



TRAITEMENT DES PONTS THERMIQUES LORS DE LA RÉNOVA- TION DE BÂTIMENTS

GUIDE POUR
LES PROFESSIONNELS
DU BÂTIMENT

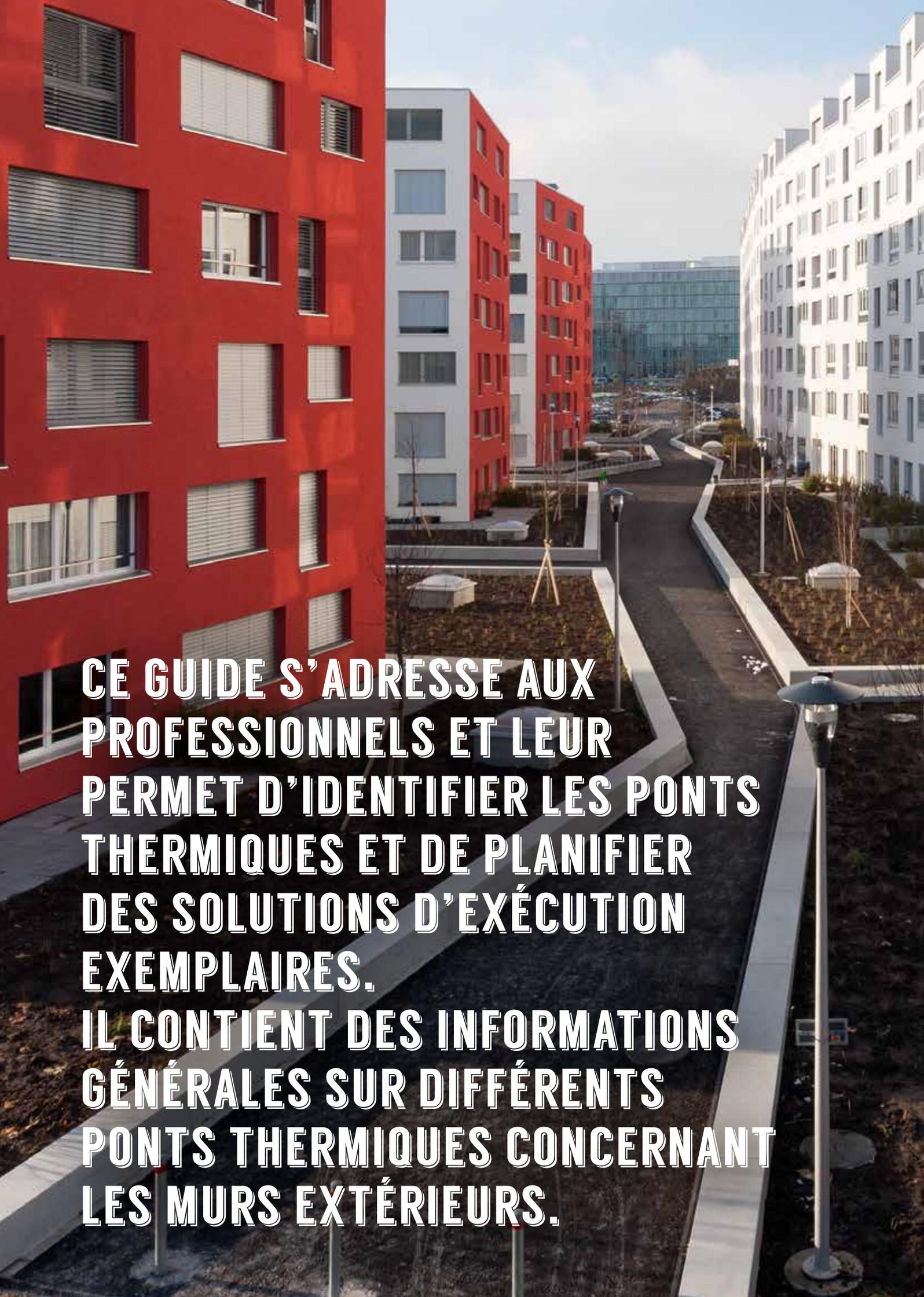


suisse énergie

Notre engagement : notre futur.



Konferenz Kantonalen Energiefachstellen
Conférence des services cantonaux de l'énergie
Conferenza dei servizi cantonali dell'energia
Conferenza dals posts spezialisads chantunals d'energia



**CE GUIDE S'ADRESSE AUX
PROFESSIONNELS ET LEUR
PERMET D'IDENTIFIER LES PONTS
THERMIQUES ET DE PLANIFIER
DES SOLUTIONS D'EXÉCUTION
EXEMPLAIRES.
IL CONTIENT DES INFORMATIONS
GÉNÉRALES SUR DIFFÉRENTS
PONTS THERMIQUES CONCERNANT
LES MURS EXTÉRIEURS.**

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
• Contexte	4
• Ponts thermiques dans des façades isolées	4
• Qualité de l'enveloppe du point de vue thermique	5
• Effets d'un pont thermique	5
• Bases de calcul	6
• Protection contre l'humidité	7
STRUCTURE D'UN MUR EXTÉRIEUR	8
APERÇU DES PONTS THERMIQUES	9
MAÇONNERIE MONOLITHIQUE	10
MAÇONNERIE À DOUBLE MUR	12
MAÇONNERIE AVEC ISOLATION INTÉRIEURE	14
MAÇONNERIE EN MOELLONS	16
PAROIS EN MADRIERS	18
PAROIS À OSSATURE BOIS	20
PAROIS À COLOMBAGES	22
RECOMMANDATIONS	24
RÉNOVATION PAR ÉTAPES	26
INFORMATIONS	27

INTRODUCTION

CONTEXTE

ISOLATION THERMIQUE DE L'ENVELOPPE

Si les parois extérieures d'un bâtiment ne sont pas isolées, on observe de grandes déperditions de chaleur: Par exemple, dans un bâtiment d'habitation standard construit avant 1980, les pertes d'énergie de chauffage peuvent être d'environ 30 %.

Il est crucial d'isoler les **murs extérieurs**, afin d'utiliser de manière rationnelle l'énergie pour chauffer les locaux et pour rendre les logements plus confortables. Les avantages décisifs d'une telle opération sont de rendre les logements agréables à vivre en hiver, et frais en été. Mais il arrive souvent, lors des rénovations consistant à poser une isolation périphérique, que l'on néglige certains détails de raccordement, ce qui peut générer des ponts thermiques. Ceux-ci peuvent, à leur tour, provoquer des dommages liés à la présence d'humidité, et entraîner des pertes de chaleur parfois importantes.

GUIDE CONCERNANT LES BÂTIMENTS D'HABITATION

Le présent guide s'adresse aux professionnels du bâtiment. Il leur permet d'identifier correctement les ponts thermiques potentiels dans les isolations d'immeubles d'habitation, et de planifier, puis d'exécuter des solutions exemplaires sur le plan qualitatif. Un guide distinct est édité pour les maîtres d'ouvrage.

CONTENU DU GUIDE

Le présent guide sur les ponts thermiques présente des valeurs calculées simples ainsi que des recommandations d'exécution. Il passe en revue les problèmes d'isolation les plus courants et se base sur les types de murs en usage dans les bâtiments d'habitation construits avant 1980, notamment sur les éléments suivants :

- maçonnerie monolithique
- maçonnerie à double mur
- maçonnerie avec isolation intérieure
- maçonnerie en moellons
- parois en madriers
- parois à ossature bois
- parois à colombages

PONTS THERMIQUES DANS DES FAÇADES ISOLÉES

DÉFINITION DU PONT THERMIQUE

Un pont thermique est une zone de l'enveloppe d'un bâtiment qui laisse s'échapper un flux de chaleur nettement plus important qu'un pan de mur standard ayant une coupe uniforme.

Un tel pont peut être engendré par :

- un changement de matériau dans un composant du bâtiment ou pénétration d'un composant par des matériaux à forte conductivité thermique (comme une dalle d'un balcon qui traverse la couche isolante de la façade),
- des éléments de transition, tels qu'embrasures de fenêtres,
- des modifications de la géométrie d'un élément du bâtiment,
- des ruptures de continuité dans la composition (intérieure ou extérieure) des murs lors des raccordements, comme entre le socle et la paroi extérieure du rez, ou entre la tête de mur et le toit.

S'ils sont mal résolus, ces problèmes peuvent engendrer des pertes de chaleur plus élevées et faire courir des risques du point de vue de la physique du bâtiment et de l'hygiène.

Il s'agit de prendre des mesures pour minimiser les effets des ponts thermiques, afin d'éviter l'apparition de dommages ou d'autres défauts de construction.

PONTS THERMIQUES LINÉIQUES OU PONCTUELS

Un pont thermique linéique est une perturbation de l'enveloppe thermique d'un bâtiment qui se présente sous la forme d'une ligne. Les pertes de chaleur provoquées par un tel pont sont mesurées dans une unité qui tient compte d'une distance : le coefficient linéique de transmission thermique (ψ , exprimé en watts par mètre-kelvin [W/mK]).

Le coefficient ψ dépend des facteurs suivants :

- valeur U des éléments de construction voisins (plus basse est U , plus élevée est ψ)
- localisation du point de référence pour lequel la valeur ψ est déterminée,
- qualité de l'exécution du raccordement

Un pont thermique ponctuel est une perturbation localisée en un point, provoquée, p.ex., par un pilier. De tels éléments ne font pas l'objet du présent guide.

PRINCIPAUX DÉTAILS DE RACCORDEMENT

Les jonctions suivantes sont déterminantes pour la qualité de l'enveloppe thermique. Elles doivent être planifiées et exécutées avec soin :

- raccord entre le mur extérieur et un toit plat
- appuis de fenêtres, embrasures, tablettes, linteaux, caissons de store
- éléments traversants en béton, tels qu'une dalle de balcon
- transition entre le sous-sol (non chauffé) et le rez (chauffé), au niveau du socle.

QUALITÉ DE L'ENVELOPPE DU POINT DE VUE THERMIQUE

VALEURS U RÉGLEMENTAIRES LORS DE RÉNOVATIONS

Selon la norme SIA 380/1 : 2009 (L'énergie thermique dans le bâtiment), les murs extérieurs isolés a posteriori doivent présenter une valeur U max. de $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dans de nombreux cas, on exige même une valeur U max. de $0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, notamment dans le cadre de programmes d'encouragement aux économies d'énergie.

ÉLÉMENTS ADJACENTS

Il arrive souvent qu'on ne se contente pas d'isoler les murs extérieurs, mais que l'on isole également les composants adjacents, qui peuvent être les suivants (valeurs selon norme SIA 380/1 : 2009) :

Toit en pente	$0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$
Toit plat	$0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$
Plafond contre espace non chauffé	$0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$
Sol contre espace non chauffé	$0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Sol contre terrain ¹⁾	$0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Mur contre local non chauffé	$0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Mur contre terrain ¹⁾	$0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$

¹⁾ situés à plus de 2.0 m de profondeur

NB : aucun composant ne doit posséder un chauffage de surface.

EFFETS D'UN PONT THERMIQUE

RÉDUCTION DES PERTES DE CHALEUR PAR TRANSMISSION

Il arrive souvent que la valeur U des bâtiments d'habitation anciens soit de l'ordre de 0.50 à $1.10 \text{ W/m}^2\text{K}$.

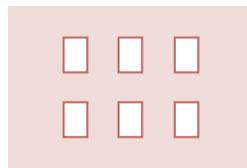
Comparé à la valeur U exigée pour les nouvelles constructions ($0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$), celle-ci est élevée. Elle provoque de grandes pertes de transmission de chaleur, entraînant une grande consommation d'énergie pour le chauffage.

Il est aujourd'hui possible de réduire cette consommation en isolant les murs existants selon l'état actuel de la technique.

Lorsque les murs extérieurs sont isolés, les ponts thermiques non résolus représentent proportionnellement d'importantes pertes de transmission de chaleur par rapport aux pertes résiduelles sur les pans de façades isolés.

En voici un exemple :

PORTION DE FAÇADE :



Façade : $6.5 \text{ m} * 8.0 \text{ m} = 52.0 \text{ m}^2$
 Fenêtres : $6 * 0.9 \text{ m} * 1.2 \text{ m} = 6.5 \text{ m}^2$
 Surface pleine de façade : 45.5 m^2
 Longueur totale des embrasures :
 $6 * 2 * (0.9 \text{ m} + 1.2 \text{ m}) = 25.2 \text{ m}$
 Longueur du socle et de la sablière = 8.0 m

Façade d'un immeuble de deux étages.

La valeur U de la façade pleine isolée est de $0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La figure ci-dessous montre l'effet des ponts thermiques sur les pertes de chaleur, par rapport à un mur extérieur isolé. Afin de pouvoir comparer de manière simple les pertes des différents éléments, celles induites par les ponts thermiques sont converties en surfaces (m^2) possédant une valeur U de $0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Les deux situations suivantes sont comparées :

Ouvrage négligé : aucune mesure spéciale n'a été prise pour corriger les ponts thermiques.

Ouvrage optimisé : les ponts thermiques ont été assainis le mieux possible.

Ouvrage négligé :	Ouvrage optimisé :
Jonction mur extérieur – toit plat $\psi = 0.50 \text{ W/mK}$ 20 m²	Jonction mur extérieur – toit plat $\psi = 0.25 \text{ W/mK}$ 10 m²
Embrasures de fenêtres $\psi = 0.30 \text{ W/mK}$ 38 m²	Embrasures de fenêtres $\psi = 0.17 \text{ W/mK}$ 21 m²
Socle $\psi = 0.80 \text{ W/mK}$ 32 m²	Socle $\psi = 0.20 \text{ W/mK}$ 8 m²
Façade pleine $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ 46 m²	Façade pleine $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ 46 m²

Si l'architecte néglige le traitement correct des ponts thermiques pour tous les raccordements (mur extérieur avec toit plat, embrasures de fenêtres et socle), les pertes par transmission de chaleur, dues aux ponts thermiques (90 m²) sont deux fois plus élevées que celles des façades pleines isolées (46 m²). Si les ponts thermiques sont traités de manière optimale, tant au niveau de la planification que de l'exécution, leurs pertes cumulées correspondent à 39 m², ce qui est moins élevé que la contribution des surfaces pleines isolées (46 m²). Dans cet exemple, les bonnes solutions introduites dans l'ouvrage optimisé ont permis de réduire de 40 % les pertes de chaleur par transmission, par rapport à l'ouvrage négligé.

BASES DE CALCUL

CONSEILS POUR LA MISE EN ŒUVRE DES LÉGISLATIONS CANTONALES SUR L'ÉNERGIE

Dans le cadre de transformations, aucune exigence n'est généralement requise pour les ponts thermiques. Ce sont les cantons qui sont responsables de fixer des valeurs limites pour les différents éléments de construction. La plupart d'entre eux ont introduit les exigences rapportées plus haut. Ils demandent que les ponts thermiques soient assainis autant que possible, dans les limites de solutions raisonnables financièrement, chaque fois que les éléments adjacents à ces ponts sont rénovés.

CALCUL DES COEFFICIENTS ψ

Les coefficients ψ indiqués dans le présent guide ont été calculés à l'aide d'un logiciel spécifique aux ponts thermiques conçu en vertu de la norme EN ISO 10211 : 2007 (Ponts thermiques dans les bâtiments – Flux thermiques et températures superficielles – Calculs détaillés). La disposition de l'enveloppe isolée détermine le nombre de ponts thermiques, et permet de mesurer leurs dimensions et de déterminer les coefficients ψ .

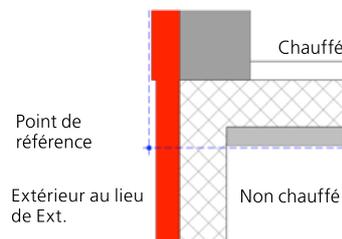
Cependant, les coefficients ψ indiqués ici ne permettent pas de conclure automatiquement qu'aucun dommage n'apparaîtra. Il est nécessaire d'examiner séparément la question de la protection contre l'humidité, et de rédiger un justificatif à ce propos.

Si des ponts thermiques se répètent régulièrement dans un composant du bâtiment (poutres, lattage, sous-constructions, etc.), il faut en tenir compte dans le calcul de la valeur U dudit composant. Dans le cas d'éléments composites, tels que fenêtres, portes ou parties de façade, on calcule ou on mesure une valeur U moyenne pour l'élément.

Pour les embrasures de fenêtres, le logiciel tient compte d'un cadre en bois, avec une valeur U_f de 1.40 W/m²K. Pour calculer les coefficients ψ , il se base sur les dimensions extérieures de l'enveloppe thermique.

POINT DE RÉFÉRENCE

La valeur du coefficient ψ dépend de la localisation du point de référence, c.-à-d. du point d'intersection entre deux éléments du bâtiment.



Détail du socle pour des sous-sols non chauffés

COEFFICIENTS ψ NÉGATIFS

Il peut arriver, dans certains bâtiments, que l'on obtienne des coefficients ψ négatifs. Ces situations ne sont pas abordées dans le présent guide.

PROTECTION CONTRE L'HUMIDITÉ

JUSTIFICATIF CONCERNANT LA PROTECTION CONTRE L'HUMIDITÉ ET LE CONFORT THERMIQUE

La norme SIA 180 (Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments) définit les exigences relatives à la protection contre l'humidité, que ce soit pour l'humidité superficielle ou pour celle de la construction elle-même. Elle traite aussi les questions de confort thermique et d'étanchéité à l'air du bâtiment.

Les bâtiments doivent être conçus de telle façon qu'en aucun endroit puisse se former de la condensation en surface, ni puisse se développer des colonies de moisissures. Il est cependant admis que de la condensation superficielle puisse se former pendant un court moment, à condition que cela ne provoque pas de dommages au bâtiment. De plus, il ne faut pas que les murs du bâtiment absorbent une humidité telle qu'elle entraîne des dommages.

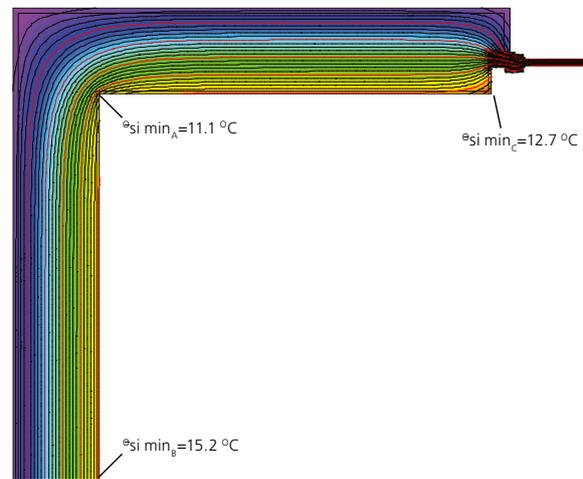
On apportera dans deux démarches distinctes la preuve de la protection contre l'humidité selon la norme SIA 180, et l'examen des ponts thermiques avec la justification de leur qualité.

S'il reste des ponts thermiques après l'assainissement énergétique d'un bâtiment, il faudra présenter un justificatif quant à la protection contre l'humidité.

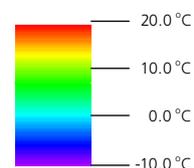
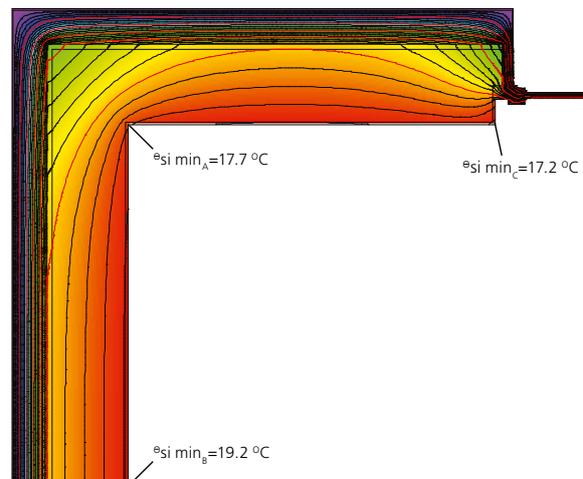
ISOTHERMES

En comparant les lignes isothermiques d'un mur extérieur non isolé avec celles d'un mur isolé, on constate deux choses : la chaleur s'échappe par les ponts thermiques constitués par les angles extérieurs et les embrasures de fenêtres. Pour le bâtiment isolé, la température superficielle intérieure est nettement plus élevée que pour le bâtiment non isolé. Dans ce dernier cas, la maçonnerie porteuse est entièrement située dans l'espace chaud du bâtiment.

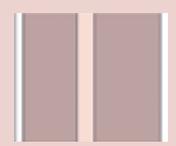
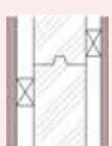
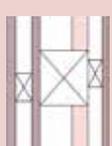
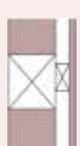
COUPE D'UN MUR EXTÉRIEUR SANS ISOLATION



COUPE D'UN MUR EXTÉRIEUR AVEC ISOLATION DE FAÇADE ET D'EMBRASURE DE FENÊTRE



STRUCTURE D'UN MUR EXTÉRIEUR

Structure d'un mur existant		Aufbau der Wandkonstruktion	Valeur U W/m ² K
	Maçonnerie monolithique	- crépis extérieur - maçonnerie en briques de terre cuite - crépis intérieur	env. 1.10
	Maçonnerie à double mur	- crépis extérieur - maçonnerie en briques de terre cuite - isolation de 2 à 6 cm d'épaisseur - maçonnerie en briques de terre cuite - crépis intérieur	de 0.50 à 0.80
	Mur en maçonnerie avec isolation intérieure	- crépis extérieur - maçonnerie en briques de terre cuite - isolation de 2 à 6 cm d'épaisseur - doublage intérieur	de 0.50 à 0.80
	Maçonnerie en moellons	- crépis extérieur - maçonnerie: pierre naturelle ou moellons - crépis intérieur	de 0.90 à 1.10
	Parois en madriers	- bardage extérieur ventilé - madriers - habillage intérieur	env. 0.80
	Parois à ossature bois	- parement ou bardage extérieur ventilé - poteaux en bois avec 4 à 6 cm d'isolation - habillage intérieur	de 0.50 à 0.70
	Parois à colombages	- crépis extérieur - colombages en bois avec remplissage en maçonnerie - habillage intérieur	env. 1.10

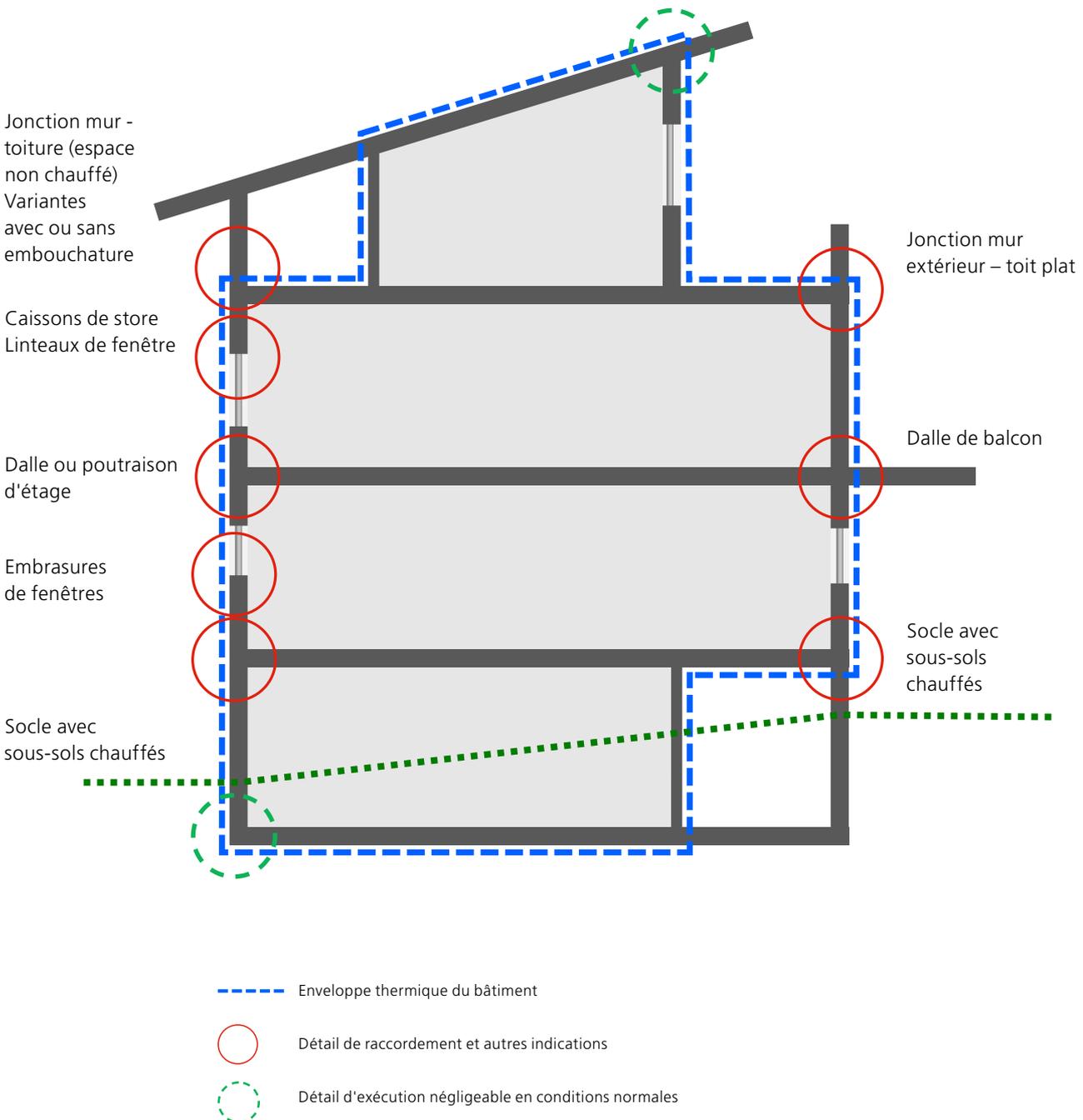
DÉSIGNATION ET LÉGENDE

	Béton armé
	Composant selon descriptif
	Isolation (en général)
	Nouvelle couche isolante
	Variante : isolation intérieure
i	intérieur, chauffé
e	extérieur
u	non chauffé (unheated)
G	Terrain naturel (ground)

	Point de référence
0.15	vert+ gras: recommandé
R	recommandé: ($\psi \leq 0.00$ W/mK)
0.40	noir: peut convenir
0.85	italique+ rouge+ gras: solution inappropriée
--	cas peu habituel

APERÇU DES PONTS THERMIQUES

COUPE D'UN BÂTIMENT INDIQUANT LES PONTS THERMIQUES POTENTIELS POUVANT AFFECTER LA QUALITÉ DE L'ISOLATION DES MURS EXTÉRIEURS



MAÇONNERIE MONOLITHIQUE

STRUCTURE EXISTANTE



- crépis extérieur
- maçonnerie en briques de terre cuite
- crépis intérieur

Valeur U = environ $1.10 \text{ W/m}^2\text{K}$

VARIANTES CLASSIQUES D'ISOLATION THERMIQUE

- isolation extérieure crépie
- isolation extérieure avec bardage ventilé

SPÉCIFICITÉS

Pour l'isolation des caissons de stores, il faut chercher une solution optimale qui varie de cas en cas.

Si possible, on remplira entièrement le caisson de matériaux isolants et l'on posera une nouvelle installation de protection solaire sur la façade extérieure.

PONTS THERMIQUES SIGNIFICATIFS

- Embrasures de fenêtres
- Caissons de stores
- Dalle de balcon
- Socle avec sous-sols chauffés ou non

VALEURS CALCULÉES

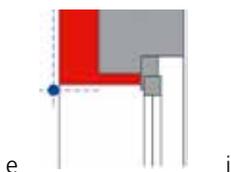
Base : valeur U du mur extérieur rénové avec isolation : $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$		ψ
Pour les valeurs $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ .		W/mK
Jonction mur extérieur – sol des combles sans embouchature	Valeur U du sol des combles = $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.10
	Valeur U du sol des combles = $0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.05
	Valeur U du sol des combles = $1.00 \text{ W/m}^2\text{K}$	R
	Réduction pour isolation partielle intégrée au plafond	-0.05
Jonction mur extérieur – sol des combles avec embouchature	Valeur U du sol des combles = $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.10
	Valeur U du sol des combles = $0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.10
	Valeur U du sol des combles = $1.00 \text{ W/m}^2\text{K}$	R
	Réduction pour isolation partielle intégrée au plafond	-0.05
Jonction mur extérieur – toit plat 	Pas d'isolation de l'acrotère, ni d'isolation partielle intégrée au plafond	0.35
	Pas d'isolation de l'acrotère, mais avec isolation partielle intégrée au plafond	0.25
	Isolation de l'acrotère de 4 cm d'épaisseur sur tout le tour du bâtiment, avec ou sans isolation partielle intégrée au plafond	0.10
	Isolation de l'acrotère de 8 cm d'épaisseur sur tout le tour du bâtiment avec ou sans isolation partielle intégrée au plafond	0.05
	Pas d'isolation de l'acrotère	0.15
	Valeur U d'un toit plat $0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$	Valeur U d'un toit plat $0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Base: valeur U du mur extérieur rénové avec isolation: $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pour les valeurs $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ .

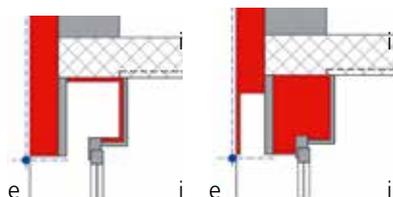
ψ
W/mK

Embrasures de fenêtres



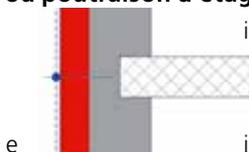
Isolation 0 cm	0.28
Isolation 2 cm	0.16
Isolation 4 cm	0.13
Isolation 6 cm	0.11
Isolation 8 cm	0.10
Isolation de haute performance 1 cm	0.15

Caissons de store



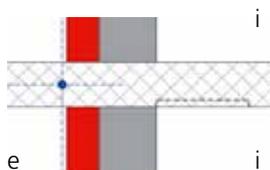
Pas d'isolation extérieure ni d'isolation intérieure	1.70
Pas d'isolation extérieure, mais avec isolation intérieure partielle intégrée au plafond	1.60
Caisson avec isolation intérieure complète de 2 cm	0.90
Caisson avec isolation intérieure complète de 2 cm, + habillage horizontal et vertical dans la pièce	1.15
Ancien caisson condamné, rempli d'isolant avec isolation extérieure du nouveau caisson d'au moins 2 cm	0.30

Dalle ou poutraison d'étage



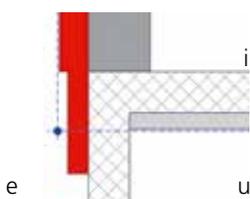
Isolation extérieure continue	R
-------------------------------	----------

Dalle de balcon



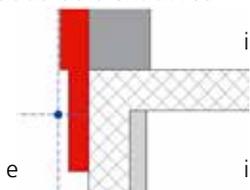
Dalle de balcon existante de 18 cm d'épaisseur	0.50
Dalle de balcon existante de 18 cm d'épaisseur Valeur U de la façade $0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.50
Réduction pour isolation partielle intégrée au plafond	-0.05
Scier la dalle de balcon, isoler le mur en continu et reconstituer un balcon statiquement indépendant	R

Socle avec sous-sols non chauffés



Valeur U de la dalle entre le rez et les sous-sols $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sans isolation	0.45
	Seulement isolation du front de dalle	0.40
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.25
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.20
Valeur U de la dalle entre le rez et les sous-sols $0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.20
	Sans isolation	0.25
	Seulement isolation du front de dalle	0.20
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.10
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.05
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.05

Socle avec sous-sols chauffés



Sans isolation	0.80
Seulement isolation du front de dalle	0.60
Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.40
Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.25
Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.10

MAÇONNERIE À DOUBLE MUR

STRUCTURE EXISTANTE



- crépis extérieur
- maçonnerie en briques de terre cuite
- isolation de 2 à 6 cm d'épaisseur
- maçonnerie en briques de terre cuite
- crépis intérieur

Valeur U entre 0.5 et 0.8 W/m²K,
en fonction de l'isolation thermique existante

VARIANTES CLASSIQUES D'ISOLATION THERMIQUE

- isolation extérieure crépie
- isolation extérieure avec bardage ventilé

SPÉCIFICITÉS

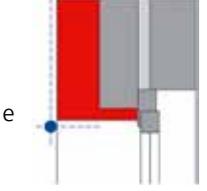
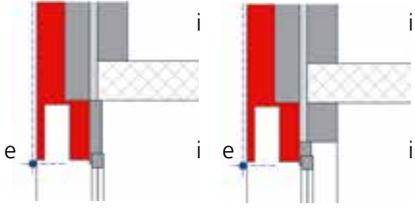
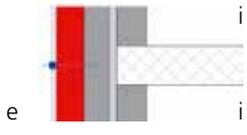
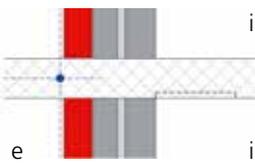
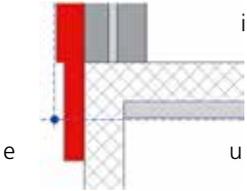
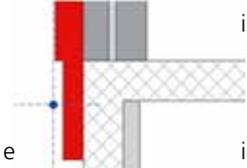
Il s'agit de vérifier que le mur reste perméable à la vapeur, en tenant compte de l'isolation existante ou de la lame d'air entre les deux murs.

PONTS THERMIQUES SIGNIFICATIFS

- Embrasures de fenêtres
- Dalle de balcon
- Socle avec sous-sols chauffés ou non

VALEURS CALCULÉES

Base: valeur U du mur extérieur rénové avec isolation: 0.25 W/m ² K Pour les valeurs $U = 0.20$ W/m ² K, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ .		ψ W/mK
Jonction mur extérieur – sol des combles sans embouchature	Valeur U du sol des combles = 0.25 W/m ² K	0.05
	Valeur U du sol des combles = 0.40 W/m ² K	0.00
	Valeur U du sol des combles = 1.00 W/m ² K	R
	Réduction pour isolation partielle intégrée au plafond	0.00
Jonction mur extérieur – sol des combles avec embouchature	Valeur U du sol des combles = 0.25 W/m ² K	0.10
	Valeur U du sol des combles = 0.40 W/m ² K	0.10
	Valeur U du sol des combles = 1.00 W/m ² K	R
	Réduction pour isolation partielle intégrée au plafond	-0.05
Jonction mur extérieur – toit plat Valeur U d'un toit plat 0.20 W/m ² K	Pas d'isolation de l'acrotère, ni d'isolation partielle intégrée au plafond	0.30
	Pas d'isolation de l'acrotère, mais avec isolation partielle intégrée au plafond	0.20
	Isolation de l'acrotère de 4 cm d'épaisseur sur tout le tour du bâtiment, avec ou sans isolation partielle intégrée au plafond	0.10
	Isolation de l'acrotère de 8 cm d'épaisseur sur tout le tour du bâtiment, avec ou sans isolation partielle intégrée au plafond	0.05
	Pas d'isolation de l'acrotère Valeur U d'un toit plat 0.80 W/m ² K	0.10

Base: valeur U du mur extérieur rénové avec isolation: $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ Pour les valeurs $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ .		ψ W/mK	
Embrasures de fenêtres 	Isolation 0 cm	0.18	
	Isolation 2 cm	0.12	
	Isolation 4 cm	0.10	
	Isolation 6 cm	0.10	
	Isolation 8 cm	0.09	
	Isolation à haute performance 1 cm	0.11	
Linteaux de fenêtre 	Aucune isolation existante avec cadre de fenêtre élargi	0.45	
	Stores déplacés vers l'extérieur, isolation existante de 6 cm, avec cadre de fenêtre élargi	0.15	
	Aucune isolation existante, linteau en dur	0.35	
	Stores déplacés vers l'extérieur, isolation existante de 6 cm, avec linteau en dur	0.10	
Dalle ou poutraison d'étage 	Isolation extérieure continue	R	
Dalle de balcon 	Dalle de balcon traversante de 18 cm d'épaisseur	0.50	
	Dalle de balcon existante de 18 cm d'épaisseur Valeur U de la façade $0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.50	
	Réduction pour isolation partielle intégrée au plafond	-0.05	
	Scier la dalle de balcon, isoler le mur en continu et reconstituer un balcon statiquement indépendant	R	
Socle avec sous-sols non chauffés 	Valeur U de la dalle entre le rez et les sous-sols $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sans isolation	0.45
		Seulement isolation du front de dalle	0.35
		Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.25
		Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.20
		Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.20
	Valeur U de la dalle entre le rez et les sous-sols $0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sans isolation	0.20
		Seulement isolation du front de dalle	0.15
		Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.10
		Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.05
		Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.05
Socle avec sous-sols chauffés 	Sans isolation	0.75	
	Seulement isolation du front de dalle	0.60	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.40	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.25	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.10	

MAÇONNERIE AVEC ISOLATION INTÉRIEURE

STRUCTURE EXISTANTE



- crépis extérieur
- maçonnerie en briques de terre cuite
- isolation de 2 à 6 cm d'épaisseur
- doublage intérieur

Valeur U entre 0.5 et 0.8 W/m^2K , en fonction de l'isolation thermique existante

VARIANTES CLASSIQUES D'ISOLATION THERMIQUE

- isolation extérieure crépie
- isolation extérieure avec bardage ventilé

SPÉCIFICITÉS

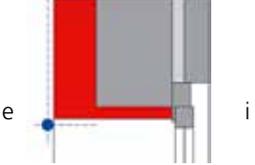
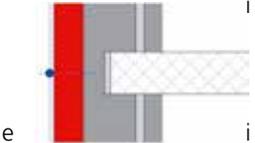
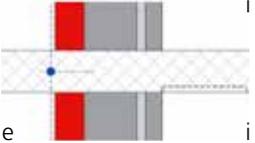
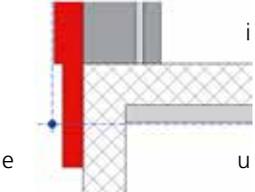
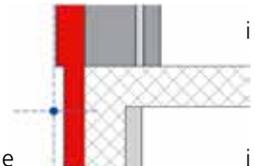
Il s'agit de vérifier que le mur reste perméable à la vapeur, en tenant compte de l'isolation intérieure existante ou de la lame d'air présente dans la structure.

PONTS THERMIQUES SIGNIFICATIFS

- Embrasures de fenêtres
- Dalle de balcon
- Socle avec sous-sols chauffés ou non

VALEURS CALCULÉES

Base : valeur U du mur extérieur rénové avec isolation : 0.25 W/m^2K		ψ
Pour les valeurs $U = 0.20 W/m^2K$, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ .		W/mK
Jonction mur extérieur – sol des combles sans embouchature	Valeur U du sol des combles = 0.25 W/m^2K	0.05
	Valeur U du sol des combles = 0.40 W/m^2K	R
	Valeur U du sol des combles = 1.00 W/m^2K	R
	Réduction pour isolation partielle intégrée au plafond	0.00
Jonction mur extérieur – sol des combles avec embouchature	Valeur U du sol des combles = 0.25 W/m^2K	0.05
	Valeur U du sol des combles = 0.40 W/m^2K	0.00
	Valeur U du sol des combles = 1.00 W/m^2K	0.00
	Réduction pour isolation partielle intégrée au plafond	0.00
Jonction mur extérieur – toit plat Valeur U d'un toit plat 0.20 W/m^2K	Pas d'isolation de l'acrotère, ni d'isolation partielle intégrée au plafond	0.25
	Pas d'isolation de l'acrotère, mais avec isolation partielle intégrée au plafond	0.15
	Isolation de l'acrotère de 4 cm d'épaisseur sur tout le tour du bâtiment, avec ou sans isolation partielle intégrée au plafond	0.10
	Isolation de l'acrotère de 8 cm d'épaisseur sur tout le tour du bâtiment, avec ou sans isolation partielle intégrée au plafond	0.05
	Pas d'isolation de l'acrotère	0.00
	Valeur U d'un toit plat 0.80 W/m^2K	

Base : valeur U du mur extérieur rénové avec isolation : $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ Pour les valeurs $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ .		ψ W/mK	
Embrasures et linteaux de fenêtres 	Isolation 0 cm	0.22	
	Isolation 2 cm	0.15	
	Isolation 4 cm	0.13	
	Isolation 6 cm	0.11	
	Isolation 8 cm	0.10	
	Isolation de haute performance 1 cm	0.15	
Dalle ou poutraisson d'étage 	Isolation extérieure continue	R	
Dalle de balcon 	Dalle de balcon existante de 18 cm d'épaisseur	0.45	
	Dalle de balcon existante de 18 cm d'épaisseur Valeur U de la façade $0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.45	
	Réduction pour isolation partielle intégrée au plafond	-0.05	
	Scier la dalle de balcon, isoler le mur en continu et reconstituer un balcon statiquement indépendant	R	
Socle avec sous-sols non chauffés 	Valeur U de la dalle entre le rez et les sous-sols $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sans isolation	0.35
		Seulement isolation du front de dalle	0.30
		Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.20
		Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.15
		Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.15
	Valeur U de la dalle entre le rez et les sous-sols $0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sans isolation	0.15
		Seulement isolation du front de dalle	0.10
		Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.05
		Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.00
		Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.00
Socle avec sous-sols chauffés 	Sans isolation	0.70	
	Seulement isolation du front de dalle	0.60	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.40	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.25	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	0.10	

MAÇONNERIE EN MOELLONS

STRUCTURE EXISTANTE



- crépis extérieur
- maçonnerie : pierre naturelle ou moellons
- crépis intérieur

Valeur U entre 0.90 et 1.10 W/m^2K , en fonction du genre et de l'épaisseur du matériau existant

VARIANTES CLASSIQUES D'ISOLATION THERMIQUE

- isolation extérieure crépie
- isolation extérieure avec bardage ventilé
- isolation intérieure

SPÉCIFICITÉS

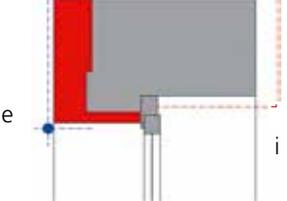
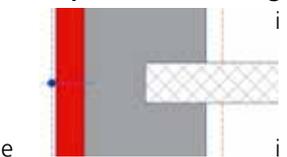
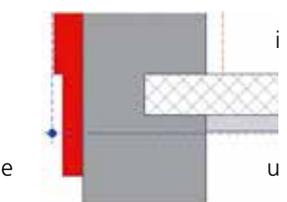
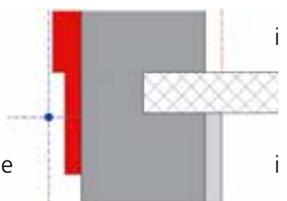
Si l'on veut installer une isolation intérieure, il s'agit d'étudier de manière approfondie la physique du bâtiment, notamment pour vérifier les questions d'étanchéité à l'air ou à la vapeur, surtout aux endroits où certains composants traversent l'isolation (p.ex. les têtes des poutres).

PONTS THERMIQUES SIGNIFICATIFS

- Embrasures de fenêtres, à examiner avec d'autant plus d'attention qu'elles sont profondes.
- Socle avec sous-sols chauffés ou non

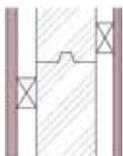
VALEURS CALCULÉES

Base : valeurs U du mur extérieur assaini énergétiquement, avec isolation intérieure (I-int) ou extérieure (I-ext): 0.25 W/m^2K Pour les valeurs $U = 0.20 W/m^2K$, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ . Variante isolation intérieure réduite (I-int réd) avec une valeur $U = 0.40 W/m^2K$.		ψ		
		I-int réd W/mK	I-int W/mK	I-ext W/mK
Jonction mur extérieur – sol des combles sans embouchature	Valeur U du sol des combles 0.25 W/m^2K	0.10	0.15	0.25
	Valeur U du sol des combles 0.40 W/m^2K	R	R	0.15
	Valeur U du sol des combles 1.00 W/m^2K	R	R	R
Jonction mur extérieur – sol des combles avec embouchature	Valeur U du sol des combles 0.25 W/m^2K	0.10	0.15	0.15
	Valeur U du sol des combles 0.40 W/m^2K	R	R	0.10
	Valeur U du sol des combles 1.00 W/m^2K	R	R	R
Jonction mur extérieur - toit plat	Cette situation est rare pour ce type de mur.	--	--	--

Base: valeurs U du mur extérieur assaini énergétiquement, avec isolation intérieure (I-int) ou extérieure (I-ext): 0.25 W/m ² K Pour les valeurs $U = 0.20$ W/m ² K, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ . Variante isolation intérieure réduite (I-int réd) avec une valeur $U = 0.40$ W/m ² K.		ψ			
		I-int réd W/mK	I-int W/mK	I-ext W/mK	
Embrasures et linteaux de fenêtres 	Isolation 0 cm	0.55	0.65	0.65	
	Isolation 2 cm	0.30	0.35	0.30	
	Crépis isolant 2 cm	0.35	0.40	--	
	Isolation 4 cm	0.21	0.25	0.20	
	Isolation 6 cm	0.15	0.19	0.17	
	Isolation 8 cm	0.11	0.14	0.15	
	Isolation de haute performance 1 cm	0.29	0.33	0.27	
Dalle ou poutraisson d'étage 	Isolation extérieure continue	--	--	R	
	Isolation intérieure non continue Dalle en béton	0.35	0.40	--	
	Isolation intérieure non continue Poutraisson	0.15	0.20	--	
Dalle de balcon	Cette situation est rare pour ce type de mur	--	--	--	
Socle avec sous-sols non chauffés 	Valeur U de la dalle entre le rez et les sous-sols 0.25 W/m ² K	Sans isolation	0.10	0.10	0.45
		Seulement isolation du front de dalle	--	--	0.35
		Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.25
		Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.20
		Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.20
		Réduction pour niveau en poutraisson	--	--	-0.05
	Valeur U de la dalle entre le rez et les sous-sols 0.60 W/m ² K	Sans isolation	0.00	0.00	0.20
		Seulement isolation du front de dalle	--	--	0.15
		Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.10
		Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.05
Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle		--	--	0.00	
Réduction pour niveau en poutraisson	--	--	-0.05		
Socle avec sous-sols chauffés 	Sans isolation	0.35	0.40	0.55	
	Seulement isolation du front de dalle	--	--	0.45	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.30	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.15	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.00	
	Réduction pour niveau en poutraisson	--	--	-0.05	

PAROIS EN MADRIERS

STRUCTURE EXISTANTE



- bardage extérieur ventilé
- madriers
- habillage intérieur

Valeur U = environ $0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$

VARIANTES CLASSIQUES D'ISOLATION THERMIQUE

- isolation extérieure, en règle générale protégée par un bardage ventilé
- isolation intérieure

SPÉCIFICITÉS

Si l'on veut installer une isolation intérieure, il s'agit d'étudier de manière approfondie la physique du bâtiment, notamment pour vérifier les questions d'étanchéité à l'air ou à la vapeur, surtout aux endroits où certains composants traversent l'isolation (p.ex. les têtes des poutres).

PONTS THERMIQUES SIGNIFICATIFS

- Si elles sont construites de manière traditionnelle, de telles constructions à ossature bois ne présentent pas de ponts thermiques au sens où l'entend la présente publication. Seuls les socles peuvent présenter des ponts thermiques.
- Lorsque des éléments traversant l'isolation, tels que des poutres ou des sous-constructions de façades ventilées, sont présents en grand nombre dans une partie de la construction, on en tient compte dans le calcul d'une valeur U moyenne.

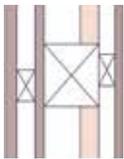
VALEURS CALCULÉES

Base : valeurs U du mur extérieur assaini énergétiquement, avec isolation intérieure (I-int) ou extérieure (I-ext): $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ Pour les valeurs $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ . Variante isolation intérieure réduite (I-int réd) avec une valeur $U = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$.		ψ		
		I-int réd W/mK	I-int W/mK	I-ext W/mK
Socle avec sous-sols non chauffés 	Sans isolation	0.40	0.40	0.50
	Seulement isolation du front de dalle	--	--	0.40
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.30
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.25
Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$		--	--	0.20
Socle avec sous-sols non chauffés Poutraison 	Sans isolation	0.25	0.25	0.40
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.35
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.30
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.25
Valeur U niveau du rez $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$		--	--	0.25
Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison		--	--	0.25

Base: valeurs U du mur extérieur assaini énergétiquement, avec isolation intérieure (I-int) ou extérieure (I-ext): 0.25 W/m ² K Pour les valeurs $U = 0.20$ W/m ² K, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ . Variante isolation intérieure réduite (I-int réd) avec une valeur $U = 0.40$ W/m ² K.		ψ		
		I-int réd W/mK	I-int W/mK	I-ext W/mK
Socle avec sous-sols non chauffés <p>Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez 0.60 W/m²K</p>	Sans isolation	0.20	0.20	0.25
	Seulement isolation du front de dalle	--	--	0.20
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.15
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.10
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.10
Socle avec sous-sols non chauffés Poutraison <p>Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez 0.60 W/m²K</p>	Sans isolation	0.10	0.10	0.20
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.15
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.10
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.05
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.05
Socle avec sous-sols chauffés 	Sans isolation	0.75	0.75	0.80
	Seulement isolation du front de dalle	--	--	0.65
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.45
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.30
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.10
Socle avec sous-sols chauffés Poutraison 	Sans isolation	0.35	0.35	0.50
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.40
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.25
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.15
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.00

PAROIS À OSSATURE BOIS

STRUCTURE EXISTANTE



- parement ou bardage extérieur ventilé
- poteaux en bois avec 4 à 6 cm d'isolation
- habillage intérieur

Valeur U variant entre 0.50 et 0.70 W/m²K

VARIANTES CLASSIQUES D'ISOLATION THERMIQUE

- isolation intégrale du mur à ossature bois
- isolation extérieure, en général protégée par un bardage ou revêtement ventilé
- isolation intérieure

SPÉCIFICITÉS

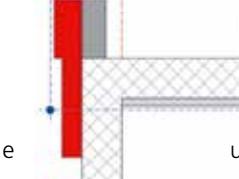
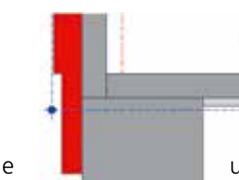
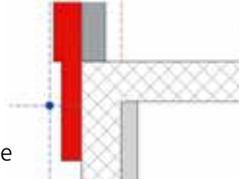
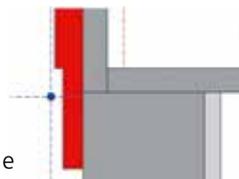
Si l'on veut installer une isolation intérieure, il s'agit d'étudier de manière approfondie la physique du bâtiment, notamment pour vérifier les questions d'étanchéité à l'air ou à la vapeur, surtout aux endroits où certains composants traversent l'isolation (p.ex. les têtes des poutres).

PONTS THERMIQUES SIGNIFICATIFS

- Si elles sont construites de manière traditionnelle, de telles constructions à ossature bois ne présentent pas de ponts thermiques au sens où l'entend la présente publication. Seuls les socles peuvent présenter des ponts thermiques.
- Lorsque des éléments traversant l'isolation, tels que des poutres ou des sous-constructions de façades ventilées, sont présents en grand nombre dans une partie de la construction, on en tient compte dans le calcul d'une valeur U moyenne.

VALEURS CALCULÉES

Base : valeurs U du mur extérieur assaini énergétiquement, avec isolation intérieure (I-int) ou extérieure (I-ext): 0.25 W/m ² K Pour les valeurs $U = 0.20$ W/m ² K, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ . Variante isolation intérieure réduite (I-int réd) avec une valeur $U = 0.40$ W/m ² K.		ψ		
		I-int réd W/mK	I-int W/mK	I-ext W/mK
Socle avec sous-sols non chauffés 	Sans isolation	0.40	0.40	0.50
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.40
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.30
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.25
Socle avec sous-sols non chauffés Poutraison 	Sans isolation	0.30	0.25	0.35
	Seulement isolation du front de poutraison	-	-	0.30
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.30
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.25
Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez 0.25 W/m ² K	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.25
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.25

Base : valeurs U du mur extérieur assaini énergétiquement, avec isolation intérieure (I-int) ou extérieure (I-ext): 0.25 W/m ² K Pour les valeurs $U = 0.20$ W/m ² K, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ . Variante isolation intérieure réduite (I-int réd) avec une valeur $U = 0.40$ W/m ² K.		ψ			
		I-int réd W/mK	I-int W/mK	I-ext W/mK	
Socle avec sous-sols non chauffés 	Sans isolation	0.25	0.20	0.25	
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.20	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.15	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.10	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.10	
	Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez 0.60 W/m ² K	Sans isolation	0.15	0.10	0.20
Socle avec sous-sols non chauffés Poutraison 	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.15	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.10	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.05	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.05	
	Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez 0.60 W/m ² K	Sans isolation	0.75	0.75	0.80
	Socle avec sous-sols chauffés 	Seulement isolation du front de dalle	--	--	0.65
Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle		--	--	0.45	
Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle		--	--	0.30	
Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle		--	--	0.10	
Socle avec sous-sols chauffés Poutraison 		Sans isolation	0.40	0.35	0.45
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.40	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.25	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.15	
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	E	

PAROIS À COLOMBAGES

STRUCTURE EXISTANTE



- crêpis extérieur
- colombages en bois avec remplissage en maçonnerie
- habillage intérieur

Valeur U = environ $1.10 \text{ W/m}^2\text{K}$

VARIANTES CLASSIQUES D'ISOLATION THERMIQUE

- isolation extérieure
- isolation intérieure

SPÉCIFICITÉS

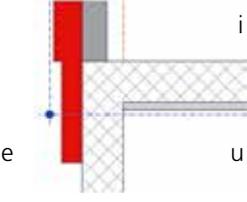
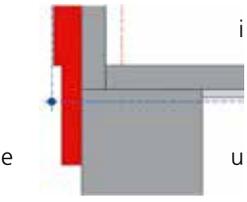
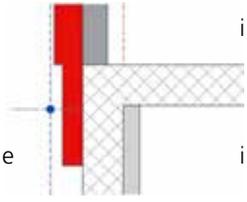
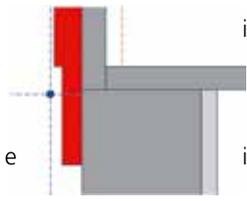
Si l'on veut installer une isolation intérieure, il s'agit d'étudier de manière approfondie la physique du bâtiment, notamment pour vérifier les questions d'étanchéité à l'air ou à la vapeur, surtout aux endroits où certains composants traversent l'isolation (p.ex. les têtes des poutres).

PONTS THERMIQUES SIGNIFICATIFS

- Si elles sont construites de manière traditionnelle, de telles constructions à colombages ne présentent pas de ponts thermiques au sens où l'entend la présente publication. Seuls les socles peuvent présenter des ponts thermiques.
- Lorsque des éléments traversant l'isolation, tels que des poutres ou des sous-constructions de façades ventilées, sont présents en grand nombre dans une partie de la construction, on en tient compte dans le calcul d'une valeur U moyenne.

VALEURS CALCULÉES

Base : valeurs U du mur extérieur assaini énergétiquement, avec isolation intérieure (I-int) ou extérieure (I-ext): $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ Pour les valeurs $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ . Variante isolation intérieure réduite (I-int réd) avec une valeur $U = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$.		ψ		
		I-int réd W/mK	I-int W/mK	I-ext W/mK
Socle avec sous-sols non chauffés 	Sans isolation	0.35	0.40	0.50
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.40
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	---	0.30
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.25
Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.25
Socle avec sous-sols non chauffés Poutraison 	Sans isolation	0.25	0.20	0.45
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.35
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.30
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.25
Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.25

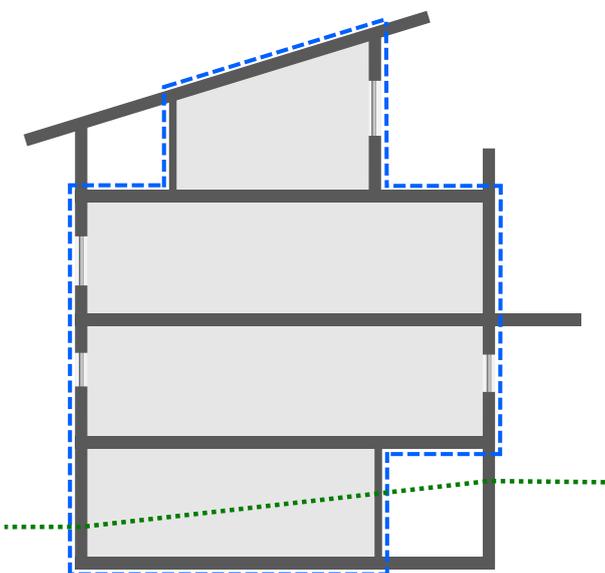
Base : valeurs U du mur extérieur assaini énergétiquement, avec isolation intérieure (I-int) ou extérieure (I-ext): 0.25 W/m ² K Pour les valeurs $U = 0.20$ W/m ² K, il est aussi possible d'utiliser le coefficient ψ . Variante isolation intérieure réduite (I-int réd) avec une valeur $U = 0.40$ W/m ² K.		ψ		
		I-int réd W/mK	I-int W/mK	I-ext W/mK
Socle avec sous-sols non chauffés 	Sans isolation	0.20	0.20	0.30
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.25
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.15
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.10
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.10
Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez 0.60 W/m ² K				
Socle avec sous-sols non chauffés Poutraison 	Sans isolation	0.10	0.05	0.25
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.20
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.10
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.05
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.05
Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez 0.60 W/m ² K				
Socle avec sous-sols chauffés 	Sans isolation	0.70	0.70	0.85
	Seulement isolation du front de dalle	--	--	0.65
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.45
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.25
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la dalle	--	--	0.05
Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez 0.60 W/m ² K				
Socle avec sous-sols chauffés Poutraison 	Sans isolation	0.30	0.30	0.55
	Seulement isolation du front de poutraison	--	--	0.40
	Isolation extérieure continue jusqu'à 25 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.30
	Isolation extérieure continue jusqu'à 50 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.15
	Isolation extérieure continue jusqu'à 100 cm sous le niveau inférieur de la poutraison	--	--	0.00
Valeur U du niveau séparant les sous-sols du rez 0.60 W/m ² K				

RECOMMANDATIONS

PRINCIPES À OBSERVER POUR ÉVITER LES PONTS THERMIQUES DANS LA MESURE DU POSSIBLE

Lors des opérations de rénovation, il n'est pas toujours possible d'observer sans compromis le principe de ne jamais affaiblir ou interrompre l'enveloppe thermique d'un bâtiment, quel que soit son composant. On peut toutefois respecter certaines règles, telles que les suivantes :

- Privilégier une forme épurée de l'enveloppe.
- Éviter les éléments perforant l'isolation, tels que dalles de balcon ou avant-toits.
- Raccorder soigneusement entre elles les couches d'isolation recouvrant les différents composants du bâtiment.
- Déterminer les liaisons entre composants du bâtiment de manière à ce que la ligne médiane des différentes couches isolantes soit continue.



Définition de l'enveloppe thermique du bâtiment

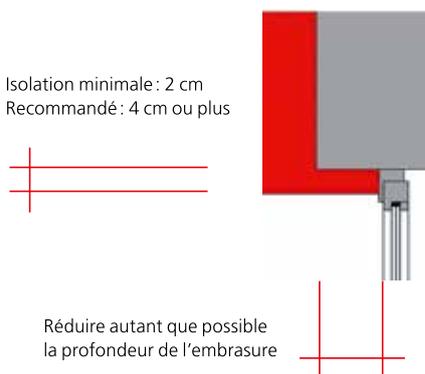
CONCERNANT LES TYPES DE RACCORDEMENT ENTRE ÉLÉMENTS MENTIONNÉS DANS CE GUIDE, ON CHOISIRA DE PRÉFÉRENCE LES SOLUTIONS LES PLUS FAVORABLES, À SAVOIR :

- Solutions détaillées marquées par la **valeur ψ en vert** ou par la **lettre R écrite en vert** (= recommandé).
- Si les solutions ci-dessus ne sont pas réalisables concrètement, privilégier les solutions marquées par la valeur ψ écrite en caractère normal.
- Éviter de choisir les solutions détaillées marquées par la **valeur ψ en rouge**

EMBRASURES DE FENÊTRES

Le coefficient ψ est fortement influencé par le traitement des embrasures de fenêtres, c'est-à-dire leur profondeur ainsi que l'épaisseur du retour d'isolation.

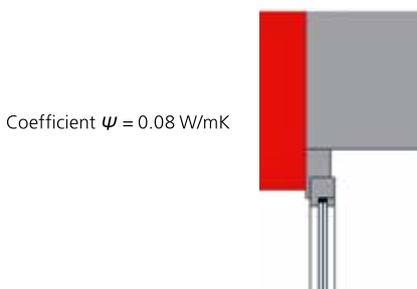
RECOMMANDATION POUR LES EMBRASURES DE FENÊTRES



En lieu et place d'une isolation classique de 2 cm d'épaisseur, on peut aussi mettre en place une isolation ultra-performante de 1 cm d'épaisseur (p.ex. une natte en aérogel). Pour qu'une telle solution soit efficace, il ne faut pas que la conductivité thermique λ de l'isolant soit plus élevée que 0.015 W/mK. On peut valoriser les apports de lumière naturelle en créant des embrasures de fenêtres à bords biaisés. Mais il ne faut pas, en pareil cas, déroger aux règles d'isolation minimale des « retours » d'isolation.

DÉPLACER LES FENÊTRES SUR LE FRONT DE FAÇADE

Pour éviter les ponts thermiques, l'idéal est de placer les fenêtres dans le prolongement de l'isolation de façade. Lorsqu'on envisage de remplacer les fenêtres, il faudrait placer les nouvelles aussi près que possible de l'isolation de façade



CAISSONS DE STORE

Les mesures à appliquer pour traiter les caissons de store dépendent beaucoup de la structure des murs extérieurs. On se reportera aux recommandations relatives à chaque type de mur.

DALLES DE BALCONS CONTINUES

Si le bâtiment a été isolé ultérieurement par l'extérieur, les dalles de balcons existantes représentent souvent des ponts thermiques très importants (avec un coefficient ψ élevé). Les mesures suivantes devraient être prises en priorité :

- Scier la dalle de balcon de manière à permettre une isolation continue de la façade. Reconstruire de nouveaux balcons sur une structure autoportante, devant l'isolation de façade qui n'est pas interrompue.
- Si l'architecte prévoit d'agrandir les logements en annexant les balcons existants, inclure ceux-ci dans l'enveloppe et créer de nouveaux balcons autoportants à l'extérieur de cette dernière.

AUTRE MESURE À PRENDRE EN SECONDE PRIORITÉ :

Recouvrir de tous côtés la dalle de balcon d'une couche isolante. Cette mesure est chère à mettre en place, et son efficacité est relative. Par exemple, dans le cas d'une maçonnerie monolithique, le coefficient ψ du pont thermique passe de 0.50 à 0.30 W/mK, si l'épaisseur de l'isolant est de 4 cm, et de 0.50 à 0.40 W/mK si elle est de 2 cm. Il s'agit d'analyser au cas par cas l'effet réel d'une telle mesure.

ISOLATION INTÉRIEURE

Si l'on envisage d'isoler le bâtiment par l'intérieur, il faut se préoccuper non seulement des ponts thermiques, mais également des questions suivantes, qui devront être résolues avant le début des travaux, notamment :

- Si des conduites d'eau sont intégrées dans les murs, il faudra les déplacer.
- Il faudra étudier les conséquences de la perte du volant thermique que représentait la masse du mur avant isolation.
- Il faudra étudier soigneusement la physique du bâtiment pour définir la structure du mur et assurer les raccordements à des composants voisins du bâtiment.
- Il s'agira de prendre en compte d'autres critères, tels que la protection contre la chaleur estivale.

SOCLE

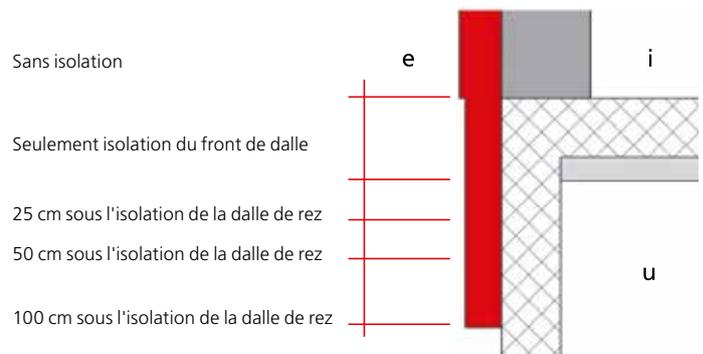
Au niveau du socle, il est nécessaire de prolonger l'isolation extérieure en-dessous de la dalle de rez, afin de réduire le coefficient ψ .

- Si les sous-sols ne sont pas chauffés, l'isolation périphérique du bâtiment doit être prolongée d'au moins 50 cm à compter du dessous de l'isolation de la dalle du rez.
- Si les sous-sols sont chauffés, il faut prolonger l'isolation périphérique jusqu'à 100 cm, à compter du dessous de l'isolation de la dalle du rez.

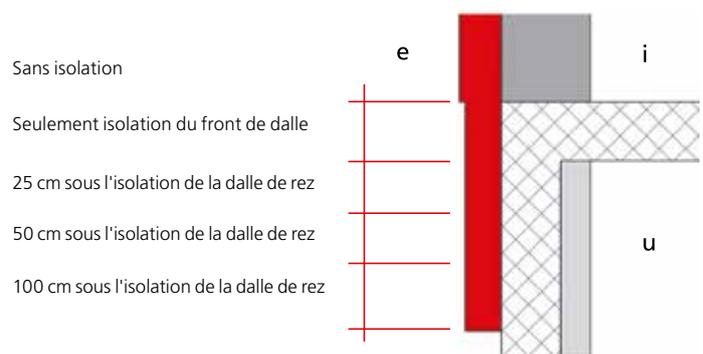
L'épaisseur de l'isolation périphérique du socle devra être d'au moins les $\frac{3}{4}$ de l'épaisseur de l'isolation des façades, en comptant que la valeur Lambda de l'isolation du socle doit être la même que celle de la façade.

Les figures ci-dessous montrent comment on mesure les longueurs requises des prolongements de l'isolation périphérique.

SOCLE AVEC SOUS-SOLS NON CHAUFFÉS



SOCLE AVEC SOUS-SOLS CHAUFFÉS



RÉNOVATION PAR ÉTAPES

UNE BONNE PLANIFICATION, GAGE DE RÉUSSITE D'UNE BONNE EXÉCUTION

Si l'on envisage la rénovation énergétique d'un bâtiment, deux stratégies sont possibles : réaliser les travaux par étapes ou en un bloc. Dans les deux cas, il est nécessaire de coordonner soigneusement toutes les opérations dans le cadre du projet global.

Le remplacement des fenêtres, exécuté simultanément à l'isolation de l'enveloppe, est une configuration idéale, car elle apporte les avantages suivants :

- Elle permet une planification globale permettant de coordonner facilement les différentes mesures.
- Elle simplifie l'exécution des raccordements.
- Elle élimine bien des sources d'erreurs potentielles et réduit les coûts d'exécution.

Il arrive pourtant que des projets prévoient de remplacer les fenêtres au cours d'une première opération de rénovation, l'isolation des façades intervenant seulement plusieurs années plus tard. Si tel est le cas, il faudra porter une attention particulière aux détails de raccordement lors de la pose des nouvelles fenêtres. Il s'agit notamment de réserver un espace suffisant pour l'isolation ultérieure des embrasures de fenêtres, et de discuter de tous les détails de raccordement avec le monteur de fenêtres.

DÉMARCHE ET RECOMMANDATIONS

1. Demander conseil : p.ex., faire établir un CECB® Plus et élaborer des mesures d'isolation thermique de l'enveloppe et des mesures de rénovation des installations du bâtiment.

2. Planifier et réaliser les travaux en coordonnant entre elles les différentes étapes d'exécution.

Remplacer les fenêtres en prévoyant suffisamment d'espace pour l'isolation des appuis selon les recommandations <ul style="list-style-type: none">• Embrasures de fenêtres• Tablettes de fenêtres• Caissons de stores / linteaux de fenêtres	Isoler les murs extérieurs et remplacer les stores de protection solaire, sans oublier d'isoler tous les détails de raccordement. <ul style="list-style-type: none">• Raccordement de toiture• Embrasures de fenêtres• Caissons de stores / linteaux de fenêtres• Dalles de balcon• Détails du socle	Isoler les éléments adjacents du bâtiment <ul style="list-style-type: none">• Toiture, sol des combles• Dalle de rez sur sous-sols• Murs contre espaces non chauffés
Recommandation : réaliser les deux étapes simultanément. Si l'on ne fait que remplacer les fenêtres, on risque fort de voir apparaître des moisissures notamment aux angles du bâtiment et le long des bords de dalles.		Ces travaux peuvent être exécutés indépendamment du remplacement des fenêtres et de l'isolation des murs extérieurs. Dans certains cas particuliers, il est utile d'analyser d'éventuels problèmes de physique du bâtiment.

INFORMATIONS

PONTS THERMIQUES

www.endk.ch

Formulaires, aides à l'exécution et informations techniques fournis par les cantons dans le cadre des prescriptions énergétiques :

www.endk.ch

Listes de contrôle pour les ponts thermiques

www.suisseenergie.ch

Catalogue de valeurs *U*

www.bauteilkatalog.ch

Valeurs *U* et catalogue des éléments de construction

Norme SIA 380/1:2009

L'énergie thermique dans le bâtiment

Norme SIA 180

Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments

Rénovation des bâtiments

Comment réduire de moitié la consommation énergétique

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Diffusion : www.publicationsfederales.admin.ch

N° de commande: 805.098f

Rénovation énergétiquement correcte des immeubles locatifs

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Diffusion : www.publicationsfederales.admin.ch

N° de commande: 805.108f

Traitement des ponts thermiques lors de la rénovation des bâtiments

Guide pour les maîtres d'ouvrage

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Diffusion : www.publicationsfederales.admin.ch

N° de commande : 805.166.F

Cette brochure a été déclinée également sous la forme d'une **fiche d'information** intitulée « **Guide pour les maîtres d'ouvrage - Traitement des ponts thermiques lors de la rénovation de bâtiments** ».

Pour commander la fiche d'information :

www.publicationsfederales.admin.ch

Numéro d'article 805.167.F

CO-AUTEURS

- Conférence des services cantonaux de l'énergie de Suisse orientale et de la Principauté du Liechtenstein
- Office de l'énergie et des transports du canton des Grisons (AEV)
- Energieagentur St.Gallen GmbH, St-Gall
- Kuster + Partner AG, Bauphysik Energie Akustik

GRAPHISME

- franz&rené SA, Berne

JE VEUX EN SAVOIR PLUS

www.ecospeed.ch	Votre propre bilan énergétique
www.energieantworten.ch	Réponses aux questions relatives à l'énergie
www.energie-bois.ch	Tout sur le chauffage au bois
www.energie-environnement.ch	Page Internet des services cantonaux de l'énergie et de l'environnement sur les économies d'énergie et la protection de l'environnement
www.energiefranken.ch	Tous les programmes d'encouragement de votre commune
www.energybox.ch	Évaluez votre consommation d'électricité
www.etiquetteenergie.ch	L'étiquette-énergie pour les appareils électroménagers, les ampoules, les voitures, les pneus, etc.
www.fernwaerme-schweiz.ch	Association Chauffage à distance Suisse
www.garantie-de-performance.ch	Garantie de performance pour les installations techniques domestiques
www.gaz-naturel.ch	Service d'information sur le gaz naturel
www.geothermie.ch	Société Suisse pour la Géothermie (SSG-SVG)
www.gh-schweiz.ch	Enveloppe des édifices Suisse
www.hev-schweiz.ch	Société suisse des propriétaires fonciers
www.mazout.ch	Centre d'information sur le mazout
www.minergie.ch	Le label énergétique pour le bâtiment
www.pac.ch	Groupement professionnel suisse pour les pompes à chaleur GSP
www.suisseenergie.ch	SuisseEnergie
www.suisseenergie.ch/check-chauffage	Système check-bâtiment-chauffage
www.swissolar.ch	Association suisse des professionnels de l'énergie solaire
www.topten.ch	Comparatif des appareils ménagers