill. 23: Schöck Isokorb® XT type KL : raccord d'un avant-toit

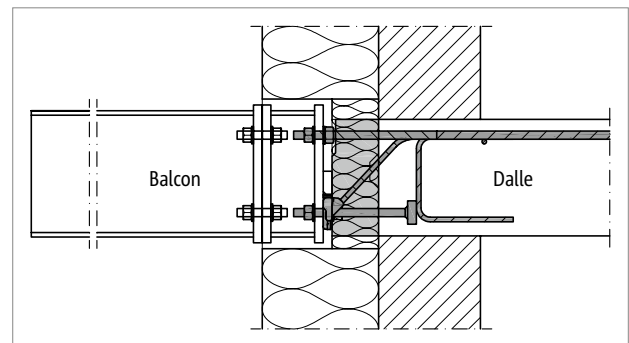


Ill. 24: Schöck Isokorb® XT type KL : raccord avec détail de fenêtre au-dessus et en dessous du raccord

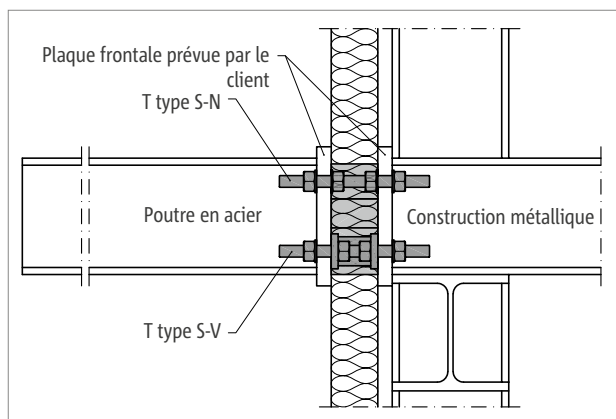
## Traitement des ponts thermiques avec Schöck Isokorb®



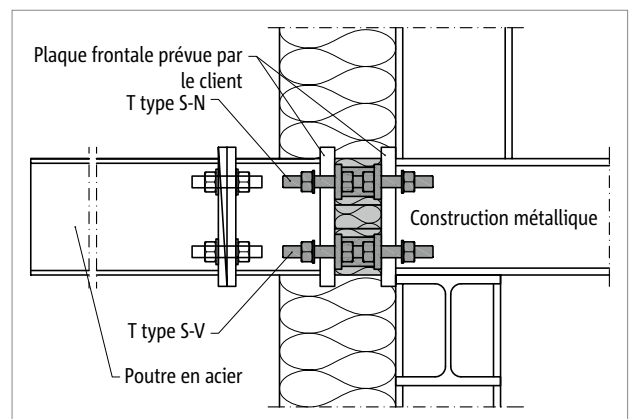
Ill. 25: Schöck Isokorb® T type SKP : Le corps isolant est au même niveau que l'isolation du mur grâce à la saillie de la dalle vers l'extérieur. Les écarts latéraux doivent être donc pris en compte



Ill. 26: Schöck Isokorb® T type SKP : Raccordement de la poutre en acier à un adaptateur qui compense l'épaisseur de l'isolation extérieure

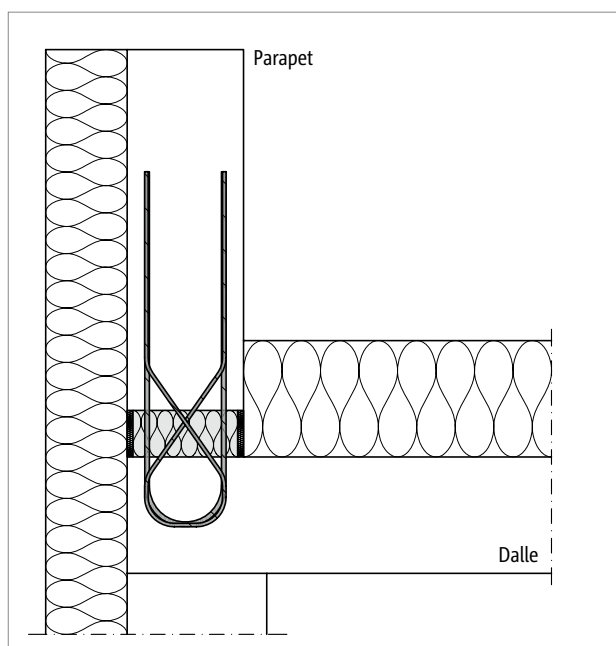


Ill. 27: Schöck Isokorb® T type S : structure métallique en porte-à-faux

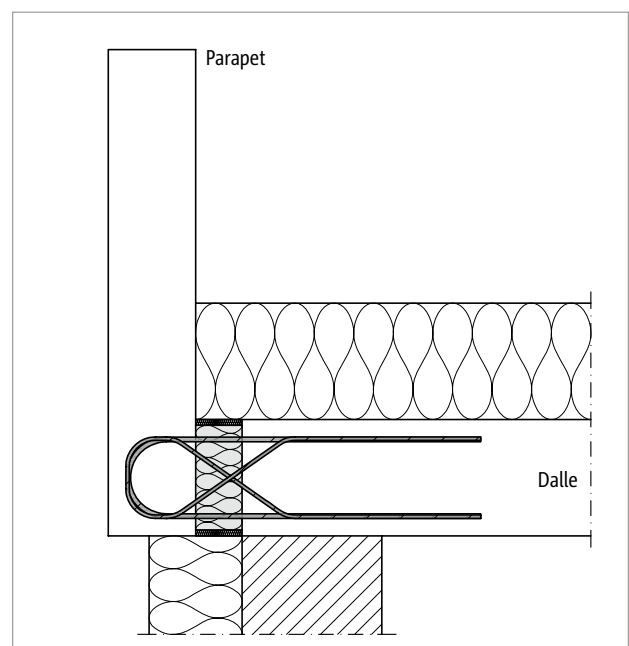


Ill. 28: Schöck Isokorb® T type S : structure métallique en porte-à-faux ; adaptateur prévu par le client

### Exécution d'attiques et de parapets



Ill. 29: Schöck Isokorb® T type AP agencement vertical : raccord d'un parapet posé au-dessus



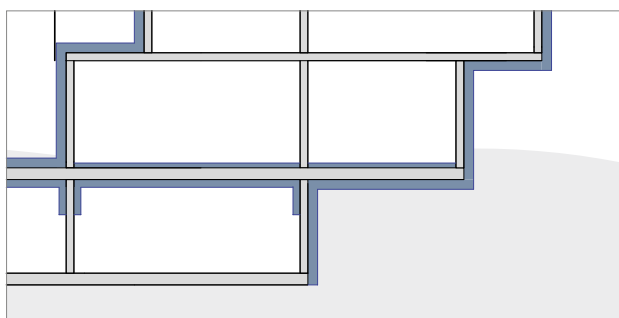
Ill. 30: Schöck Isokorb® T type AP agencement horizontal : raccord d'un parapet posé devant la console isolante

## Traitement des ponts thermiques avec Schöck Sconnex®

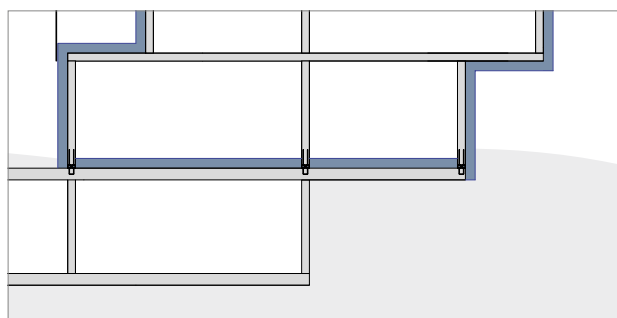
### Réalisation de murs et de poteaux avec Schöck Sconnex®

Les ponts thermiques au niveau des garages souterrains et des caves peuvent représenter jusqu'à 40% de tous les ponts thermiques constructifs existant dans le bâtiment et sont donc l'une des plus grandes causes de déperditions d'énergie liées à la construction. Il n'est pas rare que des dommages structurels provoqués par de l'eau de condensation ou des moisissures apparaissent.

Il existe une solution permettant d'isoler un pont thermique vertical au niveau des murs ou des poteaux. Schöck Sconnex® permet une réduction des pertes de chaleur par transmission de l'ensemble du bâtiment allant jusqu'à 10% et garantit une réalisation sans dommages aux bâtiments. Par rapport à une solution constructive avec isolation complémentaire, la solution avec Schöck Sconnex® est nettement plus efficace et offre de nombreux avantages.



Ill. 31: Solution d'isolation courante avec isolation sous dalle et isolation complémentaire

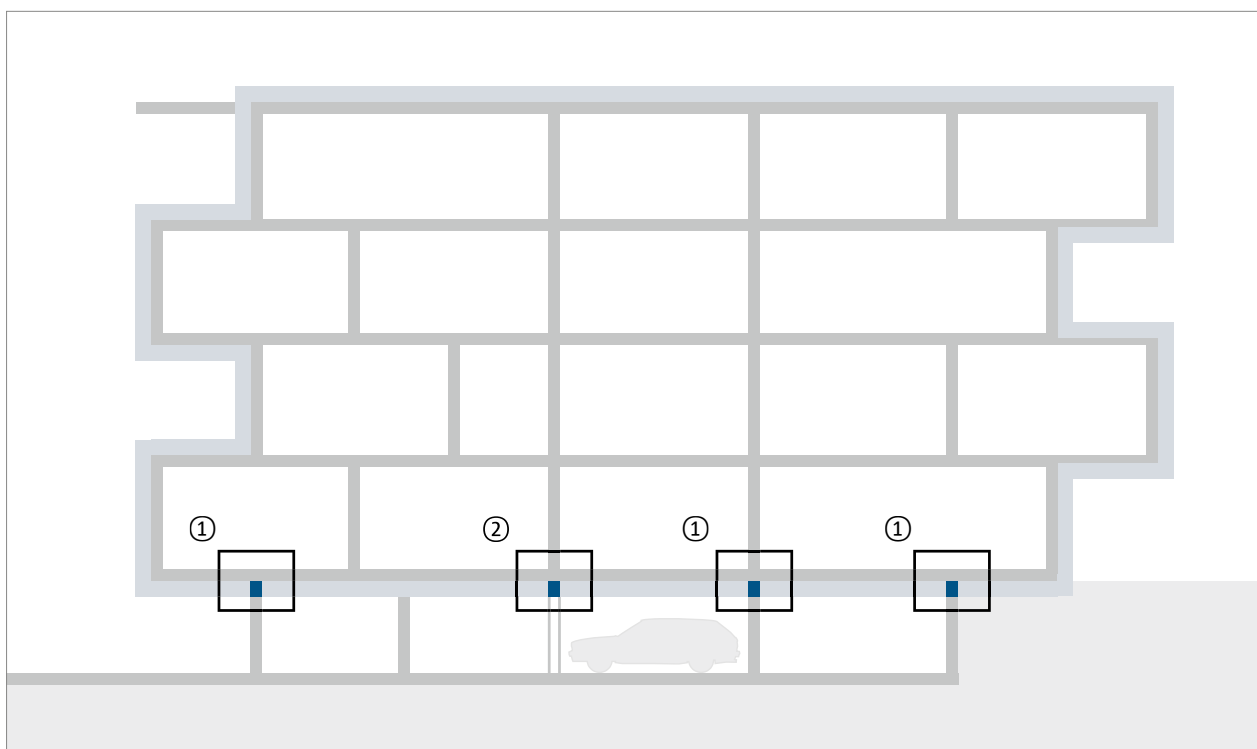


Ill. 32: Nette réduction des quantités de matériaux nécessaires grâce à la pose de l'isolation sur la dalle

### Domaines d'application de Schöck Sconnex®

La demande des planificateurs pour une solution permettant de réduire les ponts thermiques au niveau des murs et poteaux est en constante augmentation. Avec la gamme de produits Schöck Sconnex®, les murs et les poteaux peuvent désormais être isolés directement dans le détail de raccordement aux radiers et aux dalles. Une solution à la fois esthétique et optimale sur le plan énergétique peut donc être planifiée.

### Exemples d'application de Schöck Sconnex® pour l'isolation sous dalle

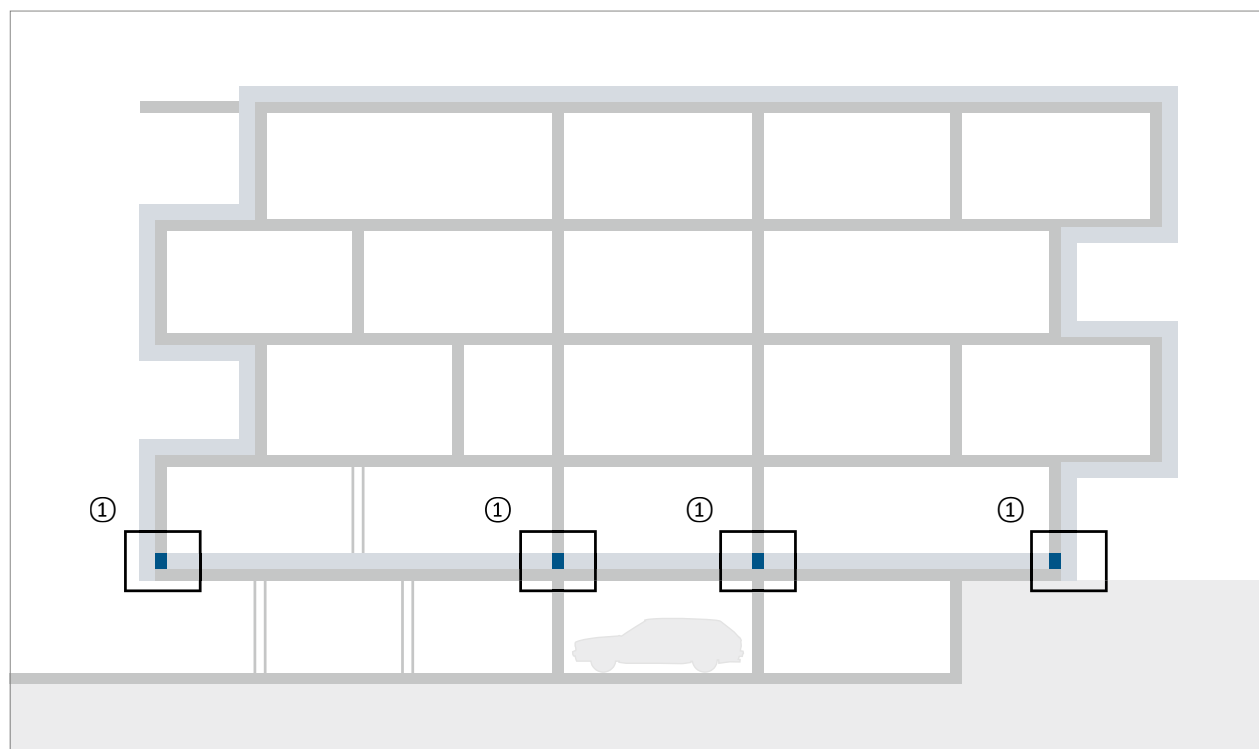


Ill. 33: Exemples d'application de Schöck Sconnex®

## Traitement des ponts thermiques avec Schöck Sconnex®

En utilisant Schöck Sconnex® en tête de mur ou de poteau, le pont thermique peut être isolé efficacement. La dalle située dans la zone chaude et les ponts thermiques sur les murs et les poteaux minimisés par Schöck Sconnex® conduisent à un concept d'isolation optimal en termes de physique du bâtiment, dans lequel les retombées d'isolations sont supprimées et le risque de dommages structurels dus à la condensation et à la formation de moisissures est éliminé.

### Exemples d'applications de Schöck Sconnex® pour l'isolation sous chape



Ill. 34: Exemples d'application de Schöck Sconnex®

En utilisant Schöck Sconnex® en pied de murs et de poteaux, il est possible d'isoler la dalle ou le radier avec une isolation sous chape plus économique. L'isolation directe du pont thermique à la base du mur et du poteau à l'aide de Schöck Sconnex® élimine le risque de dommages structurels, même en cas de conditions défavorables. En éliminant la nécessité d'une retombée d'isolation et en supprimant ou réduisant l'isolation sous dalle, le concept permet d'obtenir un parking souterrain esthétique. Une attention particulière doit être accordée au point de rosée, en fonction des conditions ambiantes et de la structure du sol.

#### ① Schöck Sconnex® type W



Élément structurel isolant porteur pour les murs en béton armé. En fonction du niveau de résistance, l'élément transmet les efforts normaux (compression et traction) et les efforts tranchants dans le sens longitudinal et transversal du mur.

#### ② Schöck Sconnex® type P



Élément d'isolation thermique porteur pour poteaux en béton armé. L'élément transmet essentiellement des forces de compression.

## Comparatif thermique avec Schöck Sconnex® type W

Mur intérieur			
Isolation sous dalle			
Liaison monolithique sans retombées d'isolations	Liaison monolithique avec retombées d'isolations**	Construction avec Schöck Sconnex®	
<p>0,75</p> <p><math>\psi</math> [W/(m·K)]</p>	<p>0,41</p> <p><math>\psi</math> [W/(m·K)]</p>	<p>0,17</p> <p><math>\psi</math> [W/(m·K)]</p>	<p>0,76</p> <p><math>f_{Rsi}</math></p>
	<p>0,80</p> <p><math>f_{Rsi}</math></p>	<p>0,87</p> <p><math>f_{Rsi}</math></p>	

Mur intérieur			
Isolation sous chape			
Liaison monolithique sans retombées d'isolations	Liaison monolithique avec retombées d'isolations	Construction avec Schöck Sconnex®	
<p>0,85</p> <p><math>\psi</math> [W/(m·K)]</p>	<p>0,62</p> <p><math>\psi</math> [W/(m·K)]</p>	<p>0,17</p> <p><math>\psi</math> [W/(m·K)]</p>	<p>0,64*</p> <p><math>f_{Rsi}</math></p>
	<p>0,71*</p> <p><math>f_{Rsi}</math></p>	<p>0,85</p> <p><math>f_{Rsi}</math></p>	

\*) Valeur cible pour Zurich  $\geq 0,74$  non atteinte (la valeur cible varie d'une région à l'autre).



## Comparaison thermique

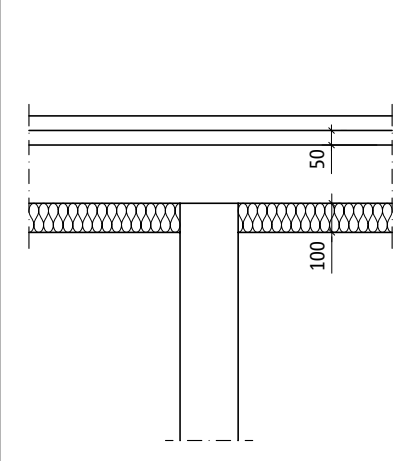
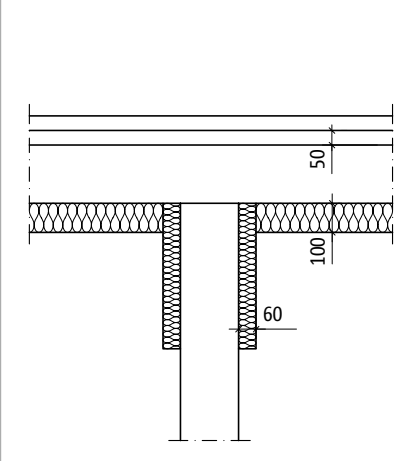
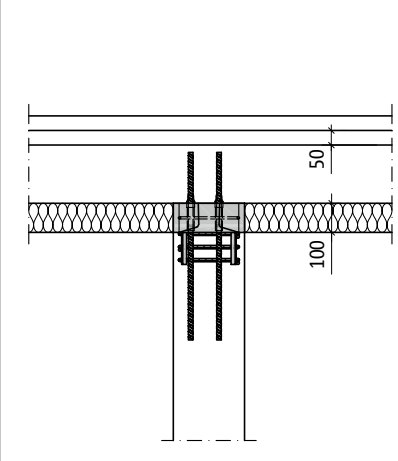

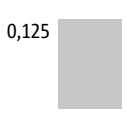

L'aperçu montre clairement que même dans le cas de solutions avec retombées d'isolations, les exigences en matière de protection minimale contre l'humidité et donc les exigences normatives ne sont pas ou presque pas remplies dans de nombreux cas. Un risque particulier de dommages structurels existe donc ici. Même si les exigences en matière de protection contre l'humidité sont respectées, la perte d'énergie des solutions bétonnées est nettement supérieure à celle d'une solution avec Schöck Sconnex®.

### Conditions limites pour les exemples de construction à la page 40

- Isolation sous chape :  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Isolation sous dalle :  $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , pour détail \*\*:  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Coefficient U de la dalle en cas d'isolation sous chape :  $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- Coefficient U de la dalle en cas d'isolation sous dalle :  $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , pour détail \*\*:  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- Coefficient U du mur extérieur :  $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- Espacement Schöck Sconnex® type W-N1-V1H1 : 1 par mètre
- Épaisseur du mur : 200 mm

### Comparaison thermique Schöck Sconnex® Type P avec isolation structurelle

Pour une construction typique, la perte de chaleur à travers un poteau en béton armé non isolé est de  $\chi = 0,252 \text{ W}/\text{K}$ . Pour un poteau avec une retombée d'isolation de 50 cm de long et de 6 cm d'épaisseur, la valeur de  $\chi$  est réduite à  $\chi = 0,125 \text{ W}/\text{K}$ . Avec Schöck Sconnex® type P, la valeur de  $\chi$  est réduite à  $\chi = 0,094 \text{ W}/\text{K}$ .

		
Poteau sans isolation	Poteau avec retombée d'isolation	Poteau avec Schöck Sconnex® type P
<p>0,252</p>  <p><math>\chi \text{ [W/K]}</math></p>	<p>0,125</p>  <p><math>\chi \text{ [W/K]}</math></p>	<p>0,094</p>  <p><math>\chi \text{ [W/K]}</math></p>

Cela signifie que la solution avec Schöck Sconnex® type P est 63% plus efficace que le pont thermique non isolé et 23% plus efficace que la version avec retombées d'isolations.

### Conditions marginales

- $\lambda$  isolation :  $0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Valeur U de la dalle :  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

## Traitement des ponts thermiques avec Schöck Isolink®

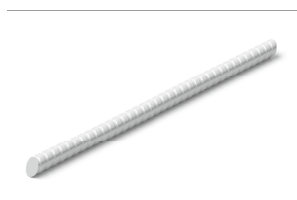
### Exécution de façades avec Schöck Isolink®

Les exigences en matière de construction efficace sur le plan énergétique s'accompagnent d'un besoin croissant de systèmes permettant d'éviter les ponts thermiques. Il n'est plus possible de répondre à ces exigences uniquement en épaississant l'isolation. En effet, plus la couche d'isolation thermique est efficace, plus les ponts thermiques ont un impact important. Des ponts thermiques peuvent apparaître dans des façades en béton isolées et des façades ventilées (par exemple, par le biais de fixations en acier ou en aluminium). Schöck Isolink®, un produit en matériau composite en fibre de verre, garantit un ancrage fiable sur le plan thermique.

### Constructions sans pont thermique

Schöck Isolink® garantit un ancrage fiable sur le plan thermique et permet des constructions sans pont thermique. Cela est rendu possible par l'utilisation du matériau composite à base de fibres de verre Combar® de Schöck, dont la conductivité thermique est extrêmement faible. En chiffres, cela signifie que : Les caractéristiques d'isolation thermique du Schöck Isolink® sont environ 200 fois meilleures que celles de fixations murales en aluminium et 15 fois meilleures que celles de fixations murales en acier inoxydable. Partenaire spécialiste Minergie, Schöck contribue à la réussite d'une maison Minergie grâce au Schöck Isolink®.

#### Schöck Isolink® type C pour façades en béton



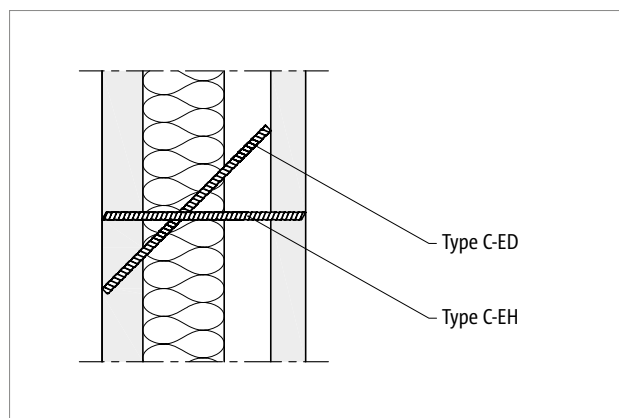
Fixation à désolidarisation thermique pour murs en béton isolés.

#### Schöck Isolink® type F pour façade suspendue ventilée

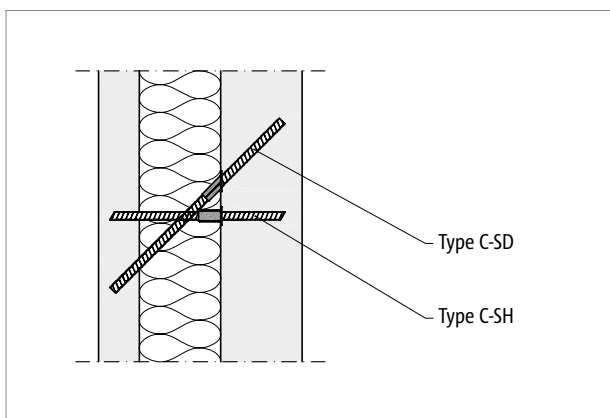


Fixation à désolidarisation thermique pour des façades suspendues ventilées par l'arrière et composants similaires.

### Exécutions de façades en béton



Ill. 35: Schöck Isolink® type C-EH, C-ED : mur préfabriqué

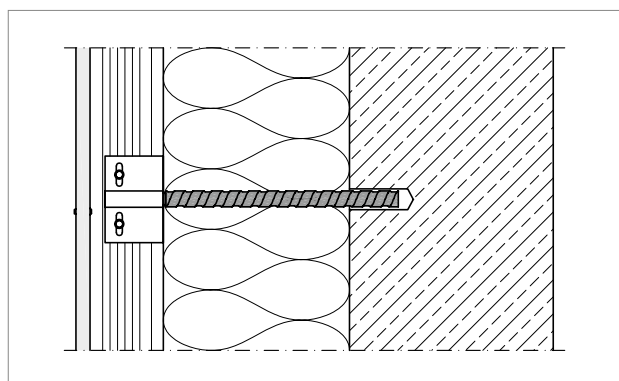


Ill. 36: Schöck Isolink® type C-SH, C-SD : mur sandwich

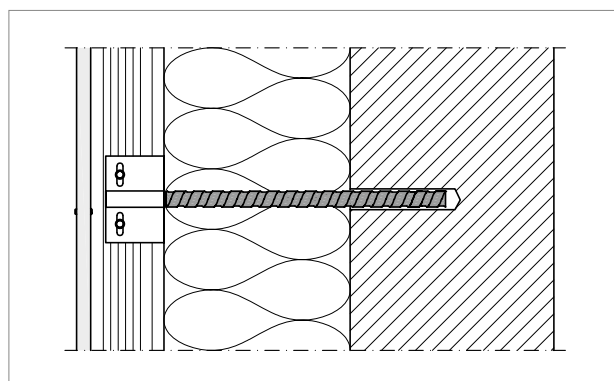
Les modèles de Schöck Isolink® destinés aux façades en béton raccordent la peau extérieure des murs préfabriqués et sandwich avec la peau porteuse intérieure sans créer de pont thermique. Les valeurs U sont donc nettement améliorées par rapport aux éléments de fixation en acier inoxydable. Schöck Isolink® assure les fonctions d'élément de raccordement et de maintien de l'espace entre les deux peaux en béton à l'intérieur du mur.

## Traitement des ponts thermiques avec Schöck Isolink®

### Exécutions de façades suspendues ventilées (FSV)



Ill. 37: Schöck Isolink® type F : ancrage dans du béton



Ill. 38: Schöck Isolink® type F : ancrage dans une maçonnerie

### Schöck Isolink® type F en comparaison

	Matériau composite en fibre de verre Schöck Isolink®	Acier inox	Aluminium
Conductivité thermique équivalente $\lambda_{eq}$	1 W/(m·K)	15 W/(m·K)	200 W/(m·K)
Structure du mur	38,5 cm	42,5 cm	52,5 cm
Dimensionnement	Avis technique	selon EC3	selon EC9
Surface utile pour une surface totale brute de 100 m <sup>2</sup>	85,2 m <sup>2</sup>	83,7 m <sup>2</sup>	80,1 m <sup>2</sup>
Gain d'espace par rapport à une structure de mur avec des ancrages muraux en aluminium	+ 6,4%	+ 4,5%	+ 0%

### Avantages de Schöck Isolink® dans la pratique

L'utilisation d'une fixation de façade sans pont thermique permet de nettement diminuer l'épaisseur de l'isolation thermique. En comparaison directe avec des ancrages muraux en aluminium, environ 50% du matériau isolant peut être économisé.

Une structure de mur plus fine signifie aussi davantage de place à l'intérieur. À l'image de notre exemple de calcul : Dans un bâtiment avec des dimensions extérieures de 10 x 10 m, on obtient une surface totale brute de 100 m<sup>2</sup>. Une structure de mur extérieure de 38,5 cm avec Schöck Isolink® donne une surface utile de 85,2 m<sup>2</sup>. Soit un gain d'espace de 6,4% par rapport à une structure de mur avec de l'aluminium.



**Impressum**

Editeur : Schöck Bauteile AG

Tellistrasse 90

5000 Aarau

Téléphone : 062 834 00 10

Copyright:

© 2022, Schöck Bauteile AG

Le contenu de cette brochure ne doit en aucun cas, même partiellement, être transmis à des tiers sans l'autorisation écrite de Schöck Bauteile AG. Toutes les indications techniques, tous les plans, etc., sont soumis à la loi relative à la protection des droits d'auteur.

Sous réserve de modifications techniques

Date de publication : Janvier 2023



Schöck Bauteile AG  
Tellstrasse 90  
5000 Aarau  
Téléphone : 062 834 00 10  
info-ch@schoeck.com  
www.schoeck.com

