



## Isolation intérieure. Défis et solutions.

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

## Situation de départ

Le parc de bâtiments et d'immeubles suisse consomme env. 50% de l'énergie et compte pour 40% des émissions de CO<sub>2</sub>. Pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dues au chauffage, nous devons isoler nos bâtiments. Les pertes de chaleur dues à la transmission à travers les murs extérieurs d'un bâtiment sont énormes: elles correspondent à env. 25%, et les économies potentielles sont à l'avenant. Pour env. 40% des bâtiments nécessitant une rénovation on estime, pour différentes raisons, qu'une isolation par l'extérieur n'est pas réalisable.

En termes de protection thermique, l'isolation intérieure n'est pas aussi efficace que l'isolation extérieure et en outre, plus exigeante du point de vue de la physique du bâtiments. Elle doit pourtant à l'avenir gagner en importance si nous voulons atteindre en Suisse les différents objectifs en matière d'économie d'énergie, de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, de développement durable ou de société à 2000 watts.

## Mentions légales

*Contenu:* Département techniques d'applications bâtiment, Saint-Gobain ISOVER SA Suisse  
*Concept visuel et réalisation:* agor ag, Zurich

# Sommaire

## Généralités sur l'isolation intérieure

Avantages de l'isolation intérieure et de l'isolation extérieure.....	5
Procédés hygrothermiques .....	6
Exigences relatives à une teneur fonctionnelle en humidité .....	9
Evaluation et preuves .....	13
Comparaison des systèmes d'isolation.....	14
Cas particuliers.....	18

## Solutions ISOVER

Les solutions d'isolation intérieure ISOVER.....	20
Preuve du bon fonctionnement des solutions ISOVER.....	24
Trois mises en œuvre exemplaires.....	27



# Avantages de l'isolation intérieure et de l'isolation extérieure

Les avantages des éléments de construction isolés, tels qu'économies d'énergie, confort accru grâce à la hausse des températures intérieures superficielles, diminution des risques de condensation et de moisissure, sont largement connus. Les avantages spécifiques des deux variantes sont énumérés ci-après:

## Avantages de l'isolation intérieure

- rénovation énergétique sans intervention sur la façade
  - pour les façades sous la protection des monuments historiques
  - pour les façades avec des structures, saillies, ressauts et décalages, etc.
  - en cas de contraintes juridiques (distances limites)
- réchauffement rapide de salles utilisées pour certaines occasions, comme les maisons de vacances et de week-end, salles de réunion, églises
- rénovation possible par étapes
- pas de risque de prolifération d'algues due aux masses thermiques élevées dans la zone des façades
- économique (pas d'échafaudage)

## Avantages de l'isolation extérieure

- efficacité énergétique supérieure (pas de ponts thermiques lors des raccordements de parois intérieures et des dalles aux murs extérieurs)
- pas de réduction de la surface habitable ou utile
- pas de réduction de la capacité d'accumulation de la chaleur ambiante (protection thermique d'été)
- tolérance du point de vue de la physique du bâtiment, possibilité de prévoir une isolation à plus grande tolérance à l'erreur en termes de protection contre l'humidité
- démonstration plus simple de la protection contre l'humidité

## Conclusion

En physique du bâtiment, du point de vue protection thermique et protection contre l'humidité, l'isolation extérieure est préférable à l'isolation intérieure.

Cependant, les isolations intérieures offrent également des avantages. Comme elles constituent la seule possibilité de rénovation énergétique des murs extérieurs dans de nombreux cas, les conséquences sur la physique du bâtiment doivent être examinées minutieusement et les mesures d'isolation être conçues et mises en œuvre en conséquence.

# Procédés hygrothermiques

Toute mesure d'isolation intérieure – indépendamment de la structure et des matériaux choisis – est plus exigeante en matière de protection contre l'humidité et plus risquée qu'une isolation extérieure. Les procédés, causes et effets décrits ci-après doivent permettre de déterminer la teneur en humidité d'un mur extérieur isolé de l'intérieur, sa tolérance à l'humidité et donc sa sécurité.

## L'isolation intérieure offre ...

### ... en hiver une chute de la température au sein de la couche isolante et donc:

- des températures plus basses dans toutes les couches du côté froid de l'isolation
- des expositions à l'humidité plus élevées dans la zone critique, c.-à-d. la zone entre l'isolation et le mur existant
- une aggravation de la situation dans la zone d'appui des constructions de dalles en bois
- le cas échéant une température superficielle intérieure moindre sur les éléments adjacents
- un risque accru de dégâts par le gel en cas de pluie battante

### ... une réduction du potentiel d'assèchement de l'humidité et donc un niveau d'humidité plus élevé dans le mur existant:

- vers l'intérieur en raison des couches supplémentaires
- vers l'extérieur puisque le mur existant reçoit moins de chaleur depuis l'intérieur

### ... de plus grandes variations de température dans les couches du côté froid de l'isolation et donc:

- un risque accru de fissuration en raison des contraintes thermiques plus importantes

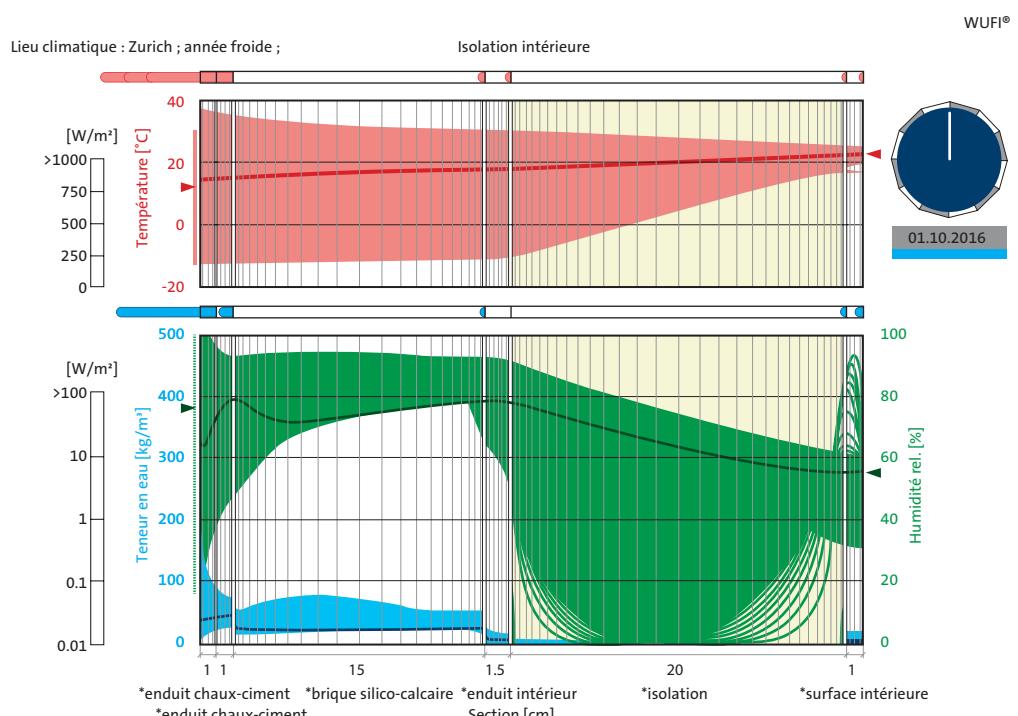


Fig. 1: Exemple de répartition de température et d'humidité dans un mur extérieur isolé de l'intérieur, pendant plusieurs cycles annuels, figure issue du logiciel de simulation WUFI®

## Chute de la température à l'intérieur de la couche d'isolation

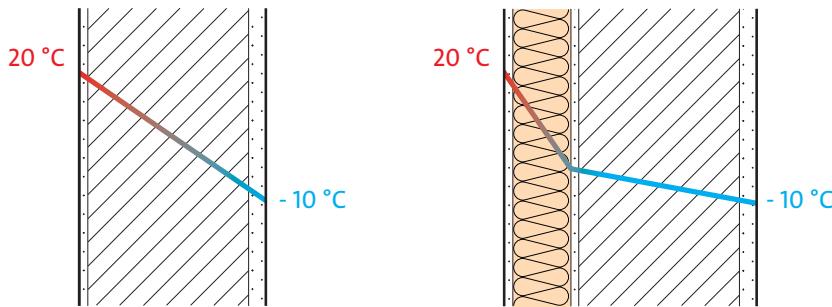


Fig. 2: Répartition de la température dans un mur extérieur sans et avec isolation intérieure

Les conséquences susmentionnées des températures plus basses dans le mur existant et dues à l'isolation intérieure sont visibles sur la figure 2. La zone critique dans laquelle l'eau de condensation vient à apparaître si le point de rosée est atteint se trouve sur la surface intérieure du mur existant. La nature de cette couche (résistance au gel, à l'humidité et capacité de sorption) – en règle générale un enduit intérieur – est un élément déterminant de la fonctionnalité de la structure de construction.

La figure 3 permet de comprendre la situation aggravée des têtes de poutre intégrées du point de vue de l'humidité. Il est tout à fait possible que celles-ci se trouvent dans une zone non critique dans le mur non isolé en raison des températures et des taux d'humidité de l'air qui y règnent. Dans le mur isolé, elles se trouvent dans une zone plus froide où l'humidité de l'air est en conséquence plus importante et où, le cas échéant, de la condensation pourrait même se former.

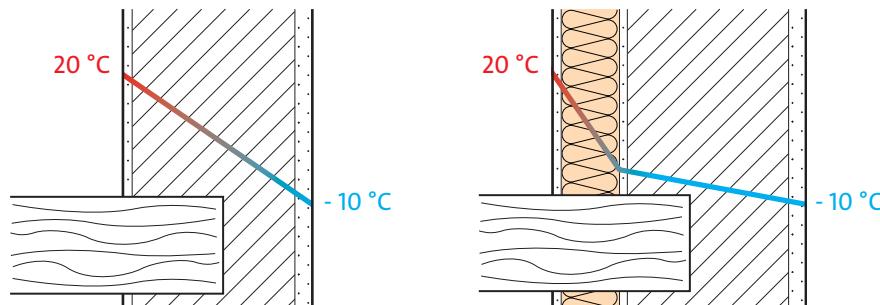


Fig. 3: Têtes de poutre dans un mur extérieur non isolé et isolé de l'intérieur

L'exemple suivant d'une isolation par l'intérieur montre que dans certaines situations défavorables, dans les zones d'éléments adjacents, la température est tellement abaissée par l'isolation intérieure que de la moisissure peut se former.

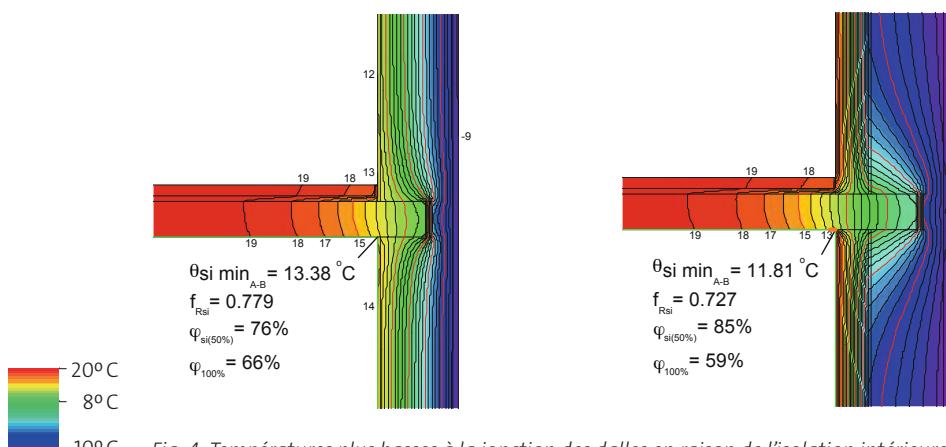
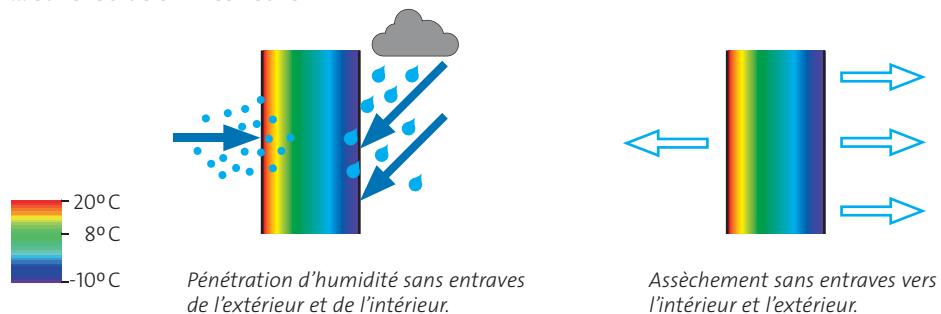


Fig. 4: Températures plus basses à la jonction des dalles en raison de l'isolation intérieure du mur extérieur

## Réduction du potentiel d'assèchement

... sans isolation intérieure



... avec isolation intérieure

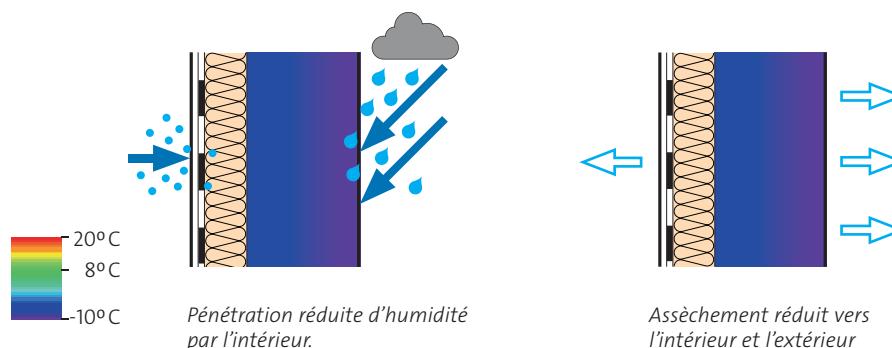
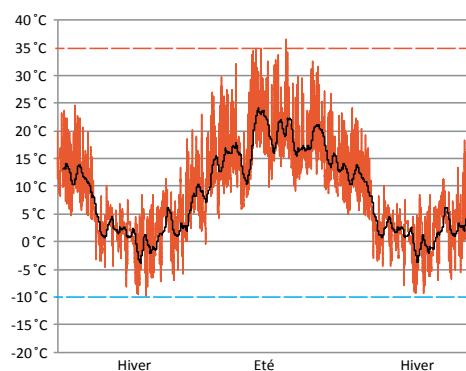


Fig. 5: Formation d'humidité et potentiel d'assèchement

Le potentiel d'assèchement d'un mur extérieur isolé de l'intérieur est réduit par rapport à un mur non isolé, tant vers l'intérieur par les couches supplémentaires que vers l'extérieur en raison des températures inférieures dans le mur existant.

## De plus grandes variations de température du côté froid de l'isolation

... sans isolation intérieure



... avec isolation intérieure

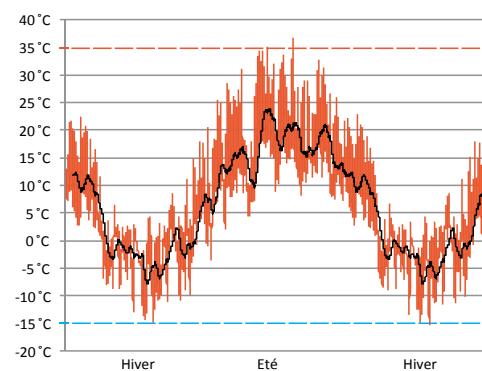


Fig. 6: Variations de température plus importantes en raison de l'isolation intérieure (ici derrière l'enduit extérieur)

La figure 6 montre que les températures derrière l'enduit extérieur du mur non isolé (à gauche) varient entre -10 °C et +35 °C au cours de l'année et entre -15 °C et +35 °C dans le mur isolé (à droite).

# Exigences relatives à une teneur fonctionnelle en humidité

Les points suivants s'appliquent indépendamment à tout système d'isolation intérieure.

## Pénétration d'humidité de l'extérieur

La fonctionnalité des isolations intérieures dépend essentiellement de l'exposition à l'humidité depuis l'extérieur. C'est pourquoi les infiltrations d'eau depuis l'extérieur dues à des défauts d'étanchéité (ex. raccords de fenêtres, fissures etc.) sont absolument à éviter. En fonction de l'exposition et de l'impact des pluies battantes, l'absorption des eaux de pluie par l'enduit extérieur doit également être réduite au minimum. L'enduit extérieur des façades orientées à l'ouest sur le Plateau et dans les Préalpes doit avoir un coefficient d'absorption d'eau  $w$  de 0.5 [kg/(m<sup>2</sup>h<sup>1/2</sup>)] max., l'idéal étant 0.1 [kg/(m<sup>2</sup>h<sup>1/2</sup>)]. Ce coefficient peut généralement s'obtenir à l'aide des systèmes d'enduit actuels, y compris par peinture ou imperméabilisation, mais nécessite souvent également une rénovation de l'enduit extérieur existant.

Un cas spécifique d'exposition à l'humidité depuis l'extérieur est l'humidité montante par capillarité depuis le sol dans la partie inférieure du mur. Ce phénomène doit être pris en compte notamment sur les murs anciens en pierres naturelles. Sans contre-mesures, telles que des coupures capillaires via des injections, l'humidité peut se déplacer à l'intérieur des murs, ce qui peut provoquer des dommages dus à l'humidité comme des absorptions d'humidité inadmissibles dans l'isolation intérieure ou une augmentation des apparitions d'efflorescences sur l'enduit extérieur. L'humidité montante doit donc être exclue.

## Potentiel d'assèchement

Un potentiel d'assèchement, lequel permet d'assécher un apport limité d'humidité imprévu, doit prévaloir. Selon le type de paroi extérieure, le potentiel d'assèchement doit être presque totalement assuré vers l'intérieur, par ex. sur un mur en béton.

## Etanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment est décisif pour le bon fonctionnement de l'isolation intérieure car elle empêche l'apport d'humidité par convection, le procédé de transfert d'humidité qui d'expérience possède le plus fort potentiel de dégradation. Les pénétrations de la couche d'étanchéité à l'air sont toujours à éviter. Si cela n'est pas possible, il faut alors prendre des mesures adéquates pour empêcher les phénomènes de convection de vapeur (ex. étancher les passages des tubes électriques, bouchage de l'ouverture des tubes).

## Valeur limite de l'humidité de l'air intersticiel

Dans la zone limite entre l'isolation intérieure et le mur existant, la valeur limite de l'humidité relative de l'air intersticiel ne doit pas dépasser 95%. Il est ainsi possible d'assurer qu'aucune condensation n'apparaîsse et donc d'empêcher la formation de glace.

## Isolation thermique sans vide

L'isolation doit être appliquée sans vide contre le mur existant afin d'éviter les courants d'air. Lorsque l'air ambiant chaud et humide passe le long de la paroi extérieure froide, il se refroidit et en conséquence, de la condensation peut se former.

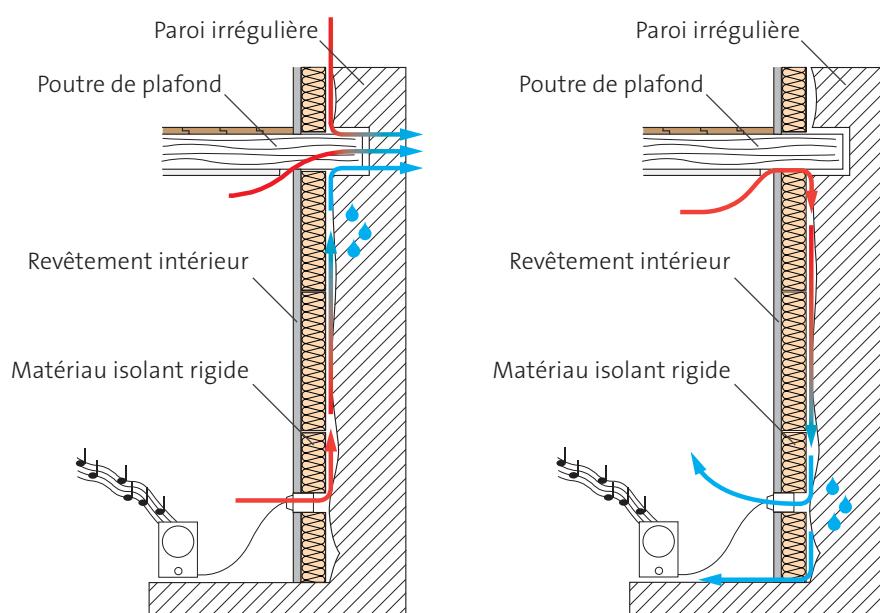


Fig. 7: Circulation à travers et par l'arrière si l'isolation intérieure n'est pas appliquée sans cavités

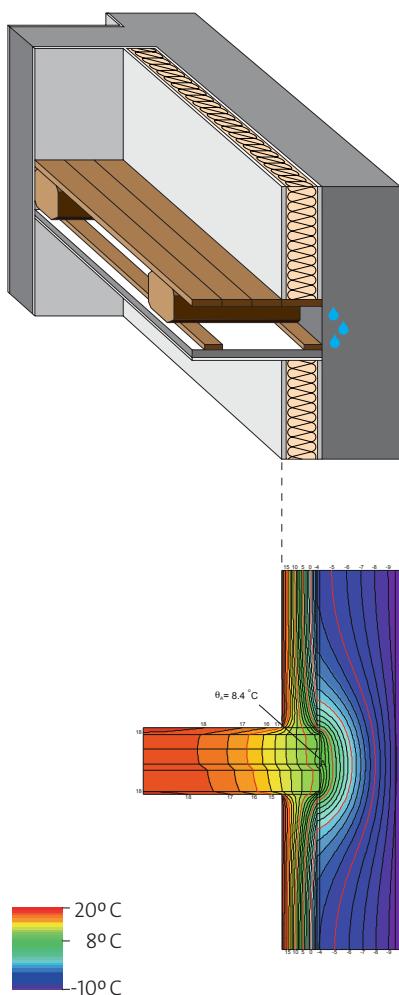
## Isolation thermique continue

L'isolation thermique doit être appliquée de manière continue et l'enveloppe du bâtiment être isolée aussi complète que possible. Dans le cas d'une enveloppe qui partiellement isolée, il n'est pas garanti que les températures superficielles intérieures augmentent partout au-delà de la limite critique. Ceci, en fonction des conditions climatiques, peut conduire à l'apparition de moisissure.

## Raccordement du plancher sur poutre

Lors du raccordement des planchers sur poutre contre le mur extérieur, il est recommandé d'installer l'isolation en continu pour ne pas risquer d'avoir des températures superficielles intérieures trop basses dans l'espace entre chevrons (voir figure 8). Sans isolation dans cette zone, et selon le type de paroi extérieure, la température à la surface du mur descend jusqu'à env. 8 °C en dessous du niveau de la température de la situation non isolée. Ceci peut devenir critique du point de vue de l'humidité selon l'ampleur de la diffusion de vapeur et le cas échéant de la convection en direction du vide du plancher. Par conséquent, le pare-vapeur doit également être disposé en continu autant que possible et être raccordé aux poutres de façon étanche à l'air.

... Isolation interrompue



... Isolation continue

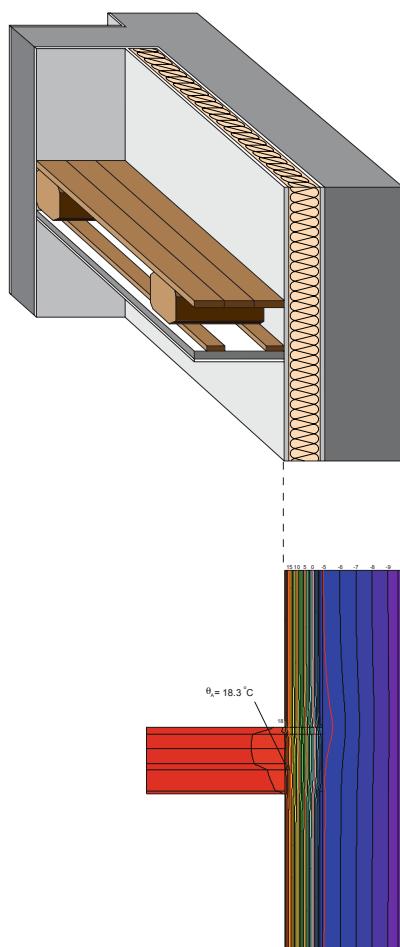


Fig. 8: Risque d'apparition de condensation ou de moisissure en cas d'isolation non continue (à gauche) lors du raccordement des poutres en bois contre la paroi extérieure

L'ouverture du plafond par-dessus ou par dessous permet de vérifier visuellement l'état de la situation dans la zone d'appui des poutres.



# Evaluation et preuves

Les processus de transfert d'humidité suivants sont importants pour l'absorption d'humidité, l'accumulation d'humidité et le comportement d'assèchement d'une paroi extérieure avec isolation intérieure:

## Convection | conduction par capillarité | diffusion

Hormis la pénétration d'humidité par la pluie battante et selon l'état de la paroi extérieure, les flux d'air apportent de loin le plus d'humidité dans une construction. La convection comporte le potentiel de dégradation le plus important, et les quantités d'humidité qui en résultent ne sont de plus quasiment pas calculables. Même le transfert d'eau par capillarité est beaucoup plus important que la diffusion.

## Teneur en humidité

Dans la plupart des cas, une évaluation de la teneur en humidité par simple calcul de la diffusion (méthode de Glaser) selon SIA 180 ne suffit pas et peut entraîner des interprétations erronées. Cette méthode de calcul ne tenant compte que des processus de diffusion, un pare-vapeur étanche à la diffusion peut apporter la preuve à tout moment et sur toute structure, mais le potentiel d'assèchement vers l'intérieur tend pratiquement vers zéro. Les isolations intérieures équipées d'une barrière-vapeur n'offrent aucune tolérance à l'humidité et ne fonctionnent que si, d'une part un apport en humidité dans la couche isolante est exclu et si, d'autre part l'apport en humidité depuis l'extérieur peut de nouveau sécher vers l'extérieur.

## Calculs de simulation hygrothermiques

Des représentations plus réalistes de la teneur en humidité sont possibles grâce à des simulations hygrothermiques. Dans les pays germanophones, le programme WUFI® est le plus répandu et validé en conséquence. Le terme WUFI® signifie «Wärme und Feuchte instationär» (chaleur et humidité transitoires) et désigne un progiciel PC de calcul réaliste du transfert de chaleur et d'humidité dans les composants à plusieurs couches soumis à des conditions climatiques naturelles. Il se base sur les connaissances les plus récentes et a été développé par l'Institut Fraunhofer de physique du bâtiment (IBP), à Holzkirchen en Allemagne. Ce programme permet de détecter ou au moins d'estimer approximativement le comportement d'humidification et d'assèchement de l'humidité de la construction, de l'eau de pluie et du transfert par capillarité. A la différence des calculs stationnaires selon la méthode de Glaser, il tient compte de l'accumulation de chaleur et d'humidité des éléments de construction, des effets de la chaleur latente par évaporation et condensation et de l'apparition parallèle de la diffusion de vapeur et du transfert de liquide. Les conditions d'humidité peuvent par exemple être simulées à l'aide de données climatiques typiques des stations de Zurich, Davos ou Locarno ou être simulées dans les conditions climatiques effectivement survenues. Parmi les conditions climatiques aux limites, outre la température et l'humidité relative il est possible de saisir les influences du rayonnement solaire et des précipitations.

# Comparaison des systèmes d'isolation

## Examen 1: Institut Fraunhofer

L'institut Fraunhofer de physique du bâtiment à Holzkirchen en Allemagne a examiné et comparé le comportement hygrothermique de trois systèmes d'isolation intérieure de structures différentes, à l'aide de simulations WUFI®.

### Structure des différentes variantes:

La variante 1 est une isolation composée d'un panneau composite en polystyrène expansé PSE et d'une plaque de plâtre, la variante 2 une plaque isolante enduite de silicate de calcium et la variante 3 se compose d'une isolation en laine de verre, du pare-vapeur qui s'adapte à l'humidité Vario KM Duplex UV et d'un habillage en plaques de plâtre.

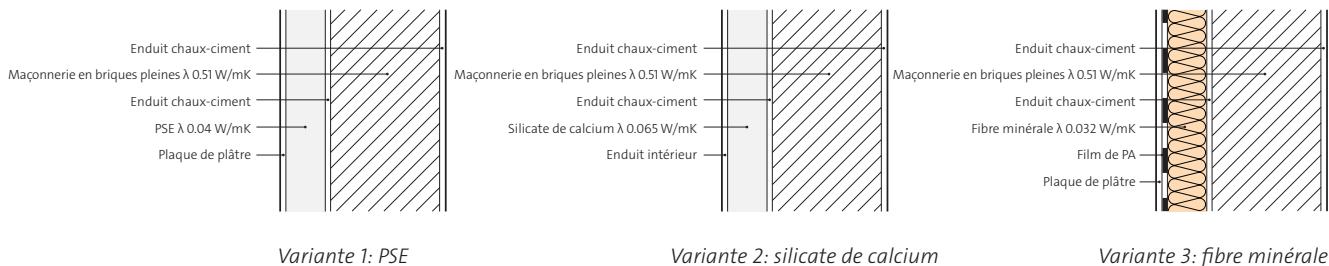


Fig. 9: Structure des trois systèmes d'isolation différents

### Situation de départ et principales conditions aux limites dans cet examen:

Mur existant: maçonnerie en brique pleine de 300 mm avec enduit minéral extérieur (coefficients d'absorption d'eau  $w = 0.5 [\text{kg}/\text{m}^2 \text{h}^{1/2}]$ )

Climat extérieur: Würzburg, façades orientées ouest

Climat intérieur: charge d'humidité normale (entre 40 et 60% d'humidité relative de l'air)

L'évaluation montre que seule la variante avec laine de verre et Vario KM Duplex UV reste nettement en dessous de l'humidité de l'air interstitiel critique de 95% à la jonction du système d'isolation intérieur et du mur existant: cette variante offre la plus grande marge de sécurité.

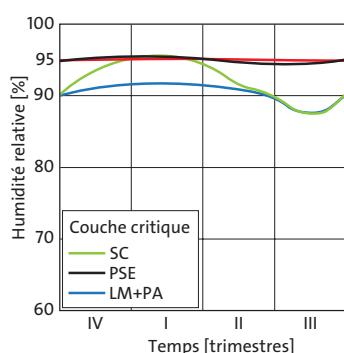


Fig. 10: Evolution annuelle de l'humidité relative derrière les différents systèmes d'isolation intérieure

## Examen 2: Haute école spécialisée bernoise

A la Haute école spécialisée bernoise, section architecture, bois et génie civil, différentes isolations thermiques intérieures pour la rénovation durable de bâtiments de valeur historique ont également été étudiées à l'aide de simulations WUFI®. Le projet a été soutenu par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), et le rapport relatif à ces études peut être demandé par courriel à l'adresse fe.ahb@bfh.ch

### Structure des différentes variantes:

La variante 1 se compose d'une isolation en cellulose et d'un habillage en panneaux OSB; la variante 2 d'un isolant en fibres de bois tendre enduit directement et la variante 3 d'un isolant en fibres de verre, du pare-vapeur qui s'adapte à l'humidité Vario KM Duplex UV et d'un habillage en fibre-gypse.

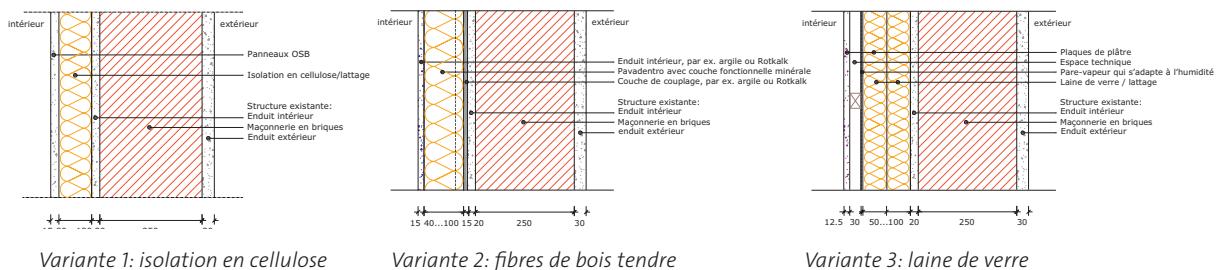


Fig. 11: Structure des trois différents systèmes d'isolation

### Situation de départ et principales conditions aux limites dans cet examen:

Mur existant: maçonnerie en briques pleines de 250 mm avec enduit minéral extérieur (coefficient d'absorption d'eau  $w = 0.5 \text{ [kg/m}^2\text{h}^{1/2}\text{]}$ )

Climat extérieur: Zurich-Fluntern, façades orientées ouest

Climat intérieur: charge d'humidité normale (entre 40 et 60% d'humidité relative de l'air)

Lors de l'évaluation, différents critères de défaillance ont été évalués. Nous retrouvons ici le critère de l'humidité de l'air interstitiel maximal admissible de 95% dans la couche critique entre le système d'isolation intérieure et le mur existant.

Pour les matériaux d'isolation thermique en fibres de bois ou en cellulose, la teneur en eau dans la couche isolante doit également être limitée pour éviter que les matériaux isolants ne soient attaqués par des microorganismes destructeurs du bois. Ceci ne peut se produire avec la laine minérale.

L'évaluation des deux variantes avec isolation en cellulose et en fibres de bois indique, pour une épaisseur d'isolation de 100 ou de 120 mm, qu'il existe déjà un risque d'humidité trop important dans le matériau d'isolation en soit.

#### Variante 1: isolation en cellulose

Propriétés	Condition	Epaisseur isolation intérieure en mm				
		40	80	100	120	140
Critères de gel pour briques	< 50 cycles gel-dégel pour une teneur en eau $\geq 100\text{-}120 \text{ kg/m}^3$	✓	✓	✓	✓	✓
Eviter condensation et moisissures sur surface intérieure	La courbe I LIM B ne doit pas être dépassée	✓	✓	✓	✓	✓
Teneur en eau dans la couche isolante	Teneur en eau < 20 M.-%	✓	✓	✗	✗	✗
Humidité relative dans la couche isolante	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✓	✓
Humidité relative dans la couche critique IDS et existant	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✓	✓
Isolation thermique	$U \leq 0.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 180:1999)	✗	✗	✓	✓	✓
	$U \leq 0.25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 380/1:2009) Rénovation	✗	✗	✗	✗	✗

Fig. 12: Evaluation des critères de défaillance du système d'isolation intérieure en cellulose

#### Variante 2: isolation en fibres de bois

Propriétés	Condition	Epaisseur isolation intérieure en mm				
		40	80	100	120	140
Critères de gel pour briques	< 50 cycles gel-dégel pour une teneur en eau $\geq 100\text{-}120 \text{ kg/m}^3$	✓	✓	✓	✓	✓
Eviter condensation et moisissures sur surface intérieure	La courbe I LIM B ne doit pas être dépassée	✓	✓	✓	✓	✓
Teneur en eau dans la couche isolante	Teneur en eau < 20 M.-%	✓	✓	✓	✓	✓
Humidité relative dans la couche isolante	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✓	✓
Humidité relative dans la couche critique IDS et existant	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✗	✗
Isolation thermique	$U \leq 0.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 180:1999)	✗	✗	✓	✓	✓
	$U \leq 0.25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 380/1:2009) Rénovation	✗	✗	✗	✗	✗

Fig. 13: Evaluation des critères de défaillance du système d'isolation intérieure avec panneaux en fibres de bois tendre

L'évaluation de la variante avec laine de verre et Vario KM Duplex UV montre qu'en ce qui concerne l'humidité, tous les critères d'échec ont été respectés. Il est possible d'isoler avec toutes les épaisseurs de couche isolante étudiées, jusqu'à une épaisseur de 160 mm:

### Variante 3: laine de verre

Propriétés	Condition	Epaisseur isolation intérieure en mm						
		40	60	80	100	120	140	160
Critères de gel pour briques	< 50 cycles gel-dégel pour une teneur en eau $\geq 100-120 \text{ kg/m}^3$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eviter condensation et moisissures sur surface intérieure	La courbe I LIM B ne doit pas être dépassée	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Humidité relative dans la couche critique IDS et existant	Humidité relative < 95%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Isolation thermique	$U \leq 0.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 180:1999)	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
	$U \leq 0.25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (selon SIA 380/1:2009) Rénovation	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓

Fig. 14: Evaluation des critères d'échec du système d'isolation intérieure avec laine de verre/Vario KM Duplex UV

### Conclusion

Les deux examens montrent que le système d'isolation intérieur avec laine de verre et le pare-vapeur qui s'adapte à l'humidité Vario KM Duplex UV est la variante la plus sûre offrant la plus grande tolérance à l'humidité.

Dans les lois cantonales sur l'énergie, les exigences relatives à la protection thermique de l'enveloppe des bâtiments ont été fortement relevées ces dernières années. Dans les performances ponctuelles, l'exigence concernant le coefficient de transfert thermique (valeur U) des murs extérieurs est de 0.25 [W/(m<sup>2</sup> K)] pour les transformations. De nos jours, les systèmes d'isolation intérieure doivent également satisfaire à des exigences thermiques très élevées, permettre une protection suffisante contre l'humidité et rester opérationnels à long terme.

# Cas particuliers

Les murs extérieurs en béton, pans de bois ou colombages et les maçonneries à l'état brut ou en moellons sont des cas particuliers qui doivent être considérés à part.

## Cas particulier 1: mur en béton apparent avec isolation intérieure



Fig. 15: Béton apparent coloré, psychiatrie Yverdon, travaux de plâtrerie: Sauter Georges SA, La Tour-de-Trême

La conductivité thermique du béton armé est environ cinq fois supérieure à celle de la maçonnerie. Sur une structure murale avec isolation intérieure, la température sur la couche critique (passage mur béton – isolation intérieure) est pratiquement au même niveau que la température de l'air extérieur. De plus, le béton armé est pratiquement étanche à la diffusion et peu conducteur par capillarité. Pour les nouvelles constructions, la charge en humidité supplémentaire du béton frais doit être prise en compte. La teneur en humidité doit être considérée comme plus critique que sur une isolation intérieure d'un mur extérieur maçonné en briques modulaires, pleines, légères, silico-calcaires, en ciment ou en béton poreux.

### Recommandation:

Il faut faire la différence entre les constructions neuves et les rénovations. Pour les nouvelles constructions, l'humidité du béton frais et la durée de séchage relativement longue doivent être prises en compte.

Afin de protéger l'isolation intérieure d'une charge d'humidité trop importante du béton en phase de séchage, la teneur maximale en humidité doit être déterminée et mesurée avant d'intégrer l'isolation intérieure, comme cela est exigé pour les systèmes composites d'isolation thermique selon SIA 243 «Isolations thermiques extérieures crépies» (pour le béton, ne pas dépasser 3.0% de la masse).

## Cas particulier 2: pans de bois, bâtiments à colombages



Fig. 16: Construction en pans de bois Buchweg 7 à Berne, rénovation Gerber Holzbau à Oberbottingen

Lorsqu'un mur en pans de bois est exposé à la pluie, il est difficile de poser un diagnostic fiable concernant la bonne gestion de la teneur en humidité: ceci est dû au fait que la charge d'humidité et le comportement d'assèchement sont fortement influencés par l'absorption d'eau par les joints entre les hourdages et les pans de bois.

### Recommandation:

Pour les façades exposées et pour celles orientées à l'ouest, il est recommandé de recourir à une façade ventilée. Les isolations intérieures sont possibles lorsque les murs en pans de bois sont suffisamment protégés contre la pluie battante, par ex. par de grands avant-toits.

## Cas spécial 3: maçonnerie apparente, maçonneries naturelles et en moellons



Fig. 17: Maçonnerie en briques apparentes maison d'habitation à Kägiswil, rénovation et agrandissement Holzbau Bucher à Kerns

Dans les situations de maçonneries naturelles et en moellons, certains facteurs défavorables comme la faible résistance thermique du mur existant, la capacité limitée d'absorption d'eau par capillarité et les influences difficilement quantifiables comme la charge d'humidité de l'extérieur ainsi que le comportement d'assèchement doivent être pris en compte.

### Recommandation:

Enduit intérieur sans fissures, résistant à l'humidité, à conductivité par capillarité comme mesure supplémentaire (pas d'enduit plâtre).

# Les **solutions ISOVER** pour les isolations intérieures

**Les exigences citées pour une isolation intérieure, telles que**

- aucun vide du côté froid de l'isolation thermique
- étanchéité à l'air
- potentiel de séchage suffisant
- humidité de l'air interstitiel maximale < 95%

**sont satisfaites au mieux avec la laine de verre ISOVER et les pare-vapeurs Vario KM Duplex UV ou Vario Xtra qui s'adaptent à l'humidité.**

La laine de verre souple s'adapte aussi sans vide sur des surfaces irrégulières, empêchant ainsi de manière efficace les flux de convection dans les zones critiques.

Les fils de laine de verre ne sont pas hygroscopiques, c.-à-d. qu'ils n'absorbent pas l'humidité. La condensation qui se forme ne peut s'accumuler que dans les interstices d'air. Cette propriété facilite le séchage rapide de l'isolation, ce qui représente un avantage particulièrement décisif pour les isolations intérieures. La laine de verre étant un produit minéral, elle ne peut pas moisir, pourrir ou se putréfier.

Les caractéristiques physiques et mécaniques de la laine de verre ne changent pas après séchage. Une isolation temporairement chargée d'humidité reste donc sans conséquences.

Les pare-vapeurs Vario KM Duplex UV ou Vario Xtra qui s'adaptent à l'humidité garantissent l'étanchéité à l'air. Grâce à la résistance variable à la diffusion, le séchage de l'humidité éventuelle vers l'intérieur est possible. Cet avantage est décisif et offre sécurité et tolérance à l'humidité.

## Uniquement chez ISOVER! Certifications Eurofins Gold et Swiss Made

### Un certificat qui remplace de nombreux labels de qualité

Les produits isolants en laine de verre ISOVER sont fabriqués en utilisant, pour la plupart, un liant naturel sans formaldéhyde à base de matière première d'origine végétale. Cet avantage est particulièrement intéressant pour les isolations intérieures. Cela empêche ainsi que l'air intérieur soit chargé en polluants provenant de l'isolation. Les produits ISOVER pour les applications intérieures ont été certifiés par Eurofins selon le standard «Indoor Air Comfort Gold». Cette distinction garantit le respect de toutes les exigences européennes relative à la qualité de l'air intérieur. Les directives des autorités mais aussi les exigences plus strictes des principaux labels de qualité volontaires sont ainsi respectées.

### Produits en Suisse

Les produits isolants en laine de verre ISOVER sont produits en Suisse. Ils sont composés de 80% de verre recyclé. Le processus de production ménage les ressources et satisfont aux normes écologiques les plus strictes.



## La solution pour le constructeur bois et le menuisier

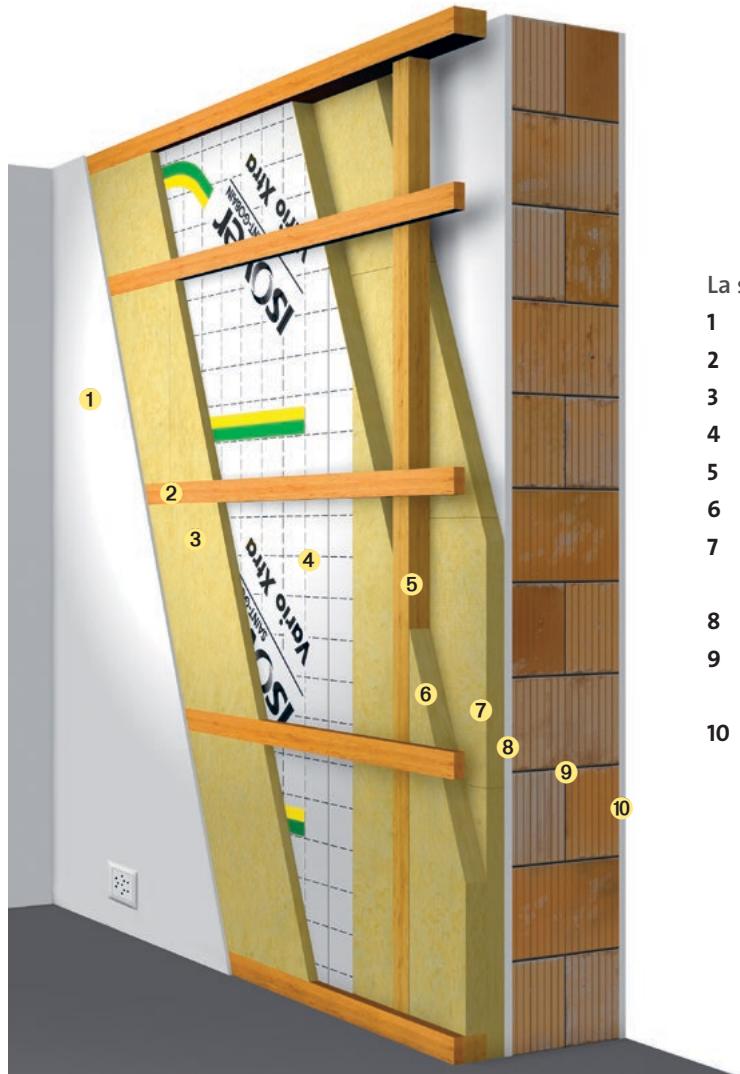


Fig. 18: Structure de l'isolation intérieure avec support doublage bois

La sous-construction en bois se trouve dans la zone chaude. Les calculs de simulation montrent que l'humidité du bois dans cette structure ne dépasse pas 16%. Cette structure permet d'atteindre une valeur U de 0.20 [W/(m<sup>2</sup> K)] sur un mur en boutisse d'une épaisseur de 320 mm avec une épaisseur d'isolation totale de seulement 140 mm (30 mm + 60 mm + 50 mm):

<b>PB M 032</b>	d	[mm]	30	30	30	30	30	30
<b>PB M 032</b>	d	[mm]	60	60	60	80	80	80
<b>PB M 032</b>	d	[mm]	30	40	50	50	60	80
Protection thermique d'hiver et d'été			SIMPLIFIED	STANDARD	ADVANCED	ADVANCED	ADVANCED	PREMIUM
Coefficient de transmission de chaleur	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0.23</b>	<b>0.21</b>	<b>0.20</b>	<b>0.18</b>	<b>0.17</b>	<b>0.15</b>

Le tableau montre les valeurs U pour différentes épaisseurs d'isolation pour la structure de la figure 18. Vous trouverez d'autres caractéristiques physiques et écologiques sur la fiche de détails de construction 23-210.

## La solution pour le plaquiste

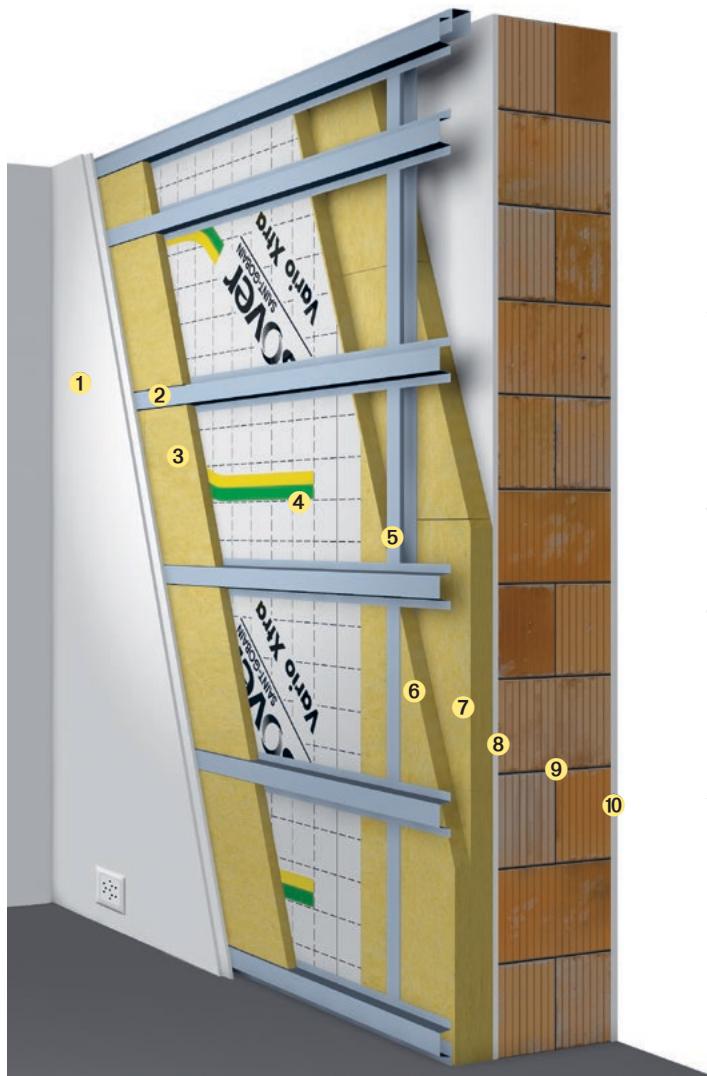


Fig. 19: Structure de l'isolation intérieure en doublage à sec

Dans la variante de construction à sec, une épaisseur d'isolation totale de seulement 130 mm (30 mm + 60 mm + 40 mm) permet d'obtenir une valeur U de 0.20 [W/(m<sup>2</sup> K)]:

<b>PB M 032</b>	d	[mm]	30	30	30	30	30	30
<b>ISOVOX</b>	d	[mm]	45	45	60	60	60	60
<b>PB M 032</b>	d	[mm]	30	60	40	60	80	100
Protection thermique d'hiver et d'été				STANDARD	ADVANCED	ADVANCED	ADVANCED	PREMIUM
Coefficient de transmission de chaleur	U	[W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>0.24</b>	<b>0.19</b>	<b>0.20</b>	<b>0.18</b>	<b>0.16</b>	<b>0.15</b>

Le tableau montre les valeurs U pour différentes épaisseurs d'isolation pour la structure de la figure 19. Vous trouverez d'autres caractéristiques physiques et écologiques sur la fiche de détails de construction 23-220.

# Preuve du bon fonctionnement des solutions ISOVER

Le bon fonctionnement de la gestion de l'humidité des deux variantes d'isolation présentées a été confirmé à de multiples reprises par la théorie (calculs de simulation, études) et par la pratique (mesures et expériences acquises lors de la réalisation des projets).

## Exemple et preuve par le calcul

### Structure murale de la simulation

Ci-dessous, une simulation effectuée avec le logiciel de calcul WUFI® démontre à titre d'exemple comment l'humidité de l'air interstitiel se comporte sur la couche critique entre la laine de verre et l'enduit intérieur. Simulation basée sur la structure suivante:

- Plaque fibre-gypse 12.5 mm
- Vario KM Duplex UV
- ISOVER PB M 035 200 mm
- Enduit intérieur 15 mm
- Brique silico-calcaire 150 mm
- Enduit de chaux-ciment 20 mm, coefficient d'absorption d'eau  $w = 0.1 \text{ [kg/m}^2\text{h}^{1/2}\text{]}$

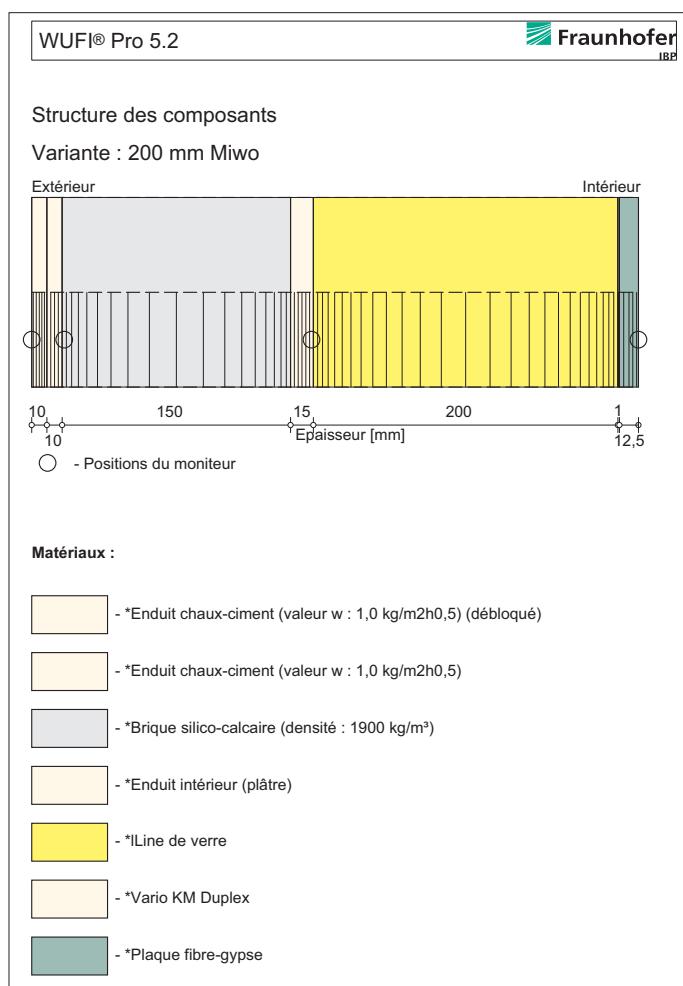


Fig. 20: Structure murale saisie, figure issue du logiciel de simulation WUFI®

### Conditions générales et hypothèses:

- Le calcul a été effectué pour des sites jusqu'à 700 mètres d'altitude et une charge d'humidité normale pour le climat intérieur (30 à 60% d'humidité relative).
- Pour le mur existant, les humidités sont choisies dans un état stabilisé puisqu'on suppose une rénovation.

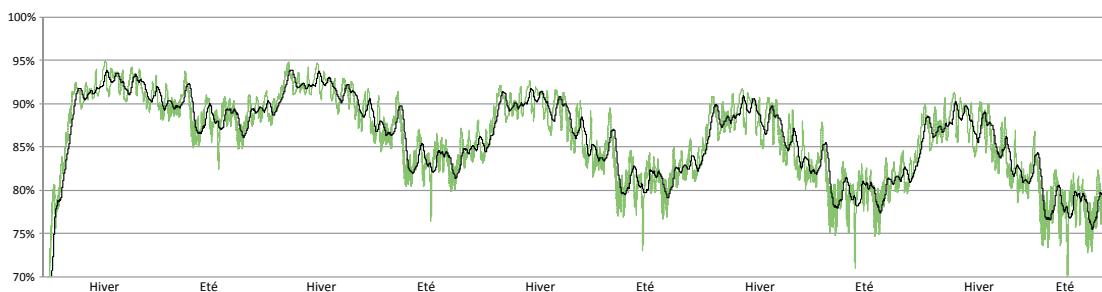


Fig. 21: Evolution de l'humidité dans la zone externe de la laine de verre

La figure 21 montre que l'humidité de l'air interstitiel n'atteint jamais 95% ; au fil du temps, les valeurs maximales atteignent en hiver encore des valeurs autour de 90%. Ainsi, aucune condensation ne se forme.

### Conclusion

Les calculs exhaustifs à l'aide du programme WUFI® montrent que les constructions faisant appel à des isolants en laine de verre ISOVER sont opérationnelles du point de vue de l'humidité sur les sites climatiques du Plateau si ...

- un pare-vapeur qui s'adapte à l'humidité de type ISOVER Vario KM Duplex UV ou VARIO XTRA est utilisé comme pare-vapeur/étanchéité à l'air.
- aucune humidification depuis l'extérieur (pluie battante) ou par le bas (par ex. humidité montante par capillarité) n'a lieu.
- l'enduit intérieur (généralement existant) dans la zone limite isolation intérieure - mur existant à une capacité d'absorption et de conductivité par capillarité.
- l'isolation thermique ne comporte pas de vides.
- les transferts d'humidité par capillarité entre la charpente bois et l'enduit intérieur existant sont évités par l'application d'une isolation en continu derrière l'ossature.

Les isolations intérieures des parois extérieures en maçonnerie en terre cuite et en briques silico-calcaires présentent une tolérance élevée à l'humidité ; sur la maçonnerie en pierres naturelles enduites, la tolérance à l'humidité est inférieure et sur le béton, la maçonnerie en pierres naturelles non enduites et les murs extérieurs en pans de bois, elle est minimale.

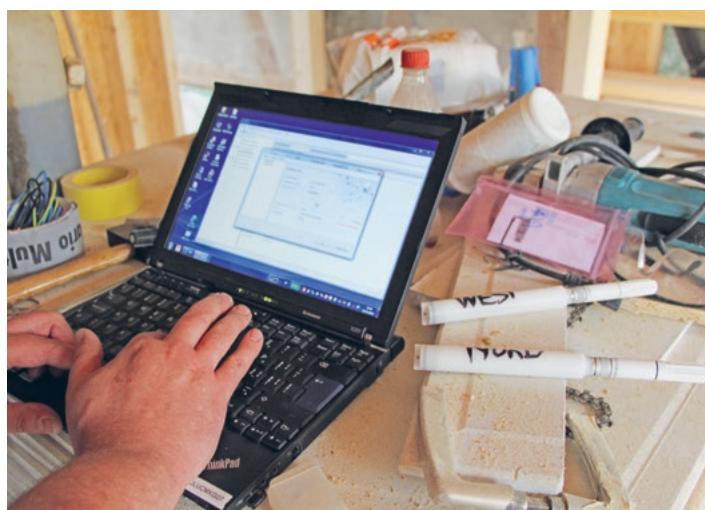
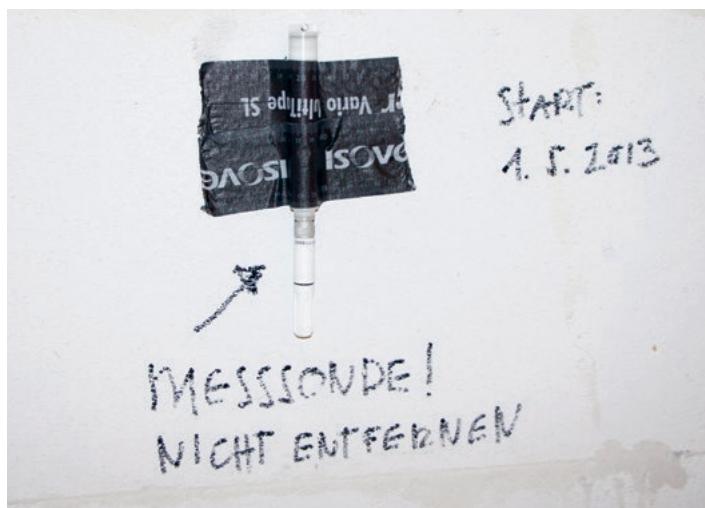


# Trois mises en œuvre exemplaires

## Relevé des données de mesure

Dans les trois projets présentés ci-après, des sondes de mesure ont été intégrées dans les murs existants. La température et l'humidité de l'air peuvent ainsi être mesurées dans la couche critique et le bon fonctionnement relevé par la mesure.

Les bâtiments ont été isolés en 2013. Les sondes de mesure doivent enregistrer la température et l'humidité relative de l'air pendant env. cinq ans. A la date d'impression de la présente brochure (été 2014), seuls les résultats de l'hiver 2013/2014 peuvent être présentés. Les données mises à jour seront périodiquement mises en ligne sur [www.isover.ch](http://www.isover.ch) et pourront être consultées à cette adresse.



## Institut A. Merkle, ancienne Clinique Garcia, Fribourg

Les bâtiments construits en 1904 et 1906 au Chemin des Verdiers 2 et 4 à Fribourg ont changé d'affectation et ont été complètement transformés. De plus, une extension (nouvelle construction) a été ajoutée. Les deux constructions existantes comportant une enveloppe placée sous la protection des monuments historiques, les parois extérieures ne pouvaient donc être isolées que depuis l'intérieur. Les bâtiments ont été rénovés selon le standard Minergie.



Architecture: Charrière-Partenaires SA, Granges-Paccot

Travaux de plâtrerie: Crimax Clement Peinture SA und Bernasconi SA, Fribourg

Physique du bâtiment: Zeugin Bauberatungen, Münsingen

### Isolation intérieure: solution ISOVER pour le plaquiste

Coefficient de transmission de chaleur (valeur U): 0.19-0.22 [W/(m<sup>2</sup> K)]

- Plaques de plâtre 2 x 12.5 mm
- Vario KM Duplex UV
- Profilés UW/CW 100 mm, isolation ISOVER PB M 035 100 mm
- Isolation ISOVER PB M 035 60-80 mm
- Enduit intérieur
- Maçonnerie en pierres naturelles, partiellement à pans de bois maçonnés
- Enduit extérieur

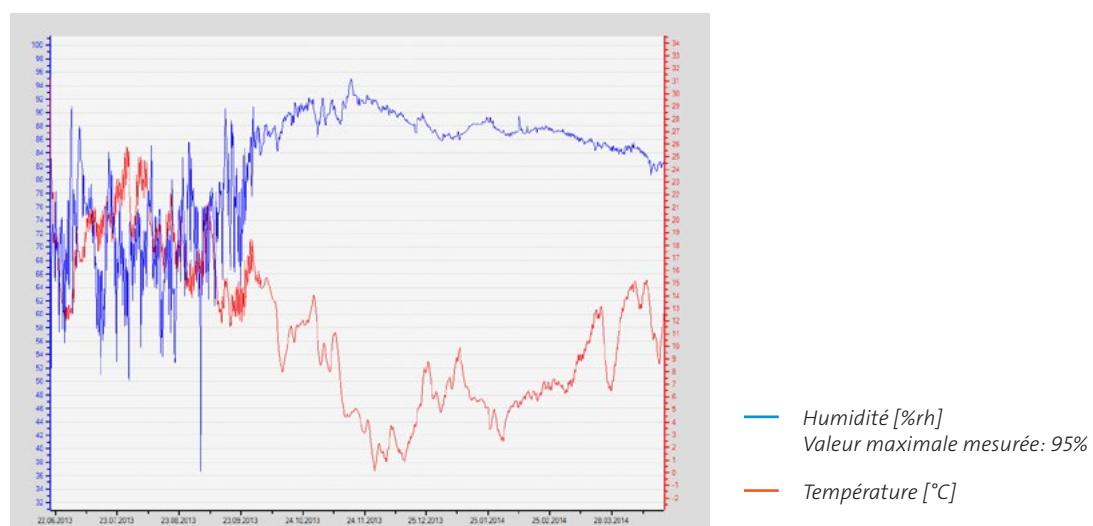


Fig. 22: Mesures Institut A. Merkle, 1<sup>er</sup> étage orienté au nord, de juin 2013 à avril 2014

## Rénovation énergétique de la maison à colombages Fam. Wenker, Lanzenhäusern

Le bâtiment (ancienne huilerie) construit en 1840 sur la Alte Bernstrasse à Lanzenhäusern est considéré comme «digne de protection». Le bâtiment sert aujourd’hui d’immeuble d’habitation et a été complètement rénové en 2012/2013. En partie et selon l’état, les pans de bois et les hourdages ont été rénovés et du béton cellulaire a été choisi comme nouvel hourdage.

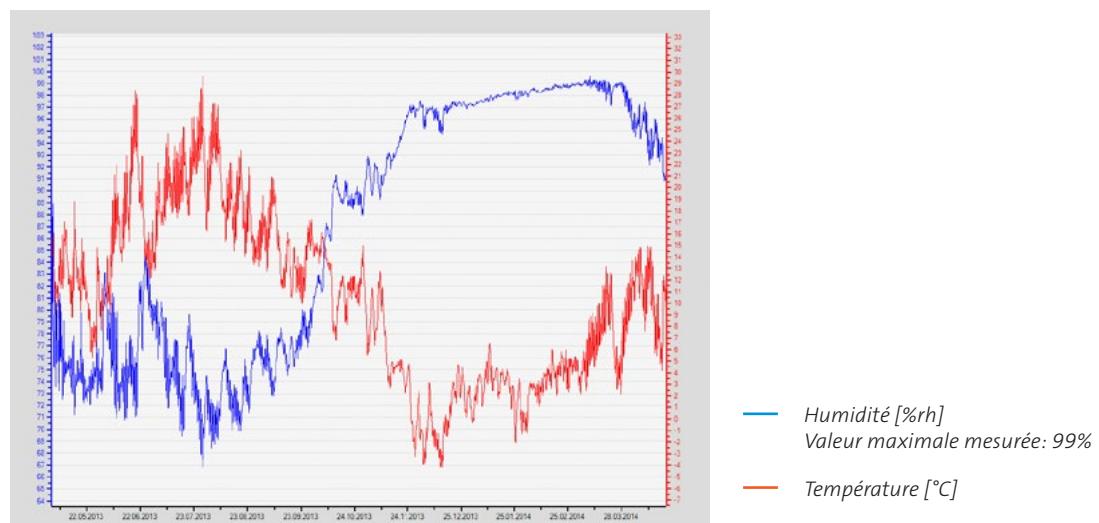


*Etude technique et menuiserie: Remund Holzbau, Schwarzenburg*

### Isolation intérieure: solution ISOVER pour le constructeur bois

Coefficient de transmission de chaleur (valeur U): 0.22 [W/(m<sup>2</sup> K)]

- Plaque fibre-gypse Fermacell 12.5 mm
- Lattage, niveau installation 30 mm
- Vario KM Duplex UV
- Ossature bois 100 mm, isolation ISOVER PB F 032 100 mm
- Isolation ISOVER PB F 035 40 mm
- Pans de bois maçonnés partiellement en tuf volcanique, partiellement remaçonné en béton cellulaire



*Fig. 23: Valeurs de mesure à Lanzenhäusern, pièce d’angle orientée à l’ouest, de mai 2013 à avril 2014*

## Rénovation de la vieille école à Niederwangen

L'école construite en 1892 est considérée comme «digne de conservation» dans l'inventaire des bâtiments de la commune de Köniz. La vieille école a été entièrement rénovée, la façade a retrouvé sa couleur d'origine selon le cahier des charges du restaurateur et l'isolation a été réalisée du côté intérieur des locaux.



Architecture: Johannes Saurer, bureau d'architecture, Thoune

Isolations intérieures: Remund Holzbau, Schwarzenburg

Physique du bâtiment: Weber - Energie und Bauphysik, Berne

### Isolation intérieure: solution ISOVER pour le constructeur bois

Coefficient de transmission de chaleur (valeur U): 0.20 [W/(m<sup>2</sup> K)]

- Habilage en panneaux de contreplaqué bouleau 12 mm
- Lattage/niveau d'installation/isolation ISOVER ISOCONFORT 032 60 mm
- Vario KM Duplex UV
- Ossature bois/isolation ISOVER ISOCONFORT 032 60 mm
- Isolation ISOVER PB M 032 30 mm
- Maçonnerie existante en pans de bois (ép. env. 150mm), repeinte à l'extérieur

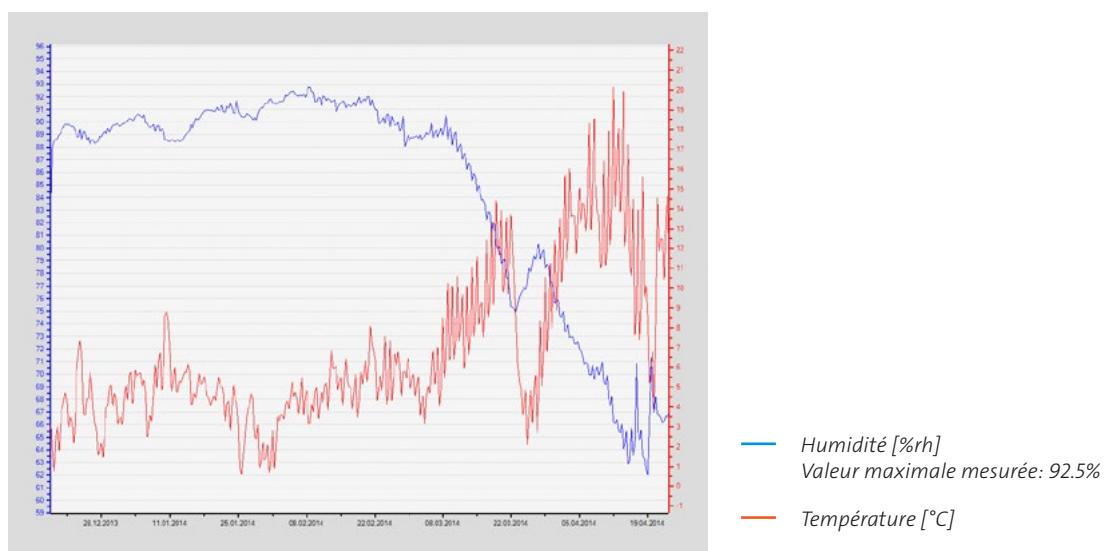


Fig. 24: Valeurs mesurées à l'école de Niederwangen, étage orienté à l'ouest, de décembre 2013 à avril 2014



# Thermique, acoustique, protection incendie: Des conseils professionnels.



Isolation  
thermique



Isolation  
phonique



Protection  
incendie



imprimé en  
suisse



## Toits

Toitures inclinées,  
toitures plates



## Sols et plafonds

Chapes, sous-planchers,  
planchers, plafonds,  
plafonds acoustiques



## Murs

Façades, parois,  
constructions légères,  
constructions bois



## Isolations techniques et préfabrication

Préfabrication, conduites,  
réservoirs, gaines

**Saint-Gobain ISOVER SA**  
Rte de Payerne, 1522 Lucens  
Tél. 021 906 01 11  
Fax 021 906 02 05  
admin@isover.ch

**Service des ventes interne:**  
Tél. 021 906 05 70  
Fax 021 906 05 75  
sales@isover.ch

**Helpdesk:**  
Tél. 0848 890 601  
Fax 0848 890 605  
helpdesk@isover.ch

[www.isover.ch](http://www.isover.ch)  
[www.multiconfort.ch](http://www.multiconfort.ch)  
[www.cpisover.ch](http://www.cpisover.ch)