

Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur U

Assainissement

Le coefficient de transmission thermique U – plus simplement nommé valeur U et auparavant valeur k – est l'un des paramètres les plus importants du calcul de l'isolation thermique des bâtiments. La valeur U est essentiellement utilisée dans l'évaluation de la qualité de l'isolation thermique d'un élément de construction. Il occupe une place importante dans les normes et les prescriptions cantonales sur l'isolation thermique.

Editeur:

Office fédéral de l'énergie OFEN

Auteurs:

Kurt Marti, bureau d'ingénieurs pour l'énergie et l'environnement, 3054 Schüpfen

Traduction:

Christophe Mercier, architecte EPFZ-SIA, 1066 Epalinges

Maquette et illustrations:

Sepp Steibli, Education Design, 3000 Bern

Copyright:

Office fédéral de l'énergie, 2002

Diffusion:

Office fédéral des constructions et de la logistique BBL

BBL, Vertrieb Publikationen, 3003 Bern, www.bbl.admin.ch/bundespublikationen

BBL, Vertrieb Publikationen, N° de commande: 805.155 f / 11.02 / 1000

■ Introduction

La présente publication remplace celle de 1994. En raison de l'augmentation des épaisseurs d'isolation thermique, en particulier dans le domaine du standard MINERGIE, des lacunes sont apparues dans le catalogue des éléments de construction. D'autre part, certaines normes et recommandations ont subi des modifications, justifiant une révision. L'augmentation de l'épaisseur de l'isolation thermique a pour conséquence une incidence plus marquée des ponts thermiques. Le chapitre 2.4 en tient compte. La publication «Catalogue des ponts thermiques» indique des majorations concrètes.

Le Catalogue des éléments de construction s'adresse aux professionnels de la construction et de la technique du bâtiment, ainsi qu'aux organes chargés d'appliquer les lois cantonales sur l'énergie et de contrôler la bienfaisance des mesures énergétiques mises en œuvre. Toutefois, il ne se rapporte qu'à l'assainissement d'éléments de construction existants. Lorsqu'il s'agit de bâtiments à construire, on utilisera la publication actualisée «Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur U – Construction neuve».

Dans la partie générale, on s'attache à définir la valeur U et à montrer quels sont les facteurs qui peuvent l'influencer. Cette partie donne également un aperçu de la méthode que l'on applique pour déterminer la valeur U des éléments de construction existants.

Le chapitre suivant présente au lecteur les principes et la méthode de calcul de la valeur U , puis démontre, à l'aide de divers exemples et exercices, comment la déterminer.

Le chapitre intitulé «Catalogue d'éléments de construction» est un ouvrage de référence contenant les éléments rencontrés le plus fréquemment dans la pratique, ainsi que les mesures d'assainissement possibles.

Les tableaux correspondants des annexes I et II permettent aux utilisateurs de déterminer ou de contrôler la valeur U d'un élément assaini sans devoir recourir au calcul. Des indications concernant les fenêtres et les portes y ont aussi été intégrées. Ce chapitre remplace la Fiche technique «Valeurs k et valeurs g des fenêtres» de l'Office fédéral de l'énergie. On trouvera à la fin de la publication les aides complémentaires suivantes:

- Tableau A: Calcul des valeurs U
 - Tableau C: Détermination des valeurs U à l'aide du Catalogue d'éléments de construction
 - Tableau Aw: Calcul des valeurs U des fenêtres
- Ils peuvent être reproduits et remis à titre de justificatif aux autorités compétentes.

**Les publications suivantes
ont servi à l'élaboration
du Catalogue d'éléments
de construction:**

Norme SN EN ISO 7345 SIA 180.051	Isolation thermique – Grandeurs physiques et définitions.....	1995
Norme SN EN ISO 6946 SIA 180.071	Composants et parois de bâtiments – Résistance thermique et coefficient de transmission thermique – Méthode de calcul	1996
Norme SIA 180	Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments	1999
Prénorme SIA 279	Isolants thermiques	2000
CSFF / SZFF doc. 31.03	Protection thermique et protection contre le soleil des fenêtres et éléments de fenêtre	2000
Norme SIA 380/1	L'énergie thermique dans le bâtiment	2001
Documentation SIA D0170	L'énergie thermique dans le bâtiment	2001
Cahier technique SIA 2001	Isolants thermiques	2001
Office fédéral de l'énergie	Calcul de la valeur k et catalogue d'éléments de construction – Assainissement	1994
Office fédéral de l'énergie	Valeurs k et valeurs g des fenêtres	1995
Office fédéral de l'énergie	Prise en compte des ponts thermiques pour le justificatif de l'isolation.....	1995
Office fédéral de l'énergie	Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur U – Construction neuve	2002
Office fédéral de l'énergie	Catalogue des ponts thermiques	2002

■ Table des matières

1 Généralités et méthode	7
1.1 Standard MINERGIE.....	8
1.2 Isolation thermique transparente (ITT)	8
2 Calcul de la valeur U	9
2.1 Eléments homogènes	9
2.2 Eléments inhomogènes	10
2.3 Valeurs de calcul	11
2.3.1 Coefficients de transfert de chaleur surfacique h	11
2.3.2 Conductivité thermique λ des matériaux	11
2.3.3 Résistance thermique R_g des couches d'air	14
2.4 Ponts thermiques	14
2.5 Indications spéciales	15
2.6 Exemples	16
2.7 Exercice	19
3 Détermination de la valeur U à l'aide du Catalogue d'éléments de construction	21
3.1 Exemple	22
3.2 Exercices.....	23
4 Catalogue d'éléments de construction	25
4.1 Assainissement d'éléments homogènes	26
4.2 Assainissement d'éléments inhomogènes	52
5 Fenêtres et portes	63
5.1 Fenêtres	64
5.2 Portes	67
Annexes	
I Valeurs U des éléments assainis homogènes	69
II Valeurs U des éléments assainis inhomogènes	72
Tableau A (formulaire pour le calcul de la valeur U)	75
Tableau C (formulaire pour le détermination de la valeur U).....	77
Tableau A_w (formulaire pour le calcul de la valeur U d'une fenêtre)	79



1 Généralités et méthode

La chaleur est une forme d'énergie. Son flux est toujours dirigé des températures les plus élevées vers les températures les plus basses. Des éléments tels que planchers, parois, dalles, toits, fenêtres et portes opposent une certaine résistance aux échanges thermiques. Le flux de chaleur qui traverse un élément est défini par le coefficient de transmission thermique U (valeur U).

La valeur U est le quotient de la densité de flux thermique qui traverse, en régime stationnaire, l'élément de construction considéré, par la différence de température entre les deux ambiances contiguës à cet élément. Le coefficient de transmission thermique d'un élément est l'inverse de sa résistance totale.

L'unité physique de la valeur U est le Watt par mètre carré et degré Kelvin:

$W/(m^2 \cdot K)$

Les phénomènes suivants influencent la valeur U d'un élément:

■ **transmission de chaleur entre l'air intérieur et l'élément**

Ce processus est décrit par le coefficient de transfert de chaleur surfacique intérieur h_i (chap. 2.3.1).

■ **conduction de chaleur à l'intérieur d'un élément**

Le paramètre déterminant est ici la conductivité thermique λ (lambda) des différents matériaux (chap. 2.3.2).

■ **transmission de chaleur entre l'élément et l'air extérieur**

Ce processus est décrit par le coefficient de transfert de chaleur surfacique extérieur h_e (chap. 2.3.1).

On peut formuler la règle suivante:

Plus la valeur U est petite, meilleure est l'isolation thermique.

Lorsque la valeur U diminue, les besoins d'énergie pour le chauffage baissent proportionnellement et les températures superficielles augmentent. Il en résulte une amélioration du confort de l'habitat et une réduction des risques de condensation à la surface des éléments, phénomène qui se traduit par l'apparition de taches grisâtres, de champignons et d'odeurs de moisi caractéristiques.

La Norme SIA 180 «Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments» présente des valeurs maximales pour les coefficients de transmission thermique, du point de vue du confort et de la protection contre l'humidité.

La Norme SIA 380/1 «L'énergie thermique dans le bâtiment» présente des valeurs-limites et des valeurs-cibles pour les coefficients de transmission thermique d'éléments plans.

Ces normes ainsi que les prescriptions cantonales sur l'isolation thermique précisent les limites supérieures admissibles des valeurs U .

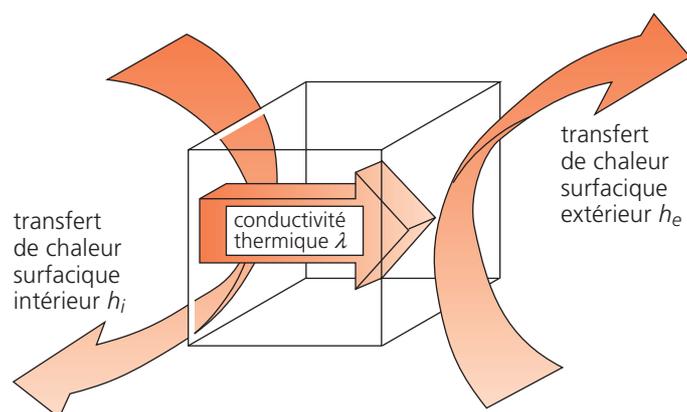


Fig. 1

Le transfert surfacique (h) et la conductivité thermique (λ) influencent la valeur U d'un élément

8 1.1 Standard MINERGIE

Le standard MINERGIE s'impose de plus en plus, même lors de l'assainissement de bâtiments. De viser consciemment des objectifs tels que «confort», «santé», «absence de dégâts», «efficacité énergétique» et «rentabilité» a pour conséquence, en plus d'une technique du bâtiment optimale et d'une enveloppe étanche, que les éléments sont nettement mieux isolés. En respectant le standard MINERGIE, on améliore aussi la valeur du bâtiment.

Des informations complémentaires sur le sujet «MINERGIE» se trouvent sur le site Internet: www.minergie.ch



Photo: Nina Mann

Fig. 2

Projet Pilote et de Démonstration (P+D)

Magnusstrasse 23 à Zurich.

Assainissement selon le standard MINERGIE (ZH-203), atteignant presque le standard d'une «maison passive».

Viridén + Partner et Professeur W. Dubach, Zurich

1.2 Isolation thermique transparente (ITT)

Des éléments avec une isolation thermique transparente ne peuvent pas être traités de la même façon que des parois «normales». Le principe de l'ITT n'empêche pas seulement les pertes de chaleur, mais permet un chauffage solaire à travers la paroi: le rayonnement solaire pénètre au travers de l'ITT et chauffe la maçonnerie qui transmettra alors sa chaleur au local.

Par rapport à une isolation thermique normale, un mur lourd et une éventuelle protection solaire contre les surchauffes sont nécessaires.

Il n'est pas possible de donner de conductivité thermique λ fixe applicable à tous les systèmes ITT, car celle-ci dépend de la structure et de l'épaisseur du dispositif.

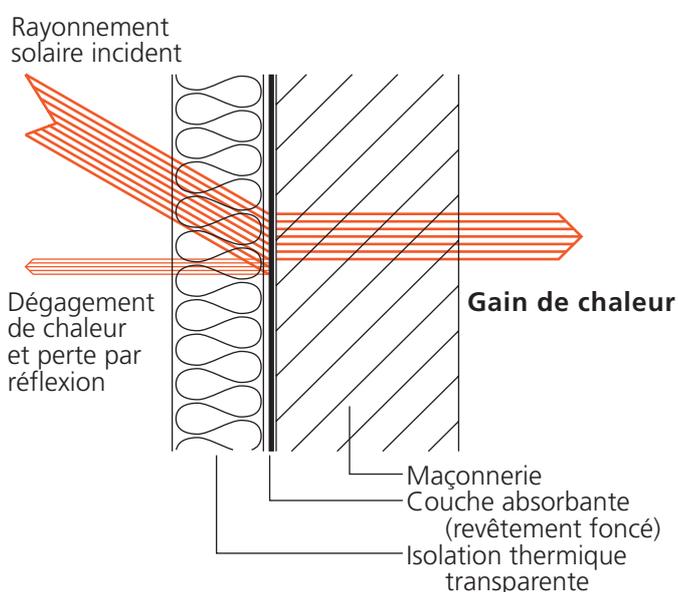


Fig. 3

Fonctionnement d'une ITT

2 Calcul de la valeur U

Ce chapitre présente la méthode de calcul de la valeur U pour des constructions simples telles que des éléments homogènes existants ou assainis. Il contient les bases nécessaires et les paramètres indispensables, à savoir les coefficients de transfert de chaleur surfacique, les résistances thermiques des couches d'air et les caractéristiques des matériaux. Il donne également quelques indications sur la façon de procéder lors de constructions plus complexes, dans lesquelles peuvent intervenir des éléments inhomogènes, des ponts thermiques, des façades ventilées ou des chauffages par le sol. Cinq exemples et un exercice illustrent l'application concrète de ce calcul.

La valeur U d'**éléments existants** est relativement difficile à déterminer car, dans la plupart des cas, la composition précise de la construction n'est pas connue. Par ailleurs, il n'est souvent pas possible ou trop coûteux, pendant la phase d'étude et de planification de faire des sondages ou de prélever des échantillons. Ainsi, la valeur U effective de l'élément peut fortement différer de la valeur U «précise» calculée.

Dans le doute, on admet donc une isolation évaluée à la baisse pour l'élément existant afin d'atteindre effectivement la valeur U voulue pour l'élément assaini.

La valeur U d'**éléments assainis** ne peut pas être calculée avec la même précision que celle des nouveaux éléments cités dans la publication «Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur U – Construction neuve». En outre, la composition de la construction est souvent méconnue au moment de la demande du permis de construire.

Lors de l'assainissement d'éléments existants, il est indispensable de les analyser suivant les règles de la physique du bâtiment. On peut ainsi éviter des problèmes dus à l'humidité qui nuiraient à la construction. On étudiera non seulement l'élément, mais aussi ses raccordements et les éventuels ponts thermiques.

La brochure permet de déterminer rapidement les valeurs U lors d'assainissement. Il est par contre indispensable d'analyser les mesures d'assainissement selon les règles de la physique du bâtiment.

2.1 Éléments homogènes

Par **éléments homogènes**, on entend des constructions constituées de plusieurs couches de matériaux posées les unes contre les autres. Par opposition, on parle d'éléments inhomogènes lorsque des interruptions régulières surviennent, dues à des éléments tels que poutrelles en acier, piliers en béton ou chevrons intercalés (chap. 2.2).

Pour autant que les couches de matériaux soient connues avec précision, la valeur U d'éléments de construction existants ou assainis sera calculée selon la formule suivante :

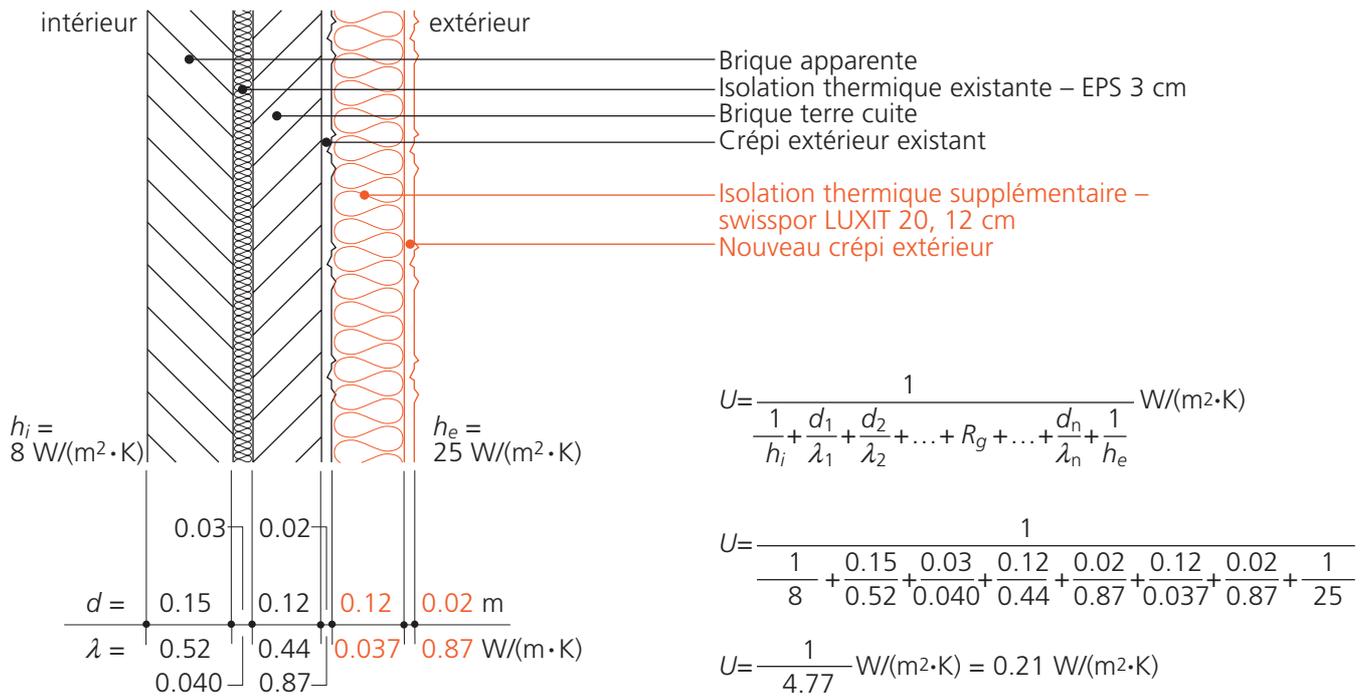
$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_g + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$d_1 \dots d_n$ épaisseur de la couche du matériau correspondant, en m

h_i, h_e coefficients de transfert de chaleur surfacique, en $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ (chap. 2.3.1)

$\lambda_1 \dots \lambda_n$ conductivité thermique du matériau correspondant, en $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$ (chap. 2.3.2)

R_g résistance thermique de couches d'air (chap. 2.3.3)

**Fig. 4**

Exemple de calcul de la valeur U :
maçonnerie à double paroi, assainie
de l'extérieur par une isolation ther-
mique extérieure crépie

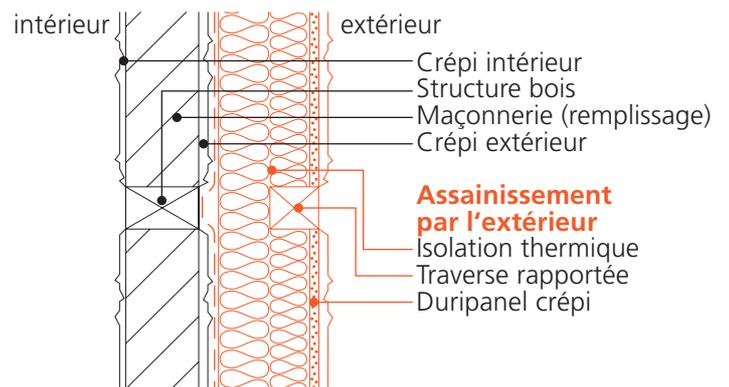
Au chapitre 4.1, on trouvera les valeurs U des **éléments de construction homogènes les plus utilisés** ainsi que les épaisseurs d'isolation thermique employées le plus fréquemment. Les valeurs U des **éléments de construction assainis homogènes** figurent dans l'annexe I.

2.2 Éléments inhomogènes

Dans les **éléments inhomogènes**, une voire plusieurs couches n'occupent pas l'entier de la surface, mais sont interrompues à distance régulière par d'autres éléments, en général meilleur conducteur de chaleur (voir fig. 5). Il faut tenir compte de telles interruptions, car la valeur U qui en résulte est moins bonne. La Norme SN EN ISO 6946 présente une méthode simplifiée pour le calcul de la résistance thermique d'un élément composé de couches homogènes et inhomogènes.

Lors de constructions complexes, ainsi que lors de ponts thermiques fréquents (p. ex. sous-construction en aluminium de façades ventilées), la valeur U sera déterminée soit par des mesures, soit par un certificat, ou à l'aide de logiciels spécifiques ou encore grâce au Catalogue des ponts thermiques. La page 22 montre un exemple qui s'y rapporte.

Les valeurs U des **éléments inhomogènes les plus utilisés** sont données au chap. 4.2. Les valeurs U pour les **éléments assainis homogènes** se trouvent dans l'annexe I et pour les **éléments assainis inhomogènes** dans l'annexe II.

**Fig. 5**

Exemple d'un élément assaini
inhomogène

2.3 Valeurs de calcul

2.3.1 Coefficients de transfert de chaleur surfacique h

La transmission de chaleur entre l'air intérieur et l'élément est indiquée par le coefficient de transfert de chaleur surfacique h_i (anciennement α_i); celle qui a lieu entre l'élément et l'air extérieur, par le coefficient de transfert de chaleur surfacique h_e (anciennement α_e).

La Norme SIA 180 «Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments» contient de plus amples informations à ce sujet.

La résistance thermique superficielle R_s est l'inverse du coefficient de transfert de chaleur surfacique h . On applique les valeurs suivantes:

$$R_{si} = \frac{1}{h_i} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad h_i = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$
$$R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad h_e = 25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

pour les parties en contact avec le sol:

$$R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

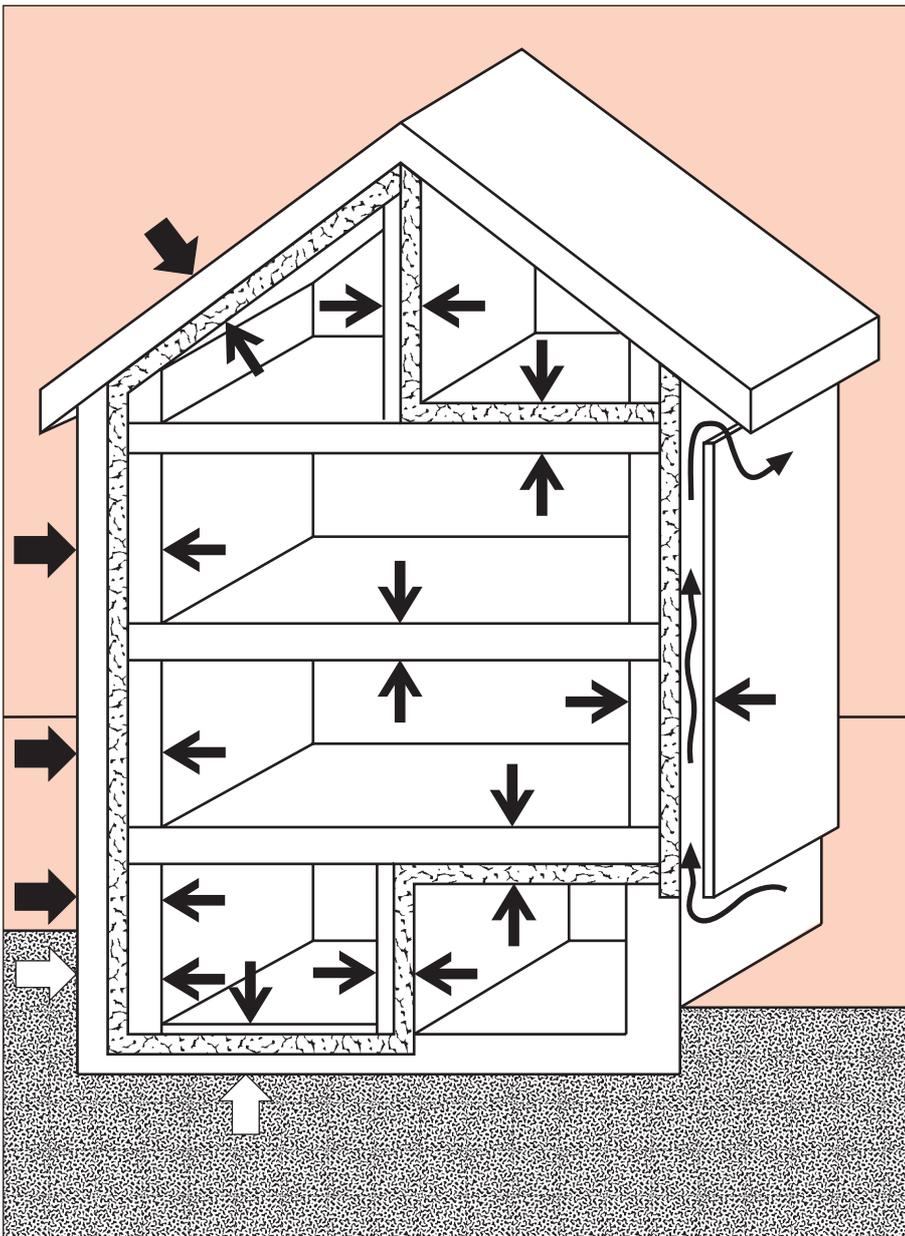


Fig. 6

Résistances thermiques superficielles R_s en $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$

-  $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
-  $R_{si} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
-  $R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
-  Circulation d'air

2.3.2 Conductivité thermique λ des matériaux

La conductivité thermique λ (lambda) indique la résistance qu'un matériau oppose au flux de chaleur. Elle correspond à la densité du flux thermique traversant, en régime stationnaire, un corps homogène soumis à un gradient de température de 1 Kelvin par mètre.

On peut appliquer la règle suivante:

Plus la valeur λ est petite, meilleure est l'isolation.

12 Extrait de la Prénorme SIA 279 «Isolants thermiques»:

Les valeurs utiles de conductivité thermique s'appliquent au domaine du bâtiment en général, compte tenu de conditions climatiques normales en Suisse; elles s'utilisent pour le calcul des besoins et des bilans énergétiques.

Comme valeur utile, on utilisera la valeur déclarée λ_D établie pour un produit et validée par la SIA. La colonne «contrôlée» du tableau 1 donne la plage de la conductivité thermique des matériaux types pour lesquels les valeurs déclarées de conductivité thermique ont été certifiées. Si on choisit un matériau dont la conductivité thermique est connue, sans encore avoir choisi de produit, on utilisera la valeur maximale indiquée pour ce groupe de matériaux.

Pour des produits dont les valeurs n'ont pas été déclarées, on utilisera les valeurs utiles spécifiques du matériau, indiquées au tableau 1, à la colonne «non contrôlée».

La plupart des fabricants indiquent sur l'emballage la valeur λ déclarée de leurs produits.

Si, en lieu et place de la désignation générale de matériaux, par exemple laine de verre, verre cellulaire, polystyrène, etc., on emploie des marques de produits telles que swisspor, ROXON-Alu, Isover Luro 614, Flumroc Tria, etc., il est possible d'utiliser les valeurs λ correspondantes tirées du Cahier technique SIA 2001 «Valeurs caractéristiques des isolants thermiques – valeurs thermiques déclarées et autres données des fournisseurs et fabricants». Ce cahier est périodiquement mis à jour et ne contient que des produits dont la conductivité thermique a été déclarée selon l'annexe A de la Prénorme SIA 279.

Tableau 1: Valeurs utiles pour calculs de physique du bâtiment
Extrait de la Documentation SIA D0170

Matériau	Masse volumique nominale ρ_a kg/m ³	Conductivité thermique valeur déclarée λ_D (voir chap. 2)	
		contrôlée ¹ W/(m · K)	non-contrôlée W/(m · K)
Laine de verre			
panneaux, matelas, rouleaux	10–120	0.031–0.048	0.055
en vrac	30–100	²	0.060
Laine de pierre			
panneaux, matelas, rouleaux	15–200	0.034–0.048	0.055
en vrac	30–100	²	0.060
Verre cellulaire			
panneaux	100–150	0.040–0.055	0.064
en vrac	250–450	²	0.094
Perlite, Vermiculite en vrac	50–130	²	0.084
Polystyrène, expansé (EPS)	30–15	0.032–0.042	0.048
Polystyrène, extrudé (XPS)			
cellules contenant un gaz isolant	25–65	0.028–0.036	0.043
cellules contenant de l'air	25–65	0.034–0.038	0.046
Polyuréthane (PUR) et Polyisocyanurate (PIR)			
cellules contenant du pentane			
étanche à la diffusion	28–55	0.022–0.027	0.032
perméable à la diffusion	28–55	0.026–0.033	0.037
cellules contenant du CO ₂	35–60	0.032–0.038	0.045
Liège: panneaux, matelas	90–160	0.040–0.047	0.056
Laine de bois			
panneaux	30–150	0.067–0.089	0.107
panneaux de constr. légers	250–450	²	0.095
parements de panneaux			
multicouches ³			
5 mm	²	²	0.15
7,5 mm	²	²	0.125
10 mm	²	²	0.10
Panneaux de fibres de bois	120–300 300–600	0.044–0.065 ²	0.080 0.110
Cellulose (fibre de)			
panneaux	²	²	0.065
en vrac	30–80	²	0.060
Mat. isolants d'origine végétale			
panneaux à fibres plates	25–35	²	0.055
panneaux de roseaux	150–200	²	0.072
matelas de fibres de coco	50–100	²	0.066
coton	> 25	²	0.055
Mat. isolants d'origine animale			
laine de mouton	20–60	²	0.055

¹ Ces valeurs se réfèrent aux produits disponibles sur le marché (voir aussi Cahier technique SIA 2001). Des valeurs inférieures et supérieures sont également possibles. La valeur déclarée spécifique au produit est déterminante (preuve de contrôle indispensable).

² Valeur actuellement non encore définie ou trop peu de données à disposition.

³ La résistance thermique des panneaux isolants multicouches en laine de bois se calcule en additionnant les résistances thermiques des différentes couches. Pour calculer la résistance thermique des parements, on utilisera les valeurs de conductivité données dans la colonne «non contrôlée».

Groupe de matériaux ou application	Masse volumique ρ kg/m ³	Conductivité thermique utile λ W/(m·K)
Paroi sans enduit		
Brique terre cuite BTC modulaire	1100	0.44
BTC modulaire, en boutisse et paneressse	1100	0.37
BTC isolante	1200	0.47
BTC de parement	1400	0.52
BTC pleine de cheminée	1800	0.80
Brique silico-calcaire	1600	0.80
	1800	1.00
	2000	1.10
Aggloméré plein en ciment	2000	1.10
Aggloméré creux en ciment	1200	0.70
Béton cellulaire	300	0.10
	400	0.13
	500	0.16
	600	0.19
Pierre naturelle		
Roche cristalline	2800	3.5
Roche sédimentaire	2600	2.3
Basalte	2700 – 3000	3.5
Granit	2500 – 2700	2.8
Marbre	2800	3.5
Ardoise	2000 – 2800	2.2
Grès (silice, molasse)	2600	2.3
Sol		
Argile ou limon	1200 – 1800	1.5
Sable et gravier	1700 – 2200	2.0
Béton ¹		
densité moyenne	1800	1.15
	2000	1.35
	2200	1.65
haute densité	2400	2.00
armé (avec 1% d'acier)	2300	2.3
armé (avec 2% d'acier)	2400	2.5
Enduit, mortier		
Enduit intérieur, pour calcul normal	1400	0.70
Enduit extérieur, pour calcul normal	1800	0.87
Enduit isolant extérieur	300	0.08
	450	0.14
Mortier de chaux	1800	0.87
Mortier bâtard	1900	1.00
Mortier de ciment	2200	1.40
Enduit isolant au plâtre	600	0.18
Enduit plâtre	1000	0.40
	1300	0.57

Tableau 2

Masse volumique ρ et conductivité thermique λ des principaux matériaux de construction

Extrait de la Documentation SIA D0170

Groupe de matériaux ou application	Masse volumique ρ kg/m ³	Conductivité thermique utile λ W/(m·K)
Plâtre		
Plâtre	600	0.18
	900	0.30
	1200	0.43
	1500	0.56
Plaque de carton-plâtre ²	900	0.25
Bois ³		
Bois	500	0.13
	700	0.18
Panneau de fibres	250	0.07
	400	0.10
	600	0.14
	800	0.18
Panneau de particules	300	0.10
	600	0.14
	900	0.18
Panneau de particules liées au ciment	1200	0.23
Matériaux divers		
Métaux		
Alliages d'aluminium	2800	160
Acier	7800	50
Acier inoxydable	7900	17
Verre (verre sodo-calciqye, y.c. «verre flotté»)	2500	1.00
Quartz	2200	1.40
Eau +10°C	1000	0.60
Eau +40°C	990	0.63
Glace à -10°C	920	2.30
Glace à 0°C	900	2.20
Neige, fraîchement tombée (< 30 mm)	100	0.05
Chlorure de polyvinyle (PVC)	1390	0.17
Planelle		
Céramique / porcelaine	2300	1.3
Plastique	1000	0.20
Caoutchouc		
Naturel	910	0.13
Néoprène (Polychloroprène)	1240	0.23
Caoutchouc butyle	1200	0.24

¹ La masse volumique pour le béton est calculée après séchage.

² La conductivité thermique tient compte de l'effet des revêtements papier.

³ La masse volumique pour le bois et les produits à base de bois est la masse volumique avec l'humidité à l'équilibre à une ambiance de 20°C et 65% d'humidité relative.

14 2.3.3 Résistance thermique R_g des lames d'air

Dans le calcul de la valeur U , les **lames d'air confinées** dans les espaces vides constituent un cas particulier. Une lame d'air est dite confinée, lorsque l'espace vide est séparé de l'espace environnant.

Dans la pratique, les propriétés isolantes sont définies à l'aide de la résistance thermique R_g en $m^2 \cdot K/W$ (tabl. 3). Dans la formule qui sert à calculer la valeur U , on peut directement remplacer le rapport d/λ correspondant à la lame d'air par la valeur R_g correspondante (voir aussi chap. 2.5).

Epaisseur de la lame d'air en mm	Direction du flux thermique		
	ascendant	horizontal	descendant
5	0.11	0.11	0.11
10	0.15	0.15	0.15
25	0.16	0.18	0.19
50	0.16	0.18	0.21
100	0.16	0.18	0.22

Les valeurs intermédiaires peuvent être interpolées.

Tableau 3
Résistance thermique R_g en $m^2 \cdot K/W$ des lames d'air confinées dans des plafonds, parois et planchers

On trouve des indications complémentaires relatives à la résistance thermique R_g de lames d'air dans la Norme SN EN ISO 6946.

2.4 Ponts thermiques

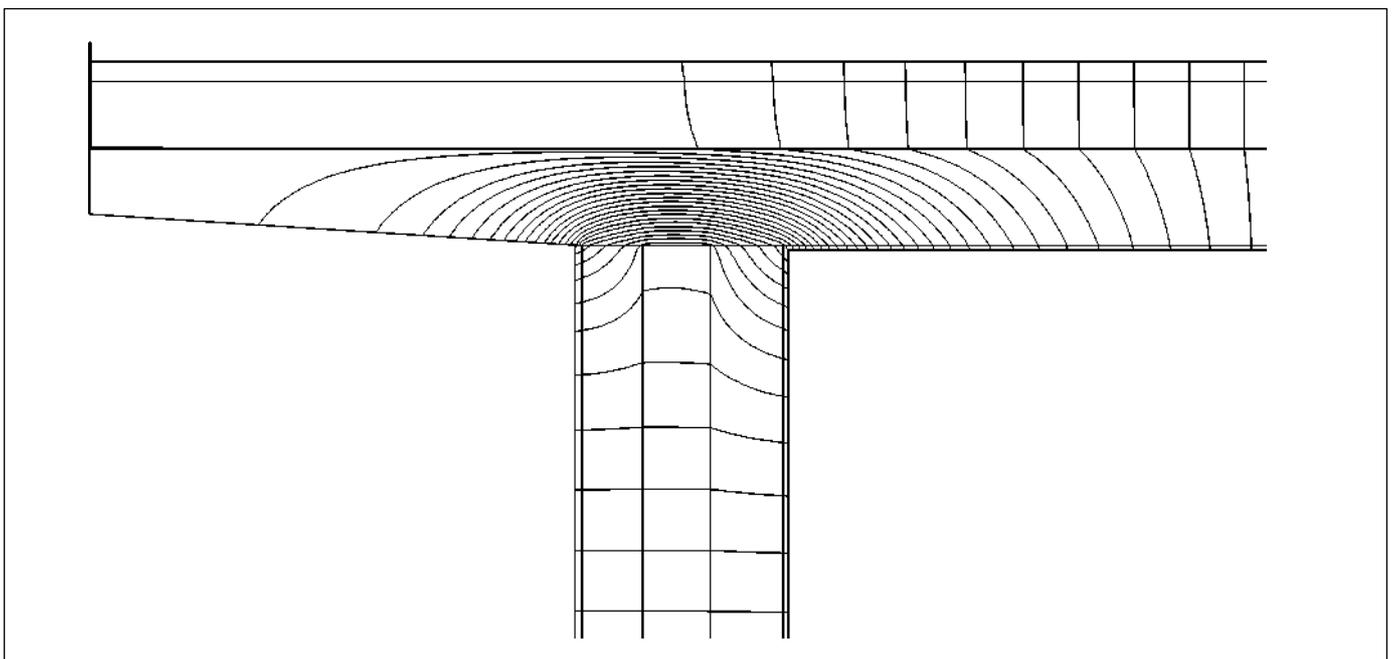
Les ponts thermiques (fig. 7) sont des points faibles de l'enveloppe du bâtiment, par lesquels transite plus de chaleur que par les éléments adjacents. Alternance de matériaux, modification de la structure, pénétration, contact entre deux éléments provoquent souvent des ponts thermiques.

Ils conduisent à des pertes de chaleur plus élevées et à des risques du point de vue de la physique du bâtiment comme de l'hygiène. Dans la mesure du possible, il faut les éviter en prenant des mesures constructives adaptées.

Les normes et les prescriptions cantonales sur l'isolation thermique exigent de tenir compte des ponts thermiques. Le sujet des ponts thermiques est traité de manière simplifiée dans le «Catalogue des ponts thermiques». En plus des majorations pour ponts thermiques au point de rencontre de deux éléments (p. ex. toit plat – mur extérieur), on y trouve aussi les corrections de valeur U pour les perturbations répétitives comme p. ex. dans les façades ventilées.

Fig. 7

Représentation des lignes de flux thermique, sur une coupe d'un mur en maçonnerie à double paroi raccordé à un toit plat. Au niveau du pont thermique, les espaces entre les lignes de flux sont plus petits que dans la partie non perturbée, c'est-à-dire que le flux vers l'extérieur est plus important à cet endroit que sur les surfaces adjacentes.



Lorsque interviennent des barrières de vapeur, des éléments ventilés, des systèmes de chauffage par le sol et des toitures inversées, il faut tenir compte des facteurs suivants dans le calcul de la valeur U :

- **Les barrières et les freins de vapeur, les étanchéités contre l'humidité, etc.** ne sont pas pris en considération dans le calcul de la valeur U , car leur influence est négligeable.
- **Pour les façades ventilées (fig. 8) et les toitures ventilées**, on peut ignorer la résistance thermique de la couche d'air ventilée et de toutes les autres couches jusqu'à l'extérieur. Dans ce cas, le coefficient de transfert surfacique extérieur h_e sera compté avec la même valeur que le coefficient de transfert surfacique intérieur h_i de l'élément.

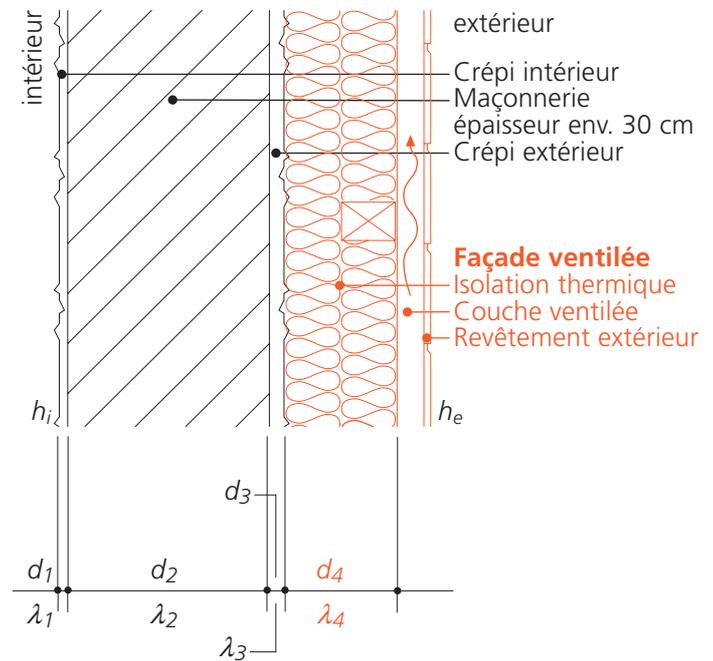


Fig. 8
Façade ventilée

- En ce qui concerne les systèmes de **chauffage par le sol**, pour le calcul de la valeur U , on ne tient pas compte des couches situées au-dessus de l'isolation, ni du coefficient de transfert de chaleur surfacique intérieur h_i (fig. 9).

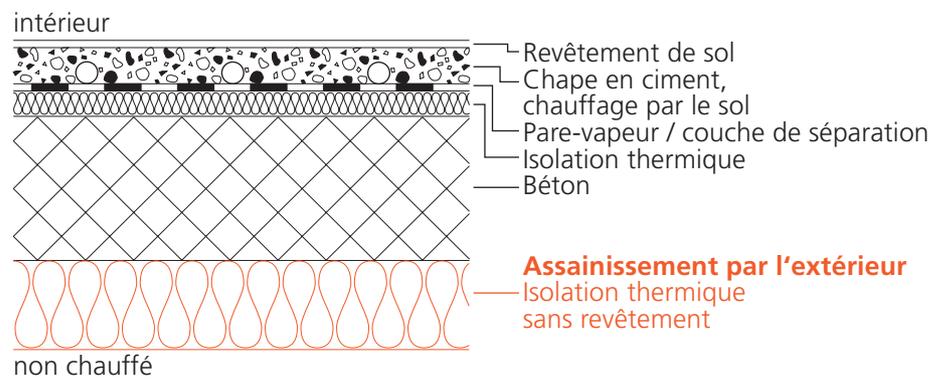


Fig. 9
Chauffage par le sol

- L'épaisseur de la couche isolante d'une **toiture inversée** doit être majorée de 20% pour que la valeur U calculée soit réellement atteinte. Si, par exemple, la valeur U calculée pour une telle toiture est de $0.26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ avec une isolation de 8 cm, il faudra augmenter effectivement la couche d'isolation de 20%, c'est-à-dire lui donner une épaisseur de 9.6 cm (resp. 10 cm), pour que les $0.26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ soient atteints.

Pour d'autres indications concernant la planification et le dimensionnement des toitures inversées: voir la Recommandation SIA 271 «Toits plats».

16 2.6 Exemples

A l'aide des **cinq** exemples ci-dessous, nous allons voir comment se calcule la valeur U . Etant donné qu'il est judicieux de subdiviser cette procédure en plusieurs parties, on s'aide d'un tableau appelé «tableau A». Le lecteur qui souhaite exécuter ce calcul dans des cas de figure bien précis ou joindre celui-ci en guise de justification à une demande d'autorisation de construire adressée à l'autorité compétente, peut photocopier le tableau A qui se trouve à la fin de cette publication.

Comme le calcul d'éléments inhomogènes est très complexe, nous ne présentons ici que des exemples de calcul pour des éléments homogènes.

Exemple 1

Construction de l'élément (schéma, coupe)	Désignation de l'élément <i>Mur extérieur</i>			R	
	N° de la couche	Matériau de construction	d m	$\frac{1}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	
	—	Transfert surfacique intérieur (h_i)	—	8	0.13
	1	<i>Crépi intérieur</i>	0.015	0.7	0.02
	2	<i>Brique terre cuite</i>	0.15	0.44	0.34
	3	<i>Lame d'air</i>	0.04	—	0.18
	4	<i>Brique terre cuite</i>	0.12	0.44	0.27
	5	<i>Crépi ext. existant</i>	0.02	0.87	0.02
	6	<i>Sagex EPS 15</i>	0.14	0.040	3.50
	7	<i>Nouveau crépi ext.</i>	0.02	0.87	0.02
	—	Transfert surfacique extérieur (h_e)	—	25	0.04
valeur $U = \frac{1}{R_{total}} = 0.22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$				7 $R_{total} = 4.52$	

Tabl. A

- ① Schéma de l'élément
- ② Numérotation des couches
- ③ Désignation des matériaux de l'intérieur vers l'extérieur
- ④ d = épaisseur de la couche, en m
- ⑤ h = coefficient de transfert de chaleur surfacique, en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (chap. 2.3.1)
 λ = conductivité thermique du matériau, en $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ (chap. 2.3.2)
- ⑥ Calcul de $\frac{1}{h} = \frac{1}{\text{⑤}}$ resp. $\frac{d}{\lambda} = \frac{\text{④}}{\text{⑤}}$ en $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, valeur R (résistance thermique)
- ⑦ Somme R_{total} des valeurs R de la colonne (6)
- ⑧ Calcul de la valeur U : $U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{\text{⑦}}$ en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Il n'est pas opportun d'indiquer les valeurs U avec plus de 2 décimales!

Exemple 2

Construction de l'élément (schéma, coupe)		Désignation de l'élément <i>Dalle des combles</i>			$\frac{R}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$
N° de la couche	Matériau de construction	d m	$\frac{h}{W/(m^2 \cdot K)}$ $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$	$m^2 \cdot K/W$	
—	Transfert surfacique intérieur (h_i)	—	B	0.13	
1	<i>Crépi sous dalle</i>	0.015	0.70	0.02	
2	<i>Béton</i>	0.20	2.3	0.09	
3	<i>Isolation existante</i> ¹	0.03	0.040	0.75	
4	<i>Chape en ciment</i>	0.05	1.4	0.04	
5	<i>Pavatherm</i> ²	0.15	0.043	3.49	
6	<i>Panneau aggloméré</i>	0.02	0.14	0.14	
—	Transfert surfacique extérieur (h_e) ³	—	B	0.13	

Tabl. A

valeur $U = \frac{1}{R_{total}} = 0.21 W/(m^2 \cdot K)$ ← $R_{total} = 4.79$

- ¹ Comme il est difficile de déterminer exactement le matériau d'isolation utilisé, on prend une valeur λ de 0.040 W/(m · K).
- ² La valeur λ a été tirée du Cahier technique SIA 2001 «Isolants thermiques» (édition 2001). On peut aussi la tirer des valeurs déclarée données par le fabricant.
- ³ Contre un espace non chauffé: $R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0.13 m^2 \cdot K/W$ (chap. 2.3.1).

Exemple 3

Construction de l'élément (schéma, coupe)		Désignation de l'élément <i>Dalle avec chauffage par le sol</i>			$\frac{R}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$
N° de la couche	Matériau de construction	d m	$\frac{h}{W/(m^2 \cdot K)}$ $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$	$m^2 \cdot K/W$	
—	Transfert surfacique intérieur (h_i) ¹	—	—	—	
1	<i>Revêtement de sol</i> ¹	—	—	—	
2	<i>Chape</i> ¹	—	—	—	
3	<i>Feuille PE</i>	—	—	—	
4	<i>Isolation existante</i>	0.04	0.040	1.00	
5	<i>Béton</i>	0.20	1.8	0.09	
6	<i>Laine de pierre</i> ²	0.12	0.048	2.50	
—	Transfert surfacique extérieur (h_e)	—	—	0.13	

Tabl. A

valeur $U = \frac{1}{R_{total}} = 0.27 W/(m^2 \cdot K)$ ← $R_{total} = 3.72$

- ¹ Dans le cas du chauffage par le sol, les couches situées au-dessus de l'isolation ne sont pas prises en compte dans le calcul de la valeur U. On néglige donc le transfert surfacique intérieur, le revêtement ainsi que la chape (chap. 2.5).
- ² Si on prévoit une isolation déclarée, mais sans avoir défini de produit, il faut prendre la valeur λ la plus élevée de ce groupe de matériaux. Si le produit est déterminé, comme p. ex. Flumroc ECCO avec une valeur λ de 0.036 W/(m · K) à la place de «laine de pierre», la valeur U serait de 0.22 W/(m² · K).
Indication: l'influence d'un lambourrage peut être estimée au moyen d'une majoration tirée du Catalogue des ponts thermiques. On peut aussi tirer de l'annexe II la valeur U d'un assainissement inhomogène.

18 Exemple 4

Construction de l'élément (schéma, coupe)		Désignation de l'élément <i>Mur de cave</i>			$\frac{R}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$
N° de la couche	Matériau de construction	d m	$\frac{h}{\lambda}$ W/(m²·K)	$\frac{R}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$	$\frac{1}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W
—	Transfert surfacique intérieur (h_i)	—	\mathcal{B}	—	0.13
1	Lambrissage	0.015	0.14	—	0.11
2	Vide (lambourd./conduit.) ¹	0.02	—	—	0.17
3	Pare-vapeur ²	—	—	—	—
4	Styrodur 2800C	0.12	0.035	—	3.43
5	Béton	0.25	2.3	—	0.11
6	Enduit hydrofuge ²	—	—	—	—
7	Isolation existante	0.03	0.040	—	0.75
8	Terre	—	—	—	—
—	Transfert surfacique extérieur (h_e) ³	—	∞	—	0

Tabl. A

$\text{valeur } U = \frac{1}{R_{total}} = 0.21 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ← $R_{total} = 4.70$

- 1** Pour des lames d'air confinées, il faut introduire la résistance thermique R_g correspondante (chap. 2.3.3).
- 2** Ne pas tenir compte ni du pare-vapeur, ni de l'enduit hydrofuge (chap. 2.5).
- 3** Contre terre $h_e = \infty$ (infini), par conséquent $\frac{1}{h_e} = R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (chap. 2.3.1).

Exemple 5

Construction de l'élément (schéma, coupe)		Désignation de l'élément <i>Toit plat</i>			$\frac{R}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$
N° de la couche	Matériau de construction	d m	$\frac{h}{\lambda}$ W/(m²·K)	$\frac{R}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$	$\frac{1}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W
—	Transfert surfacique intérieur (h_i)	—	\mathcal{B}	—	0.13
1	Béton	0.20	2.3	—	0.09
2	Pare-vapeur	—	—	—	—
3	Isolation existante	0.04	0.04	—	1.00
4	Étanchéité intacte	—	—	—	—
5	Roofmate SL-A (16 cm) ¹	0.133	0.037	—	3.59
6	Couche filtrante	—	—	—	—
7	Couche de protection (sable, gravier) ²	0.10	2.0	—	0.05
—	Transfert surfacique extérieur (h_e)	—	25	—	0.04

Tabl. A

$\text{valeur } U = \frac{1}{R_{total}} = 0.20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ← $R_{total} = 4.90$

- 1** L'épaisseur prévue de l'isolation est de 16 cm. Selon SIA 271, pour une toiture inversée, il faut la majorer de 20%. C'est pourquoi on ne tient compte que de 13.3 cm d'épaisseur (16 cm / 1.2) dans le calcul de la valeur U .
Il faut éventuellement refaire l'étanchéité du toit. Ceci n'a pas d'influence sur le calcul de la valeur U .
- 2** La valeur λ a été tirée du tableau 2 (chap. 2.3.2).

L'exercice suivant consiste à vérifier un calcul de la valeur U . Lors d'une mise à l'enquête, on a joint le calcul de la valeur U suivant: il s'agit de l'assainissement d'une dalle contre cave non chauffée. Quatre erreurs se sont glissées dans le calcul. Essayez de les découvrir!

Construction de l'élément (schéma, coupe)	Désignation de l'élément <i>Dalle sur cave</i>			$\frac{R}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$	
	No de la couche	Matériau de construction	d m	$\frac{h}{\lambda}$ $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ $m^2 \cdot K/W$	
	-	Transfert surfacique intérieur (h_i)	—	6	0.167
	1	<i>Carrelage</i>	0.02	1.3	0.02
	2	<i>Chape en ciment</i>	0.06	1.4	0.43
	3	<i>Couche de séparation</i>	—	—	—
	4	<i>Isolation existante</i>	0.03	0.030	1.00
	5	<i>Béton</i>	0.20	2.3	0.09
	6	<i>Isover Thermo Plus</i>	0.12	0.040	3.00
-	Transfert surfacique extérieur (h_e)	—	20	0.05	

Tabl. A

valeur $U = \frac{1}{R_{total}} = 0.21 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ← $R_{total} = 4.76$

Trouvez la valeur U **exacte** de l'exemple ci-dessus en effectuant vous-même le calcul selon le tableau ci-dessous. Vous trouverez la solution à la page suivante.

Construction de l'élément (schéma, coupe)	Désignation de l'élément <i>Dalle sur cave</i>			$\frac{R}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$	
	No de la couche	Matériau de construction	d m	$\frac{h}{\lambda}$ $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ $m^2 \cdot K/W$	
	-	Transfert surfacique intérieur (h_i)	—		
	1	<i>Carrelage</i>	0.02		
	2	<i>Chape en ciment</i>	0.06		
	3	<i>Couche de séparation</i>	—		
	4	<i>Isolation existante</i>	0.03		
	5	<i>Béton</i>	0.20		
	6	<i>Isover Thermo Plus</i>	0.12		
-	Transfert surfacique extérieur (h_e)	—			

Tabl. A

valeur $U = \frac{1}{R_{total}} = \text{ } \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ← $R_{total} = \text{ }$

20 Solution de l'exercice de la page 19

Calcul correct de la valeur U :

Construction de l'élément (schéma, coupe)		Désignation de l'élément <i>Dalle sur cave</i>			$\frac{R}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$
N° de la couche	Matériau de construction	d m	h W/(m ² ·K)	$\frac{R}{h}$ m ² ·K/W	
			λ W/(m·K)		
—	Transfert surfacique intérieur (h_i)	—	6 ¹	0.13	
1	<i>Carrelage</i>	0.02	1.3	0.02	
2	<i>Chape en ciment</i>	0.06	1.4	0.04 ²	
3	<i>Couche de séparation</i>	—	—	—	
4	<i>Isolation existante</i>	0.03	0.040 ³	0.75	
5	<i>Béton</i>	0.20	2.3	0.09	
6	<i>Isover Thermo Plus</i>	0.12	0.031 ⁴	3.87	
—	Transfert surfacique extérieur (h_e)	—	6 ¹	0.13	

Tabl. A

$$\text{valeur } U = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 0.20 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$R_{\text{total}} = 5.03$$

- 1** Les coefficients de transfert de chaleur surfacique h_i et h_e sont faux. La valeur pour le transfert surfacique intérieur h_i est, par erreur, encore souvent calculée avec $6 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

La résistance thermique superficielle R_{se} est la même que R_{si} car contre un espace non chauffé (chap. 2.3.1).

Indication: pour des éléments donnant contre l'extérieur $h_e = 25 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ et non $20 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

- 2** Erreur de calcul pour la chape en ciment: $\frac{d}{\lambda} = \frac{0.06}{1.4} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- 3** Valeur λ fausse. Comme il est difficile de déterminer exactement le matériau d'isolation existant, on admet une valeur λ de $0.040 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$.
- 4** Valeur λ fausse. La spécification du produit est connue, mais la valeur λ ne correspond pas à ce produit. Selon les données déclarées par le fabricant, la valeur λ est de $0.031 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ (chap. 2.3.2).

3 Détermination de la valeur U à l'aide du Catalogue d'éléments de construction

Le Catalogue d'éléments de construction est un ouvrage de référence relatif à la valeur U des éléments existants les plus utilisés et aux mesures d'assainissement possibles. Il permet à l'utilisateur de déterminer ou de contrôler la valeur U sans avoir à recourir au calcul. Le tableau C, qui se trouve à la fin de la publication, vous y aidera. Il peut être reproduit et remis à l'autorité compétente à titre justificatif.

On a renoncé au tableau B, car il existe déjà dans la publication «Calcul de la valeur U et Catalogue d'éléments de construction – Construction neuve»

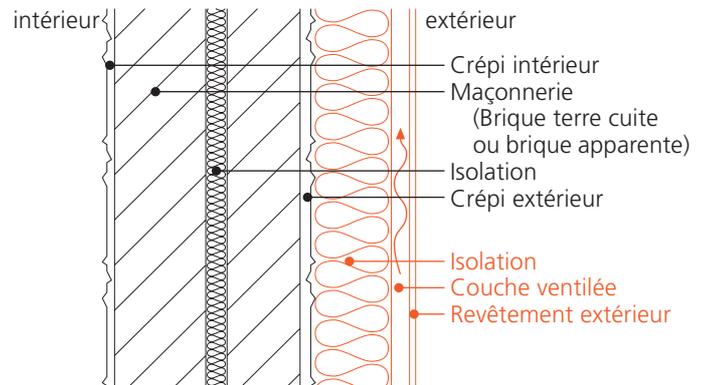
Les constructions peu usitées, qui ne sont pas mentionnées dans ce catalogue, peuvent être calculées selon le chap. 2 à l'aide du tableau A. S'il existe des données déclarées du fabricant, celles-ci peuvent également être appliquées.

Lors de l'assainissement, cette brochure permet de déterminer rapidement les valeurs U . En outre, il est indispensable d'analyser les mesures d'assainissement selon les règles de la physique du bâtiment.

22 3.1 Exemple

Un mur en maçonnerie à double paroi, construit en briques terre cuite, est assaini par une isolation extérieure protégée par un revêtement ventilé supporté par une sous-construction en aluminium (système entièrement en métal).

- Comme isolation thermique, on utilise des panneaux en laine de pierre de 12 cm «panneau isolant Flumroc 3».
- Les consoles sont montées sur des cales destinées à interrompre le pont thermique.
- La majoration pour pont thermique pour 2 consoles/m² s'élève à $\Delta U = 0.04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Cette majoration est tirée du Catalogue des ponts thermiques.



① Numéro de l'élément	Indications relatives à l'isolant thermique, existant ou nouveau				Valeur U en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
	② d_{existant} m	③ Nouvel isolant: matériau ou produit	④ d_{nouveau} m	⑤ λ_{nouveau} $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	⑥ U_{existant}	⑦ U_{assaini}
Ws 15	0.03	Panneau isolant Flumroc 3	0.12	0.034	0.7	0.25

Tabl. C

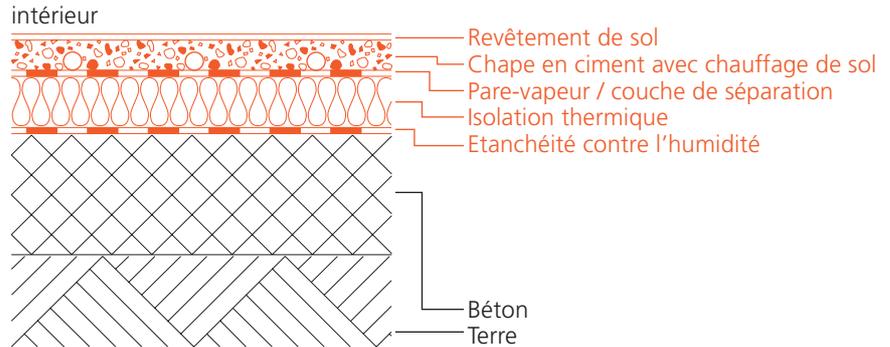
- ① Numéro de l'élément homogène à assainir, selon chap. 4.1.2 du Catalogue d'éléments de construction.
- ② Epaisseur d de l'isolation **existante**.
- ③ Désignation spécifique du produit (ou désignation du matériau selon tabl.1, chap. 2.3.2).
- ④ Epaisseur de la **nouvelle** isolation.
- ⑤ Conductivité thermique λ selon tabl.1, chap. 2.3.2 ou produit déterminé.
Si le produit est déterminé, on peut tirer la valeur λ du Cahier technique SIA 2001 «Isolants thermiques».
- ⑥ Valeur U de l'élément **existant**, tirée du chap. 4.1.2 (élément Ws 15).
- ⑦ Valeur U de l'élément **assaini**, tirée de l'annexe I «Valeur U des éléments de construction assainis homogènes».
Cette valeur U s'élève à $0.21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Il faut y ajouter la majoration pour pont thermique de $0.04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ tirée du Catalogue des ponts thermiques. La valeur U de l'élément assaini est donc $0.25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
Ce procédé s'applique aux façades suspendues ventilées construites entièrement en métal. La majoration spécifique pour pont thermique doit être tirée du Catalogue des ponts thermiques.

Pour les façades ventilées avec isolation posée entre lambourrage croisé, on peut tirer la valeur U de l'élément assaini directement de l'annexe II «Valeur U des éléments assainis inhomogènes».

A l'aide de deux exemples, nous allons apprendre ici à employer le Catalogue d'éléments de construction. Les solutions figurent à la page suivante.

Exercice 1

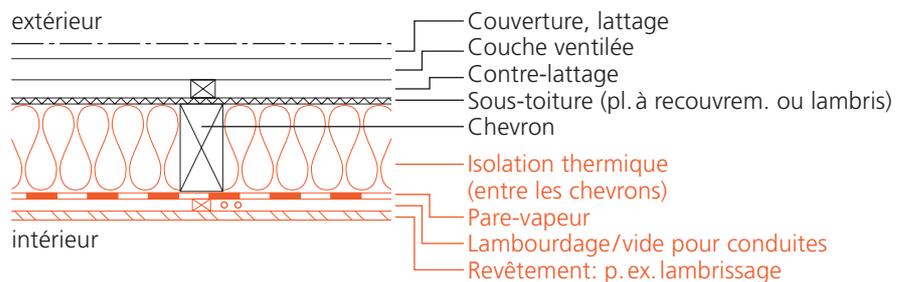
On aménage une cave et on y installe un chauffage de sol. En raison de la hauteur réduite du local, on choisit un matériau d'isolation dont la conductivité thermique est très basse (gonon PF-panneau superisolant, ép. 8 cm).



Numéro de l'élément	Indications relatives à l'isolant thermique, existant ou nouveau				Valeur U en $W/(m^2 \cdot K)$	
	d_{existant} m	Nouvel isolant: matériau ou produit	d_{nouveau} m	λ_{nouveau} $W/(m \cdot K)$	U_{existant}	U_{assaini}

Exercice 2

Des combles sont aménagées. La toiture est refaite et isolée à neuf. La hauteur des chevrons est de 20 cm. On emploie de l'Isofloc.



Numéro de l'élément	Indications relatives à l'isolant thermique, existant ou nouveau				Valeur U en $W/(m^2 \cdot K)$	
	d_{existant} m	Nouvel isolant: matériau ou produit	d_{nouveau} m	λ_{nouveau} $W/(m \cdot K)$	U_{existant}	U_{assaini}

24 Solution des exercices de la page 23

Solution de l'exercice 1

Numéro de l'élément	Indications relatives à l'isolant thermique, existant ou nouveau				Valeur U en $W/(m^2 \cdot K)$	
	d_{existant} m	Nouvel isolant: matériau ou produit	d_{nouveau} m	λ_{nouveau} $W/(m \cdot K)$	U_{existant}	U_{assaini}
<i>Bs15</i>	—	<i>gonon PF-panneau superisolant</i>	<i>0.08</i>	<i>0.022</i>	<i>4.5</i>	<i>0.25</i>

- Il s'agit ici d'un élément existant homogène (chap. 2.1). On trouvera donc la valeur U au chap. 4.1.1.
- L'assainissement prévu est également homogène; on peut donc tirer la valeur U de l'élément assaini des tableaux de l'annexe I. Il n'y a que les valeurs U 0.23 et 0.28 $W/(m^2 \cdot K)$ correspondant aux valeurs λ 0.020 et 0.025 $W/(m \cdot K)$.
La valeur U peut être interpolée: $U = 0.25 W/(m^2 \cdot K)$.

Solution de l'exercice 2

Numéro de l'élément	Indications relatives à l'isolant thermique, existant ou nouveau				Valeur U en $W/(m^2 \cdot K)$	
	d_{existant} m	Nouvel isolant: matériau ou produit	d_{nouveau} m	λ_{nouveau} $W/(m \cdot K)$	U_{existant}	U_{assaini}
<i>Dsi2</i>	—	<i>Isofloc</i>	<i>0.20</i>	<i>0.044</i>	<i>4.0</i>	<i>0.24</i>

- Il s'agit ici d'un élément existant inhomogène (chap. 2.2). On trouvera donc la valeur U au chap. 4.2.3.
- L'assainissement prévu est également inhomogène; on peut donc tirer la valeur U de l'élément assaini des tableaux de l'annexe II. $U = 0.24 W/(m^2 \cdot K)$.

4 Catalogue d'éléments de construction

Les valeurs U d'éléments de construction existants sont indiquées pour les épaisseurs d'isolation thermique les plus utilisées. Pour d'autres épaisseurs, il faut procéder au calcul de la valeur U pour l'élément existant selon chap. 2. Dans le cas où sa composition ne serait pas connue, on prendra l'épaisseur estimée, tirée vers le bas. Les valeurs U des éléments assainis figurent dans les annexes I et II. Seules les valeurs U qui répondent aux exigences de la Norme SIA 180 «Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments» figurent dans les tableaux.

Par rapport à la première édition du catalogue «Assainissement», on a ajouté certains éléments. D'autres ont par contre été supprimés lorsque la pratique a montré qu'ils n'étaient que rarement utilisés. Comme la numérotation des éléments n'a pas changé, on y trouve à présent des

lacunes. Les nouveaux éléments sont à chaque fois ajoutés à la fin du chapitre correspondant. De cette façon, il n'y a pas de contradiction entre les deux éditions du Catalogue des éléments de construction «Assainissement».

4.1 Assainissement d'éléments homogènes	26
4.1.1 Planchers	26
– contre l'air extérieur	26
– contre des locaux non chauffés	26
– contre terre	28
– avec chauffage de sol	29
– complément à l'édition de 1994	30
4.1.2 Parois	31
– contre l'air extérieur, sans isolation existante	31
– contre l'air extérieur, avec isolation existante	32
– contre l'air extérieur, avec lame d'air	34
– contre l'air extérieur, avec isolation intermédiaire existante	35
– contre l'air extérieur, avec isolation existante côté intérieur	37
– contre des locaux non chauffés, sans isolation existante	39
– contre des locaux non chauffés, avec isolation existante	40
– contre terre sans isolation existante	42
– contre terre avec isolation existante	43
– systèmes spéciaux de maçonnerie	43
4.1.3 Toitures et dalles	46
– toits contre l'air extérieur	46
– dalles contre des locaux non chauffés	48

4.2 Assainissement d'éléments inhomogènes	52
4.2.1 Planchers	52
– contre l'air extérieur	52
– contre des locaux non chauffés	54
4.2.2 Parois	57
– contre l'air extérieur	57
– contre des locaux non chauffés	58
4.2.3 Toitures et dalles	59
– toitures contre l'air extérieur	59
– dalles contre des locaux non chauffés	60

Pour des raisons de compatibilité entre les documents, les lettres-codes des éléments de la version allemande ont été maintenus pour la version française:

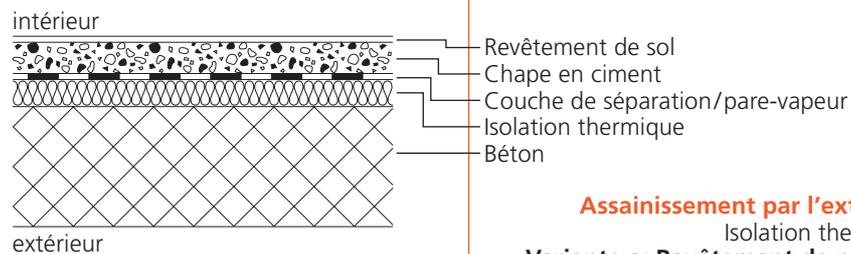
B	= Boden	signifie	plancher
W	= Wand	signifie	paroi
D	= Dach	signifie	toiture, dalle
S	= saniert	signifie	assaini
i	= inhomogen	signifie	inhomogène

26 4.1 Assainissement d'éléments homogènes

4.1.1 Planchers

contre l'air extérieur

Elément existant



intérieur

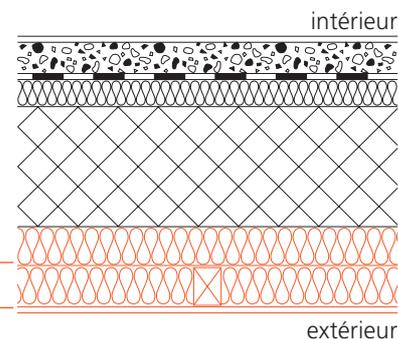
extérieur

0 cm d'isolation	valeur U env. 3.0 W/(m ² ·K)
2 cm d'isolation	valeur U env. 1.2 W/(m ² ·K)
4 cm d'isolation	valeur U env. 0.8 W/(m ² ·K)

Bs 1

Assainissement par l'extérieur
 Variante a: Revêtement de plafond
 Variante b: Crépi extérieur

Elément assaini

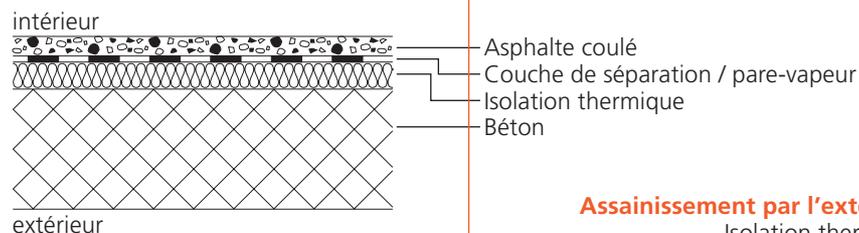


intérieur

extérieur

Variante d'assainissement inhomogène.
 Voir les valeurs U à l'annexe II.
 (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)

Elément existant



intérieur

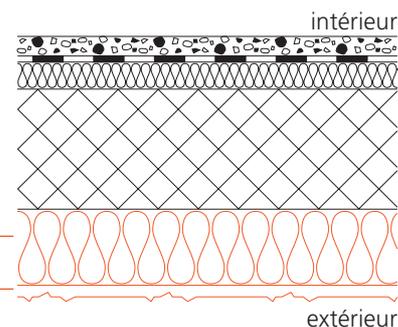
extérieur

0 cm d'isolation	valeur U env. 3.0 W/(m ² ·K)
2 cm d'isolation	valeur U env. 1.2 W/(m ² ·K)
4 cm d'isolation	valeur U env. 0.8 W/(m ² ·K)

Bs 2

Assainissement par l'extérieur
 Variante a: Revêtement de plafond
 Variante b: Crépi extérieur

Elément assaini



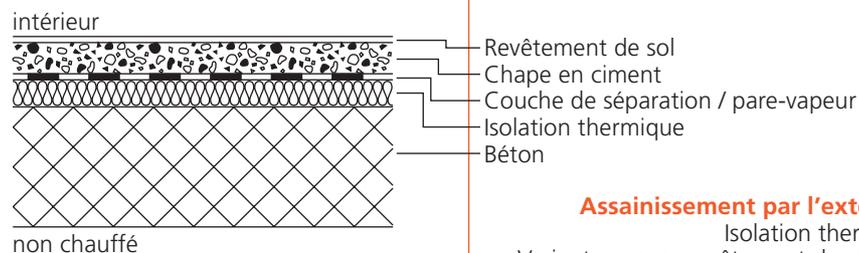
intérieur

extérieur

Variante d'assainissement homogène.
 Voir les valeurs U à l'annexe I.
 (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)

contre des locaux non chauffés

Elément existant



intérieur

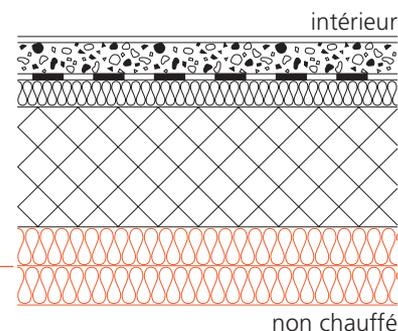
non chauffé

0 cm d'isolation	valeur U env. 2.4 W/(m ² ·K)
2 cm d'isolation	valeur U env. 1.1 W/(m ² ·K)
4 cm d'isolation	valeur U env. 0.7 W/(m ² ·K)

Bs 3

Assainissement par l'extérieur
 Variante a: avec revêtement de plafond
 Variante b: sans revêtement

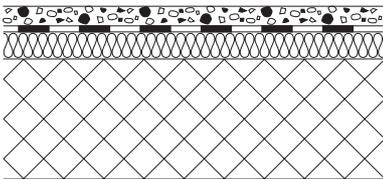
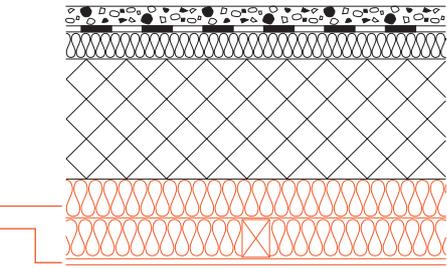
Elément assaini

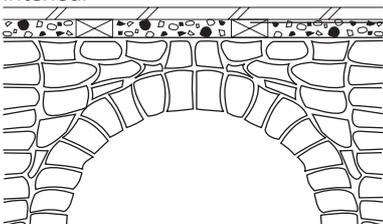
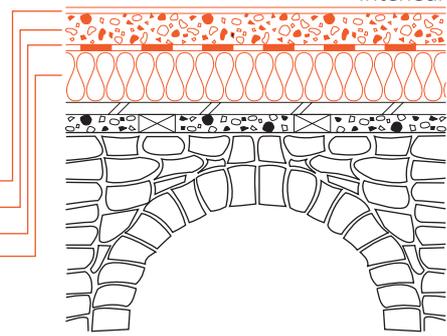


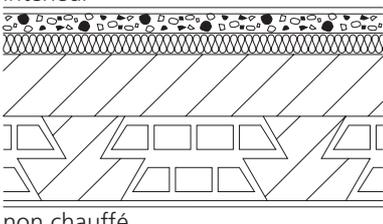
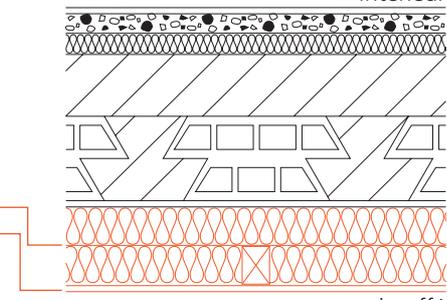
intérieur

non chauffé

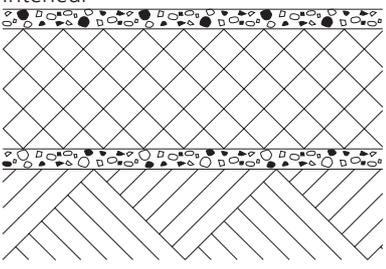
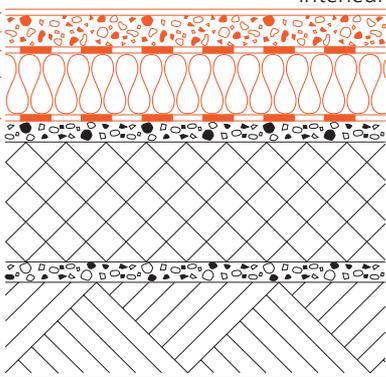
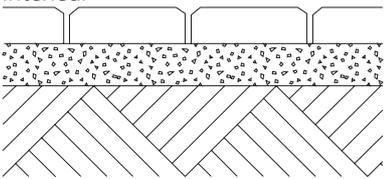
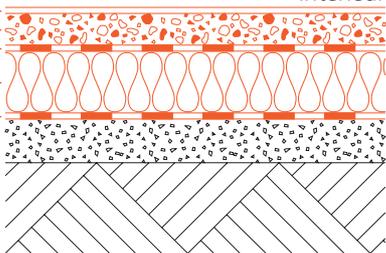
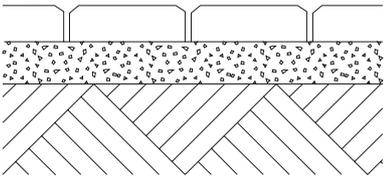
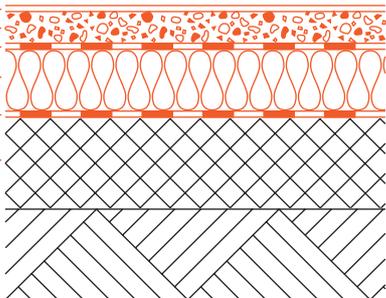
Variante d'assainissement homogène.
 Voir les valeurs U à l'annexe I.
 (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)

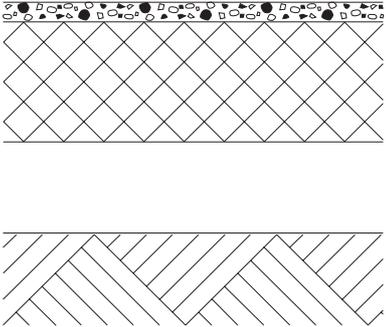
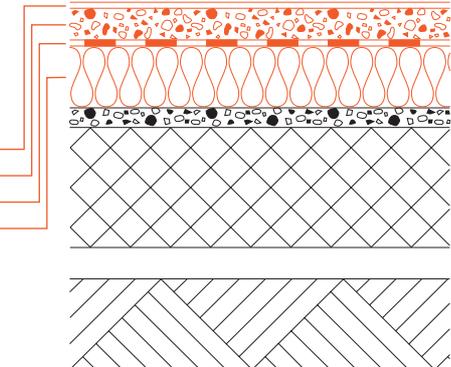
Elément existant	Bs 4	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <p>Asphalte coulé Couche de séparation / pare-vapeur Isolation thermique Béton</p> <p>non chauffé</p>	<p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Variante a: avec revêtement de plafond Variante b: sans revêtement</p>	<p>intérieur</p>  <p>non chauffé</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $2.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 2 cm d'isolation valeur U env. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>

Elément existant	Bs 5	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <p>Revêtement de sol (plancher raboté) Carrelets bois Remplissage de scories Voûte en maçonnerie / voûte en pierre</p> <p>non chauffé</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement de sol Chape en ciment Pare-vapeur Isolation thermique</p>	<p>intérieur</p>  <p>non chauffé</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

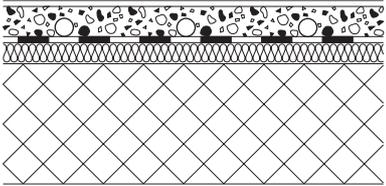
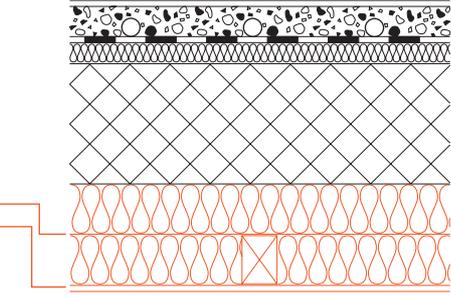
Elément existant	Bs 6	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <p>Revêtement de sol Chape en ciment Isolation thermique Dalle à hourdis en terre cuite Crépi</p> <p>non chauffé</p>	<p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Variante a: avec revêtement de plafond Variante b: sans revêtement</p>	<p>intérieur</p>  <p>non chauffé</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $1.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 2 cm d'isolation valeur U env. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>

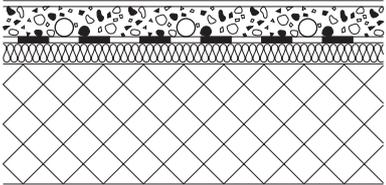
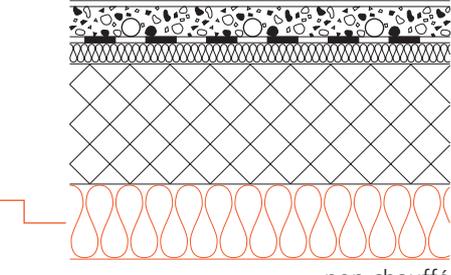
contre terre

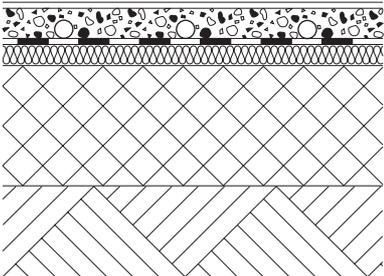
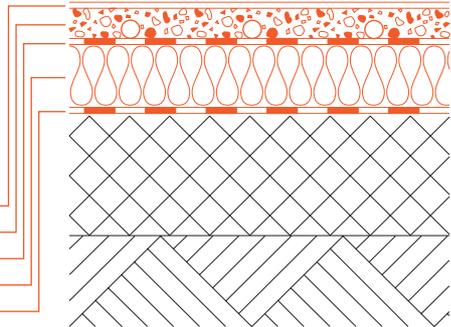
Elément existant	Bs 7	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <p>Chape en ciment Béton Tout-venant / béton maigre Terre</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement de sol Chape en ciment Pare-vapeur / couche de séparation Isolation thermique Etanchéité contre l'humidité</p>	<p>intérieur</p> 
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Grande épaisseur d'isolation: isolant avec bonne résistance à la compression.</p>	<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>
Elément existant	Bs 8	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <p>Carreaux de grès Sable Terre</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement de sol Chape en ciment Pare-vapeur / couche de séparation Isolation thermique Etanchéité contre l'humidité</p>	<p>intérieur</p> 
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $4.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>
Elément existant	Bs 9	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <p>Carreaux de grès Sable Terre</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement de sol Chape en ciment Pare-vapeur / couche de séparation Isolation thermique Etanchéité contre l'humidité Béton</p>	<p>intérieur</p> 
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $4.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

Elément existant	Bs 10	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <p>Chape en ciment Dalle en béton Vide ventilé Terre</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement de sol Chape en ciment Pare-vapeur / couche de séparation Isolation thermique</p>	<p>intérieur</p> 
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $2.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

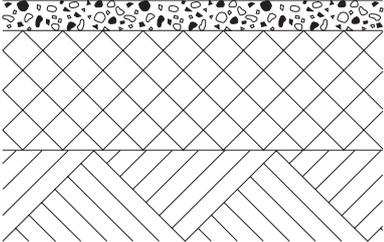
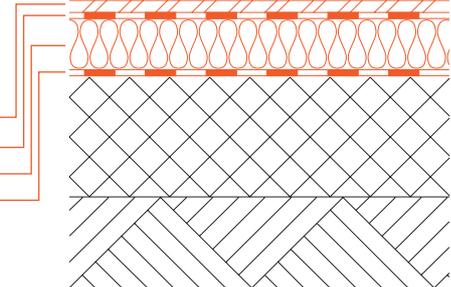
avec chauffage de sol

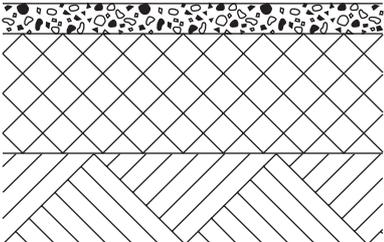
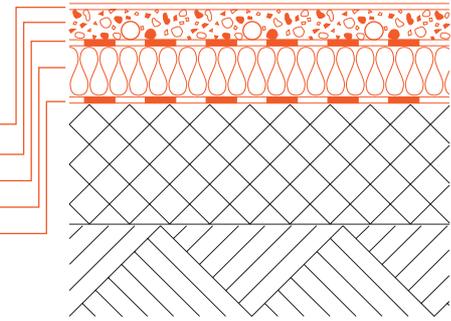
Elément existant	Bs 11	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <p>Revêtement de sol Chape en ciment avec chauffage de sol Pare-vapeur / couche de séparation Isolation thermique Béton</p> <p>extérieur</p>	<p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Revêtement de plafond</p>	<p>intérieur</p>  <p>extérieur</p>
<p>2 cm d'isolation valeur U env. $1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 3 cm d'isolation valeur U env. $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>

Elément existant	Bs 12	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <p>Revêtement de sol Chape en ciment avec chauffage de sol Pare-vapeur/couche de séparation Isolation thermique Béton</p> <p>non chauffé</p>	<p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Sans revêtement (Panneau composite possible)</p>	<p>intérieur</p>  <p>non chauffé</p>
<p>2 cm d'isolation valeur U env. $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 3 cm d'isolation valeur U env. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>

Elément existant	Bs 13	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <ul style="list-style-type: none"> — Revêtement de sol — Chape en ciment avec chauffage de sol — Pare-vapeur / couche de séparation — Isol. therm., étanchéité contre l'humidité — Béton — Terre 	<p style="color: #e67e22;">Assainissement par l'intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> — Revêtement de sol — Chape en ciment avec chauffage de sol — Nouv. pare-vapeur / couche de séparation — Nouvelle isolation thermique — Nouvelle étanchéité contre l'humidité 	<p>intérieur</p> 
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 2 cm d'isolation valeur U env. $1.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p>	<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

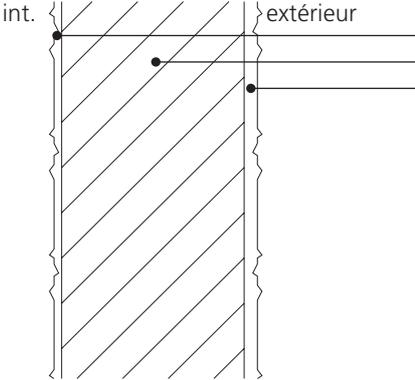
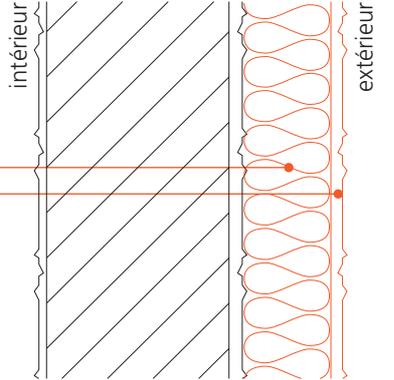
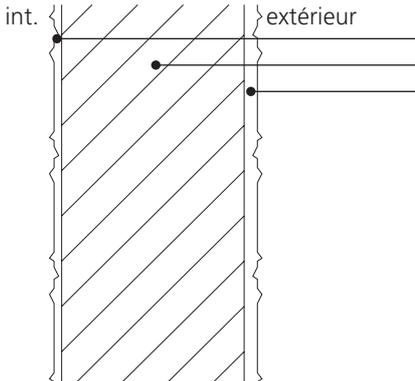
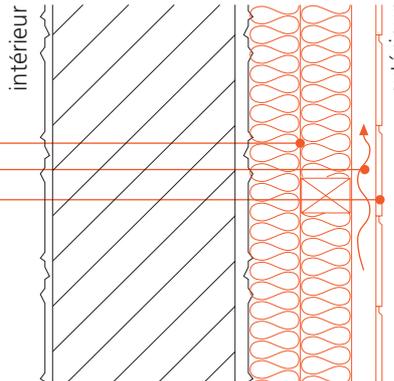
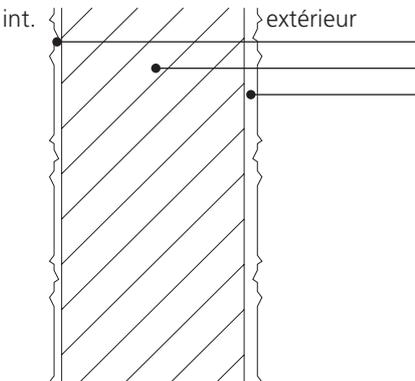
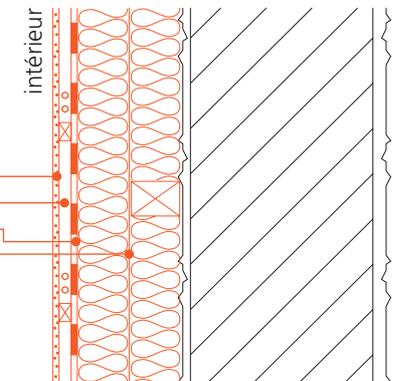
complément à l'édition de 1994

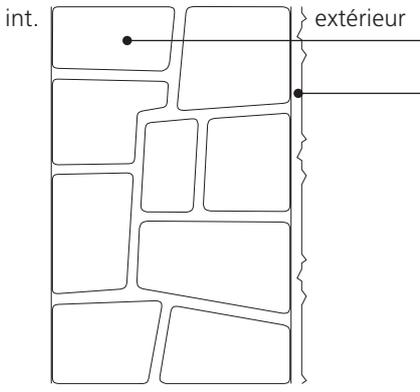
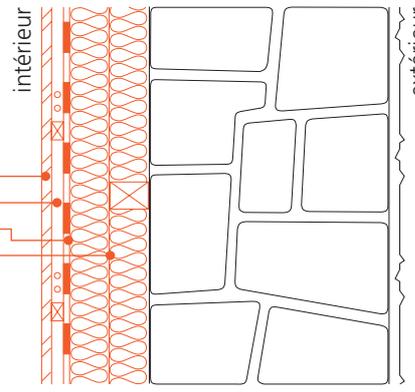
Elément existant	Bs 14	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <ul style="list-style-type: none"> — Chape en ciment — Béton — Terre 	<p style="color: #e67e22;">Assainissement par l'intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> — Sol en panneaux agglomérés — Pare-vapeur / couche de séparation — Isolation thermique — Etanchéité contre l'humidité 	<p>intérieur</p> 
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Pour gagner de la hauteur, évacuer la chape en ciment.</p>	<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

Elément existant	Bs 15	Elément assaini
<p>intérieur</p>  <ul style="list-style-type: none"> — Chape en ciment — Béton — Terre 	<p style="color: #e67e22;">Assainissement par l'intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> — Revêtement de sol — Chape en ciment avec chauffage de sol — Pare-vapeur / couche de séparation — Isolation thermique — Etanchéité contre l'humidité 	<p>intérieur</p> 
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Pour gagner de la hauteur, évacuer la chape en ciment.</p>	<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

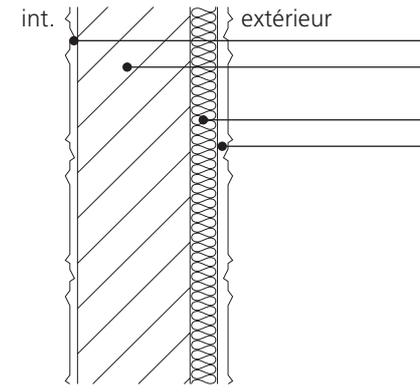
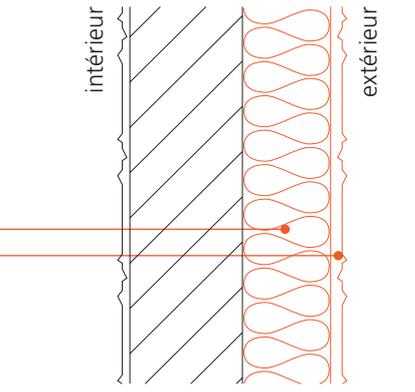
4.1.2 Parois

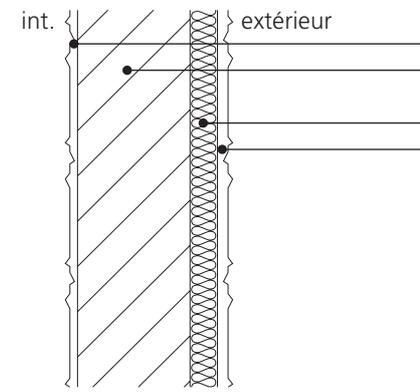
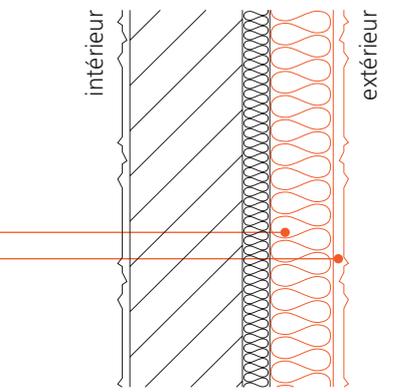
contre l'air extérieur, sans isolation existante

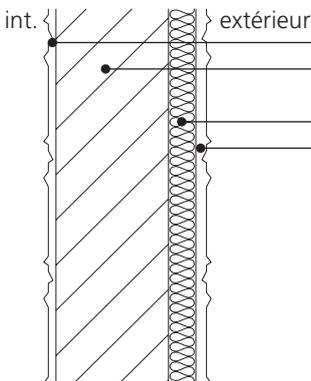
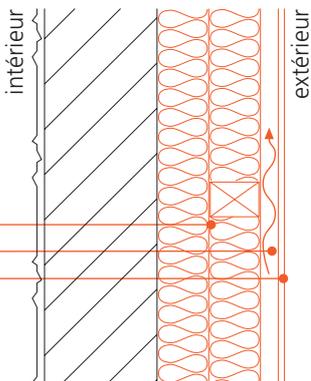
Elément existant	Ws1	Elément assaini
 <p>int. extérieur</p> <p>Crépi intérieur Maçonnerie ép. env. 30 cm Crépi extérieur</p>	<p>Isolation thermique extérieure crépie Isolation thermique Nouveau crépi extérieur</p>	 <p>intérieur extérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>
Elément existant	Ws2	Elément assaini
 <p>int. extérieur</p> <p>Crépi intérieur Maçonnerie ép. env. 30 cm Crépi extérieur</p>	<p>Façade ventilée Isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure</p>	 <p>intérieur extérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Assainissement homogène (avec fixations métalliques). Valeur U en annexe I. Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.</p>	<p>Cette variante d'assainissement est inhomogène (avec lambourrage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.</p>
Elément existant	Ws3	Elément assaini
 <p>int. extérieur</p> <p>Crépi intérieur Maçonnerie ép. env. 30 cm Crépi extérieur</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement : p. ex. carton-plâtre Lambourrage/vidé pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique</p>	 <p>intérieur extérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)</p>

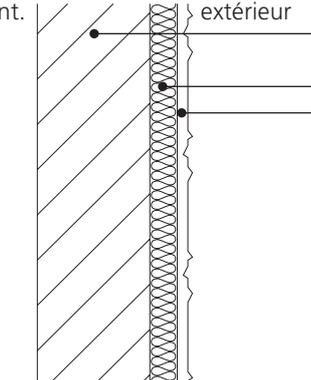
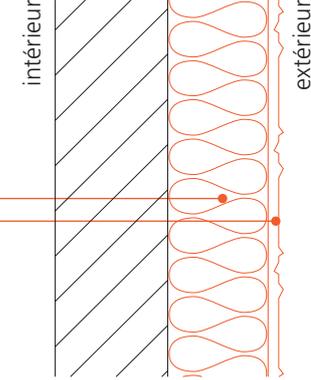
Elément existant	Ws4	Elément assaini
	<p>Maçonnerie en moellons/ - en pierres naturelles Crépi extérieur</p> <p>Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. carton-plâtre Lambourrage/vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique</p>	
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)</p>

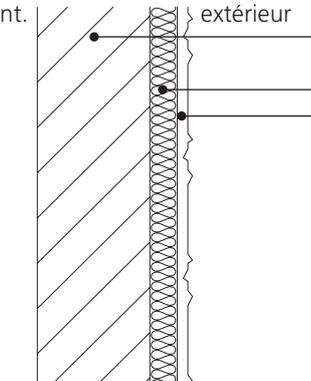
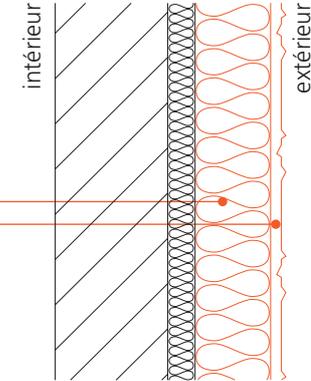
contre l'air extérieur, avec isolation existante

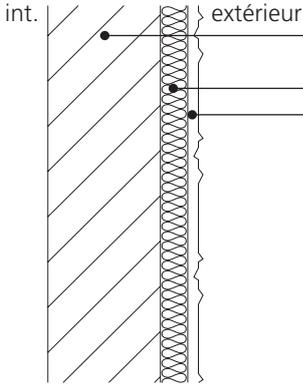
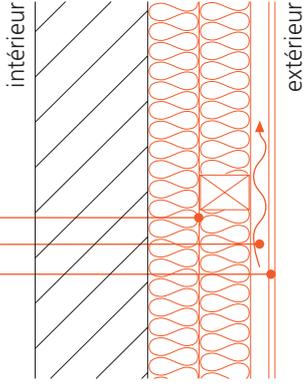
Elément existant	Ws5	Elément assaini
	<p>Crépi intérieur Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Isolation thermique Crépi extérieur</p> <p>Isolation thermique extérieure crépie Nouvelle Isolation thermique Crépi extérieur</p>	
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p>	<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

Elément existant	Ws6	Elément assaini
	<p>Crépi intérieur Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Isolation thermique Crépi extérieur</p> <p>Isolation thermique extérieure crépie Nouvelle Isolation thermique Crépi extérieur</p>	
<p>4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

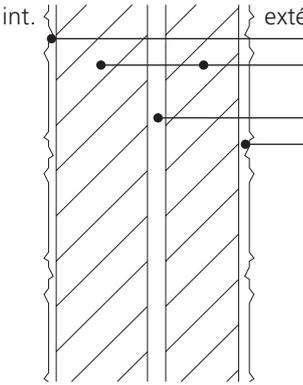
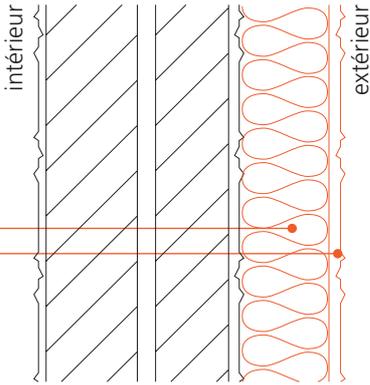
Elément existant		Ws7	Elément assaini
		<p>Crépi intérieur Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Isolation thermique Crépi extérieur</p> <p>Isolation thermique extérieure crépie Nouvelle isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure</p>	
Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.			
0 cm d'isolation	valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Assainissement homogène (avec fixations métalliques). Valeur U en annexe I. Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.	Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourrage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
6 cm d'isolation	valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

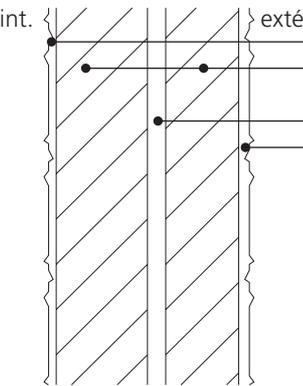
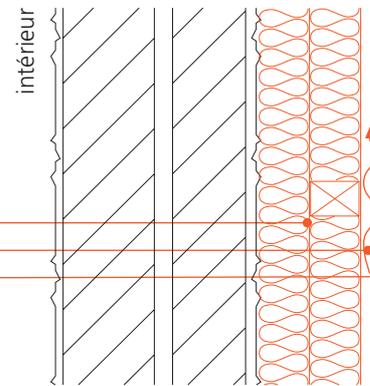
Elément existant		Ws8	Elément assaini
		<p>Maçonnerie en brique silico-calcaire (ou béton apparent) Isolation thermique Crépi extérieur</p> <p>Isolation thermique extérieure crépie Nouvelle Isolation thermique Crépi extérieur</p>	
Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.			
0 cm d'isolation	valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Variante d'assainissement homogène.	
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Voir les valeurs U à l'annexe I.	
6 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

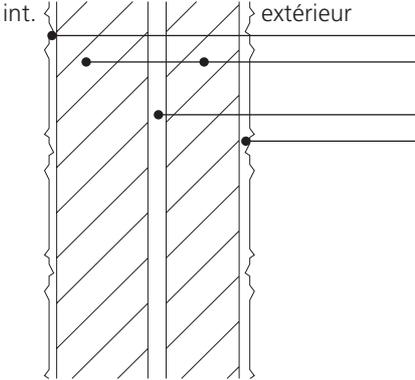
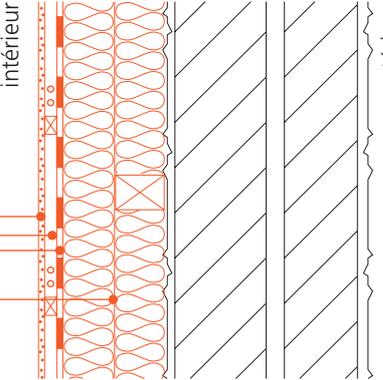
Elément existant		Ws9	Elément assaini
		<p>Maçonnerie en brique silico-calcaire (ou béton apparent) Isolation thermique Crépi extérieur</p> <p>Isolation thermique extérieure crépie Nouvelle Isolation thermique Crépi extérieur</p>	
Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.			
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Variante d'assainissement homogène.	
6 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Voir les valeurs U à l'annexe I.	

Elément existant		Ws 10	Elément assaini
	<p>Maçonnerie en brique silico-calcaire (ou béton apparent) Isolation thermique Crépi extérieur</p>	<p>Façade ventilée Nouvelle isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure</p>	
<p>Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p>			
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Assainissement homogène (avec fixations métalliques). Valeur U en annexe I. Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourrage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.</p>	

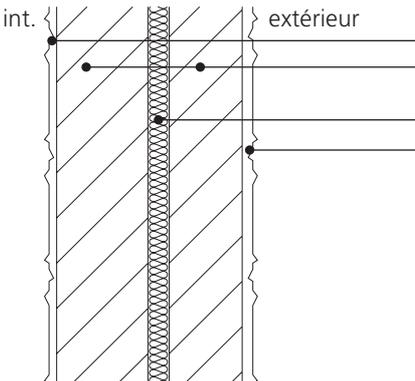
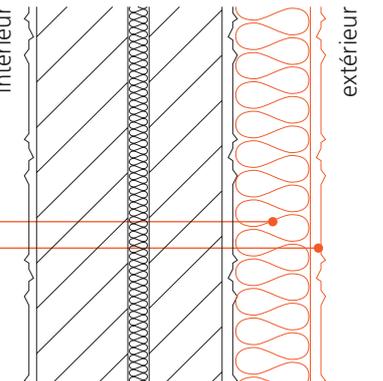
contre l'air extérieur, avec lame d'air

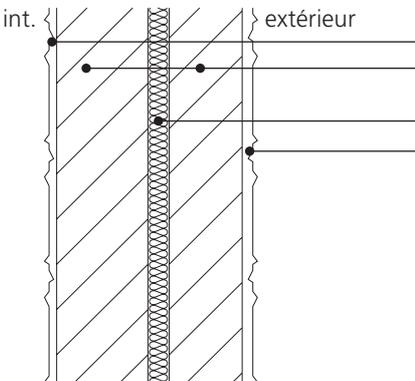
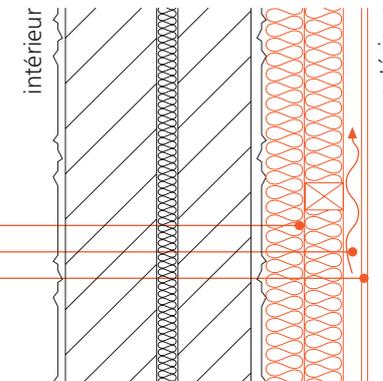
Elément existant		Ws 11	Elément assaini
	<p>Crépi intérieur Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Lame d'air (4-6 cm) Crépi extérieur</p>	<p>Isolation thermique extérieure crépie Nouvelle Isolation thermique Crépi extérieur</p>	
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>			
			<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

Elément existant		Ws 12	Elément assaini
	<p>Crépi intérieur Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Lame d'air (4-6 cm) Crépi extérieur</p>	<p>Façade ventilée Isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure</p>	
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>			
			<p>Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourrage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.</p>

Elément existant	Ws 13	Elément assaini
 <p>int. extérieur</p> <p>Crépi intérieur Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Lame d'air (4–6 cm) Crépi extérieur</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. carton-plâtre Lambourrage/vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique</p>	 <p>intérieur extérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)</p>

contre l'air extérieur, avec isolation intermédiaire existante

Elément existant	Ws 14	Elément assaini
 <p>int. extérieur</p> <p>Crépi intérieur Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Isolation thermique Crépi extérieur</p>	<p>Isolation thermique extérieure crépie Nouvelle isolation thermique Crépi extérieur</p>	 <p>intérieur extérieur</p>
<p>3 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm d'isolation valeur U env. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

Elément existant	Ws 15	Elément assaini
 <p>int. extérieur</p> <p>Crépi intérieur Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Isolation thermique Crépi extérieur</p>	<p>Façade ventilée Isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure</p>	 <p>intérieur extérieur</p>
<p>3 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm d'isolation valeur U env. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Assainissement homogène (avec fixations métalliques). Valeur U en annexe I. Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourrage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.</p>

Elément existant		Ws 16	Elément assaini	
int.	extérieur	<p>Crépi intérieur Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Isolation thermique Crépi extérieur</p> <p style="color: #e67e22;">Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. carton-plâtre Lambourde/vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique</p>	intérieur	extérieur
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)	
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
8 cm d'isolation	valeur U env. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			

Elément existant		Ws 17	Elément assaini	
int.	extérieur	<p>Maçonnerie en brique silico-calcaire Isolation thermique Brique terre cuite Crépi extérieur</p> <p style="color: #e67e22;">Isolation thermique extérieure crépie Isolation thermique Crépi extérieur</p>	intérieur	extérieur
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.	
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
8 cm d'isolation	valeur U env. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			

Elément existant		Ws 18	Elément assaini	
int.	extérieur	<p>Maçonnerie en brique silico-calcaire Isolation thermique Brique terre cuite Crépi extérieur</p> <p style="color: #e67e22;">Façade ventilée Isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure</p>	intérieur	extérieur
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Assainissement homogène (avec fixations métalliques). Valeur U en annexe I. Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.	Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourde croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.	
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
8 cm d'isolation	valeur U env. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			

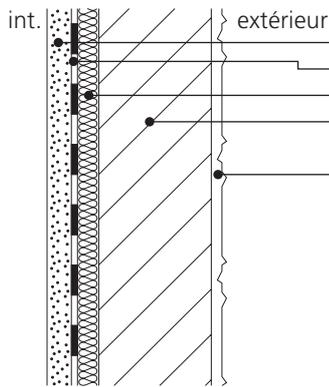
Elément existant		Ws 19	Elément assaini
int.	extérieur	Maçonnerie en brique silico-calcaire Isolation thermique Brique terre cuite Crépi extérieur	intérieur extérieur
		Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. lambrisage Lambourdage/vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique	
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
8 cm d'isolation	valeur U env. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

contre l'air extérieur, avec isolation existante côté intérieur

Elément existant		Ws 20	Elément assaini
int.	extérieur	Doublage: p. ex. carreau de plâtre Pare-vapeur Isolation thermique Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Evtl. crépi extérieur	intérieur extérieur
		Isolation thermique extérieure crépie Isolation thermique Crépi extérieur	
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

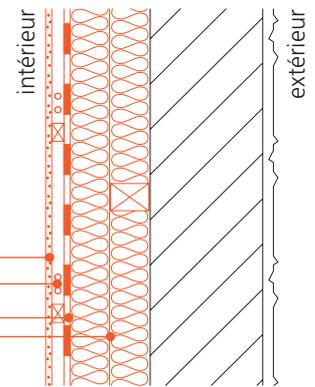
Elément existant		Ws 21	Elément assaini
int.	extérieur	Doublage: p. ex. carreau de plâtre Pare-vapeur Isolation thermique Maçonnerie (Brique terre cuite ou brique de parement) Evtl. crépi extérieur	intérieur extérieur
		Façade ventilée Isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure	
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Assainissement homogène (avec fixations métalliques). Valeur U en annexe I. Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.	Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourdage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

Elément existant



Ws22

Elément assaini



Doublage: p. ex. carreau de plâtre
Pare-vapeur
Isolation thermique
Maçonnerie
(Brique terre cuite ou brique de parement)
Evtl. crépi extérieur

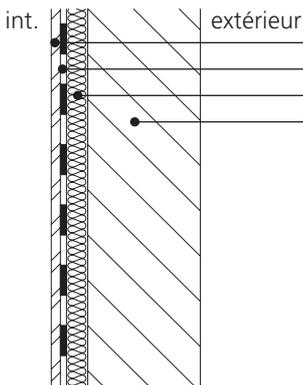
Assainissement par l'intérieur
Revêtement: p. ex. carton-plâtre
Lambourrage/vidé pour conduites
Pare-vapeur
Isolation thermique

0 cm d'isolation valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
5 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Evacuer l'isolation existante.
Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

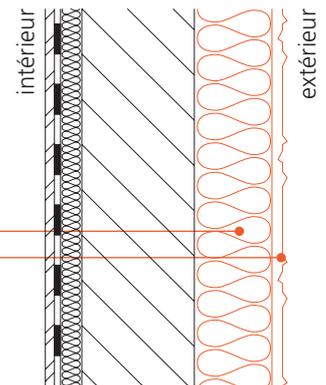
Variante d'assainissement inhomogène.
Voir les valeurs U à l'annexe II.
(assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)

Elément existant



Ws23

Elément assaini



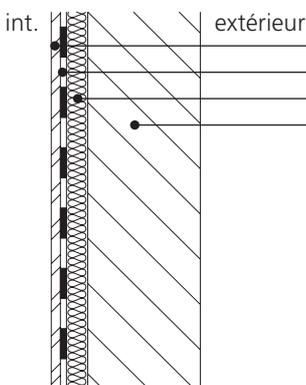
Revêtement: p. ex. lambrisage
Pare-vapeur
Isolation thermique
Maçonnerie en brique silico-calcaire
(ou béton apparent)

Isolation thermique extérieure crépie
Isolation thermique
Crépi extérieur

3 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
5 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

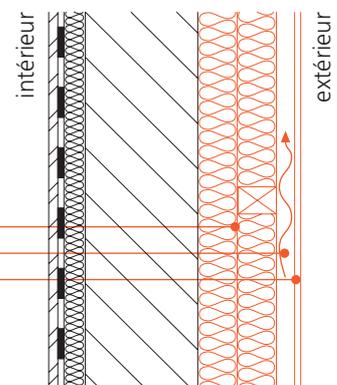
Variante d'assainissement homogène.
Voir les valeurs U à l'annexe I.

Elément existant



Ws24

Elément assaini



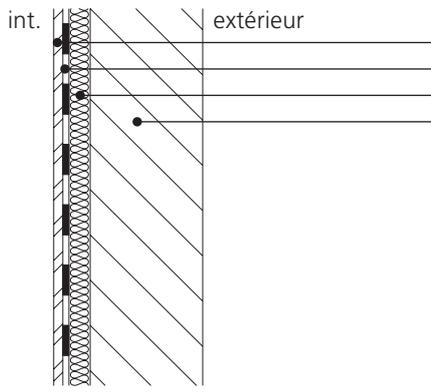
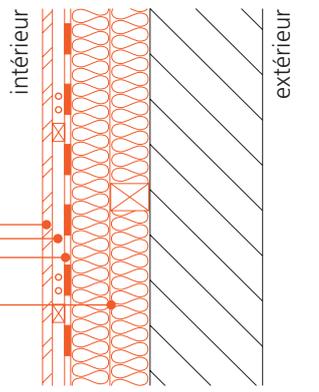
Revêtement: p. ex. lambrisage
Pare-vapeur
Isolation thermique
Maçonnerie en brique silico-calcaire
(ou béton apparent)

Façade ventilée
Isolation thermique
Couche ventilée
Protection extérieure

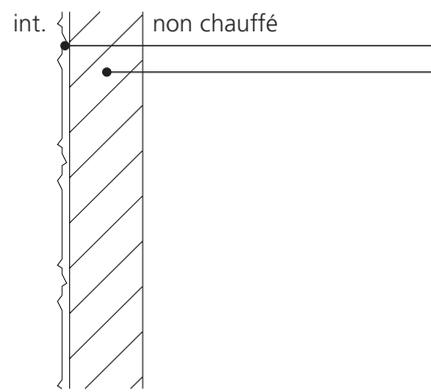
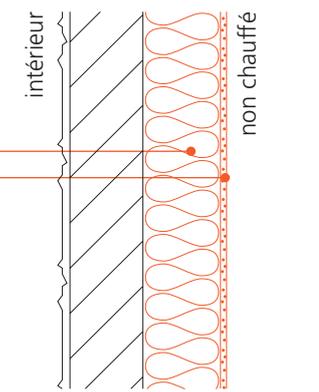
3 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
5 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

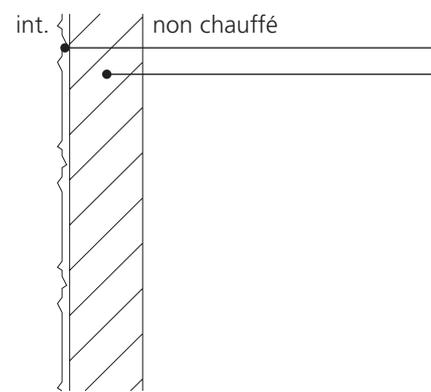
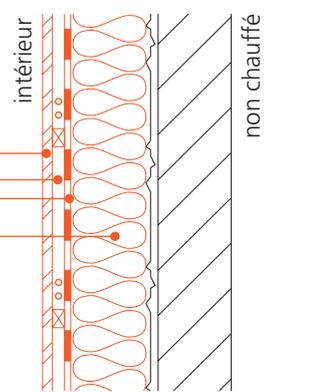
Assainissement homogène (avec fixations
métalliques). Valeur U en annexe I.
Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.

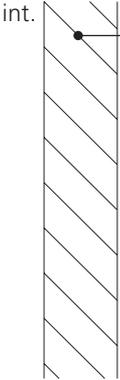
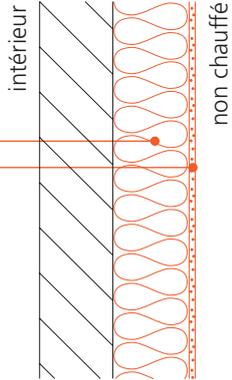
Variante d'assainissement inhomogène
(avec lambourrage croisé).
Voir les valeurs U à l'annexe II.

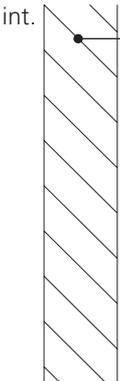
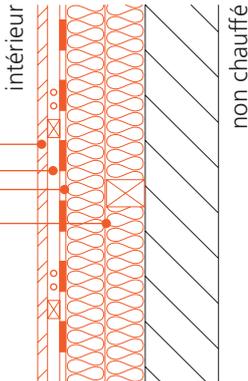
Elément existant		Ws25	Elément assaini
		<p style="text-align: center;">Assainissement par l'intérieur</p> Revêtement: p. ex. lambrisage Lambourdage/vidé pour conduites Pare-vapeur Nouvelle isolation thermique	
0 cm d'isolation	valeur U env. $2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.	Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

contre des locaux non chauffés, sans isolation existante

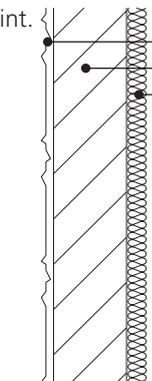
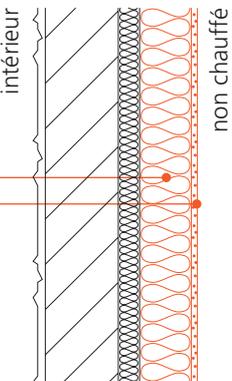
Elément existant		Ws26	Elément assaini
		<p style="text-align: center;">Assainissement par l'extérieur</p> Isolation thermique Revêtement: p. ex. carton-plâtre	
0 cm d'isolation	valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)

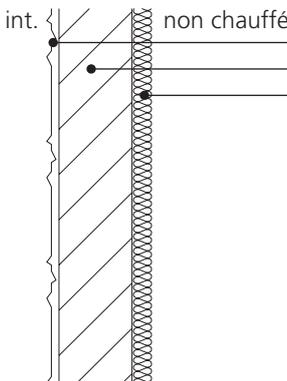
Elément existant		Ws27	Elément assaini
		<p style="text-align: center;">Assainissement par l'intérieur</p> Revêtement: p. ex. lambrisage Lambourdage/vidé pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique	
0 cm d'isolation	valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)

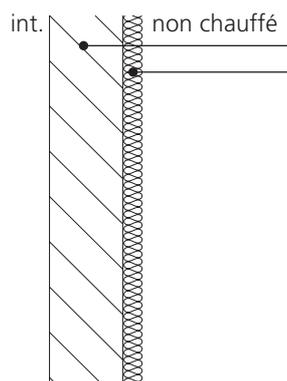
Elément existant	Ws28	Elément assaini
 <p>int. non chauffé</p>	<p>Brique silico-calcaire</p> <p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Revêtement: p. ex. carton-plâtre</p>	 <p>intérieur non chauffé</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>

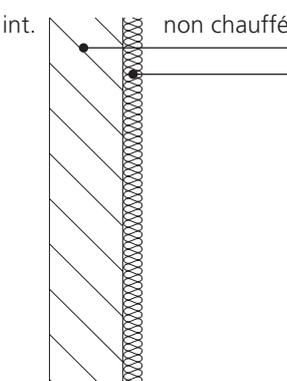
Elément existant	Ws29	Elément assaini
 <p>int. non chauffé</p>	<p>Brique silico-calcaire</p> <p>Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. lambrissage Lambourrage/vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique</p>	 <p>intérieur non chauffé</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)</p>

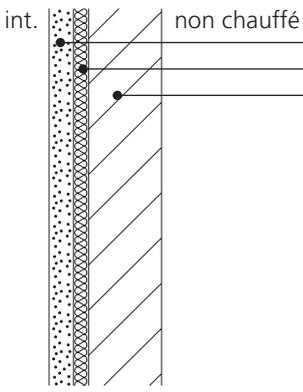
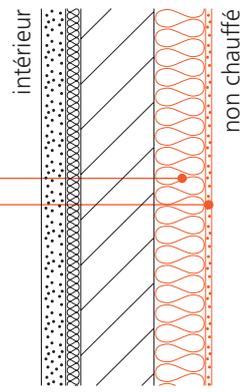
contre des locaux non chauffés, avec isolation existante

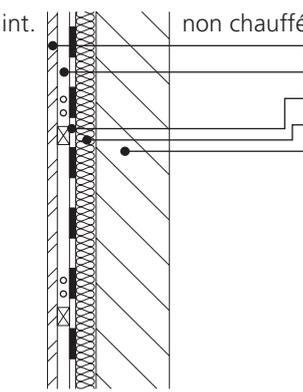
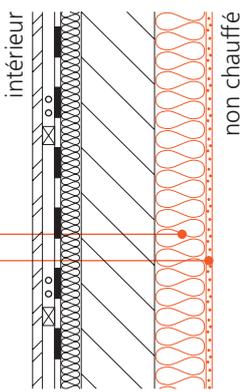
Elément existant	Ws30	Elément assaini
 <p>int. non chauffé</p>	<p>Crépi intérieur Brique terre cuite Isolation thermique</p> <p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Revêtement: p. ex. carton-plâtre</p>	 <p>intérieur non chauffé</p>
<p>3 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>

Elément existant		Ws31	Elément assaini	
 <p>Crépi intérieur Brique terre cuite Isolation thermique</p>		<p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Revêtement: p. ex. carton-plâtre</p>		
0 cm d'isolation	valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.		Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			

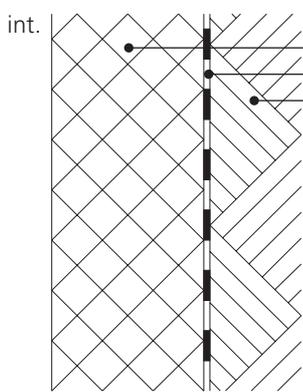
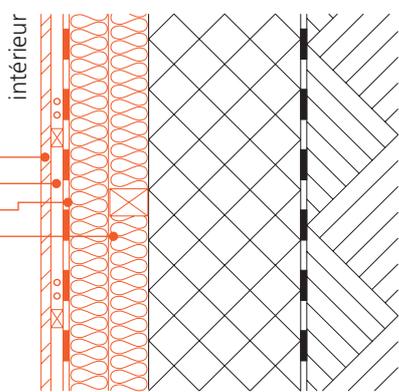
Elément existant		Ws32	Elément assaini	
 <p>Brique silico-calcaire Isolation thermique</p>		<p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Revêtement: p. ex. carton-plâtre</p>		
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			

Elément existant		Ws33	Elément assaini	
 <p>Brique silico-calcaire Isolation thermique</p>		<p>Assainissement par l'extérieur Nouvelle isolation thermique Revêtement: p. ex. lambrisage</p>		
0 cm d'isolation	valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			

Elément existant		Ws 34	Elément assaini
 <p>int. non chauffé</p>	<p>Doublage: p. ex. carreau de plâtre Isolation thermique Brique terre cuite</p>	<p>Assainissement par l'extérieur Nouvelle isolation thermique Revêtement: p. ex. carton-plâtre</p>	 <p>intérieur non chauffé</p>
<p>2 cm d'isolation valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 3 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>			<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>

Elément existant		Ws 35	Elément assaini
 <p>int. non chauffé</p>	<p>Revêtement: p. ex. lambrisage Lambourrage/vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique Brique silico-calcaire</p>	<p>Assainissement par l'extérieur Nouvelle isolation thermique Revêtement: p. ex. carton-plâtre</p>	 <p>intérieur non chauffé</p>
<p>2 cm d'isolation valeur U env. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 3 cm d'isolation valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>			<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>

contre terre sans isolation existante

Elément existant		Ws 36	Elément assaini
 <p>int.</p>	<p>Béton Enduit hydrofuge Terre</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. lambrisage Lambourrage / vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique</p>	 <p>intérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>			<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)</p>

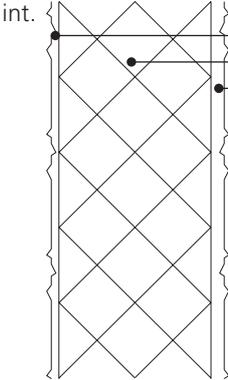
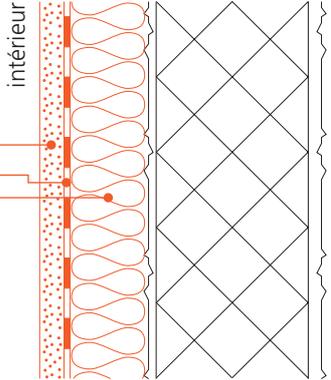
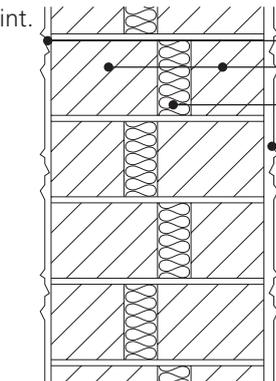
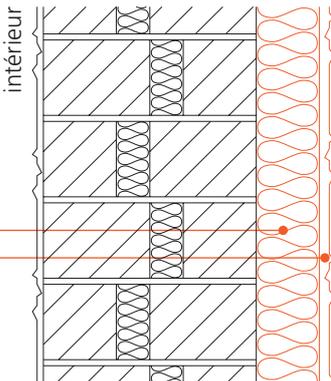
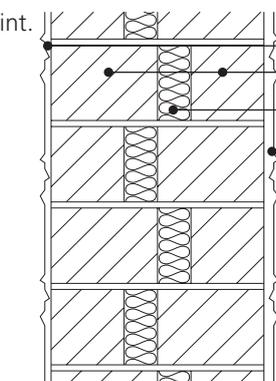
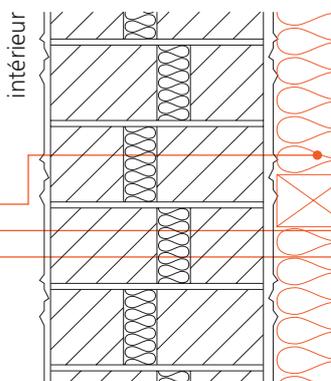
contre terre avec isolation existante

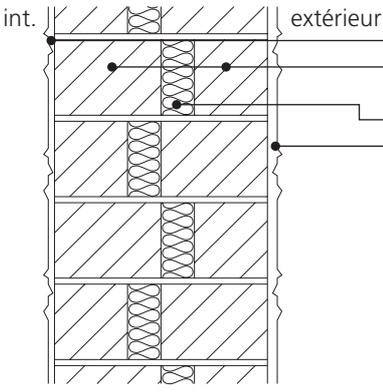
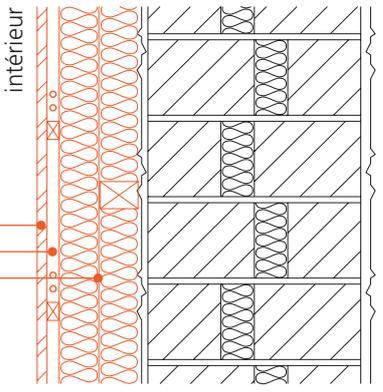
Elément existant		Ws37	Elément assaini
<p>int.</p> <p>Béton Enduit hydrofuge Isolation thermique Terre</p>		<p>Assainissement par l'intérieur Doublage: p. ex. carreau de plâtre Pare-vapeur Isolation thermique</p>	<p>intérieur</p>
3 cm d'isolation	valeur U env. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

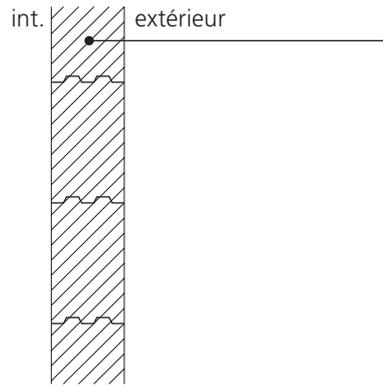
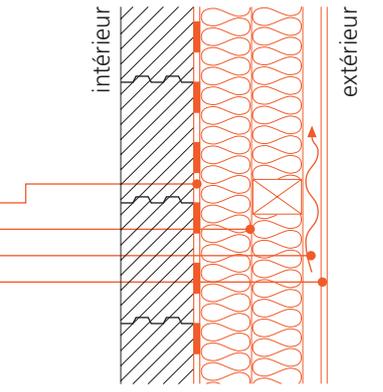
Elément existant		Ws38	Elément assaini
<p>int.</p> <p>Revêtement: p. ex. lambrissage Pare-vapeur Isolation thermique Béton Enduit hydrofuge Terre</p>		<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. lambrissage Lambourrage / vide pour conduites Pare-vapeur Nouvelle isolation thermique</p>	<p>intérieur</p>
0 cm d'isolation	valeur U env. $4.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Evacuer l'isolation existante. Admettre une valeur U de $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.	Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)
3 cm d'isolation	valeur U env. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
5 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

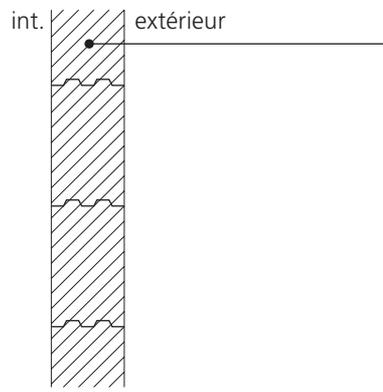
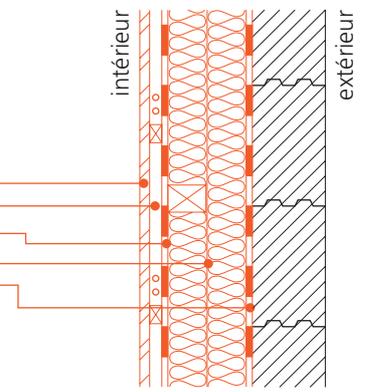
systèmes spéciaux de maçonnerie

Elément existant		Ws39	Elément assaini
<p>int.</p> <p>extérieur</p> <p>Crépi intérieur Béton cellulaire Crépi extérieur</p>		<p>Façade ventilée Isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure</p>	<p>intérieur</p> <p>extérieur</p>
25 cm Béton cellulaire	valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Assainissement homogène (avec fixations métalliques). Valeur U en annexe I. Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.	Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourrage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.
30 cm Béton cellulaire	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
32.5 cm Béton cellulaire	valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

Elément existant	Ws40	Elément assaini
 <p>int. extérieur</p> <p>Crépi intérieur Béton cellulaire Crépi extérieur</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Doublage: p.ex. carreau de plâtre Pare-vapeur Isolation thermique</p>	 <p>intérieur extérieur</p>
<p>25 cm Béton cellulaire valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 30 cm Béton cellulaire valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 32.5 cm Béton cellulaire valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>
Elément existant	Ws41	Elément assaini
 <p>int. extérieur</p> <p>Crépi intérieur Brique terre cuite (mur composé ISOMODUL-SUPER) Isolation thermique Crépi extérieur</p>	<p>Isolation thermique extérieure crépie Isolation thermique Crépi extérieur</p>	 <p>intérieur extérieur</p>
<p>5 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>
Elément existant	Ws42	Elément assaini
 <p>int. extérieur</p> <p>Crépi intérieur Brique terre cuite (mur composé ISOMODUL-SUPER) Isolation thermique Crépi extérieur</p>	<p>Façade ventilée Isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure</p>	 <p>intérieur extérieur</p>
<p>5 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Assainissement homogène (avec fixations métalliques). Valeur U en annexe I. Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourrage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.</p>

Elément existant	Ws43	Elément assaini
	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. lambrissage Lambourdage/vidé pour conduites Isolation thermique</p>	
5 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)

Elément existant	Ws44	Elément assaini
	<p>Façade ventilée Coupe-vent Isolation thermique Couche ventilée Protection extérieure</p>	
0 cm d'isolation valeur U env. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Assainissement homogène (avec fixations métalliques). Valeur U en annexe I. Val. U suppl.: voir Catalogue ponts thermiques.	Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourdage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.

Elément existant	Ws45	Elément assaini
	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. lambrissage Lambourdage / vidé pour conduites Pare-vapeur / feuille d'étanchéité à l'air Isolation thermique Coupe-vent éventuel</p>	
0 cm d'isolation valeur U env. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)

46 4.1.3 Toitures et dalles
toits contre l'air extérieur

Elément existant		Ds 1	Elément assaini
<p>extérieur</p> <p>intérieur</p>	<p>Couche de protection Etanchéité Isolation thermique Pare-vapeur Béton</p>	<p>Toiture doublée Couche de protection Etanchéité Isolation thermique</p>	<p>extérieur</p> <p>intérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Si évacuation de l'isolation thermique, admettre une valeur U de $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p> <p>Contrôler le bon état de l'isolation (p. ex. humidité, joints).</p>	<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

Elément existant		Ds 2	Elément assaini
<p>extérieur</p> <p>intérieur</p>	<p>Couche de protection Etanchéité intacte Isolation thermique Pare-vapeur Béton</p>	<p>Toiture inversée / toiture améliorée Couche de protection Couche filtrante éventuelle Isolation thermique</p>	<p>extérieur</p> <p>intérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Si l'isolation thermique existante est supprimée, admettre une valeur U de $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p> <p>Important: majorer de 20% l'épaisseur d'isolation (chap. 2.5). Contrôler soigneusement le revêtement existant.</p>	<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

Elément existant		Ds 3	Elément assaini
<p>extérieur</p> <p>intérieur</p>	<p>Couche de protection Etanchéité Isolation thermique Pare-vapeur Panneau en fibres de bois dures Tôle profilée</p>	<p>Toiture doublée Couche de protection Etanchéité Isolation thermique</p>	<p>extérieur</p> <p>intérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Si l'isolation thermique existante est supprimée, admettre une valeur U de $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p> <p>Le bon état de l'isolation thermique existante doit être contrôlé (p. ex. humidité, joints).</p>	<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.</p>

Élément existant		Ds4	Élément assaini
<p>extérieur</p> <p>Couche de protection Etanchéité intacte Isolation thermique Pare-vapeur Panneau en fibres de bois dures Tôle profilée</p> <p>intérieur</p>		<p>Toiture inversée / toiture améliorée Couche de protection Couche filtrante Isolation thermique</p> <p>Si l'isolation thermique existante est supprimée, admettre une valeur U de $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p>	<p>extérieur</p> <p>intérieur</p>
0 cm d'isolation	valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Important: majorer de 20% l'épaisseur d'isolation (chap. 2.5). Contrôler soigneusement le revêtement existant.	Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
6 cm d'isolation	valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

Élément existant		Ds5	Élément assaini
<p>extérieur</p> <p>Revêtement Sable Etanchéité Isolation thermique Pare-vapeur Béton</p> <p>intérieur</p>		<p>Toiture doublée Revêtement Sable Etanchéité Isolation thermique</p> <p>Si l'isolation thermique existante est supprimée, admettre une valeur U de $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p>	<p>extérieur</p> <p>intérieur</p>
0 cm d'isolation	valeur U env. $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Contrôler le bon état de l'isolation (p. ex. humidité, joints).	Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
6 cm d'isolation	valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

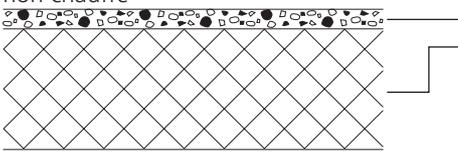
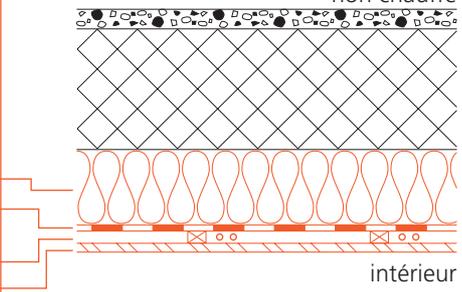
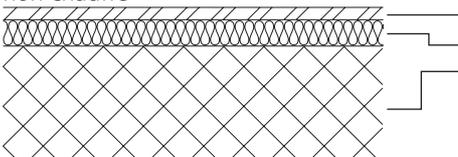
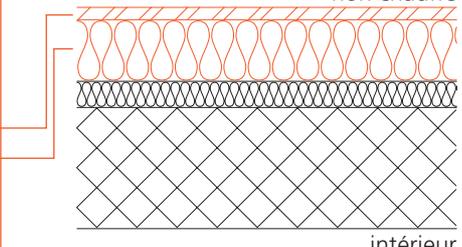
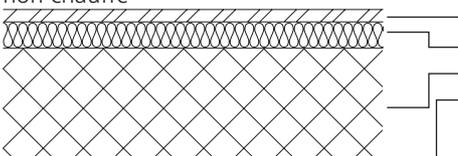
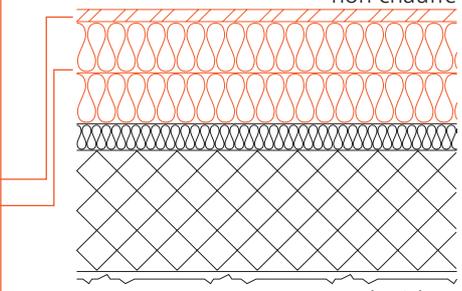
Élément existant		Ds6	Élément assaini
<p>extérieur</p> <p>Revêtement Sable Etanchéité intacte Isolation thermique Pare-vapeur Béton</p> <p>intérieur</p>		<p>Toiture inversée / toiture améliorée Revêtement Sable Couche filtrante éventuelle Isolation thermique</p> <p>Si l'isolation thermique existante est supprimée, admettre une valeur U de $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p>	<p>extérieur</p> <p>intérieur</p>
0 cm d'isolation	valeur U env. $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Important: majorer de 20% l'épaisseur d'isolation (chap. 2.5). Contrôler soigneusement le revêtement existant.	Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
6 cm d'isolation	valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		

Elément existant		Ds 7	Elément assaini
extérieur	<ul style="list-style-type: none"> Revêtement Sable Etanchéité Isolation thermique Pare-vapeur Panneau en fibres de bois dures Tôle profilée 	Toiture doublée Revêtement Sable Etanchéité Isolation thermique	extérieur
intérieur		intérieur	
0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Si l'isolation thermique existante est supprimée, admettre une valeur U de $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Contrôler le bon état de l'isolation (p.ex. humidité, joints).	Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.

Elément existant		Ds 8	Elément assaini
extérieur	<ul style="list-style-type: none"> Revêtement Sable Etanchéité intacte Isolation thermique Pare-vapeur Panneau en fibres de bois dures Tôle profilée 	Toiture inversée / toiture améliorée Revêtement Sable Couche filtrante éventuelle Isolation thermique	extérieur
intérieur		intérieur	
0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Si l'isolation thermique existante est supprimée, admettre une valeur U de $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Important: majorer de 20% l'épaisseur d'isolation (chap. 2.5). Contrôler soigneusement le revêtement existant.	Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.

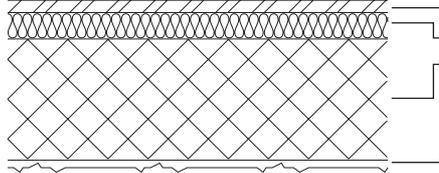
dalles contre des locaux non chauffés

Elément existant		Ds 10	Elément assaini
non chauffé	<ul style="list-style-type: none"> Chape en ciment Béton 	Assainissement par l'extérieur Panneau aggloméré Isolation thermique	non chauffé
intérieur		intérieur	
0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainiss. inhomogènes: val. U à l'annexe II)

Elément existant	Ds 11	Elément assaini
<p>non chauffé</p>  <p>intérieur</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Isolation thermique (entre lambourdes) Pare-vapeur Lambourdage / vide pour conduites Revêtement: p. ex. lambrissage</p>	<p>non chauffé</p>  <p>intérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>
Elément existant	Ds 12	Elément assaini
<p>non chauffé</p>  <p>intérieur</p>	<p>Assainissement par l'extérieur Panneau aggloméré Isolation thermique</p>	<p>non chauffé</p>  <p>intérieur</p>
<p>2 cm d'isolation valeur U env. $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>
Elément existant	Ds 13	Elément assaini
<p>non chauffé</p>  <p>intérieur</p>	<p>Assainissement par l'extérieur Panneau aggloméré Nouvelle isolation thermique</p>	<p>non chauffé</p>  <p>intérieur</p>
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Si l'isolation thermique existante est supprimée, admettre une valeur U de $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p>	<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>

Elément existant

non chauffé



intérieur

Ds 14

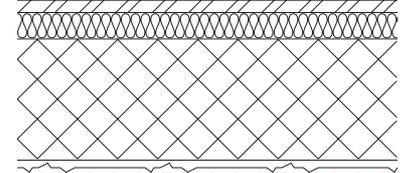
Revêtement: p.ex. panneau aggloméré
Isolation thermique
Béton
Crépi sous dalle

Assainissement par l'intérieur

Isolation thermique
(entre lambourdes)
Pare-vapeur
Lambourdage/vide pour conduites
Revêtement: p.ex. lambrisage

Elément assaini

non chauffé



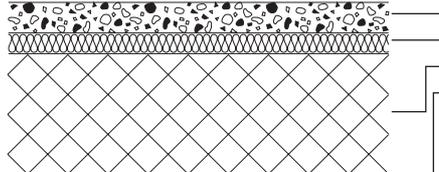
intérieur

2 cm d'isolation valeur U env. $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
5 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Variante d'assainissement inhomogène.
Voir les valeurs U à l'annexe II.
(assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)

Elément existant

non chauffé



intérieur

Ds 15

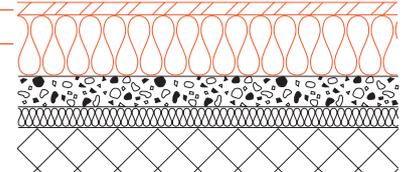
Chape en ciment
Isolation thermique
Béton
Crépi sous dalle

Assainissement par l'extérieur

Panneau aggloméré
Isolation thermique

Elément assaini

non chauffé



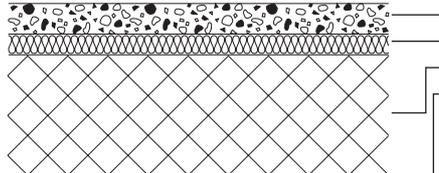
intérieur

2 cm d'isolation valeur U env. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3 cm d'isolation valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Variante d'assainissement homogène.
Voir les valeurs U à l'annexe I.
(assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)

Elément existant

non chauffé



intérieur

Ds 16

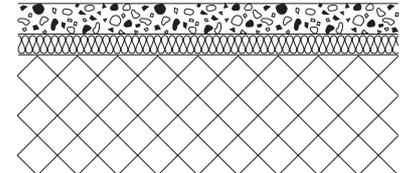
Chape en ciment
Isolation thermique
Béton
Crépi sous dalle

Assainissement par l'intérieur

Isolation thermique
(entre lambourdes)
Pare-vapeur
Lambourdage/vide pour conduites
Revêtement: p.ex. lambrisage

Elément assaini

non chauffé



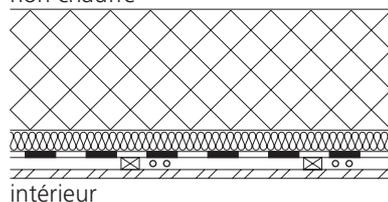
intérieur

2 cm d'isolation valeur U env. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3 cm d'isolation valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Variante d'assainissement inhomogène.
Voir les valeurs U à l'annexe II.
(assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)

Elément existant

non chauffé



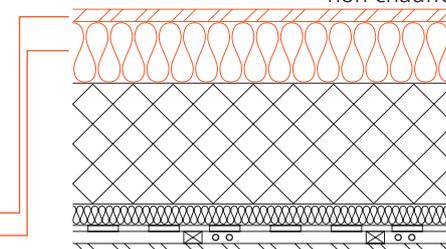
intérieur

Béton
Isolation thermique
Pare-vapeur
Lambourrage/vide pour conduites
Revêtement: p. ex. lambrisage

Assainissement par l'extérieur
Panneau aggloméré
Isolation thermique

Elément assaini

non chauffé



intérieur

2 cm d'isolation	valeur U env. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3 cm d'isolation	valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4 cm d'isolation	valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Variante d'assainissement homogène.
Voir les valeurs U à l'annexe I.
(assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)

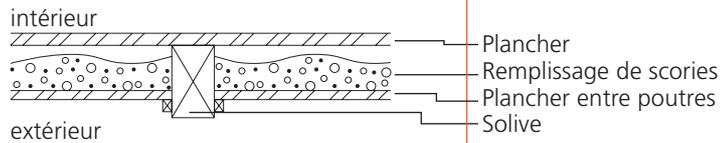
Ds 17

52 4.2 Assainissement d'éléments inhomogènes

4.2.1 Planchers

contre l'air extérieur

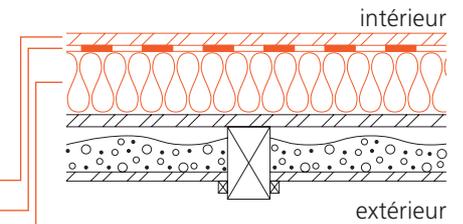
Elément existant



Bsi 4

Assainissement par l'intérieur
Plancher
Pare-vapeur
Isolation thermique

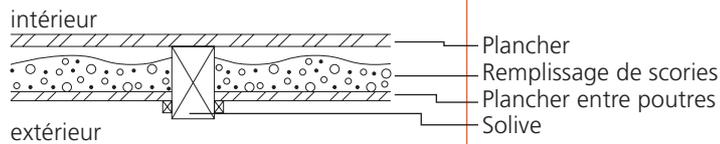
Elément assaini



Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Variante d'assainissement homogène.
Voir les valeurs U à l'annexe I.
(assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)

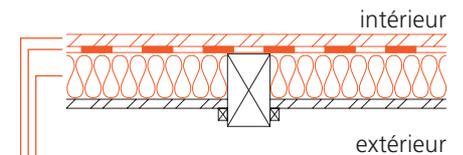
Elément existant



Bsi 5

Assainissement du noyau
Plancher
Pare-vapeur
Isolation thermique

Elément assaini



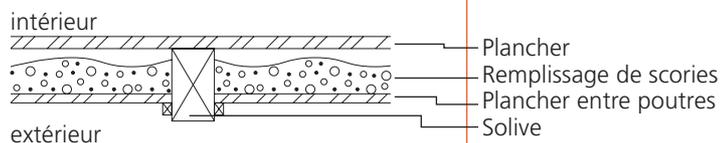
Sans remplissage de scories valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Evacuer le revêtement de sol et les scories.
Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
Épaisseur d'isolation limitée.

Variante d'assainissement inhomogène.
Voir les valeurs U à l'annexe II.

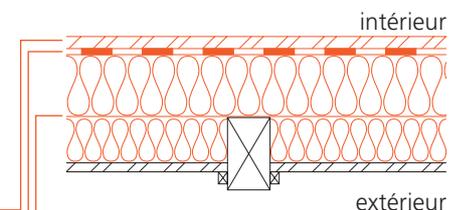
Elément existant



Bsi 6

Assainissement par l'intérieur y c. le noyau
Plancher
Pare-vapeur
Isolation thermique

Elément assaini

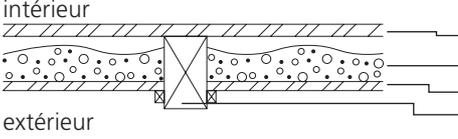
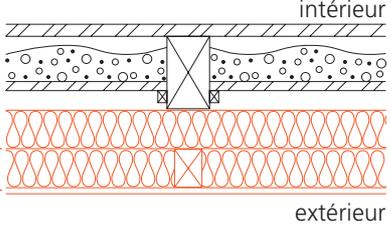
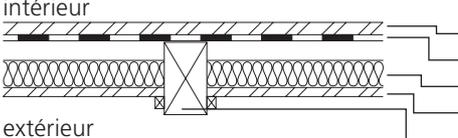
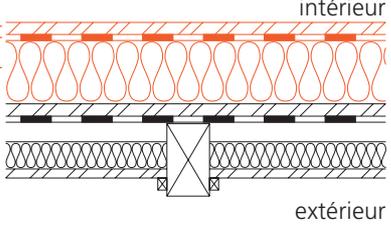
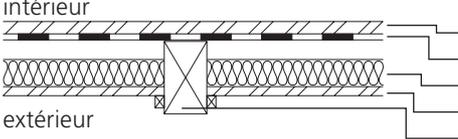
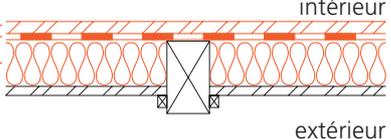


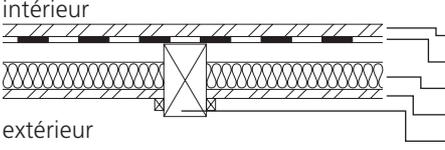
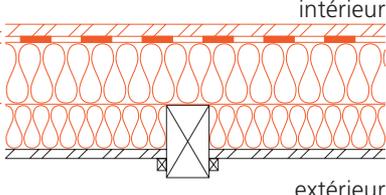
Sans remplissage de scories valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

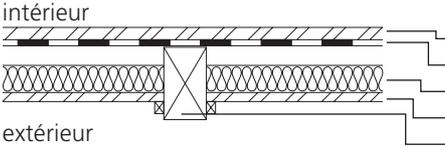
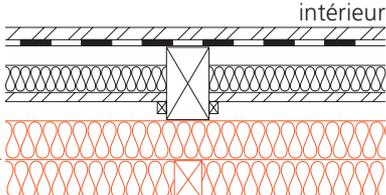
Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Evacuer le revêtement de sol et les scories.
Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

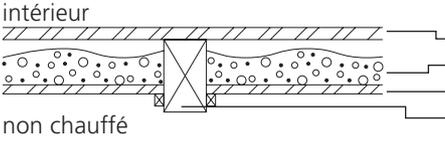
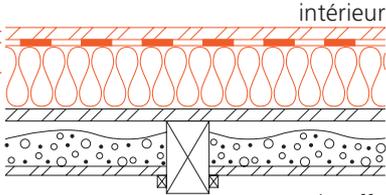
Variante d'assainissement inhomogène.
Voir les valeurs U à l'annexe II.

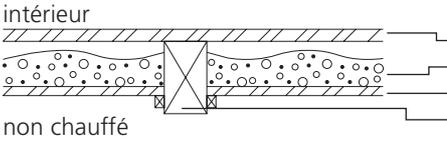
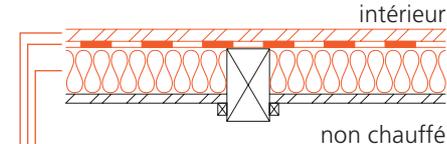
<p>Elément existant</p>  <p>intérieur</p> <p>extérieur</p> <p>Plancher Remplissage de scories Plancher entre poutres Solive</p> <p>Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<h2 style="margin: 0;">Bsi 7</h2> <p style="text-align: center; color: white;">Assainissement par l'extérieur</p> <p style="text-align: center; color: white;">Isolation thermique Revêtement de plafond</p>	<p>Elément assaini</p>  <p>intérieur</p> <p>extérieur</p> <p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>
<p>Elément existant</p>  <p>intérieur</p> <p>extérieur</p> <p>Plancher Pare-vapeur Isolation thermique Plancher entre poutres Solive</p> <p>4 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<h2 style="margin: 0;">Bsi 9</h2> <p style="text-align: center; color: white;">Assainissement par l'intérieur</p> <p style="text-align: center; color: white;">Plancher Pare-vapeur Isolation thermique</p>	<p>Elément assaini</p>  <p>intérieur</p> <p>extérieur</p> <p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>
<p>Elément existant</p>  <p>intérieur</p> <p>extérieur</p> <p>Plancher Remplissage de scories Isolation thermique Plancher entre poutres Solive</p> <p>0 cm d'isolation valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<h2 style="margin: 0;">Bsi 10</h2> <p style="text-align: center; color: white;">Assainissement du noyau</p> <p style="text-align: center; color: white;">Plancher Pare-vapeur Nouvelle isolation thermique</p> <p>Evacuer le revêtement de sol et les scories. Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Epaisseur d'isolation limitée.</p>	<p>Elément assaini</p>  <p>intérieur</p> <p>extérieur</p> <p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II.</p>

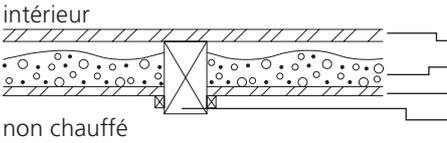
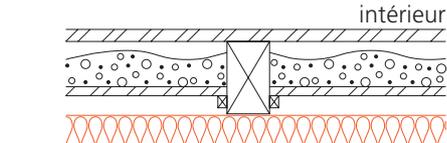
Elément existant		Bsi11	Elément assaini
	<ul style="list-style-type: none"> Plancher Pare-vapeur Isolation thermique Plancher entre poutres Solive 	<p>Assainissement par l'intérieur y c. le noyau</p> <ul style="list-style-type: none"> Plancher Pare-vapeur Nouvelle isolation thermique 	
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Evacuer le revêtement de sol et les scories. Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II.</p>	

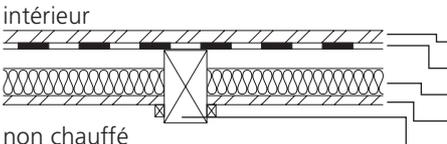
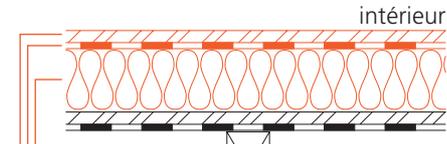
Elément existant		Bsi 12	Elément assaini
	<ul style="list-style-type: none"> Plancher Pare-vapeur Isolation thermique Plancher entre poutres Solive 	<p>Assainissement par l'extérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> Isolation thermique Revêtement de plafond 	
<p>4 cm d'isolation valeur U env. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>	

contre des locaux non chauffés

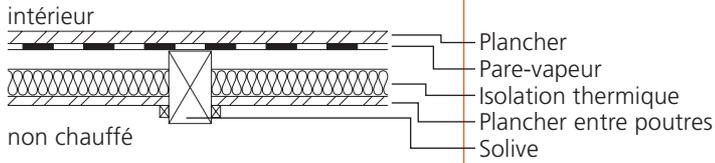
Elément existant		Bsi 13	Elément assaini
	<ul style="list-style-type: none"> Plancher Remplissage de scories Plancher entre poutres Solive 	<p>Assainissement par l'intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> Plancher Pare-vapeur Isolation thermique 	
<p>Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>	

Elément existant	Bsi 14	Elément assaini
 <p>intérieur non chauffé</p>	<p>Plancher Remplissage de scories Plancher entre poutres Solive</p> <p>Assainissement du noyau Plancher Pare-vapeur Isolation thermique</p>	 <p>intérieur non chauffé</p>
Sans remplissage de scories valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Evacuer le revêtement de sol et les scories. Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Epaisseur d'isolation limitée.	Variante d'assainissement inhomogène.
Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Voir les valeurs U à l'annexe II.

Elément existant	Bsi 15	Elément assaini
 <p>intérieur non chauffé</p>	<p>Plancher Remplissage de scories Plancher entre poutres Solive</p> <p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Revêtement de plafond</p>	 <p>intérieur non chauffé</p>
Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)

Elément existant	Bsi 17	Elément assaini
 <p>intérieur non chauffé</p>	<p>Plancher Pare-vapeur Isolation thermique Plancher entre poutres Solive</p> <p>Assainissement par l'intérieur Plancher Pare-vapeur Isolation thermique</p>	 <p>intérieur non chauffé</p>
4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I.
6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		(assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)

Elément existant

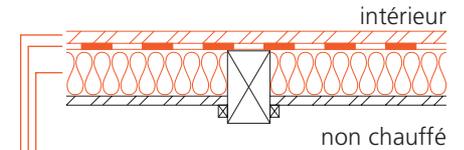


Plancher
Pare-vapeur
Isolation thermique
Plancher entre poutres
Solive

Bsi 18

Assainissement du noyau
Plancher
Pare-vapeur
Nouvelle isolation thermique

Elément assaini

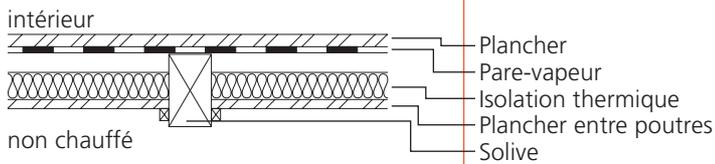


0 cm d'isolation valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Evacuer l'isolation existante.
Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
Épaisseur d'isolation limitée.

Variante d'assainissement inhomogène.
Voir les valeurs U à l'annexe II.

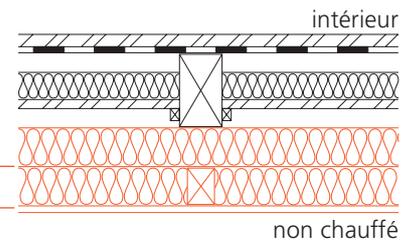
Elément existant



Bsi 19

Assainissement par l'extérieur
Isolation thermique
Revêtement de plafond

Elément assaini



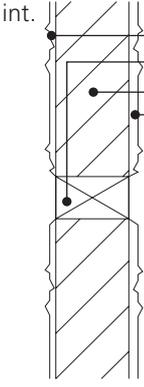
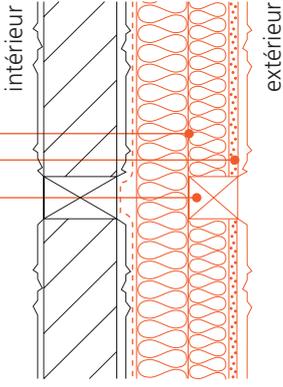
4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Variante d'assainissement inhomogène.
Voir les valeurs U à l'annexe II.
(assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)

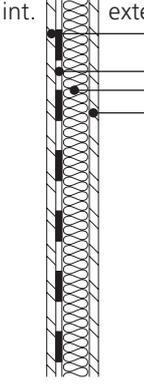
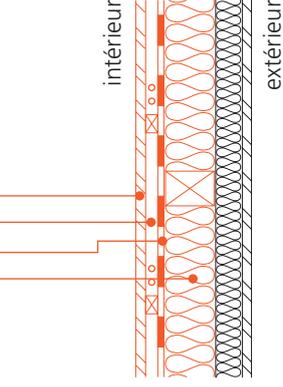
Elément existant		Wsi 1	Elément assaini
	<p>4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm d'isolation valeur U env. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. lambrisage Lambourrage / vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)</p>

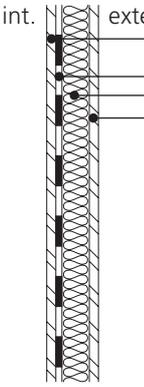
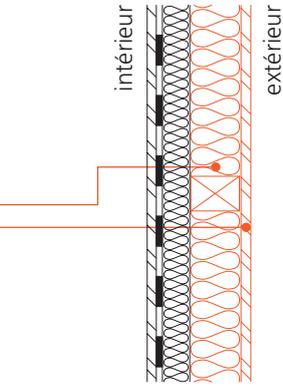
Elément existant		Wsi 2	Elément assaini
	<p>4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm d'isolation valeur U env. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Assainissement par l'extérieur Isolation thermique Feuille coupe-vent/pan. de fibres de bois Couche ventilée Protection extérieure</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène (avec lambourrage croisé). Voir les valeurs U à l'annexe II.</p>

Elément existant		Wsi 3	Elément assaini
	<p>0 cm d'isolation valeur U env. $1.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Assainissement par l'intérieur Revêtement: p. ex. plaque de carton-plâtre Lambourrage/vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)</p>

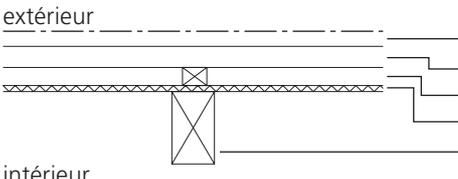
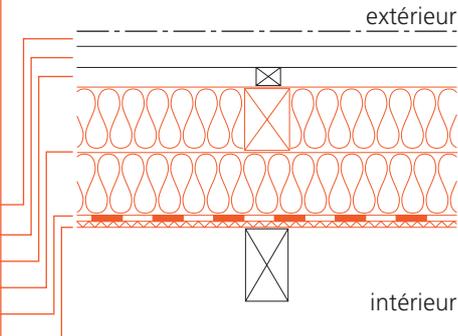
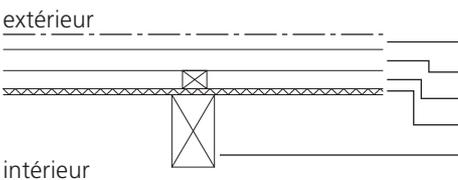
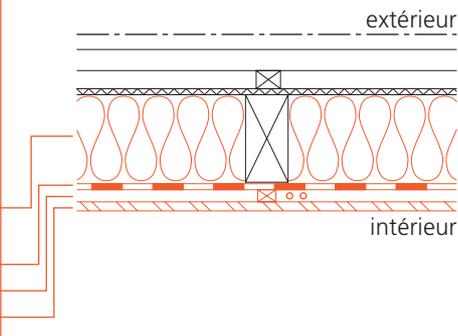
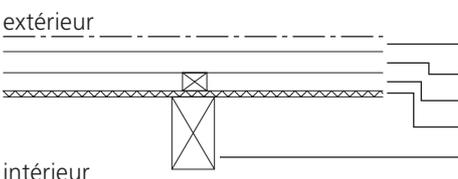
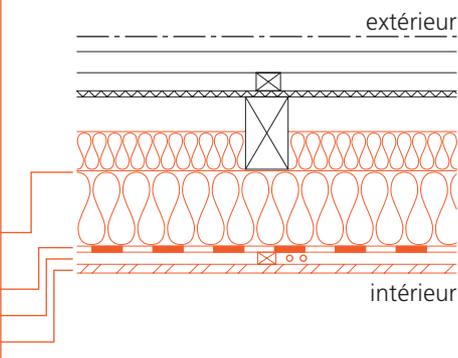
Elément existant	Wsi 4	Elément assaini
	<p>Assainissement par l'extérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> Isolation thermique Duripanel crépi Traverse rapportée 	
0 cm d'isolation valeur U env. $1.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II.

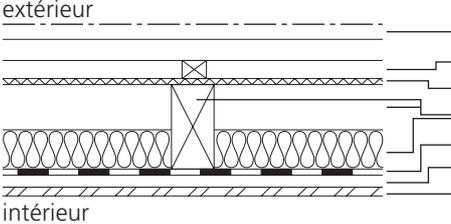
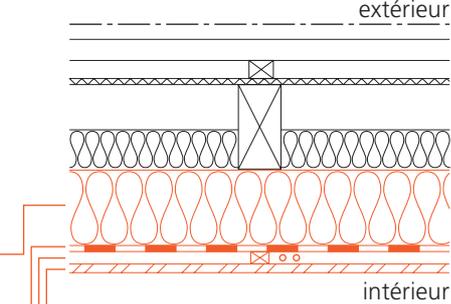
contre des locaux non chauffés

Elément existant	Wsi 5	Elément assaini
	<p>Assainissement par l'intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> Revêtement intérieur: p. ex. lambrisage Lambourrage / vide pour conduites Pare-vapeur Isolation thermique 	
2 cm d'isolation valeur U env. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)

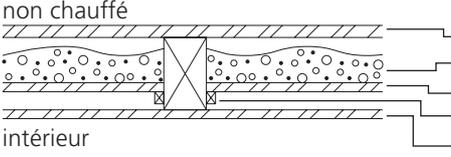
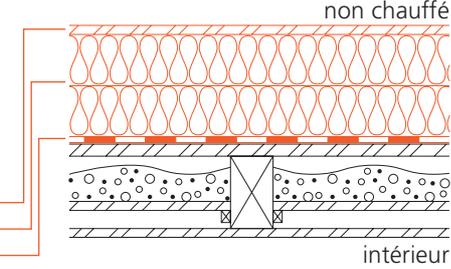
Elément existant	Wsi 6	Elément assaini
	<p>Assainissement par l'extérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> Isolation thermique Revêtement: p. ex. panneau aggloméré 	
2 cm d'isolation valeur U env. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissem. homogènes: valeurs U à l'annexe I)

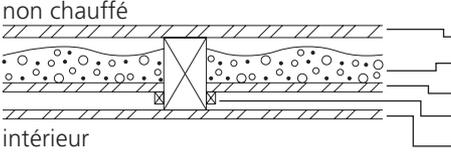
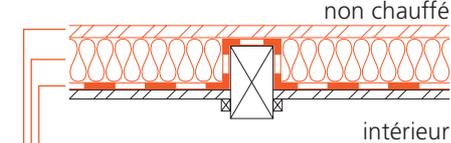
toitures contre l'air extérieur

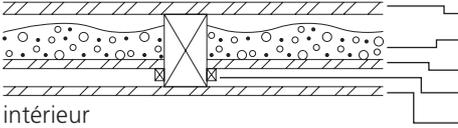
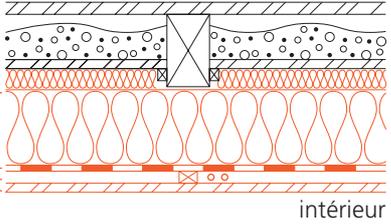
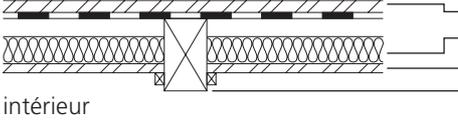
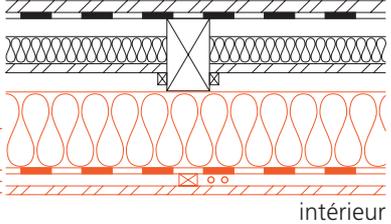
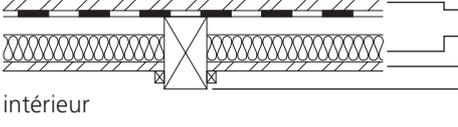
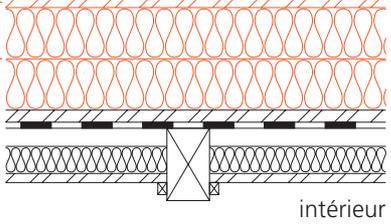
Elément existant	Dsi 1	Elément assaini
	<p style="text-align: center;">Dsi 1</p> <p style="text-align: center;">Assainissement par l'extérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> Couverture, lattage Couche ventilée Contre-lattage, sous-toiture Isolation thermique Pare-vapeur Lambrissage 	
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $4.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Evacuer le revêtement de toiture jusqu'à la sous-couverture.</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>
Elément existant	Dsi 2	Elément assaini
	<p style="text-align: center;">Dsi 2</p> <p style="text-align: center;">Assainissement du noyau</p> <ul style="list-style-type: none"> Isolation thermique (entre les chevrons) Pare-vapeur Lambourrage / vide pour conduites Revêtement: p. ex. lambrissage 	
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $4.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Maintien de la couverture existante. L'épaisseur d'isolation est limitée.</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>
Elément existant	Dsi 3	Elément assaini
	<p style="text-align: center;">Dsi 3</p> <p style="text-align: center;">Assainissement par l'intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> Isolation thermique entre et sous les chevrons Pare-vapeur Lambourrage / vide pour conduites Revêtement: p. ex. lambrissage 	
<p>0 cm d'isolation valeur U env. $4.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>

Elément existant	Dsi4	Elément assaini
 <p>extérieur</p> <p>Couverture, lattage Contre-lattage, couche ventilée Sous-toiture Chevron, couche ventilée, isol. thermique Pare-vapeur Air Lambrissage</p> <p>intérieur</p>	<p>Assainissement par l'intérieur</p> <p>Isolation thermique (sous les chevrons) Pare-vapeur Lambourrage / vide pour conduites Revêtement: p. ex. lambrissage</p>	 <p>extérieur</p> <p>intérieur</p>
<p>6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm d'isolation valeur U env. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>

dalles contre des locaux non chauffés

Elément existant	Dsi5	Elément assaini
 <p>non chauffé</p> <p>Plancher Remplissage de scories Plancher entre poutres, vide Solive Lambrissage</p> <p>intérieur</p>	<p>Assainissement par l'extérieur</p> <p>Panneau aggloméré Isolation thermique Pare-vapeur</p>	 <p>non chauffé</p> <p>intérieur</p>
<p>Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>

Elément existant	Dsi6	Elément assaini
 <p>non chauffé</p> <p>Plancher Remplissage de scories Plancher entre poutres, vide Solive Lambrissage</p> <p>intérieur</p>	<p>Assainissement du noyau</p> <p>Bois Isolation thermique Pare-vapeur</p>	 <p>non chauffé</p> <p>intérieur</p>
<p>Sans remplissage de scories valeur U env. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Evacuer le revêtement de sol et les scories. Admettre une valeur U de $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Epaisseur d'isolation limitée.</p>	<p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>

<p>Elément existant</p>  <p>non chauffé</p> <p>intérieur</p> <p>Plancher Remplissage de scories Plancher entre poutres, vide Solive Lambrisage</p> <p>Avec remplissage de scories valeur U env. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p style="text-align: center;">Dsi7</p> <p style="text-align: center;">Assainissement par l'intérieur</p> <p>Isolation thermique (entre et sous les chevrons) Pare-vapeur Lambourrage / vide pour conduites Revêtement: p. ex. lambrisage</p>	<p>Elément assaini</p>  <p>non chauffé</p> <p>intérieur</p> <p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>
<p>Elément existant</p>  <p>non chauffé</p> <p>intérieur</p> <p>Plancher Isolation thermique Plancher entre poutres Solive</p> <p>4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p style="text-align: center;">Dsi8</p> <p style="text-align: center;">Assainissement par l'intérieur</p> <p>Isolation thermique entre carrelots (sous les solives) Pare-vapeur Lambourrage / vide pour conduites Revêtement: p. ex. lambrisage</p>	<p>Elément assaini</p>  <p>non chauffé</p> <p>intérieur</p> <p>Variante d'assainissement inhomogène. Voir les valeurs U à l'annexe II. (assainissements homogènes: val. U à l'annexe I)</p>
<p>Elément existant</p>  <p>non chauffé</p> <p>intérieur</p> <p>Plancher Isolation thermique Plancher entre poutres Solive</p> <p>4 cm d'isolation valeur U env. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm d'isolation valeur U env. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p style="text-align: center;">Dsi9</p> <p style="text-align: center;">Assainissement par l'intérieur</p> <p>Plancher Isolation thermique</p>	<p>Elément assaini</p>  <p>non chauffé</p> <p>intérieur</p> <p>Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs U à l'annexe I. (assainissem. inhomogènes: val. U à l'annexe II)</p>

5 Fenêtres et portes

La fenêtre est l'élément de construction qui a le plus évolué du point de vue énergétique durant les dix à quinze dernières années. Ce chapitre montre comment en calculer la valeur U . Le tableau aidera à déterminer la valeur U des fenêtres pour différentes parts du cadre. Ce chapitre est complété par un tableau de la valeur U de quelques types de portes.

Ces données remplacent celles de la Fiche technique existante «Valeurs k et valeurs g des fenêtres» de 1995.

Le marché propose un vaste choix de vitrages, de types et de matériaux de cadres, ainsi que d'intercalaires. Pour autant qu'aucune donnée détaillée du produit n'existe, il faut utiliser les valeurs maximales correspondantes. Une note dans le tableau pour déterminer la valeur U le rappelle.

5.1 Fenêtre	64
5.1.1 Bases pour le calcul de la valeur U des fenêtres U_w	64
5.1.2 Valeur U des cadres U_f	64
5.1.3 Intercalaire	64
5.1.4 Valeur g des fenêtres	64
5.1.5 Tableau pour déterminer la valeur U des fenêtres	65
5.1.6 Choix de la fenêtre	65
5.1.7 Indications complémentaires	65
5.1.8 Exemples	66
5.2 Portes	67

64 5.1 Fenêtre

Une fenêtre constitue une construction inhomogène présentant différentes propriétés d'isolation thermique. Les cadres et les surfaces vitrées, dont le comportement vis-à-vis du flux thermique est principalement unidirectionnel, interviennent dans le calcul en fonction de leurs valeurs U et de leurs surfaces respectives; l'intercalaire est pris en compte par une majoration périmétrique.

5.1.1 Bases pour le calcul de la valeur U des fenêtres U_w

On prend les mesures nettes (vide de taille) d'une fenêtre pour le calcul de sa valeur U .

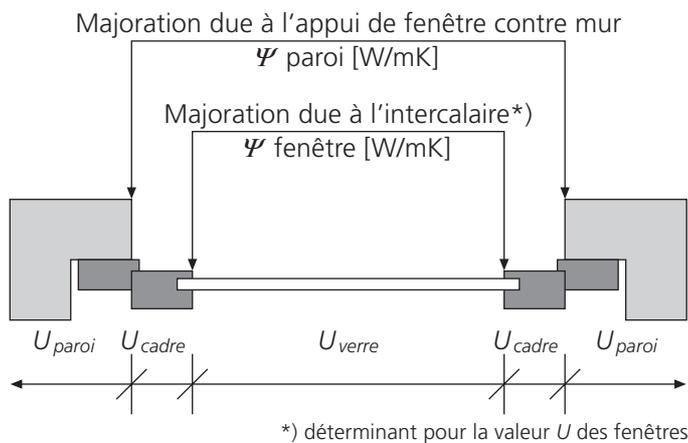


Fig. 10

Les zones de la fenêtre

On calcule la valeur U d'une fenêtre, notée U_w de la façon suivante:

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

U_f Valeur U du cadre, en $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

A_f Surface de projection du cadre, en m^2

U_g Valeur U du vitrage, en $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

A_g Surface de projection du vitrage, en m^2

Ψ_g Coefficient de transmission thermique linéique de l'intercalaire (par rapport au vide de lumière du vitrage), en $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$

l_g Longueur périmétrique des intercalaires, en m

A_w Surface de projection de la fenêtre, en m^2

5.1.2 Valeur U des cadres U_f

Dans la pratique, les valeurs U_f sont très étendues. S'il manque des données contrôlées, on prendra les valeurs suivantes:

Bois / bois-métal $U_f = 1.9 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

Matière synthétique $U_f = 2.5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

Profils métalliques isolés $U_f = 3.3 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

5.1.3 Intercalaire

Pour des intercalaires en aluminium, on peut introduire dans le calcul les valeurs Ψ_g suivantes:

Verre	Ψ_g en $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$		
	valeur U verre $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U_f \leq 2.1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U_f > 2.1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
VI double	< 1.4	0.07	0.11
	1.4 – 1.9	0.06	0.09
	1.9 – 2.5	0.05	0.08
VI triple	< 0.9	0.07	0.10
	0.9 – 1.4	0.06	0.09
	1.4 – 1.9	0.05	0.08
	> 1.9	0.04	0.06

Tableau 4:

Valeurs Ψ_g pour intercalaire en aluminium (valeurs indicatives)

Les valeurs Ψ_g dépendent aussi bien des valeurs U des verres que de celles des cadres. Les valeurs Ψ_g des intercalaires en acier inox ou en matière synthétique / Butyle peuvent être tirées de la Documentation SIA D0170.

5.1.4 Valeur g des fenêtres

La valeur g est déterminante pour évaluer un vitrage du point de vue de sa transmission énergétique totale face à l'énergie incidente. Des protections solaires extérieures réduisent massivement le facteur de transmission énergétique total.

Le marché propose une palette de produits dont les valeurs g sont très variées (p. ex. selon CSFF/SZFF doc. 31.03, pour VI triple-IR, la valeur g est 45–55%, suivant la disposition des verres). Si on ne dispose pas d'informations sur le produit, on utilisera les valeurs g suivantes:

VI double-IR (verre thermo-isolant) $g = 62\%$

VI triple-IR (verre thermo-isolant – 2 couches réfléchissantes) $g = 45\%$

Tableau 5:

Valeurs g de fenêtres pour vitrage isolant

Les indications se basent sur les données tirées de CSFF/SZFF doc. 31.03 «Documentation – Protection thermique et protection contre le soleil des fenêtres et éléments de fenêtres» (édition 2000). Les valeurs g ont été adaptées par rapport à la Fiche technique «Valeurs k et valeurs g des fenêtres»

Si on utilise des vitrages de protection solaire, il faut prendre les valeurs g spécifiques au produit. De par leur rôle, ces vitrages ont des valeurs nettement inférieures à celles de vitrages isolants normaux.

On peut formuler la règle suivante:

Plus la valeur g est élevée, meilleure sont la transmission énergétique totale et les gains en énergie durant la période de chauffage.

5.1.5 Tableau pour déterminer la valeur U des fenêtres

	Vitrage ¹			U_w (fenêtre) en $W/(m^2 \cdot K)$ ³					
	Type	U_g	Valeur g ²	U_f (cadre) en $W/(m^2 \cdot K)$ ⁴					
		$W/(m^2 \cdot K)$		%	1.0	1.4	1.9	2.5	3.3
Part	VI double	1.5	62	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3	
du cadre:	VI double	1.3	62	1.4	1.6	1.7	2.0	2.3	
	VI double	1.1	62	1.3	1.4	1.6	1.9	2.1	
30%	VI double	1.0	62	1.2	1.3	1.5	1.8	2.0	
	VI triple	1.1	45	1.3	1.4	1.5	1.8	2.0	
	VI triple	0.9	45	1.1	1.2	1.4	1.7	1.9	
	VI triple	0.7	45	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	
	VI triple	0.5	45	0.9	1.0	1.1	1.4	1.7	
	Part	VI double	1.5	62	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2
	du cadre:	VI double	1.3	62	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1
VI double		1.1	62	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9	
20%	VI double	1.0	62	1.2	1.3	1.4	1.7	1.8	
	VI triple	1.1	45	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	
	VI triple	0.9	45	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	
	VI triple	0.7	45	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	
	VI triple	0.5	45	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	
	Part	VI double	1.5	62	1.6	1.6	1.7	1.8	2.0
	du cadre:	VI double	1.3	62	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8
VI double		1.1	62	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	
15%	VI double	1.0	62	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6	
	VI triple	1.1	45	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	
	VI triple	0.9	45	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	
	VI triple	0.7	45	0.9	1.0	1.0	1.2	1.3	
	VI triple	0.5	45	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	

¹ Pour le calcul des valeurs U , on part d'un taux de remplissage du gaz de 90%.

² Des valeurs g plus élevées doivent être justifiées. Tenir compte de la valeur g donnée dans les spécifications des produits. Pour les vitrages phoniques et ceux de protection solaire, on utilisera uniquement les données fournies par le fabricant.

³ Si on ne connaît pas la part du cadre d'une fenêtre, on admettra pour la détermination des valeurs U_w une «part du cadre de 30%». Pour des valeurs U_g intermédiaires, on peut interpoler les valeurs U_w . Seules les valeurs qui répondent aux valeurs U_w maximales selon la Norme SIA 180 «Isolation thermique et protection contre l'humidité dans le bâtiment» sont citées.

⁴ On trouvera d'autres valeurs U_f dans la Documentation SIA D0170 «L'énergie thermique dans le bâtiment».

5.1.6 Choix de la fenêtre

Tout en tenant compte des prescriptions cantonales on procédera de la façon suivante lors du choix d'une fenêtre du point de vue énergétique:

1. Choix d'une fenêtre avec une valeur U_w aussi basse que possible.
2. Au sein du genre de verre choisi, on prendra un vitrage dont la valeur g est aussi élevée que possible. Si deux vitrages présentent la même valeur U_g , on préférera celui dont la valeur g est plus élevée.
3. Si la surface vitrée est importante et de plus orientée au sud, il est alors judicieux d'établir un bilan énergétique afin d'optimiser les pertes (valeur U) et les gains (valeur g).
4. Les propriétés d'isolation thermique d'une fenêtre peuvent être fortement influencées par des traverses ou autres croisillons traversants, une importante part du cadre, la longueur ou le matériau des intercalaires.

5.1.7 Indications complémentaires

- Les données des fabricants concernant les valeurs U_g et g doivent avoir été établies et déclarées en fonction de l'état de la technique.
- Si les données du fabricant concernant la valeur g font défaut, calculer les besoins de chaleur pour le chauffage sur la base des valeurs du vitrage correspondant tirées du tableau 5, page 64.
- Pour des calculs de simulation de bâtiments et ceux de charges frigorifiques, il faut disposer des valeurs détaillées spécifiques.
- Pour la protection thermique en été des bâtiments climatisés, le facteur de transmission énergétique total prescrit pour le vitrage, y compris la protection solaire, est de $g \leq 15\%$. En règle générale, les vitrages isolants, les verres thermo-isolants, ainsi que les verres avec protection solaire, ne remplissent ces conditions qu'en combinaison avec une protection solaire extérieure.

66 5.1.8 Exemples

Les deux exemples suivants montrent comment déterminer la valeur U d'une fenêtre à l'aide des tableaux ou la calculer exactement. On a prévu des fenêtres avec cadre en bois munis de vitrage thermo-isolant double, dont la valeur U_g est $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Détermination de la valeur U d'une fenêtre U_w à l'aide du tableau

	Vitrage			U_w (fenêtre) en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$				
	Type	U_g $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Valeur g %	U_f (cadre) en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$				
				1.0	1.4	1.9	2.5	3.3
Part	VI double	1.5	62	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3
du cadre:	VI double	1.3	62	1.4	1.6	1.7	2.0	2.3
30%	VI double	1.1	62	1.3	1.4	1.6	1.9	2.1

- Comme la part du cadre n'est pas donnée, on considère qu'elle est de 30%.
- Comme la valeur U_f du cadre en bois n'est pas donnée de manière détaillée, on prend une valeur U_f de $1.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- Comme il n'y a pas de données spécifiques concernant les intercalaires, on considère qu'ils sont en aluminium.

Calcul de la valeur U de la fenêtre U_w à l'aide du tableau A_w

Le procédé de calcul pour déterminer la valeur U d'une fenêtre est détaillé ci-dessous. Les données issues de ce chapitre, ainsi que le tableau A_w de l'annexe servent d'aide.

Le tableau A_w de l'annexe peut être reproduit pour ses propres calculs et remis à titre de justificatif aux autorités compétentes.

<p>Croquis de la fenêtre avec les dimensions</p>	<p>Cadre</p> <p>Matériau: <u>Bois</u></p> <p>Valeur U du cadre: $U_f = \underline{1.9} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p> <p>Surface de projection du cadre: $A_f = \underline{0.54} \text{ m}^2$</p>
	<p>Vitrage</p> <p>Désignation du vitrage: <u>VI double-IR</u></p> <p>Produit / Type: _____</p> <p>Valeur U du vitrage: $U_g = \underline{1.1} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p> <p>Surface de projection du vitrage: $A_g = \underline{1.6} \text{ m}^2$</p>
	<p>Intercalaires</p> <p>Matériau des intercalaires:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Acier inox <input type="checkbox"/> Mat. synthétique / Butyle</p> <p>Valeur U linéique: $\Psi_g = \underline{0.07} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$</p> <p>Périmètre des vitrages: $L_g = \underline{7.40} \text{ m}$</p>
<p>Part du cadre: $A_f = \underline{25.4} \%$</p>	<p>Surface de project. de la fenêtre: $A_w = \underline{2.14} \text{ m}^2$</p>

Tabl. A_w

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} = \frac{1.9 \cdot 0.54 + 1.1 \cdot 1.60 + 0.07 \cdot 7.40}{2.14}$$

$$U_w = \underline{1.54} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

No. de l'élément	Construction	Valeur U $W/(m^2 \cdot K)$
Portes d'entrée de maisons et d'appartements		
T1	Panneau aggloméré 20 mm Couche thermo-isolante 30 mm Doublage en lames 21 mm	1.1
T2	Panneau aggloméré 22 mm Couche thermo-isolante 10 mm Doublage en lames 21 mm	1.6
T3	Sapin massif collé 40 mm	2.2
T4	Chêne massif collé 40 mm	2.8
T5	Panneau aggloméré 40 mm Deux faces avec revêtement alu	2.5
T6	Tôle d'aluminium sur les deux faces Couche isolante 20 mm	2.1
T7	Tôle d'aluminium sur les deux faces Couche thermo-isolante 40 mm	1.3
T8	Placage, panneau aggloméré mince et tôle d'aluminium sur les deux faces Panneau aggloméré 40 mm	1.6
T9	Plaquage sur panneau aggloméré fin et panneau aggloméré 16 mm avec aluminium intercalé sur les deux faces Couche thermo-isolante	1.1
Portes intérieures		
T10	Porte assemblée, env. 36 mm avec panneaux à plate-bande	2.9
T11	Porte à vide d'air 40 mm	2.0
T12	Porte pleine 40 mm	2.2

Les exemples relevés dans ce tableau représentent les constructions de portes les plus usuelles. Les spécifications exactes dépendent de chaque constructeur, les épaisseurs varient entre 40 et 80 mm. Les valeurs U données se réfèrent à des portes non vitrées. Pour les constructions spéciales, ainsi que pour les portes industrielles, on peut se servir des indications résultant de tests, données par les fabricants.

■ Annexe I

Valeurs U des éléments assainis homogènes

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U \geq 3.0$ W/(m ² ·K)	0.050		0.52	0.43	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
	0.045	0.60	0.47	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18
	0.040	0.55	0.43	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
	0.035	0.49	0.38	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
	0.030	0.43	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.37	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.020	0.30	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 2.5$ W/(m ² ·K)	0.050		0.50	0.42	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
	0.045	0.58	0.46	0.38	0.33	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17
	0.040	0.53	0.42	0.34	0.29	0.26	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16
	0.035	0.47	0.37	0.31	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.030	0.42	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.36	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.020	0.29	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 2.0$ W/(m ² ·K)	0.050	0.59	0.48	0.40	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
	0.045	0.55	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17
	0.040	0.50	0.40	0.33	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15
	0.035	0.45	0.36	0.30	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.030	0.40	0.32	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.34	0.27	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.020	0.29	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 1.8$ W/(m ² ·K)	0.050	0.57	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
	0.045	0.53	0.43	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	0.040	0.49	0.39	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15
	0.035	0.44	0.35	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
	0.030	0.39	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.34	0.27	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.020	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur U = 1.6 W/(m ² ·K)	0.050	0.55	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18
	0.045	0.51	0.42	0.35	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	0.040	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
	0.035	0.43	0.34	0.29	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	0.030	0.38	0.30	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.33	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.020	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur U = 1.4 W/(m ² ·K)	0.050	0.52	0.43	0.37	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18
	0.045	0.49	0.40	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17
	0.040	0.45	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	0.035	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	0.030	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11
	0.025	0.32	0.26	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.11	0.10
	0.020	0.27	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur U = 1.2 W/(m ² ·K)	0.050	0.49	0.41	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
	0.045	0.46	0.38	0.33	0.29	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
	0.040	0.43	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	0.035	0.39	0.32	0.27	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
	0.030	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
	0.020	0.26	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur U = 1.0 W/(m ² ·K)	0.050	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
	0.045	0.43	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16
	0.040	0.40	0.33	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
	0.035	0.37	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.030	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.29	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
	0.020	0.25	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur U = 0.9 W/(m ² ·K)	0.050	0.43	0.37	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
	0.045	0.41	0.35	0.30	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16
	0.040	0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.035	0.35	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.030	0.32	0.26	0.23	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	0.020	0.24	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.8$ W/(m ² ·K)	0.050	0.41	0.35	0.31	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17
	0.045	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	0.040	0.36	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
	0.035	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12
	0.030	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	0.020	0.24	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.7$ W/(m ² ·K)	0.050	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16
	0.045	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	0.040	0.34	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14	0.13
	0.035	0.32	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.030	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11
	0.025	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	0.020	0.23	0.18	0.16	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.6$ W/(m ² ·K)	0.050	0.35	0.31	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	0.045	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.040	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.035	0.30	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.030	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.025	0.25	0.21	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09
	0.020	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.5$ W/(m ² ·K)	0.050	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15
	0.045	0.30	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
	0.040	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.13
	0.035	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.030	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.025	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
	0.020	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.4$ W/(m ² ·K)	0.050	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14
	0.045	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14	0.13
	0.040	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12
	0.035	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11
	0.030	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
	0.025	0.20	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08
	0.020	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07

■ Annexe II

Valeurs U des éléments assainis inhomogènes

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U \geq 3.0$ W/(m ² ·K)	0.050		0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22
	0.045		0.53	0.44	0.38	0.33	0.29	0.27	0.24	0.22	0.20
	0.040		0.49	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
	0.035	0.57	0.45	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17
	0.030	0.52	0.41	0.34	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15
	0.025	0.46	0.36	0.30	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.020	0.40	0.32	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 2.5$ W/(m ² ·K)	0.050		0.55	0.46	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26	0.23	0.22
	0.045		0.51	0.43	0.37	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
	0.040	0.60	0.48	0.40	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18
	0.035	0.55	0.44	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	0.030	0.50	0.40	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
	0.025	0.45	0.35	0.29	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	0.020	0.39	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 2.0$ W/(m ² ·K)	0.050		0.52	0.44	0.38	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
	0.045	0.60	0.49	0.41	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20
	0.040	0.56	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18
	0.035	0.52	0.42	0.35	0.30	0.26	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16
	0.030	0.47	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	0.025	0.43	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
	0.020	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 1.8$ W/(m ² ·K)	0.050		0.51	0.43	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
	0.045	0.58	0.47	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
	0.040	0.54	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
	0.035	0.50	0.41	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16
	0.030	0.46	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	0.025	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
	0.020	0.36	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 1.6$ W/(m ² ·K)	0.050	0.59	0.49	0.42	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21
	0.045	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	0.040	0.52	0.43	0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
	0.035	0.49	0.40	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
	0.030	0.45	0.36	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14
	0.025	0.40	0.32	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13
	0.020	0.35	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 1.4$ W/(m ² ·K)	0.050	0.56	0.47	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20
	0.045	0.53	0.44	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19
	0.040	0.50	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
	0.035	0.46	0.38	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
	0.030	0.43	0.35	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
	0.025	0.39	0.31	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.020	0.34	0.28	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 1.2$ W/(m ² ·K)	0.050	0.52	0.44	0.38	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20
	0.045	0.50	0.42	0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18
	0.040	0.47	0.39	0.34	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	0.035	0.44	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15
	0.030	0.41	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.025	0.37	0.30	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12
	0.020	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 1.0$ W/(m ² ·K)	0.050	0.48	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19
	0.045	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18
	0.040	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16
	0.035	0.41	0.34	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	0.030	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
	0.025	0.35	0.29	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.020	0.31	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.9$ W/(m ² ·K)	0.050	0.46	0.39	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19
	0.045	0.44	0.37	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
	0.040	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
	0.035	0.39	0.33	0.29	0.25	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15
	0.030	0.36	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	0.025	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.020	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.8$ W/(m ² ·K)	0.050	0.43	0.37	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18
	0.045	0.41	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
	0.040	0.39	0.34	0.29	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16
	0.035	0.37	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	0.030	0.34	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.025	0.32	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.020	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.7$ W/(m ² ·K)	0.050	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18
	0.045	0.38	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16
	0.040	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	0.035	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.030	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.025	0.30	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.020	0.27	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.6$ W/(m ² ·K)	0.050	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17
	0.045	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
	0.040	0.34	0.29	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	0.035	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14	0.14
	0.030	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.28	0.24	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.020	0.25	0.21	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.5$ W/(m ² ·K)	0.050	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
	0.045	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	0.040	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
	0.035	0.29	0.25	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.030	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11
	0.020	0.23	0.20	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09

Élément existant avec	λ W/(m·K)	Couche d'isolation thermique, en cm						Valeur U en W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
valeur $U = 0.4$ W/(m ² ·K)	0.050	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.16	0.15
	0.045	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
	0.040	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.035	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.030	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
	0.020	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09

Construction de l'élément (schéma, coupe)	Désignation de l'élément _____			R
	N° de la couche	Matériau de construction	d	$\frac{1}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$
			m	$m^2 \cdot K/W$
		Transfert surfacique intérieur (h_i)		
		Transfert surfacique extérieur (h_e)		

Tabl. A

valeur $U = \frac{1}{R_{total}} =$ $W/(m^2 \cdot K)$ ← $R_{total} =$ _____

Construction de l'élément (schéma, coupe)	Désignation de l'élément _____			R
	N° de la couche	Matériau de construction	d	$\frac{1}{h}$ resp. $\frac{d}{\lambda}$
			m	$m^2 \cdot K/W$
		Transfert surfacique intérieur (h_i)		
		Transfert surfacique extérieur (h_e)		

Tabl. A

valeur $U = \frac{1}{R_{total}} =$ $W/(m^2 \cdot K)$ ← $R_{total} =$ _____

Croquis de la fenêtre avec les dimensions	Cadre Matériau: _____ Valeur U du cadre: $U_f =$ _____ $W/(m^2 \cdot K)$ Surface de projection du cadre: $A_f =$ _____ m^2
	Vitrage Désignation du vitrage: _____ Produit / Type: _____ Valeur U du vitrage: $U_g =$ _____ $W/(m^2 \cdot K)$ Surface de projection du vitrage: $A_g =$ _____ m^2
	Intercalaires Matériau des intercalaires: <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Acier inox <input type="checkbox"/> Mat. synthétique / Butyle Valeur U linéique: $\Psi_g =$ _____ $W/(m \cdot K)$ Périmètre des vitrages: $L_g =$ _____ m
Part du cadre: $A_f =$ _____ %	Surface de project. de la fenêtre: $A_w =$ _____ m^2

Tabl. A_w

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot L_g}{A_w} = \text{_____}$$

$$U_w = \text{_____} W/(m^2 \cdot K)$$

Croquis de la fenêtre avec les dimensions	Cadre Matériau: _____ Valeur U du cadre: $U_f =$ _____ $W/(m^2 \cdot K)$ Surface de projection du cadre: $A_f =$ _____ m^2
	Vitrage Désignation du vitrage: _____ Produit / Type: _____ Valeur U du vitrage: $U_g =$ _____ $W/(m^2 \cdot K)$ Surface de projection du vitrage: $A_g =$ _____ m^2
	Intercalaires Matériau des intercalaires: <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Acier inox <input type="checkbox"/> Mat. synthétique / Butyle Valeur U linéique: $\Psi_g =$ _____ $W/(m \cdot K)$ Périmètre des vitrages: $L_g =$ _____ m
Part du cadre: $A_f =$ _____ %	Surface de project. de la fenêtre: $A_w =$ _____ m^2

Tabl. A_w

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot L_g}{A_w} = \text{_____}$$

$$U_w = \text{_____} W/(m^2 \cdot K)$$

