



Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**

FH Zentralschweiz

Réhabilitation des bâtiments en bois protection du site et efficacité énergétique

Un fil rouge pour
maîtres d'ouvrages

TABLE DES MATIÈRES

Page

3	Préambule
3	Introduction
4	Motivation
6	3 x 3 étapes
6	Etape 1 – Analyse
6	Etape 1.1 – Quel est l'existant? (diagnostic)
9	Etape 1.2 – Quelle est sa valeur? (constatation)
13	Etape 1.3 – Où veut-on arriver? (formulation des objectifs)
15	Etape 2 – Concept
13	Etape 2.1 – Quelles sont les possibilités?
17	Etape 2.2 – Quels sont les avantages respectifs des stratégies?
18	Etape 2.3 – Quelle stratégie choisir?
19	Etape 3 – Mise en œuvre
19	Etape 3.1 – Que faire?
23	Etape 3.2 – Comment le faire?
44	Etape 3.3 – Qui fait quoi?
45	Epilogue
45	Synthèse
46	Liens utiles et autres informations
48	Impressum

PRÉAMBULE

Introduction

Rigi Kaltbad n'est pas une commune ordinaire: l'accès au village se fait principalement par un chemin de fer de montagne, ce qui transforme la livraison d'huile de chauffage en défi. Cette particularité a poussé les résidents à réfléchir à la manière dont l'approvisionnement en énergie pouvait être résolu à l'avenir. En effet, le réchauffement climatique et d'autres impacts environnementaux liés à l'utilisation des combustibles fossiles font apparaître de manière générale la nécessité de réduire la quantité d'énergie consommée et d'utiliser des sources alternatives pour la production de chaleur. Il faut donc ici comme ailleurs trouver de nouvelles solutions.

Des solutions simples semblent évidentes de prime abord: une isolation périphérique ou des panneaux solaires supplémentaires peuvent être rapidement mis en œuvre et sont supposés économiques. Mais en y regardant de plus près il faut prendre garde aux pièges: le risque existe que des mesures prises avec

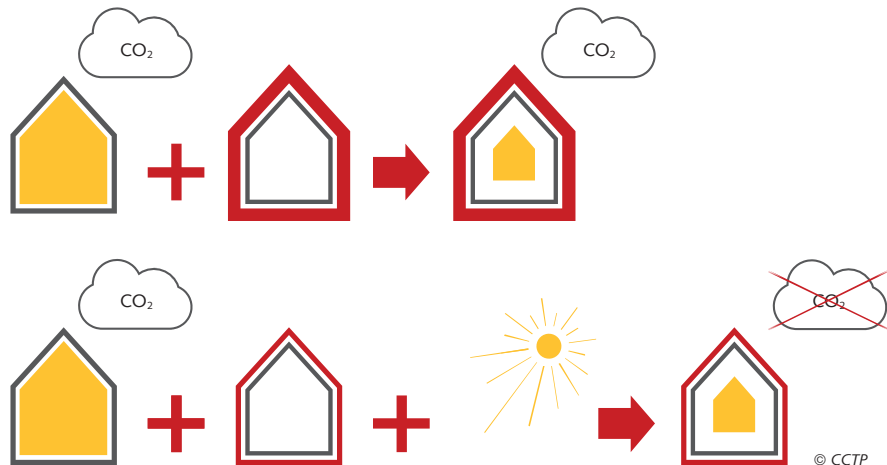
les meilleures intentions causent des dégâts de physique du bâtiment et affectent ainsi la substance bâtie.

De plus, chaque intervention sur un bâtiment, aussi petit soit-il, a des conséquences sur l'image globale du site. Une physionomie caractéristique n'est pas seulement une composante essentielle de l'attractivité d'un lieu et de sa valorisation touristique à long terme dans les communautés rurales, mais participe aussi à la qualité de vie. De ce point de vue, il convient d'évaluer chaque modification du bâtiment afin de ne pas altérer de manière insidieuse le caractère du bâtiment et du site. C'est dans ce cadre qu'intervient le projet «Construction en bois et énergies renouvelables». Utilisant l'exemple de Rigi-Kaltbad et transposable à d'autres communautés, il développe une approche pour concilier les différents intérêts impliqués dans le développement du site: comment l'amélioration énergétique des bâtiments, l'approvisionnement

basé sur les énergies renouvelables et la préservation d'un paysage naturel et construit peuvent-ils s'harmoniser avec les intérêts économiques et privés? Dans ce contexte, cette brochure devrait servir de source d'informations en particulier pour les propriétaires et les autres intéressés.

Motivation

Cette brochure tente de mettre en lumière les interactions complexes dans la rénovation (énergétique) des bâtiments en bois. Elle fournit un «fil rouge» que les intéressés peuvent suivre, afin d'éviter les pièges et les risques les plus courants. Elle souhaite aider les propriétaires à entretenir leur ouvrage, augmenter son confort et réduire sa consommation d'énergie. Il est en effet essentiel de développer une stratégie appropriée à partir de l'éventail des mesures possibles.



La rénovation des bâtiments participe à réduire leur consommation d'énergie de chauffage. Lorsque la réhabilitation atteint ses limites, les énergies renouvelables permettent à leur tour de réduire les émissions de CO₂.

Quels sont les trois principes directeurs ?

Le contexte avant la technique

Les stratégies de réhabilitation des bâtiments ne sont durables que si elles prennent en compte les aspects écologiques, économiques et sociaux. Ces aspects comprennent, entre autres, la préservation de la substance bâtie et du site. Il n'y a donc jamais «la» bonne solution. Une maison à énergie positive à la pointe de la technologie est souvent souhaitable. Que ce niveau élevé soit en adéquation avec le paysage urbain, le budget et l'utilisation future est une autre question. En particulier, les façades ne peuvent pas toujours être isolées en rénovation au niveau ambitionné. Pour compenser cette lacune, des sources d'énergie renouvelables telles que le soleil et le bois peuvent être utilisées pour couvrir les besoins en chaleur et en électricité. La stratégie de réflexion «par bâtiments individuels» sera alors abandonnée au profit d'une intervention globale en évaluant les aspects quantitatifs et qualitatifs les uns par rapport aux autres.

Un concept global avant mise en œuvre

L'agitation mène rarement au succès. Toutes les mesures individuelles doivent être coordonnées en s'appuyant sur un concept global. Dans le cas contraire, la décision de remplacer uniquement les fenêtres risque d'entraver, quelques années plus tard, la rénovation de la façade.

Une planification (professionnelle) porte ses fruits

Les effets de certaines mesures sur les ouvrages ne deviennent apparents que des années après leur mise en œuvre – ceux-ci peuvent alors être graves. Les professionnels permettent de prévoir ces conséquences et de s'assurer que les fonds sont bien investis.



© CCTP

3 X 3 ÉTAPES

Dans ce qui suit, une marche à suivre est proposée pour concevoir une réhabilitation. Elle comprend trois étapes – l'analyse, le concept et la mise en œuvre et propose trois stratégies cibles comme base pour déterminer les mesures – Bronze, Argent et Plus.

Étape 1 – Analyse

Une rénovation réussie s'appuie sur la connaissance précise de l'existant. Il est donc nécessaire d'étudier un bâtiment avec soin afin de déterminer comment le réhabiliter ou l'améliorer. Chaque ouvrage est ainsi unique. Une orientation différente par rapport au soleil ou un âge différent peuvent signifier qu'une maison présente une problématique complètement différente de sa voisine, même si toutes deux font appel à la même méthode de construction. L'analyse permet d'harmoniser les mesures dans le but d'apporter au bâtiment les améliorations adéquates. Dans les rénovations, sans connaissance des causes des dommages, toute réparation n'agit que contre les symptômes.

Étape 1.1 – Quel est l'existant ? (diagnostic)

Naturellement, un profane ne peut pas élaborer d'analyse des dommages. Mais les propriétaires connaissent leur maison mieux que personne. La première étape du diagnostic, la collecte d'informations, peut donc être effectuée par chacun, ce qui fournira des bases importantes pour l'évaluation par les professionnels. Dans ce cadre on procédera systématiquement du général vers le détail.

Le but de cette étape est de collecter toutes les informations concernant le bâtiment – les données disponibles et les faits marquants – qui pourraient être pertinents pour son réaménagement.

Limite du domaine

À Rigi Kaltbad, certaines conditions s'appliquent à des communautés similaires, en particulier à des communautés de petite ou moyenne envergure, principalement gérées par un système de milice. Ainsi l'emplacement particulier du village à flanc de montagne limite son accessibilité, et l'industrie du tourisme est une source importante de revenus. Dans un tel village, les bâtiments individuels

forment une mosaïque importante pour l'aspect d'ensemble du site; des zones protégées ou des bâtiments dignes d'intérêt figurant à l'inventaire sont présents dans la commune. Certaines règles de construction (telles que les exigences de protection des monuments) doivent donc être respectées, mais des possibilités de subvention correspondantes pour les conseils et la construction sont également disponibles. La plupart des bâtiments sont des propriétés privées, mais tous ne sont pas habités continuellement. Des résidences secondaires peuvent cependant être converties en usage permanent.

Le bois est souvent le matériau de construction prépondérant, en partie en combinaison avec la pierre naturelle typique. Cependant non seulement les matériaux, mais aussi les constructions ou certaines typologies sont issus de la tradition locale.



Vue de Rigi Kaltbad à l'est de la voie ferrée. Le paysage construit est caractérisé par l'effet d'ensemble des constructions individuelles. Les façades en bois sur des socles en pierre ou en maçonnerie sont caractéristiques. La répartition des fenêtres, leur structure et leur taille,



ainsi que le type de croisillons et les reflets des vitrages en fonction de l'incidence de la lumière caractérisent également l'aspect du site. Certains bâtiments classés témoignent aussi de l'évolution dans les Alpes du chalet traditionnel vers des bâtiments contemporains.



© CCTP

Première analyse de l'existant

Afin de déterminer «quel est l'existant?» il est possible de s'appuyer sur les questions suivantes (examen visuel des bâtiments):

Aspect général

- Le bâtiment est-il une résidence principale ou secondaire? Est-il constamment chauffé ou seulement quelques jours par an?
- L'année de construction ou la date des modifications majeures est-elle connue?
- Le bâtiment est-il dans une zone de protection du site ou fait-il l'objet d'un inventaire?
- Existe-il des plans ou de vieilles illustrations?

Éléments de construction

- Existe-t-il un avant-toit?
- Y a-t-il des dommages apparents?
- Y a-t-il des couches de crépis qui s'effritent?
- Y a-t-il de la condensation sur les fenêtres en hiver?
- Y a-t-il des dispositifs d'ombrage ou des volets?
- Quels sont les revêtements intérieurs des parois extérieures?
- Quel est l'âge des fenêtres? (ont-elles été changées? Quand?)

Confort

- Y a-t-il des courants d'air? (si oui où se produisent-ils?)
- Est-ce que ça sent le moisi?

Energie/chauffage

- Quelle est la consommation d'énergie?
- Les combles sont-ils chauffés ou non chauffés?
- Y a-t-il un vide sanitaire non chauffé?
- Le sous-sol est-il chauffé?
- Quel est le type et l'âge de la production de chaleur?

Divers

- Quand a-t-on procédé pour la dernière fois à des réparations? (Est-ce qu'il y a des traces comme des factures ou des offres?)

Étape 1.2 –

Quelle est sa valeur? (constatation)

La première analyse de l'existant fournit les bases pour des conseils énergétiques ou les informations initiales destinées aux planificateurs et aux experts qui sont à même ainsi d'offrir une aide précieuse dans les étapes ultérieures.

Les informations collectées peuvent être évaluées à l'étape suivante. Il est vrai que ce qui est apparent n'est pas toujours la chose la plus importante. Les têtes de poutre endommagées peuvent être cachées dans la maçonnerie, tandis que les bardeaux gris et soi-disant endommagés peuvent encore remplir leur fonction pendant de nombreuses années. Pour cette étape, il est logique d'utiliser des conseils professionnels. De plus, lors d'une rénovation, des exigences supplémentaires doivent souvent être respectées, comme les exigences accrues en matière d'isolation phonique entre deux unités d'habitation ou les prescriptions de protection incendie. Ici aussi, les planificateurs spécialisés sont une aide précieuse. L'objectif de cette étape est la valorisation des informations collectées en tant que base du projet de rénovation.

Bâtiment/conditions cadres

- Qu'est-ce qui doit être conservé – quelles propriétés du bâtiment sont importantes pour le maître d'ouvrage?
- Qu'est-ce qui doit ou devrait être amélioré ou modifié dans le bâtiment?
- Comment se répartissent les constructions alentour? Y a-t-il des interactions ou des restrictions liées au voisinage?
- Quelle est l'importance du bâtiment dans le site: est-il séparé ou au centre, est-il bien visible?
- Quels sont les moyens financiers disponibles?
- Existe-t-il des indices d'amiante / de polluants (en particulier les mastics de fenêtre, les adhésifs, les charges, les panneaux de fibrociment, etc., qui ont été installés durant une période donnée)?

Parois extérieures

- Dans quel état est la façade? Est-ce que toutes les faces sont dans le même état ou y a-t-il un «côté intempéries» où la façade est moins bien conservée?
- Y a-t-il des dommages aux parois extérieures? La base des parois en bois est particulièrement importante, car c'est ici que se situent souvent des dommages dus à l'humidité.
- Quelle est l'état du revêtement de façade? Est-ce que seuls des tavillons ou des lambris individuels sont endommagés ou de grandes surfaces sont-elles affectées?

Socle en maçonnerie

- L'odeur de moisi est-elle perceptible?
- Y a-t-il des remontées d'humidité dans les murs, à l'intérieur ou à l'extérieur?
- Y a-t-il des «couches étanches», reconnaissables à la formation de bulles sous les couches de peinture (intérieur et extérieur)?
- Y a-t-il des dégâts d'humidité à l'intérieur en correspondance des murs contre le terrain?
- Y a-t-il des moisissures?

Toiture

- Quel est l'état de la couverture? Y a-t-il des tuiles cassées ou des panneaux de fibrociment, des larmiers, des vire-vents ou des gouttières endommagés? Des glaçons sont-ils visibles sur la gouttière en hiver?
- Y a-t-il des dommages dus à l'humidité?
- Quel est l'état de la sous-structure?
- Y a-t-il des installations en toiture?
- Un système de protection contre la foudre est-il en place et raccordé?

Fenêtres

- Le mastic des fenêtres (en particulier sur la face extérieure) est-il toujours intact?
- La substance des fenêtres est-elle saine? Les cadres de fenêtres sont-ils altérés par les intempéries?

Production de chaleur /système de chauffage

- Quelle source d'énergie est-elle utilisée pour le chauffage?
- Existe-t-il un chauffage à distance?
- Y a-t-il une centrale thermique (chauffage central) ou des radiateurs individuels – également électriques?
- Le chauffage installé est-il à haute ou à basse température?
- Quels corps de chauffe sont installés: radiateurs ou systèmes surfaciques tels qu'un chauffage au sol?
- Y a-t-il des éléments concrets sur l'efficacité du système de chauffage?
- Existe-t-il une installation solaire thermique pour le traitement de l'eau chaude?



© CCTP

Condensation

La condensation peut engendrer des dommages importants. Si l'air chaud rencontre une surface à faible température, il se refroidit rapidement. Mais comme l'air froid peut absorber moins de vapeur d'eau que l'air chaud, cet excès condense en gouttelettes – comme lorsqu'une bouteille de boisson froide est sortie du réfrigérateur en été. Ce phénomène peut entraîner divers dommages. Le manque d'isolation peut signifier qu'une partie de construction par exemple une paroi extérieure est si froide que l'air intérieur chaud condense à sa surface. L'humidité résultante peut alors endom-

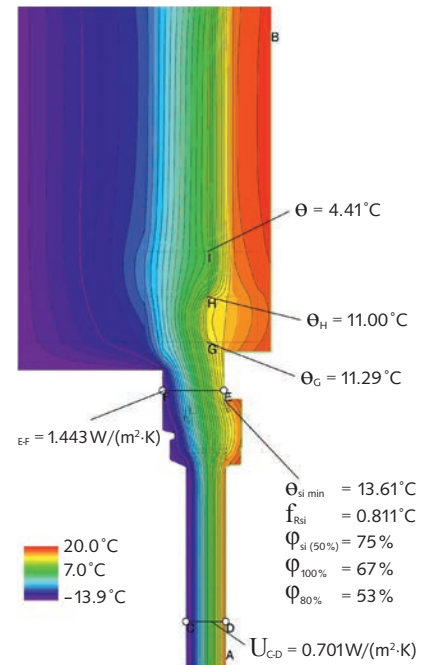
mager la construction à terme. Un pont thermique désigne une zone d'une partie de construction qui permet à la chaleur de s'échapper plus rapidement et qui se refroidit donc plus que les composants adjacents. A l'intérieur, cet endroit plus froid que l'air ambiant est donc à risque de condensation.

Les endroits où l'air intérieur chaud s'échappe à l'air libre (froid) par des inétanchéités sont également dangereux: l'air se refroidit dans la zone de la fuite et amène ainsi la condensation au milieu de la construction.



© iStock.com/GoodLifeStudio

Les ponts thermiques se traduisent à l'intérieur par une paroi intérieure dont la surface est froide. La zone de l'embrasure des fenêtres est particulièrement vulnérable, surtout si elle n'est pas suffisamment isolée. De la condensation peut alors se former et, dans le pire des cas, des moisissures.

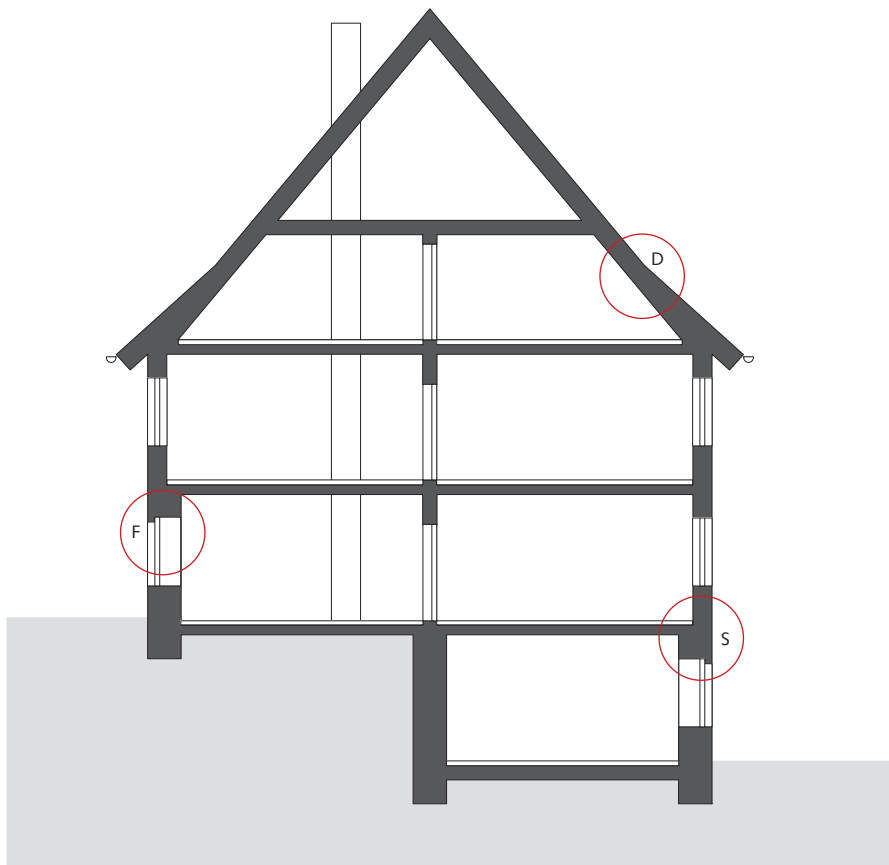


© Pirmin Jung Ingenieure AG

La figure illustre une section de paroi avec un raccord de fenêtre. La couleur traduit la température. Cette méthode permet d'analyser les ponts thermiques et d'estimer le risque de moisissure.

Points faibles de l'existant

Comme dans n'importe quel type de construction, des dommages typiques, facilement reconnaissables par les spécialistes, peuvent se produire dans les bâtiments en bois. C'est important car il ne s'agit pas de combattre les symptômes lors d'une remise à neuf, mais de traiter les causes des dommages à long terme en asséchant la zone concernée. Ainsi, un spécialiste ayant de l'expérience dans la restauration de maisons en bois peut investiguer des zones problématiques dont le profane ne soupçonnerait pas l'existence. Parmi de tels points on trouve la transition de la construction en bois à la base en maçonnerie ou en béton (S), les embrasures de fenêtre (F) ou la couverture (D).



© CCTP

Etape 1.3 – Où veut-on arriver? (formulation des objectifs)

Sur la base des analyses, il est alors possible de prendre des décisions objectives. La réparation des dommages, l'amélioration énergétique et les souhaits du propriétaire peuvent être équilibrés les uns avec les autres de manière étayée. La question centrale est: qu'attend-on de la maison à l'issue des interventions?

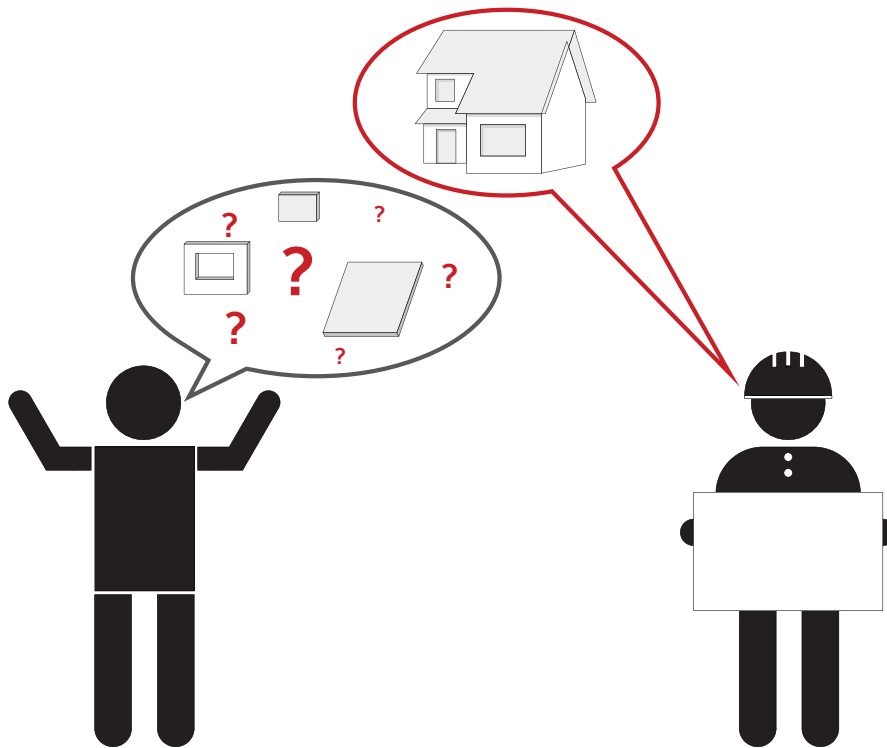
Les attentes du propriétaire sont alors réfléchies et définies au cours de cette étape très importante. Pour une maison occupée en permanence, par exemple, on pourrait envisager des mesures qui perdraient toute proportionnalité dans un bâtiment utilisé temporairement. Si un bâtiment n'est chauffé que quelques jours en hiver, l'investissement (en termes d'argent, mais aussi d'énergie stockée dans les composants) pour un système de chauffage à faible consommation mais coûteux doit être évalué différemment que pour un bâtiment résidentiel utilisé à l'année.

La convention d'objectifs constitue la base de la suite du processus. Dans ce cadre, un concept à long terme est judicieux. Il est important pour ce faire de considérer, de peser et de clarifier les objectifs personnels du maître de l'ouvrage:

- Comment la maison sera-t-elle utilisée à l'avenir? Est-ce une maison de vacances, devrait-elle être louée ou utilisée comme résidence principale dans le futur?
- Faut-il augmenter le confort du bâtiment?
- Devrait-il être plus frais en été, même par temps chaud?
- Est-ce que la vue sur les environs devrait être plus étendue?
- Les salles de bains, les WC et les salles d'eau sont-elles suffisantes?
- La cuisine correspond-elle au standard souhaité?
- Quelles ressources (financières, temporelles) peuvent être investies pour atteindre ces objectifs?

Coordination

Un grand nombre de cas de dommages aux bâtiments résultent du fait que des mesures individuelles, qui en elles-mêmes ne sont pas nuisibles, se combinent de manière inappropriée par manque de coordination globale. Ce n'est que si le bâtiment et les mesures de réhabilitation sont conçus et traités comme une seule entité que de telles erreurs peuvent être évitées. Pour remplir cette mission, un spécialiste doit bénéficier de l'expérience de la rénovation et du matériau bois.



© CCTP

Etape 2 – Concept

Etape 2.1 – Quelles sont les possibilités ?

La conséquence d'une coordination inadéquate des mesures de rénovation individuelles peut être des dommages à long terme à la substance de la construction ou un climat intérieur inconfortable, voire malsain. Dans ce qui suit, des ensembles de mesures pour la rénovation énergétique sont proposés. Ils décrivent à titre d'exemple trois stratégies de réhabilitation différentes. Ces ensembles de mesures consistent chacun en une palette d'interventions individuelles, mais qui produisent un effet global. Les bouquets de mesures diffèrent selon les objectifs fixés et l'ampleur des interventions sur la substance existante.

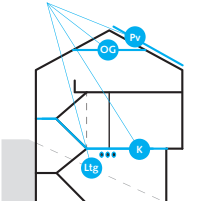
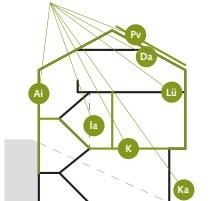
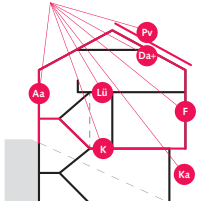
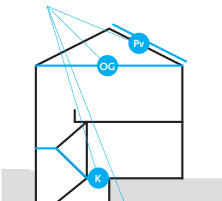
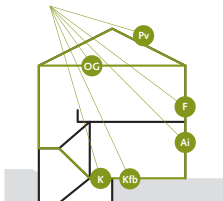
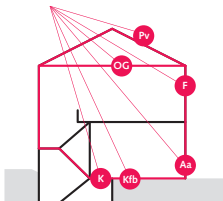
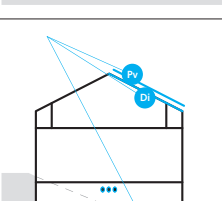
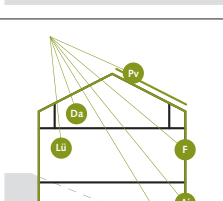
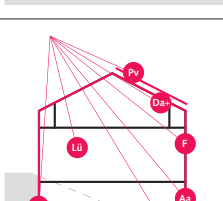
La stratégie de réhabilitation BRONZE consiste en une rénovation modérée, dans laquelle les façades du bâtiment ne sont pas touchées. Les mesures se concentrent sur le plafond du sous-sol, le plancher des combles et le système

de chauffage ainsi que sur l'intégration des énergies renouvelables. Ce paquet de mesures est particulièrement utile pour les bâtiments classés ou ceux ayant une façade sensible qui marque le caractère pittoresque du village. Dans ce cas, les investissements nécessaires en termes de temps, d'argent et d'énergie (personnelle) sont relativement faibles, mais les améliorations énergétiques sont tout aussi limitées. Cette stratégie peut néanmoins apporter des améliorations appropriées.

La stratégie de réhabilitation ARGENT a un impact beaucoup plus profond sur l'existant: dans ce cas les fenêtres et les parois extérieures viennent s'ajouter aux éléments rénovés, mais sans toucher la couche extérieure des façades (revêtement). Les économies d'énergie et les investissements sont déjà beaucoup plus élevés.

La stratégie de réhabilitation PLUS représente – en termes énergétiques – l'optimum. Cependant, les interventions dans la structure du bâtiment sont également très élevées. Dans ce cas, la façade est entièrement intégrée dans les mesures (y compris sa face extérieure). Toutes les mesures décrites ne servent qu'à orienter l'intervention et doivent être adaptées aux exigences de la statique, de la physique du bâtiment et à l'existant. De plus, toutes les réparations nécessaires doivent être coordonnées avec les mesures individuelles. Par exemple si la façade en bardeaux doit être rénovée de toute façon, il peut être intéressant d'installer une isolation extérieure sous les nouveaux tavillons. Des phasages sont possibles dans chaque bouquet de mesures – ils sont détaillés dans les paquets individuels.

Stratégie de réhabilitation BRONZE	Stratégie de réhabilitation ARGENT	Stratégie de réhabilitation PLUS
Réhabilitation sans intervention à l'extérieur	Réhabilitation selon le standard le plus élevé en maintenant les façades	Réhabilitation amenant au standard énergie positive

Réhabilitation BRONZE	Réhabilitation ARGENT	Réhabilitation PLUS
 <p>20 à 40%</p>	 <p>65 à 75%</p>	 <p>70 à 85%</p>
 <p>20 à 40%</p>	 <p>65 à 75%</p>	 <p>70 à 85%</p>
 <p>20 à 40%</p>	 <p>65 à 75%</p>	 <p>70 à 85%</p>

% Plage des économies d'énergie possibles

© CCTP

Etape 2.2 – Quels sont les avantages respectifs des stratégies ?

Stratégie de réhabilitation BRONZE

- Cette stratégie permet une augmentation notable du confort et une réduction modérée de la consommation d'énergie pour un faible investissement.
- L'enveloppe du bâtiment (façade et toit) est conservée, l'intervention dans le tissu d'origine est minime.

À observer

- Les concepts d'étanchéité à l'air et de ventilation doivent être élaborés par un spécialiste pour assurer la préservation à long terme de la substance bâtie.
- Il est absolument essentiel de consulter des experts pour éviter des dommages causés par des ponts thermiques ou des zones de condensation.
- Une attention particulière doit être portée aux interfaces entre les anciennes et les nouvelles parties de construction.

Stratégie de réhabilitation ARGENT

- Cette stratégie permet une augmentation significative du confort et une réduction de la consommation d'énergie.
- Les façades extérieures (revêtements) sont conservées.
- La structure primaire (substance de l'existant) est très bien conservée.

À observer

- Les raccords entre les fenêtres et la façade doivent être étanches à l'air; la formation de ponts thermiques à ces endroits est aussi très probable.
- Les concepts d'étanchéité à l'air et de ventilation doivent être élaborés par un spécialiste
- Il faut porter une attention particulière au raccordement soigneux de toutes les couches (feuilles) étanches à l'air des parties de construction, par exemple entre le toit et la paroi extérieure.
- En présence d'un solivage apparent et de mesures d'isolation à l'intérieur, une attention particulière doit être portée aux détails d'appuis du plancher afin d'éviter les dommages par l'humidité aux têtes de poutre.

Stratégie de réhabilitation PLUS

- Une augmentation du confort et une réduction des besoins énergétiques optimales sont atteintes
- La substance bâtie est très bien conservée.
- Dans le cas d'une isolation à l'extérieur, les têtes de poutres des solivages apparents sont protégées de manière idéale contre la condensation.

À observer

- L'image de la façade doit être adaptée au site. Les mesures peuvent fondamentalement changer l'apparence du bâtiment.
- Les concepts d'étanchéité et de ventilation doivent être élaborés par un spécialiste pour préserver à long terme la substance bâtie. Une attention particulière doit être accordée aux raccordements soigneux de toutes les couches (feuilles) étanches à l'air des parties de construction, comme entre le toit et les parois extérieures. Des investissements élevés sont réalisés, non seulement sur le plan financier, mais aussi sur le plan des ressources et de l'énergie. Cet ensemble de mesures est-il approprié en regard de l'utilisation prévue ?

Étape 2.3 – Quelle stratégie choisir ?

Fondamentalement, une amélioration de l'enveloppe du bâtiment est préférable à une solution technique pour améliorer la consommation énergétique du bâtiment: «l'enveloppe avant la technique». Une enveloppe de bâtiment saine et robuste sans ponts thermiques est moins sujette aux erreurs et nécessite moins d'entretien. Des mesures techniques basées sur les énergies renouvelables peuvent être utilisées comme compensation lorsque l'enveloppe ne doit pas ou ne peut pas être touchée.

La stratégie adaptée au projet peut être choisie en évaluant les paramètres déterminés dans les analyses les uns par rapport aux autres et en choisissant un concept global de réhabilitation correspondant. La maison est-elle seulement temporairement occupée, le confort est-il bas, la consommation d'énergie est-elle élevée et le budget est-il limité? **La stratégie de réhabilitation BRONZE** apporte déjà dans ce cas des améliorations notables. Pour un chalet classé avec une façade en tavillons intacte, **la stratégie de réhabilitation ARGENT** semble indiquée.

La stratégie de réhabilitation PLUS doit toujours être minutieusement étudiée car elle correspond de loin à la plus grande intervention dans le bâtiment et le paysage urbain, pour un budget conséquent. Elle procure en revanche les meilleurs résultats en ce qui concerne la consommation énergétique.



© CCTP

Etape 3 – Mise en œuvre

Etape 3.1 – Que faire ?

L'étape la plus importante, indispensable, est l'élaboration d'un concept global avant le début des interventions. Dans ce cadre, il est judicieux de commencer avec ce qui apporte le plus et coûte le moins.

Lors de cette étape, les phasages possibles peuvent être étudiés. Les mesures prévues peuvent être ainsi étagées dans le temps. Cependant les interventions individuelles effectuées durant les phases successives ne doivent causer aucun dommage à la substance bâtie. Les phasages peuvent entraîner des problèmes d'interface, en particulier dans les états de transition. Si, par exemple, les fenêtres sont remplacées sans tenir compte

de l'isolation de la façade et des embrasures, la combinaison des fenêtres bien isolées et de la paroi extérieure (encore) froide peut entraîner des dommages dus à l'humidité et des moisissures. Par conséquent, le concept global doit toujours être pris en compte dans le phasage et les étapes intermédiaires doivent être coordonnées avec des experts.

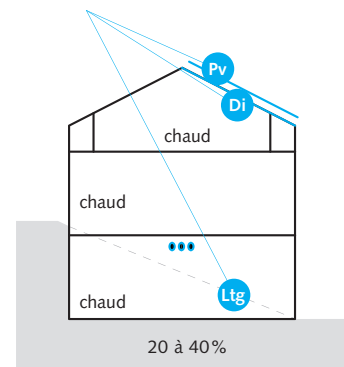
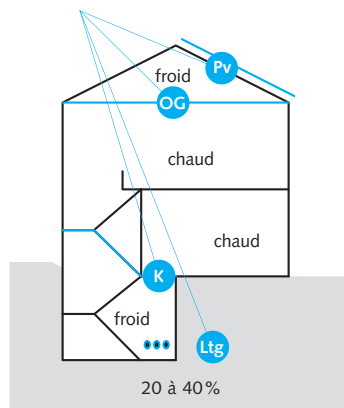
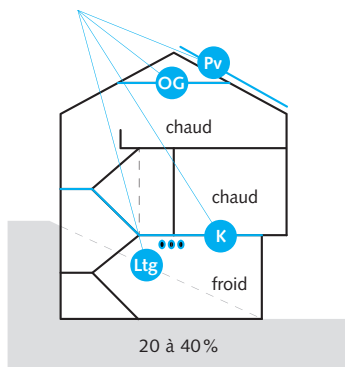
Il convient en outre de veiller aux impasses : dans quelle mesure une intervention mise en œuvre aujourd'hui entrave-t-elle les progrès futurs ? Une réflexion poussée est profitable car toutes les impasses ne sont pas aussi évitables que celle, classique, de la nouvelle couche de plâtre qui doit être rouverte peu de temps après pour installer les tuyaux du nouvel appareil de chauffage. Un nouveau

système de chauffage peut être aussi surdimensionné après la mise à niveau énergétique de l'enveloppe du bâtiment. Il est donc important d'anticiper autant que possible afin de ne pas entraver les possibilités pour l'avenir.

Des mesures incorrectes peuvent en revanche causer des dommages au bâtiment. Ce qui signifie dans ce cas non seulement de mauvais investissements à cause de la perte de valeur du bâtiment, mais aussi une dégradation potentielle du confort voire de la santé (par exemple par la moisissure), – et surtout de l'énergie personnelle gaspillée, car construire est éprouvant.

Le bouquet de mesures forme l'épine dorsale de la stratégie de réhabilitation thermique.

Réhabilitation BRONZE



Ltg Isoler les conduits calorifères

K Isoler le plancher sur sous-sol y compris la face inférieure de l'escalier et les parois entre zones chauffées et non chauffées

OG Isoler le plancher des combles ou des sur-combles

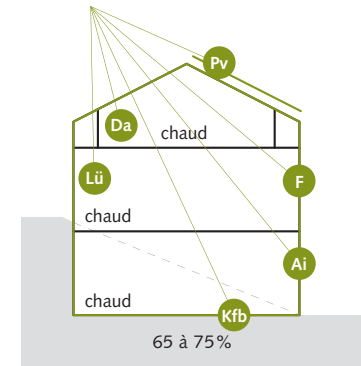
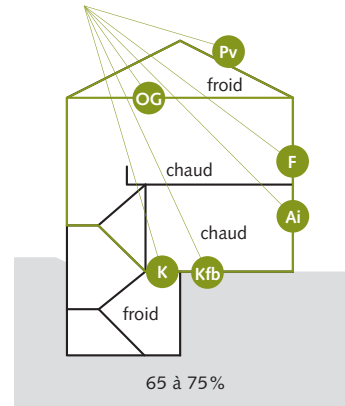
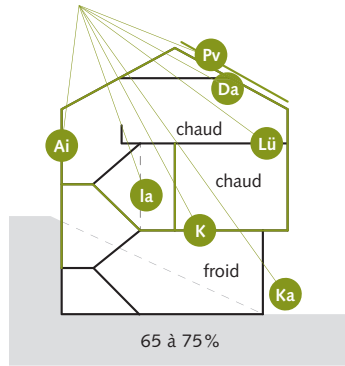
Di Isoler la toiture de l'intérieur

Pv Vérifier la possibilité d'intégration de panneaux solaires

% Plage des économies d'énergie possibles

© CCTP

Réhabilitation ARGENT

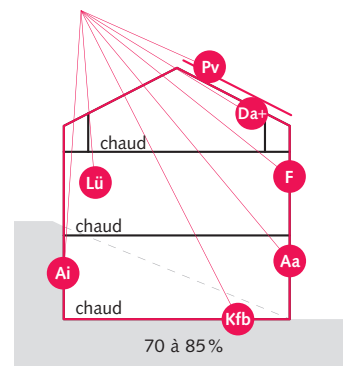
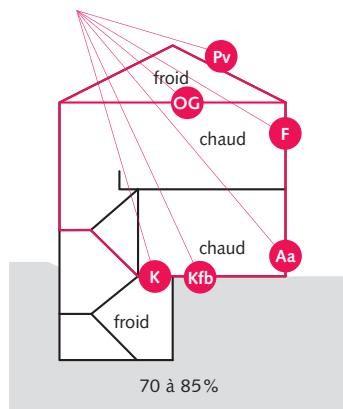
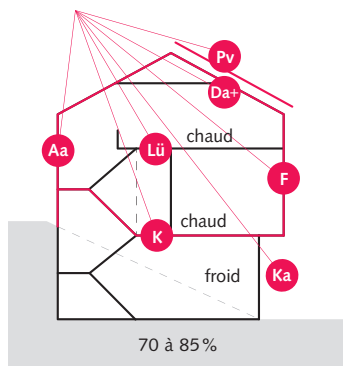


- Ai Isoler la paroi extérieure entre les montants ou isolation supplémentaire à l'intérieur
- K Isoler le plancher sur sous-sol y compris la face inférieure de l'escalier et les parois entre zones chauffées et non chauffées
- Ka Isoler le plancher sur sous-sol vers l'extérieur
- Kfb Isoler le plancher du sous-sol vers le terrain
- F Réhabiliter les fenêtres (changer les verres et les joints) ou les changer
- Lü Intégration d'installations de ventilation avec récupération de chaleur

- la Isoler les parois intérieures vers les locaux non chauffés
- Da Isoler la toiture depuis l'extérieur entre les chevrons (conservation du revêtement intérieur)
- Pv Vérifier la possibilité d'intégrer des installations solaires
- OG Isoler le plancher des combles ou des sur-combles
- % Plage des économies d'énergie envisageables

© CCTP

Réhabilitation PLUS



Aa Isoler les parois extérieures par l'extérieur
(et entre les montants)

Ai Isoler les parois extérieures contre le terrain

K Isoler le plancher sur sous-sol par le bas

Ka Isoler le plancher sur sous-sol vers l'extérieur,
par l'extérieur

Kfb Isoler le plancher du sous-sol vers le terrain

OG Isoler le plancher des combles ou des sur-combles

F Réhabiliter les fenêtres (vitrages triples) ou les
changer

Lü Intégration d'installations de ventilation avec
récupération de chaleur

Da+ Isoler la toiture entre les chevrons et par une
couche supplémentaire

Pv Vérifier la possibilité d'intégrer des installations
solaires

% Plage des économies d'énergie envisageables

© CCTP

Étape 3.2 – Comment le faire ?

Des architectes et des planificateurs spécialisés peuvent être mandatés pour la rénovation globale. Ils sont alors responsables de la planification, de l'exécution et de la coordination des mesures. En alternative, ils peuvent être mandatés uniquement pour des conseils dans le cas de rénovations moins complexes. Des prestations propres du propriétaire sont tout à fait possible si les bases sont fiables, notamment s'il existe un concept de réhabilitation adéquat, complété par les clarifications nécessaires des experts. Cependant, il est indispensable pour le maître de l'ouvrage de ne pas surestimer ses propres capacités et surtout les ressources en temps nécessaires – ce qui peut arriver même aux professionnels. Cette étape a pour but une planification complète des mesures et leur approbation par les autorités. Même si plusieurs phases sont prévues, l'objectif final doit déjà être défini à ce stade. Dans ce qui suit, les mesures individuelles qui entrent en jeu pour des bâtiments ou des façades en bois sont décrites plus en détails. Une vue d'ensemble des différents types d'approvisionnement en chaleur est en outre proposée, ainsi que les possibilités d'intégration des sources d'énergie renouvelables dans le bâtiment.



© CCTP

Plancher sur sous-sol

Si le plancher du sous-sol (froid) est constitué de solives apparentes, il peut être amélioré thermiquement en disposant une isolation entre les poutres.

Si la hauteur de la pièce en sous-sol est suffisante (ou sans importance), une couche

isolante peut être installée sous le plafond lui-même. Comme il s'agit techniquement d'une isolation externe (du côté froid de la structure), cette méthode n'est guère sensible aux risques de dommages causés par l'humidité de condensation. Il faut cependant tenir

compte du câblage sous le plafond. Lors de la mise en place de l'isolation supplémentaire entre les solives par le bas, la fixation peut être réalisée au moyen d'un système de fixation approprié ou par l'intermédiaire d'un faux plafond (grille de lattes, revêtement).

K Ka

Option 1

Isolation entre les solives;
nouveau revêtement de plafond nécessaire

Fibres de bois ou de cellulose ca. 0.04 W/mK

Chaud



Froid

K Ka

Option 2

Isolation entre les solives ainsi que isolation
sous le solivage; doublage éventuel

Fibres de bois ou de cellulose ca. 0.04 W/mK

Chaud



Froid

K Ka

Option 3

Isolation sous dalle;
doublage éventuel

Fibres de bois ou de cellulose ca. 0.04 W/mK

Chaud



Froid

© CCTP

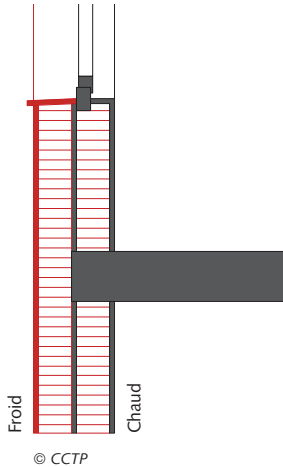
Façade

Aa

Option 1

Doublage de la façade avec une nouvelle isolation extérieure; isolation des vides de la façade existante; remplacement de la façade en tavillons nécessaire

Ext.: Fibres de bois/plaques de laine de roche ca. 0.04W/mK
Int.: Fibres de bois ou de cellulose ca. 0.04W/mK

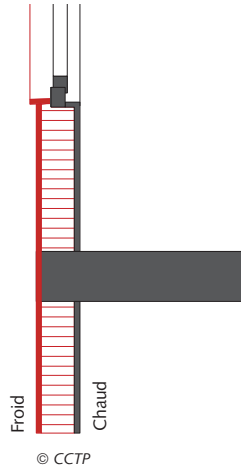


Aa

Option 2

Isolation des vides de la façade existante; remplacement de la façade en tavillons nécessaire

Ext.: Fibres de bois/plaques de laine de roche ca. 0.04W/mK



Option 1

L'extérieur de la façade est doublé d'une couche isolante recouverte d'une nouvelle façade en tavillons. En outre, les espaces vides entre les montants de la paroi existantes peuvent être remplis d'isolation.

Option 2

Si le revêtement de façade doit de toute façon être renouvelé, il est utile de remplir en même temps les espaces vides de la paroi – les entraxes entre les montants bois – avec des matériaux isolants.

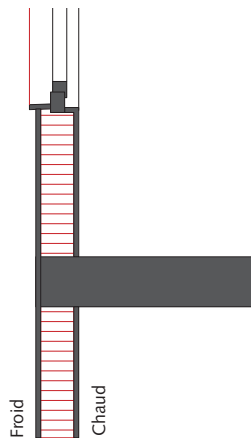
Ai

Option 3

Isolation des vides de la façade existante par l'intérieur

Fibres de bois ou de cellulose

ca. 0.04 W/mK



© CCTP

Ai

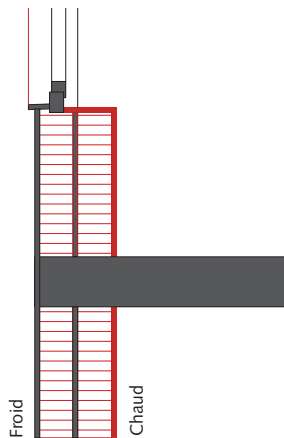
Option 4

Isolation des vides de la façade existante par l'intérieur; doublage intérieur de la façade avec de l'isolation

Ext.: fibres de bois

ca. 0.04 W/mK

Int.: fibres de bois ou plaques de cellulose ca. 0.04 W/mK



© CCTP

Option 3

Les vides dans la composition de la paroi peuvent également être remplis de l'intérieur avec de l'isolation en vrac, par exemple insufflée. Dans ce cadre, il peut être suffisant de retirer seulement une partie du revêtement intérieur. La mise en œuvre effective en ce qui concerne le concept d'étanchéité à l'air et le pare-vapeur doit être convenue avec un physicien du bâtiment.

Option 4

Une nouvelle couche d'isolation peut être appliquée du côté intérieur des façades. Il faut tenir compte dans ce cas des mesures de précaution importantes liées à l'isolation par l'intérieur (voir encadré).

Isolation intérieure

L'application d'isolant à l'intérieur des parois extérieures peut être une bonne – parfois même la seule – méthode pour améliorer la déperdition thermique des façades. Cependant, cette méthode n'est pas entièrement sans risque. Dans les parois extérieures, la diffusion de vapeur a lieu du chaud vers le froid. Ce n'est pas un problème en soi, tant que cette vapeur ne condense pas dans la paroi. Si une isolation interne est appliquée sur le côté chaud du mur, l'ancienne surface interne est beaucoup plus froide qu'auparavant car elle est séparée de l'air chaud intérieur par la nouvelle isolation. La température de cette face est souvent si basse, que c'est exactement ici que la vapeur atteint son point de rosée, c'est-à-dire qu'elle condense. L'eau liquide qui se forme alors dans la construction peut causer des dommages importants à long terme. Les têtes de poutres sont particulièrement menacées dans ce cas car, situées à l'intérieur des parois, elles ne sont pas apparentes et par là même incontrôlables. En cas de dommages causés par l'humidité, elles sont par ailleurs difficiles et coûteuses à réparer. Cet apport d'eau de condensation est dans la pratique difficile

à éviter, de sorte que l'isolation interne doit être conçue de manière à ce que l'eau liquide qui pourrait résulter de la condensation se retrouve à l'intérieur, où elle peut s'évaporer dans un second temps. Une isolation intérieure avec de telles propriétés dites capillaires-actives est recommandée. Des systèmes d'isolation intérieure qui reposent sur des films collés (pare-vapeur) pour empêcher la vapeur de pénétrer dans la construction, sont vivement déconseillés. En pratique, l'étanchéité à la vapeur promise d'une telle construction est rarement réalisable. L'isolation interne renforce en outre la problématique des ponts thermiques, qui doivent être évités dans la mesure du possible. Si les embrasures de fenêtre ne sont pas dotées d'isolation interne, le risque de condensation est par exemple important à cet endroit.

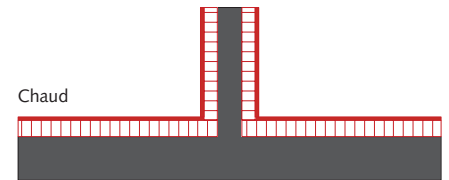
Recommandations: Tenir compte des ponts thermiques: si les parois de séparation interrompent l'isolation intérieure, ils convient de doubler ces parois par de l'isolation. Rénovation des fenêtres: les fenêtres étanches limitent le renouvellement d'air – évaluer le concept d'étanchéité à l'air par des experts et envisager l'installation d'un système de ventilation.

Isolation latérale

L'isolation intérieure requiert impérativement une isolation des parois intérieures concourantes sur une profondeur d'au moins 30 cm.

Fibres de bois

0.04 W/mK



Froid

© CCTP

Digression: entretien et rénovation des façades en bois

Actions, conception structurelle

Le bois à l'extérieur est exposé à divers actions. Le soleil, la pluie et les variations de température sollicitent ainsi les façades en bois. La lumière UV conduit à la décomposition naturelle de la surface du bois. Le bois change par conséquent de teinte: il jaunit, grisaille et/ou brunit. L'eau qui ruisselle élimine ces parties décomposées, ce qui fait que la surface du bois évolue. Une humidité élevée fait gonfler le bois et favorise les algues et les champignons. La chaleur provoque le retrait du bois et peut entraîner la formation de fissures. L'humidification de la surface du bois par une forte humidité de l'air et surtout par l'eau de pluie crée des conditions favorables à la croissance de microorganismes, ce qui conduit à une coloration foncée du bois, qui s'entremêle au brunissement ou au grisaillement mentionné plus haut. Par conséquent, les surfaces exposées au soleil et à la pluie varient au fil du temps du gris au brun noir selon l'exposition et les conditions géographiques. Tout ce qui réduit l'impact des intempéries et, en particulier, limite la pénétration de l'humidité dans les composants de la façade prolonge considérablement sa durée de

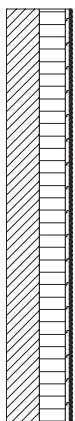
service. Il convient donc d'assurer l'écoulement de l'eau sur la façade et de celle qui aurait pénétré par des joints, des entailles, des fissures, des joints de colle ouverts, etc. Les raccords doivent être en outre conçus de manière à favoriser le séchage du bois. La conception des détails a une importance de premier ordre pour la qualité d'une façade en bois. Ces détails doivent être soigneusement conçus et contrôlés pendant l'exécution.

Façades en tavillons, composition de la paroi

Une façade traditionnelle en tavillons est clouée sur un voligeage ou sur une paroi en madriers. Il n'y a généralement pas de frein ou de pare-vapeur. Les tavillons sont faits de bois massif à grain fin. Des résultats de qualité supérieure sont obtenus avec des tavillons fendus. En effet, contrairement au sciage où les fibres sont tranchées, elles ne sont pas endommagées par le fendage, de sorte que l'eau pénètre de manière réduite dans le bois. De plus l'humidité peut être ventilée de manière optimale entre les surfaces fendues.



© CCTP



- Maçonnerie
Composition paroi:
- Maçonnerie
 - Isolation
 - Coupe-vent ouvert à la diffusion
 - Voligeage
 - Tavillons



- Madiers
Composition paroi:
- Madiers



- Ossature
Composition paroi:
- Revêtement intérieur
 - Montants, isolation
 - Coupe-vent ouvert à la diffusion
 - Voligeage
 - Tavillons



- Ossature façade ventilée
Composition paroi:
- Revêtement intérieur
 - Montants, isolation
 - Coupe-vent ouvert à la diffusion
 - Lamé d'air
 - Bardage bois

Variantes de composition de parois

© CCTP



Exemple de façades en bois en madiers, avec différentes formes de tavillons ou avec un bardage en bois.

© CCTP

© Lignum

En général, les façades constituées de planches profilées (lambris) intègrent un espace ventilé entre le revêtement et la paroi extérieure elle-même. Des ouvertures de ventilation en haut et en bas de la façade assurent un flux d'air permanent dans l'espace de ventilation, nécessaire en raison de la physique du bâtiment. Les façades en bois non traitées (sans imprégnation, apprêt ou autres couches de finition) changent de couleur et de structure de surface avec les sollicitations météorologiques. La couleur naturelle du bois n'est en effet pas durable lorsqu'il est mis en œuvre à l'extérieur. Les façades en bois non traitées présentent ainsi dans la phase initiale de vieillissement des inhomogénéités de teinte, avant de devenir avec le temps uniformément grises ou brunes. Les composants en saillie (par exemple, les auvents, les tablettes de fenêtre) protègent les parties qu'ils surplombent contre l'altération directe par les intempéries et peuvent ainsi entraîner des irrégularités dans l'apparence de la façade. Ces changements ne concernent cependant que la surface et n'affectent pas la résistance du bois. Seule une humidité élevée permanente peut entraîner la dégradation par les champignons lignivores. Une conception adéquate de la construction permet d'éviter ce phénomène,

et une durée de service de plusieurs décennies peut être atteinte par les revêtements de façade.

Il ne vaut donc pas la peine d'utiliser des bois «résistants aux intempéries» (en général coûteux) à la place des résineux indigènes éprouvés pour ce qui est des exigences esthétiques. Ces espèces comprennent l'épicéa, le sapin, le mélèze et le sapin de Douglas.

Pour les types de revêtements tels que lambris à joint droits, à clins ou à rainures et languettes, l'épaisseur des planches doit être comprise entre 22 et 26 mm et la largeur de la planche ne devrait pas dépasser 160 mm. Il convient de prêter attention à la qualité des planches.

La gamme de traitements de surface pour les lambris est extrêmement large. Pour les concepteurs, et a fortiori pour l'utilisateur final, il n'est pas aisé d'avoir une vue d'ensemble. Les professionnels distinguent en général trois groupes de traitements de surface:

- traitement non filmogène
- coloré laissant transparaître la structure du bois
- couvrant coloré

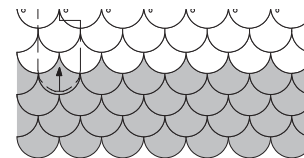
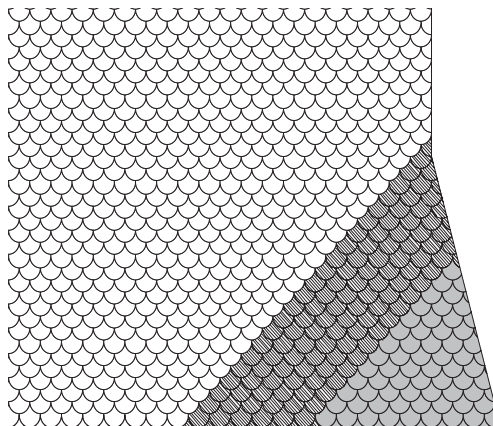
Les intervalles d'entretien pour les traitements de finition peuvent être très différents. Par exemple, pour un traitement de surface coloré et laissant transparaître la structure du bois, l'intervalle de maintenance, en fonction de l'exposition est de deux à cinq ans. En revanche, pour une lasure de prégrillage, le coloris ne nécessite aucun entretien, le seul inconvénient étant lié à la couleur grise. Une finition ou une couche supérieure hydrofuge (hydrophobant) a fait ses preuves pour tous les types de finition de surface. Cela peut augmenter la durée d'utilisation du traitement coloré. En général, il convient de noter que le type de traitement de finition est coordonné avec la construction dans son ensemble. Il est recommandé de consulter un expert.

Entretien et maintenance

L'entretien et la maintenance d'une façade en bois doivent être effectués à temps, lorsque les dommages à l'intégrité du revêtement ou dus aux intempéries sont encore mineurs. Elle peut être alors entretenue avec des moyens limités. Plus l'entretien est différé, plus le temps nécessaire et le coût sont élevés.

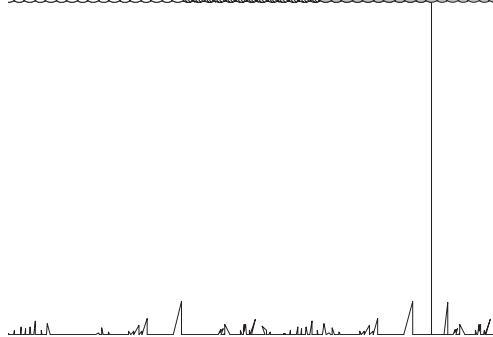
Rénovation de façade en tavillons

La façade en tavillons peut être considérée comme une pièce d'usure, qui protège la structure primaire beaucoup plus difficile à réparer. Puisque la division initiale est perdue lors du démontage des vieux tavillons, on découvre seulement une zone limitée en coin de toiture, qui est alors immédiatement remplacée par les nouveaux bardeaux. Ce n'est qu'ensuite que les bardeaux suivants seront démontés pour être remplacé par bandes successives (zone hachurée). L'avantage d'une façade en tavillons devient évident: il n'y a pas besoin de renouveler toute la façade, et seuls les tavillons individuels défectueux peuvent être remplacés.



- Tavillons neufs
- Tavillons existants

© CCTP d'après Peter Müller AG, Pfäffikon



Exemple de remplacement des tavillons

Rénovation de lambris extérieurs en bois

- Remplacement des lames endommagées
- Revisser les lames qui se sont dissociées
- Surfaces sales: dans la plupart des cas, le revêtement peut être nettoyé avec une brosse et/ou un lavage avec une solution savonneuse faible. Si la couche de finition elle-même n'est pas affectée, aucune autre mesure n'est généralement nécessaire. Si nécessaire, les traitements ultérieurs suivants peuvent être réalisés.
- Couche de finition intacte: les couches de finition intactes «anciennes» peuvent être selon l'état du substrat revêtues avec le même système de finition.

- Surfaces altérées: la surface doit être nettoyée de la saleté et des pigments libres par brossage et/ou lavage. Le nettoyage du substrat est effectué de manière appropriée avec une solution savonneuse faible. Les parties de la couche de finition qui se détachent doivent être complètement enlevées. Avant la couche de rénovation, la surface du bois doit être propre et sèche. Le bois mis à nu doit être traité avec un apprêt avant que la couche finale appropriée puisse être appliquée. Pour choisir le bon produit, il peut être utile d'appeler un professionnel.

Parois vers locaux non chauffés

L'isolation des parois intérieures entre local chauffé et non chauffé est judicieuse. Par exemple, une couche isolante peut être mise en œuvre du côté froid de la paroi entre l'escalier et les locaux de séjours chauffés – si l'espace le permet.

Une autre méthode consiste à insuffler un matériau isolant dans les vides d'une paroi en ossature bois.

Fenêtres

Remplacement des vitrages

Le cadre de la fenêtre reste en place. Les guichets en bois sont fraisés afin d'accueillir un vitrage avec des valeurs d'isolation thermique plus favorables, généralement un vitrage double.

F

Option 1

Optimisation de fenêtres digne de conservation; Remplacement des verres; le cadre reste en place; le guichet est fraisé selon les nouveaux vitrages

Verre triple

0.7 W/m²K (4/8/4/8/4)

Froid



Chaud

© CCTP

Remplacement des fenêtres complètes

Les anciennes fenêtres peuvent être complètement remplacées. Dans ce cas, même un vitrage triple est possible.

F

Option 2

Remplacement complet des fenêtres; isolation de l'embrasure pour limiter la formation d'eau de condensation

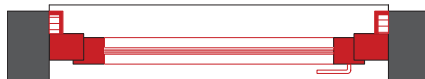
Verre triple

0.7 W/m²K (4/8/4/8/4)

Cadre bois métal

1.45 W/m²K

Froid



Chaud

© CCTP

Attention

Ces mesures doivent toujours être considérées en relation avec une intervention sur la façade. La condensation s'accumule sur la surface la plus froide – c'est souvent l'ancienne vitre où l'eau a endommagé le cadre de la fenêtre. Quand une fenêtre est remplacée, la fenêtre est alors mieux isolée que la paroi, ce qui peut signifier que de la condensation se forme maintenant sur les murs!

Joint de fenêtre

Le fraisage ultérieur et l'insertion de bandes d'étanchéité dans les vieilles fenêtres peuvent réduire les courants d'air et les pertes de chaleur. Avec cette mesure, il est cependant essentiel de prêter attention à une ventilation correcte. En effet, l'échange d'air par les inétanchéités des fenêtres étant supprimé, une part de la « ventilation naturelle » n'a plus lieu.

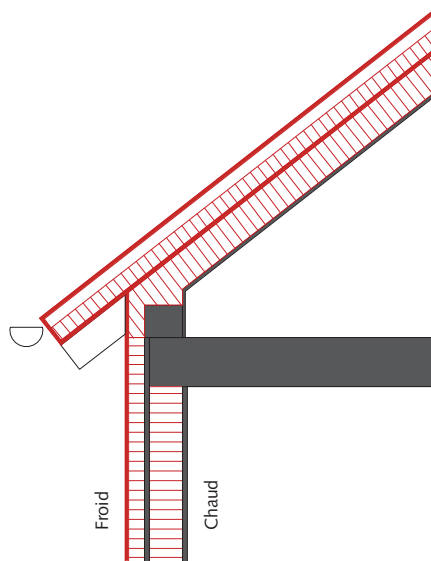
Toiture

Da+

Option 1

Isolation de l'espace entre chevrons;
couche supplémentaire au-dessus des chevrons

Ext.: Panneau de fibres de bois ca. 0.04 W/mK
Int.: Panneau de fibres de bois ca. 0.04 W/mK



© CCTP

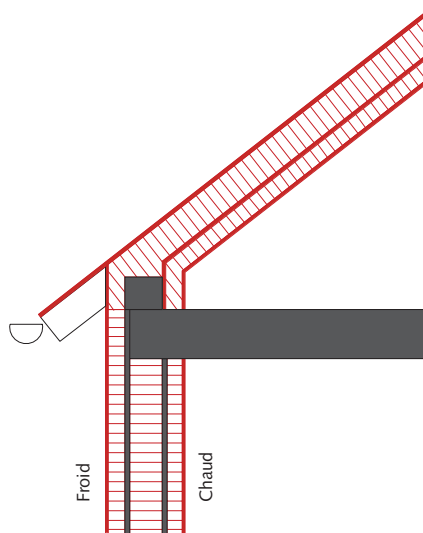
Da

Di

Option 2

Isolation de l'espace entre chevrons;
couche supplémentaire en dessous des chevrons

Ext.: Panneau de fibres de bois ca. 0.04 W/mK
Int.: Panneau de fibres de bois ca. 0.04 W/mK



© CCTP

Option 1

Si la toiture est démontée, l'isolation entre et sur les chevrons est judicieuse. Il est également plus facile d'installer une sous-toiture étanche. Il faut cependant noter que dans cette option l'avant-toit est modifié si la structure de toit devient plus épaisse en raison de l'isolation. Une conception des détails approfondie est alors requise dans ces cas.

Option 2

Une couche isolante supplémentaire peut être installée sous les chevrons si la hauteur de ceux-ci est insuffisante en regard de l'épaisseur d'isolant requise et si une isolation sur chevrons n'est pas souhaitée. Dans cette option, il est important que l'étanchéité de la toiture et de la sous-toiture soit assurée: une fuite même limitée humidifierait l'isolation et pourrait causer des dommages incontrôlés à la construction. La sous-toiture doit cependant être dans le même temps perméable afin de permettre la diffusion de la vapeur d'eau hors de la construction. De même, un pare-vapeur sur la face intérieure de l'isolant est indispensable pour éviter la condensation.

Toiture

Les toits en tuiles ne sont pas adaptés à partir d'une altitude de 1000 à 1200 mètres, car le risque de dommages dus au gel augmente de manière marquée. Par conséquent, l'utilisation de «tuiles solaires» doit être évaluée en fonction de l'altitude. Dans l'idéal, l'adéqua-

tion du matériau de couverture sera discutée avec le couvreur. Le verre étant résistant au gel, l'idée de construire un toit solaire est également intéressante, d'autant qu'il peut être intégré dans le toit (et par conséquent davantage compatible avec le site). Dans un tel

cas, il convient de considérer l'ombrage par la neige. Pour l'exécution d'une sous-toiture, indispensable dans ce cas, un planificateur spécialisé doit être consulté.

Plancher des combles ou des sur-combles non chauffés

OG

Option 1

Isolation entre les solives; nouveau revêtement inférieur nécessaire

Fibres de bois ou de cellulose ca. 0.04W/mK

Froid



Chaud

© CCTP

OG

Option 2

Isolation sur le solivage; ev. doublage d'isolation et isolation des espaces vides

Fibres de bois/minérales résist. à la comp. ca. 0.04W/mK
Fibres de bois ou de cellulose ca. 0.04W/mK

Froid



Chaud

© CCTP

OG

Option 3

Isolation sur dalle massive; ev. doublage d'isolation

Fibres de bois résist. à la compression ca. 0.04W/mK
Fibres minérales résist. à la compression ca. 0.04W/mK

Froid



Chaud

© CCTP

Il peut être parfois judicieux de ne pas isoler toute la surface de la toiture, mais de laisser les sur-combles non chauffés, voire l'ensemble du grenier. Le plancher entre zone chaude et zone froide peut alors être isolé.

Couche d'isolation supplémentaire au-dessus du plancher des combles

Une isolation supplémentaire en pleine surface est souvent relativement facile à réaliser sur le plancher des combles. Sur le côté chaud de l'isolant, un frein-vapeur devrait être mis en œuvre afin de limiter la diffusion de la vapeur.

Isolation entre poutres

Afin de limiter les déperditions thermiques, il est judicieux de mettre en œuvre une isolation entre les poutres existantes. Dans ce cas, il convient d'observer plusieurs points: le raccordement étanche du frein-vapeur doit être assuré, un nouveau revêtement de plafond peut être nécessaire et les moyens nécessaires au démontage et à l'évacuation de l'ancien remplissage entre les poutres ne doivent pas être sous-estimés.

Cette mesure peut être combinée avec une couche d'isolation supplémentaire au-dessus des poutres.

Lorsque l'isolation supplémentaire est disposée au-dessus des faux entrails, l'espace supérieur reste alors froid. Afin d'empêcher les ponts thermiques des précautions doivent être prises pour assurer une transition adéquate de cette couche isolante à l'isolation disposée dans la pente du toit. L'étanchéité à l'air (frein ou pare-vapeur) doit être continue, sans lacunes.

Lorsque le plancher des sur-combles est isolé entre poutres (option 1) une couche d'isolation supplémentaire peut être mise en œuvre du côté du local – si la hauteur de la pièce le permet et si les risques liés à la physique du bâtiment pour une isolation intérieure sont pris en compte.



© CCTP

Production de chaleur						
Importance environnementale	Vecteur énergétique	Technique	Avantages	Inconvénients	Eau chaude	
Emissions CO ₂	Énergie non renouvelable	mazout	Chaudière à condensation murale ou posée au sol	<ul style="list-style-type: none"> faible investissement 	<ul style="list-style-type: none"> émissions CO₂ place de la citerne 	installation solaire compacte judicieuse Taux de couverture: 50%
		gaz	Chaudière à condensation modulable murale ou posée au sol	<ul style="list-style-type: none"> faible investissement pas de stock de combustible 	<ul style="list-style-type: none"> émissions CO₂ plus faibles que pour le mazout 	
	Énergie renouvelable	pompe à chaleur (électricité)	Pompe à chaleur air-eau	<ul style="list-style-type: none"> presque CO₂-neutre fonctionnement simple faible encombrement 	<ul style="list-style-type: none"> Investissements élevés pour sondes géothermiques Risque de nuisances sonores à défaut de conception adéquate pour pompes à chaleur air-eau 	installation solaire compacte partiellement judicieuse
			Pompe à chaleur sonde géothermiques			
	Énergie renouvelable	bois	pellets	<ul style="list-style-type: none"> CO₂-neutre combustible renouvelable indigène 	<ul style="list-style-type: none"> poussières fines stock de combustible 	installation solaire compacte très judicieuse
			bûches			
			plaquettes			
fourneau						
Énergie renouvelable	solaire	Installation solaire: Surface des collecteurs 10% de la surface chauffée. Installation complémentaire nécessaire	<ul style="list-style-type: none"> source d'énergie gratuite fonctionnement simple 	<ul style="list-style-type: none"> ne couvre qu'une part de l'énergie de chauffage source alternative nécessaire 	chauffage de l'eau avec l'énergie solaire	

! Pour une prise en compte globale des coûts d'investissement, de l'énergie et d'entretien, le calculateur du besoin de chaleur pour le chauffage est un soutien précieux: www.energysystems.ch

! Le raccordement à un réseau de chauffage existant est une alternative valable à l'approvisionnement individuel.

© CCTP

Un élément central de la rénovation est le concept d'approvisionnement en chaleur. Le choix de la source d'énergie doit être pris en compte dans chaque cas individuel. Dans l'idéal, la production de chaleur utilise la chaleur de l'environnement ou est basée sur des sources d'énergie renouvelables. A Rigi Kaltbad, les conditions géologiques ne permettent pas d'utiliser l'énergie géothermique. Si l'on veut recourir directement aux sources d'énergie renouvelables pour la production de chaleur, le chauffage au bois semble aller de soi. La gamme s'étend des fourneaux à bois traditionnels fonctionnant avec des bûches au chauffage entièrement automatisé sur la base de



© CCTP

granulés de bois. Il est également possible d'utiliser des pompes à chaleur. Celles-ci extraient la chaleur de l'air ambiant pour alimenter un système de chauffage (pompes à chaleur air/eau). Malgré les températures hivernales négatives, de tels systèmes ont un rendement global nettement supérieur à celui des résistances électriques, bien qu'ils nécessitent également une quantité appréciable d'électricité. Idéalement, cette énergie devrait être renouvelable, générée par exemple par des systèmes photovoltaïques (comme décrit au chapitre suivant). Cependant, pour important que soit le choix du système de production de chaleur, il ne faut pas oublier que le plus grand potentiel environ-



© Meyer Burger (Suisse) SA

nemental et économique réside dans la réduction de la demande de chaleur. Cette réduction est atteinte à travers d'une part le concept «l'enveloppe avant la technologie» d'autre part les concepts de technique du bâtiment. Des capteurs solaires par exemple peuvent réduire considérablement les besoins en énergie pour le traitement de l'eau chaude, ou un système de ventilation avec récupération de chaleur peut prévenir les pertes énergétiques par l'ouverture prolongée des fenêtres.



Des informations complémentaires sur le bois énergie peuvent être obtenues sur le site d'Energie-Bois Suisse: www.energie-bois.ch



© CCTP

Installations solaires thermiques (ST)

Le capteur convertit l'énergie solaire en chaleur. Celle-ci est acheminée via des fluides caloporteurs vers un échangeur de chaleur et un stockage. Les installations solaires thermiques fournissent l'énergie sous forme d'eau chaude. Aujourd'hui, les capteurs plats qui peuvent être installés en façade ou en toiture sont courants. Les installations en toiture peuvent être indifféremment disposées sur des toits plats ou en pente. Si les composants sont intégrés aux éléments de construction, il est possible de se passer d'un matériau de revêtement de toiture et/ou de façade supplémentaire et le système forme une unité avec l'enveloppe du bâtiment, également d'un point de vue esthétique.

Les systèmes intégrés aux façades sont particulièrement adaptés au chauffage (même pour les systèmes de chauffage à haute température) en raison de leur inclinaison – le soleil plat en hiver est ainsi valorisé de façon optimale. Le rendement bien qu'inférieur en été est encore suffisant pour la production d'eau chaude.

Les systèmes sur des toits inclinés exploitent l'énergie surtout au printemps, en été et au début de l'automne. Selon la surface, il faut parfois s'attendre à un surplus. Il peut être alors judicieux de partager l'installation avec un voisin ou un gros consommateur dans le quartier. L'apport énergétique de l'énergie thermique dépend du concept et du rayonnement solaire, qui dépend à leur tour de la situation géographique et du positionnement de l'installation. Le rendement varie entre 500 kWh et 800 kWh par mètre carré et par an, mais peut aussi être beaucoup plus élevé.



Avec le calculateur solaire, vous pouvez obtenir une première estimation du potentiel pour n'importe quel endroit en Suisse: www.suisseenergie.ch

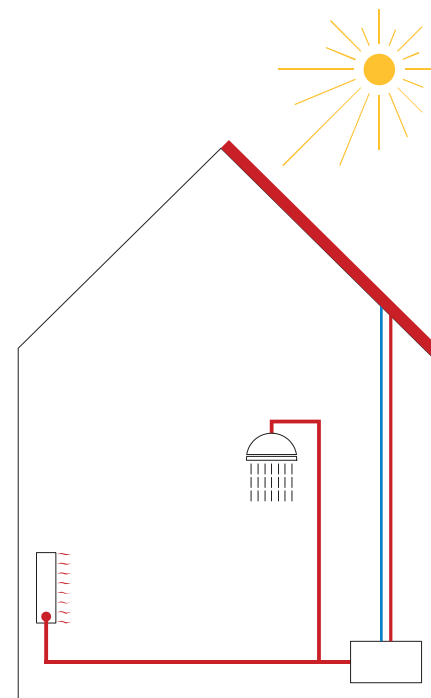


Schéma d'une installation solaire thermique (ST) pour la préparation de l'eau chaude et le chauffage

© CCTP

Installations photovoltaïques (PV)

Les installations photovoltaïques (PV) permettent de convertir directement l'énergie lumineuse en énergie électrique au moyen des cellules solaires. Le courant continu généré est ensuite converti par un onduleur en courant alternatif.

L'électricité produite par les modules PV, autorisent le fonctionnement d'une pompe à chaleur, des appareils électroménagers, voire des véhicules électriques. Les surplus peuvent être injectés dans le réseau ou stockés localement (batteries d'accumulateur).

Les systèmes PV actuels peuvent être entièrement intégrés dans le toit ou la façade. Les systèmes en toiture peuvent être installés indifféremment sur des toits en pente ou sur des toits plats. Si les composants sont intégrés aux éléments de construction, ils peuvent même remplacer le matériau de revêtement de toiture et/ou de façade et le système forme alors une unité avec l'enveloppe du bâtiment, également d'un point de vue esthétique. La puissance électrique pour l'intégration de la façade en orientation sud peut être estimée à environ 740 kWh par an et kWp.



«kWp» est le nom donné à la puissance électrique de pointe d'un système PV. Cette grandeur est utilisée pour comparer les installations dans des conditions d'essai normées. Le «p» signifie «peak» et renseigne sur la «puissance de pointe». Il convient cependant de noter que la puissance effective (production en kWh) dépend également de l'orientation du module vers le sud, de son inclinaison, de la durée de production (h utiles) et de la technologie choisie. Par conséquent, il est préférable de consulter un spécialiste. Le calculateur solaire permet également une première estimation: www.energiesuisse.ch

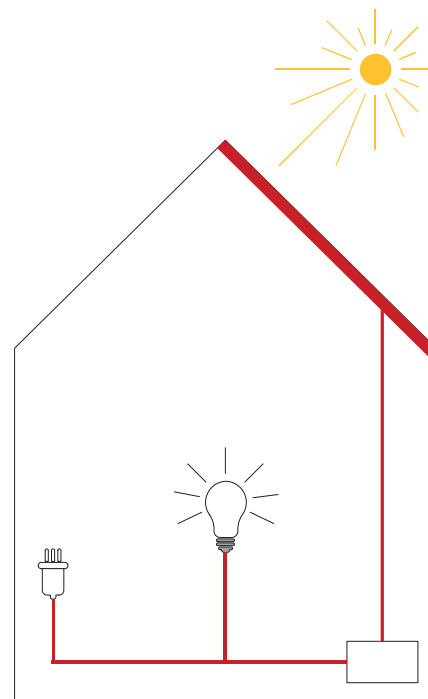


Schéma d'une installation photovoltaïque (PV) produisant de l'électricité

© CCTP

Collecteurs hybrides (PVT)

L'objectif d'un collecteur hybride est la combinaison de deux technologies distinctes: le système ST et le système PV. Le collecteur génère alors à la fois de l'énergie thermique et électrique. Le collecteur hybride présente en outre l'avantage de tirer parti de l'énergie transmise au capteur thermique pour refroidir le système photovoltaïque dont le rendement énergétique est ainsi maximisé.

L'énergie électrique produite par les collecteurs hybrides autorise le fonctionnement d'une pompe à chaleur, des appareils électroménagers voire des véhicules électriques. Les surplus peuvent être injectés dans le réseau ou stockés localement (batteries d'accumulateur).

L'énergie thermique extraite du collecteur hybride est particulièrement adaptée au chauffage à basse température. Cette énergie peut ainsi servir, par exemple, de source alternative de chaleur pour la pompe à chaleur, être utilisée pour la régénération des sondes géothermiques, en combinaison avec un accumulateur de glace et/ou pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire.

Les systèmes PVT peuvent aujourd'hui être aussi bien installés sur des toits plats que des toitures inclinées.



Toutes les spécifications des systèmes ST, PV et PVT se réfèrent à une situation idéale sans tenir compte de l'obstruction de l'horizon ou de l'ombrage causés par les arbres ou des toitures à proximité.

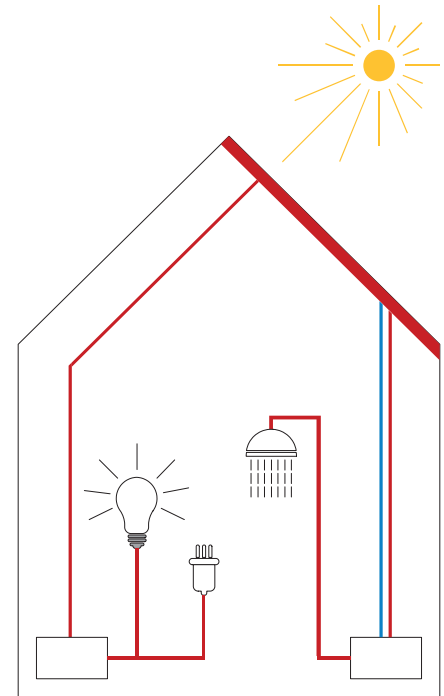


Schéma d'une installation hybride (PVT) produisant à la fois de l'électricité et de la chaleur

© CCTP

Comment intégrer l'énergie renouvelable dans une maison en bois ?

Intégration en toiture

En cas de rénovation de toiture, en particulier avec des toits inclinés, la faisabilité d'un système PV intégré devrait être étudiée. Les sites dans les régions de montagne sont particulièrement adaptés, en raison de leurs valeurs élevées de rayonnement solaire et de leur situation au-dessus de la limite du brouillard. En fonction de l'inclinaison des modules, le glissement de la neige doit être pris en compte en hiver.

Il est possible d'intégrer un système PV dans un toit incliné, en substituant la couverture faite d'un matériau «normal», non solaire. «Les tuiles solaires» (tuile en argile avec cellules solaires intégrées) ne peuvent pas être prises en compte dans ces cas en raison de l'altitude des régions de montagne supérieure à 1000–1200 mètres.



© Meyer Burger (Suisse) SA



© Meyer Burger (Suisse) SA



© clevergie GmbH



© Meyer Burger (Suisse) SA

Composition de toiture

La composition de toiture d'un système photovoltaïque convient aux toits plats, tels que les ateliers, les garages, les abris pour bicyclettes ou autres. Dans ce type de constructions en plaine, les surfaces solaires sont peu présentes dans l'environnement construit. Sur des versants en revanche, la conception doit parfois intégrer également le site. La production électrique d'un système monté en toiture avec une orientation sud s'élève à environ 1100 kWh par an et par kWp. Lors d'une orientation est ou ouest, la production annuelle est d'environ 870 kWh par kWp.

Intégration en balcon

L'intégration dans les balcons est un défi en termes de design et de technique. La petite taille des surfaces nécessite généralement des produits sur mesure. Les sous-structures doivent être adaptées à diverses structures de garde-corps ou de parapets. Les modules PV et ST peuvent devenir très chauds – avec pour conséquence une chaleur rayonnante dans la zone des terrasses et des balcons. Le séjour en été dans ces espaces n'est alors pas confortable. En été, des températures telles sont atteintes, qu'il est pratiquement impossible de toucher les éléments. Dans les habita-

tions multifamiliales ou les nouvelles constructions, l'intégration dans les balcons est plus facile à résoudre que dans la rénovation. Ces inconvénients et les coûts de construction relativement élevés vont de pair avec une production plutôt faible due aux petites surfaces.

Intégration en façade

Un système PV intégré à la façade peut être considéré comme une façade ventilée. Il est à noter qu'il faut disposer d'une isolation suffisante derrière le collecteur (ST) pour éviter que la chaleur ne pénètre dans la pièce en été. Dans un système PV, une bonne ventilation augmente l'efficacité des modules. Pour optimiser le rendement, les collecteurs et les modules doivent toujours être planifiés dans le contexte de l'environnement. Avec une intégration dans la façade orientée vers le sud, on peut s'attendre à ce que la production par kWp atteigne environ 740 kWh par an.

Dans le cas de rénovation de façades, il faudrait toujours vérifier si l'intégration de systèmes solaires (ST, PV ou PVT) est possible. Bien que l'intégration en façade représente dans la plupart des cas une solution particulière, elle peut également participer à l'expression des façades.



Modules PV à St. Moritz. Façade, fenêtres et modules forment une unité visuelle et reflètent les alentours

© Meyer Burger (Suisse) SA

! Voir les explication de «kWp» à la page 40

! Les modules peuvent être ombragés par des arbres ou des arbustes, des parties de bâtiments ou des objets environnants, avec pour conséquence une réduction significative de la production, voire la destruction des modules.

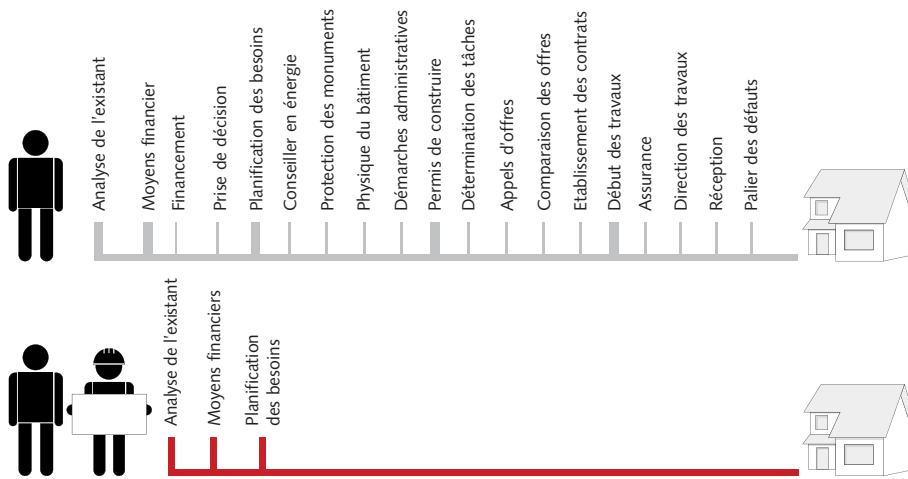
Etape 3.3 – Qui fait quoi ?

Une question importante est: qui doit être impliqué dans le processus et à quel moment? Les professionnels qualifiés en physique du bâtiment, en planification des coûts ou en gestion de l'énergie aident à analyser et à planifier les besoins. Ils peuvent apporter un soutien précieux lors des contrôles énergétiques, des évaluations de l'existant ou pour l'élaboration d'un budget. Le choix des concepteurs est important: il est naturel que chacun conseille selon son domaine de compétence. La connaissance de la construction en bois et une expérience appropriée sont donc essentielles. Des architectes expérimentés dans les bâtiments anciens et dans la construction en bois peuvent ainsi coordonner la planification. Les communes sont également des interlocuteurs qui peuvent renseigner autant en termes d'autorisation de construire que de subventions disponibles.

Les professionnels qualifiés aident également dans la phase de concept en évaluant les différentes influences et interactions sur la mesure prévue. Ils sont à même d'apprécier la pertinence des interventions en relation à l'utilisation souhaitée. Les planificateurs de

coûts sont utiles à ce stade, afin d'évaluer les offres rendues par les entreprises. Les conseils des experts sont aussi adéquats à ce stade. Avant la mise en œuvre, toutes les restrictions telles que d'éventuelles périodes cadres doivent être convenues avec la commune:

ainsi des restrictions s'appliquent parfois au transport ou à la construction elle-même (saison touristique, fermetures de routes dues aux conditions météorologiques, etc.). L'assurance de construction nécessaire devrait également être clarifiée.



© CCTP

EPILOGUE

Synthèse

Cette brochure, comme un «fil rouge», a pour but d'illustrer la complexité des paramètres d'influence sur une réhabilitation couronnée de succès. Elle souhaite en outre encourager le lecteur à ne pas être découragé par les embûches qui semblent émailler le chemin. Avec une approche prudente et réfléchie, un concept global solide et l'expertise nécessaire, des succès convaincants peuvent être obtenus même avec des moyens relativement modestes. Les ressources investies dans la conception sont ainsi souvent payées en retour.

En conclusion, ce qui s'applique au petit vaut aussi pour le grand: tout est lié. Comme il n'est pas judicieux de remplacer les fenêtres sans considérer l'ensemble de la maison, la maison ne peut être évaluée indépendamment de son environnement. Si l'on change un paramètre, l'autre évolue aussi. Dans cette optique, toute rénovation peut devenir un enrichissement durable. De nombreuses réhabilitations probantes en Suisse et ailleurs témoignent ainsi que les moyens investis portent leurs fruits sous de nombreux aspects.



Liens utiles et autres informations

Les cantons proposent pour certains des conseils énergétiques, téléphoniques ou personnalisés. Des informations sur l'offre de conseil, les mesures de subvention actuelles et d'autres informations peuvent être trouvées sur les sites Internet respectifs des cantons.

Informations sur Internet à propos de l'énergie et du patrimoine bâti

Patrimoine et énergie

Concilier bâti historique et exigences en matière de consommation d'énergie

www.bak.admin.ch

Domus Antiqua Helvetica

Association qui promeut la sauvegarde des demeures historiques, qu'il s'agisse de maisons contiguës en ville, de fermes, de chalets, de châteaux ou de manoirs. Les membres sont les propriétaires de demeures historiques ainsi que les propriétaires de demeures modernes dignes de protection.

www.domusantiqua.ch

Energie et monuments historiques

Série d'ouvrages détaillant l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments appartenant au patrimoine, publiés exclusivement sous forme électronique par les services en charge des monuments historiques des cantons de Berne et de Zurich (disponible pour l'instant uniquement en allemand).

Energie und Baudenkmal I – Gebäudehülle

Propositions pour la qualité et la gestion mesurée de la rénovation énergétique de l'enveloppe du bâtiment

www.are.zh.ch

Energie und Baudenkmal II – Fenster und Türen

Propositions pour la qualité et la prise en compte des portes et fenêtres historiques dans le respect du patrimoine et d'une gestion mesurée de l'énergie

www.are.zh.ch

Energie und Baudenkmal III – Haustechnik

Propositions pour la qualité et la prise en compte des installations de la technique du bâtiment (éclairage, chauffage, ventilation) dans la réhabilitation des bâtiments.

www.are.zh.ch

Energie und Baudenkmal IV – Solarenergie

Propositions pour une intégration de qualité de l'énergie solaire dans les monuments architecturaux

www.are.zh.ch

Information sur Internet sur le thème des réhabilitations

CECB Certificat énergétique cantonal des bâtiments

Informations et conseil sur le Certificat énergétique cantonal des bâtiments
www.CECB.ch

Rénovation énergétique – Guide pour les maîtres d'ouvrage

Connaissances de base complètes en matière de rénovation énergétique, d'énergies renouvelables dans le secteur du bâtiment ainsi que de questions de financement et de possibilités de subventions.
www.bfe.admin.ch

Rénovation des bâtiments

Comment des mesures ciblées réduisent de moitié la consommation d'énergie dans une maison individuelle.
www.bfe.admin.ch

Rénovation énergétiquement correcte des immeubles locatifs

Recommandations pour la rénovation stratégique des bâtiments
www.bfe.admin.ch

Informations sur internet sur le thème des énergies renouvelables et du chauffage

Chauffez futé

Votre chauffage gratuit un an sur six
www.bfe.admin.ch

Guide pratique des installations solaires

Informations sur les installations solaires dans le cadre de la loi sur l'aménagement du territoire
www.suisseenergie.ch

Energie du bois:

Aide-mémoire pour investisseurs

Informations et conseils pour la réalisation de chauffage à bois dans de grands bâtiments existants
www.energie-bois.ch

Le soleil et le bois pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage

Deux sources d'énergie parfaitement complémentaires
www.swissolar.ch

Chauffer au bois

Information sur le chauffage d'appoint ou le chauffage principal dans les maisons d'habitation.
www.energie-bois.ch

L'énergie solaire en Suisse plus attractive que jamais?

Informations d'Energie Suisse sur le potentiel, le modèle économique, la technologie et l'esthétique
www.suisseenergie.ch

Chaleur et électricité par la force du soleil

Un guide destiné aux maîtres d'ouvrage et à tous les autres professionnels de la branche.
www.swissolar.ch

Journal à l'intention des propriétaires fonciers

Information du programme SuisseEnergie en matière d'efficacité énergétique, d'énergies renouvelables et de mobilité durable.
www.bfe.admin.ch

IMPRESSUM

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**

FH Zentralschweiz



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV
Plan d'action bois

Editeur

Lignum, Zurich, en association avec Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP) der Hochschule Luzern – Technik & Architektur, 2017

Cette publication est le résultat du projet «Construction en bois + Energie renouvelable» qui a été mené de 2015 à 2017 sous la coordination de la Hochschule Luzern – Technik & Architektur (CCTP)

Soutien du projet

Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Plan d'action bois

Hochschule Luzern – Interdisziplinärer Schwerpunkt Tourismus und nachhaltige Entwicklung (IDS TunE)
Pirmin Jung Ingenieure AG, Haupt AG – Team Holzbauarchitektur, Bisang Holzbau AG, Meyer Burger (Suisse) SA, Pavatex SA, Elektrizitätswerk Schwyz AG

Partenaires de recherche

Hochschule Luzern – Technik & Architektur
Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP)
Zentrum für Integrierte Gebäudetechnik (ZIG)

Hochschule Luzern – Wirtschaft
Institut für Tourismuswirtschaft (ITW)

Hochschule Luzern – Soziale Arbeit
Institut für Soziokulturelle Entwicklung (ISE)

Centre de Recherches Énergétiques
et Municipales (CREM)

Groupe d'auteurs de la haute école lucernoise

Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP)
Sonja Geier, Uli Matthias Herres, Ulrike Sturm

En collaboration avec

Pirmin Jung Ingenieure AG
Daniel Müller, Stefan Grüter

Haupt AG, Team Holzbauarchitektur
Urs Aregger

Bisang Holzbau AG
Raffaele Kunz

Meyer Burger (Suisse) SA
Heinz Friedli

Pavatex SA
Michael Stadelmann, Stefan Huber

Elektrizitätswerk Schwyz AG
Roman Gwerder

Gemeinde Weggis
Baptist Lottenbach

Image de couverture

© CCTP

Figures

Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP), Frank Keikut

Mise en page

BN Graphics GmbH, Zurich

Traduction

Denis Pflug, Lignum Office romand

Impression

Kalt Medien, Zoug