

La remise en état de toits à pans inclinés

Autor(en): **Joss, Sandro / Ragonesi, Marco**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **116 (1990)**

Heft 23

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77312>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La remise en état des toits à pans inclinés

Contrairement au toit plat, le toit à pans inclinés jouit d'une grande popularité et, de ce fait, il est rare qu'on fasse état de défauts constatés ou de dommages survenus sur des toits à pans inclinés. Alors, pourquoi parler de «remise en état des toits à pans inclinés» ?

Dans les milieux spécialisés, le toit à pans inclinés sur un comble froid, qui constitue une zone tampon climatique, est considéré comme un élément de construction indiscutablement sans problème. En ce qui concerne les toits à pans inclinés avec isolation thermique sur des locaux habitables chauffés, en revanche, des défauts apparaissent souvent, entraînant souvent aussi des endommagements. La norme SIA 238 «Isolation thermique des toits à pans inclinés» (édition 1988) en tient compte quand elle fixe le niveau actuel de la technique dans ce domaine.

Dans ce qui suit, nous traitons des endommagements et défauts qui apparaissent le plus fréquemment sur les toits à pans inclinés, de leur origine et des possibilités de remise en état.

Terminologie

Dans la norme SIA 238, le toit à pans inclinés est défini comme un «toit dont les pans ont une inclinaison permettant une couverture en éléments plats imbriqués («en écailles»)). La norme SIA 238 distingue deux systèmes de construction différents :

- le toit à pans semi-ventilés en tant que «toit à pans inclinés pourvus d'une couche d'isolation thermique, mais ne comportant aucune circulation d'air extérieur entre l'isolation thermique et la sous-couverture» ;
- le toit à pans ventilés en tant que «toit à pans inclinés pourvus d'une couche d'isolation thermique et comportant, entre cette dernière et la sous-couverture, un espace où circule l'air extérieur».

PAR SANDRO JOSS
ET MARCO RAGONESI,
SARNEN

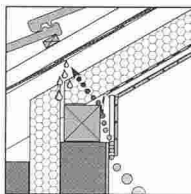
Cette systématique de la construction permet une multitude de variantes de construction. Pour un toit à pans semi-ventilés, la couche d'isolation thermique peut se trouver aussi bien sur la structure porteuse qu'entre les éléments qui la composent. Pour un toit à pans ventilés, la couche d'isolation thermique peut être disposée au-dessus de la structure porteuse, entre les éléments qui la composent, ou au-dessous.

Le présent article se limite aux systèmes de construction les plus fréquents :

- le toit à pans semi-ventilés avec couche d'isolation thermique située au-dessus de la structure porteuse ;
- le toit à pans ventilés avec couche d'isolation thermique située entre les éléments qui composent la structure porteuse.

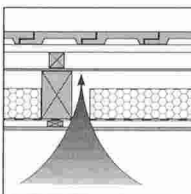
Les défauts les plus fréquentes

Même si elles ne font pas l'objet de beaucoup de publicité étant donné qu'elles ne touchent le plus souvent «que» les propriétaires de villas et de maisons familiales, les défauts que nous allons évoquer et qui, pour les toits à pans inclinés avec isolation thermique, apparaissent malheureusement fréquemment, sont malgré tout fâcheuses et coûteuses.



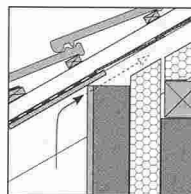
L'étanchéité à l'air sur la face interne n'est pas assurée :

- apparition de courants d'air
- dégagement de condensation, humidité de la structure du bâtiment
- augmentation des pertes thermiques par aération.



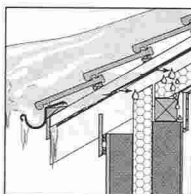
Ponts thermiques, défauts dans la couche d'isolation thermique :

- taches foncées, moisissures
- dégagement de condensation en surface
- augmentation des pertes thermiques par transmission.



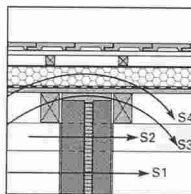
Pour les toits à pans ventilés, l'aération entre la couche d'isolation thermique et la sous-couverture n'est pas assurée :

- l'humidité présente (bois «mouillé») n'est pas éliminée, la charpente est endommagée ;
- l'humidité dégagée (diffusion de vapeur, perméabilité à l'air) n'est pas éliminée ;
- la condensation secondaire n'est pas éliminée.



L'étanchéité à l'eau n'est pas assurée :

- infiltrations par de l'eau de refoulement
- infiltrations vers les raccords et fermetures de bord, et vers les pénétrations
- infiltrations par des sous-couvertures non étanches.



Le raccord entre le mur de séparation d'immeuble et le toit à pans inclinés est un point faible acoustique :

- augmentation des transmissions indirectes
- influence néfaste sur l'isolation phonique du mur de séparation.

Ce sont souvent plusieurs défauts différents qui, par leurs effets cumulés, provoquent des endommagements. Par conséquent, pour faire d'une construction de toit à pans inclinés déficiente, s'accompagnant d'endommagements, un système efficace, plusieurs mesures doivent en général être prises, qu'il faut coordonner les unes avec les autres. Pour chacune des défauts que nous

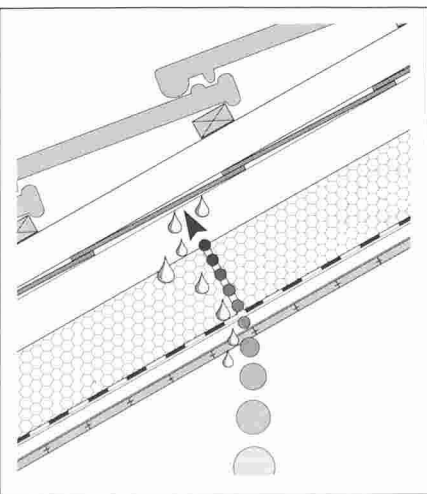
venons de passer en revue, nous parlerons des endommagements qu'elles provoquent, des exigences à satisfaire selon les normes en vigueur, enfin des mesures qui permettent soit de remédier à la défectuosité constatée, soit d'adapter le toit à pans inclinés aux exigences en vigueur.

Dans la pratique, c'est à l'expert en bâtiment qu'il incombe de choisir pour chaque cas le genre et la procédure de remise en état spécifiquement adaptés à la construction existante ou aux défectuosités constatées.

L'étanchéité à l'air sur la face interne est déficiente

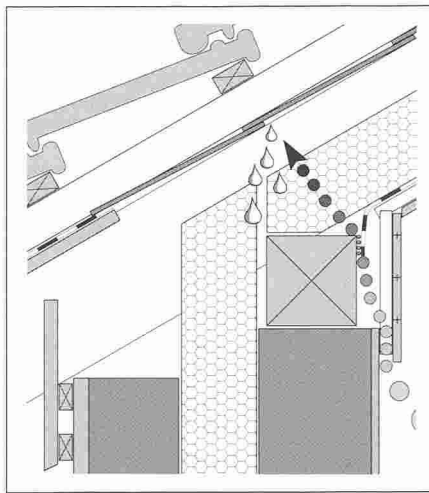
Un grand nombre des endommagements qui apparaissent sur un toit à pans inclinés avec isolation thermique sont dus à des défectuosités au niveau de l'étanchéité à l'air sur la face interne. Le sachant, on a modifié en conséquence les modes de construction. C'est ainsi qu'on s'est mis à la pose séparée des barrières de vapeur (ou pare-vapeur) et des feuilles d'étanchéité à l'air sur les systèmes de toits à pans ventilés (par opposition aux barrières de vapeur collées sur la couche d'isolation thermique) ou aux constructions spéciales d'avant-toits sur les toits à pans semi-ventilés, afin de remédier aux pénétrations dans la zone de la gouttière.

Endroits à problèmes



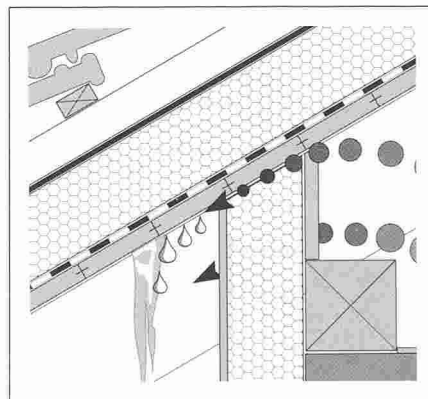
Pour les joints longitudinaux des matériaux d'isolation thermique souples avec un pare-vapeur et une feuille d'étanchéité à l'air cachetés:

- un bandeau adhésif nécessaire à l'étanchéité à l'air n'existe pas sur les joints longitudinaux ou ne peut pas y être suffisamment comprimé.



Zone de la gouttière pour une structure de toit à pans ventilés:

- «absence de matériau» sur le raccord étanche à l'air pour les pare-vapeur et feuilles d'étanchéité cachetés
- les pare-vapeur et feuilles d'étanchéité à l'air séparés ne sont pas raccordés de manière étanche à l'air.

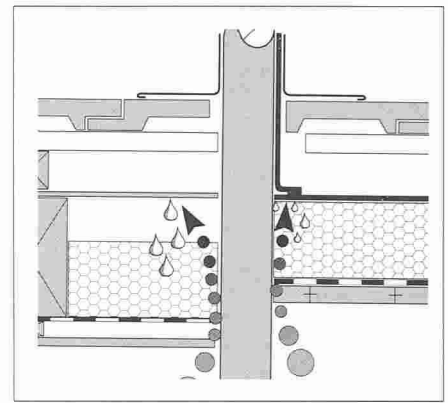


Zone de la gouttière pour une structure de toit à pans semi-ventilés:

- le lambrisage n'est pas interrompu et le raccord étanche à l'air n'a pas été fait;
- les pare-vapeur et feuilles d'étanchéité à l'air ne sont pas raccordés de manière étanche à l'air aux chevrons traversants ni à la maçonnerie, par exemple, ou alors insuffisamment.

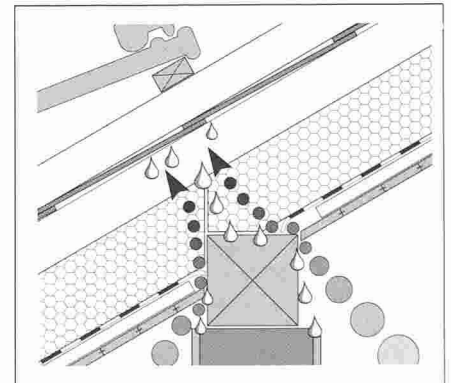
Dommages caractéristiques

Les défauts d'étanchéité à l'air d'une part influent négativement sur le confort des pièces (apparition de courants d'air) et d'autre part aggravent les pertes thermiques par aération. Contrairement aux dégagements de condensation dus à un passage d'air, qui provoquent un endommagement primaire, les effets illustrés ci-dessus n'apparaissent pas de manière visible à l'œil. L'air ambiant chaud et humide



Pénétrations sur toits à pans semi-ventilés et toits à pans ventilés:

- les pare-vapeur et feuilles d'étanchéité à l'air ne sont pas raccordés de manière étanche aux éléments de construction traversants.



Pannes faitières et centrales, murs intermédiaires sur des structures de toit à pans ventilés:

- «absence de matériau» sur le raccord étanche à l'air pour des pare-vapeur et feuilles d'étanchéité cachetés
- les pare-vapeur et feuilles d'étanchéité séparés ne sont pas raccordés de manière étanche.

(par exemple $v_i = +20^\circ\text{C}$, $\varphi_i = 50\%$) s'écoule sans obstacle dans la zone froide de la construction (par exemple sous la sous-couverture ou l'avant-toit), élimine l'eau en surplus à la suite d'un refroidissement inférieur à la température du point de rosée, eau qui humidifie la construction (charpente, couche d'isolation thermique, revêtement de plafond, etc.), ou gèle et provoque la formation de givre ou de glace (zone de l'avant-toit).

La norme et ses exigences

La norme SIA 180 « Isolation thermique dans le bâtiment » (édition 1988) fixe les valeurs limites pour la perméabilité à l'air maximale de l'enveloppe du bâtiment. La valeur déterminante est le n_{L50} qui est mesuré selon un procédé de pression différentielle et qui permet de définir la perméabilité à l'air ou l'étanchéité à l'air de l'ensemble de l'enveloppe du bâtiment, en tant que somme de tous les éléments de construction différents. Le dépassement des valeurs limites n_{L50} supérieures est le plus souvent lié à des dommages sur les éléments de construction légers, tels que les systèmes de toits à pans inclinés.

La norme SIA 238 définit les exigences suivantes pour la feuille d'étanchéité à l'air et la barrière de vapeur (ou pare-vapeur) :

- chiffre 2.22 : on assurera l'étanchéité des raccords entre les feuilles d'étanchéité à l'air et les ouvrages contigus ou les pénétrations ;
- chiffre 4.11 : les matériaux utilisés seront étanches à l'air et se prêteront à la réalisation de joints et de raccords également étanches ;
- chiffre 5.21 : les recouvrements et les joints des feuilles d'étanchéité à l'air, de même que les raccords et les fermetures, seront rendus durablement étanches ; les recouvrements libres ne sont pas admissibles.

Mesures d'assainissement

C'est une vérité d'évidence : pour remédier aux défauts d'étanchéité à l'air existants, afin que l'enveloppe du bâtiment satisfasse à la valeur limite n_{L50} requise selon la norme SIA 180 et que la construction réponde aux exigences définies dans la norme SIA 238, les mesures prises doivent être adéquates.

Mais quelles sont les mesures adéquates ?

A cette question, la réponse varie selon les cas et selon les considérations suivantes :

1. Il est en général très difficile, voire impossible, de rendre étanches après coup des toits à pans inclinés non étanches, notamment quand on a affaire à des barrières de vapeur et des feuilles d'étanchéité à l'air cachetées sur des matériaux d'isolation thermique souples.
2. En utilisant un pistolet à mastic pour réaliser après coup des raccords étanches à l'air, on obtiendra des résultats qui ne seront guère satisfaisants à long terme.
3. Lorsque les barrières de vapeur et les feuilles d'étanchéité à l'air sont posées séparément et qu'elles sont étanches à l'air en surface, on peut ensuite assurer l'étanchéité à l'air à certains endroits, par exemple au niveau des pénétrations.

4. Pour les barrières de vapeur et les feuilles d'étanchéité à l'air cachetées (toits à pans ventilés), il est souvent nécessaire de poser après coup des feuilles d'étanchéité à l'air séparées. Cela peut se faire de deux manières :

- directement sur la barrière de vapeur collée, après démontage du revêtement de plafond et du lattage
- sur le revêtement de plafond existant, avec un lattage et un revêtement de plafond supplémentaires.

Les barrières de vapeur et les feuilles d'étanchéité à l'air posées après coup doivent naturellement être raccordées, sur la face interne et de manière étanche à l'air, aux éléments de construction contigus et traversants.



Pose après-coup de la barrière de vapeur (ou du pare-vapeur) raccordée de l'intérieur et de manière étanche à l'air.

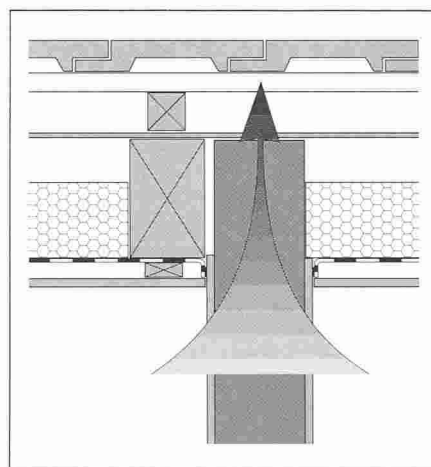


Selon la norme SIA 238, les conduites électriques et autres installations similaires seront posées côté interne de la feuille d'étanchéité à l'air. Ce tube électrique est posé au-dessus de pare-vapeur et de la feuille d'étanchéité, qu'il traverse. Le pare-vapeur doit être raccordé de manière étanche au tube électrique traversant.

Ponts thermiques et défauts dans la couche d'isolation thermique

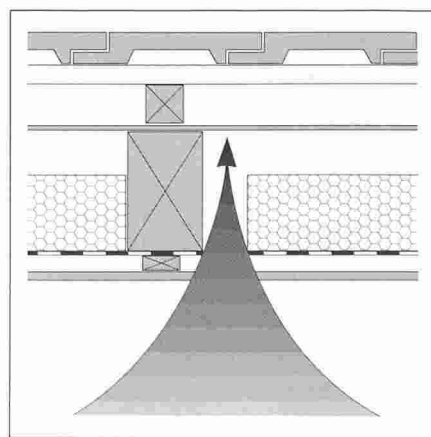
Outre les « ponts thermiques » inhérents au système du toit à pans ventilés et dus au fait que la couche d'isolation thermique est traversée par des sections de bois (chevrons) - ce dont il faut tenir compte, selon la norme SIA 180, en calculant la valeur k des constructions non homogènes -, il est d'autres ponts thermiques qui sont évitables, ainsi que des lacunes à proprement parler au niveau de la couche d'isolation thermique, qui sont souvent importantes.

Endroits à problèmes



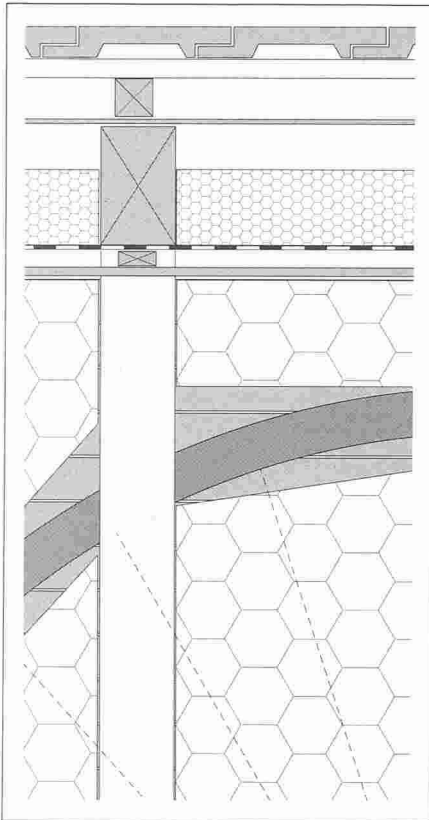
Pont thermique pour mur intermédiaire :

- les murs intermédiaires et autres sont maçonnés jusqu'au niveau supérieur des chevrons ;
- la couche d'isolation thermique n'est pas posée en continu.



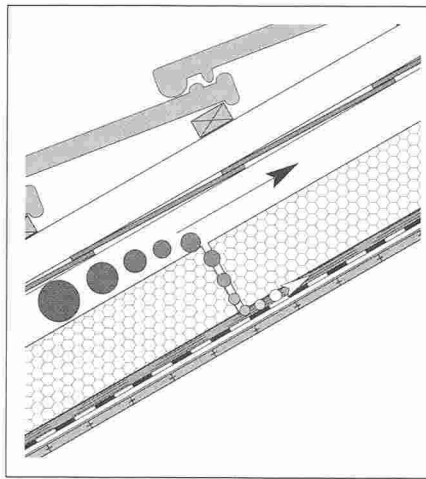
Défaut de la couche d'isolation thermique dans la zone des chevrons :

- la largeur de la couche d'isolation ne correspond pas à l'écartement des chevrons ;
- pour les couches d'isolation avec pare-vapeur cacheté, ce défaut n'est pas perceptible pour le responsable des travaux.



Défaut de la couche d'isolation thermique dans les plans à géométrie non orthogonale :

- étant donné la complexité et l'importance du travail que cela représente, la couche d'isolation n'a pas été posée, ou incomplètement seulement, ou elle a été mal ajustée.



L'air extérieur froid pénètre par le vide d'aération dans la zone située entre la couche d'isolation thermique et la barrière de vapeur (ou pare-vapeur). La couche d'isolation est parcourue par l'air froid, le pouvoir isolant est diminué et le bâtiment refroidi :

- couche d'isolation non posée en continu
- vide d'air entre couche d'isolation et barrière de vapeur/feuille d'étanchéité.

Dommages caractéristiques

Ces points faibles dans le système thermique ont pour conséquence un accroissement des pertes thermiques par transmission. L'augmentation du flux thermique refroidit en outre les éléments de la construction, ce qui peut entraîner des taches foncées (dépôts de diffusion thermique), la formation de moisissures ou même de la condensation en surface.

La norme et ses exigences

Selon la norme SIA 180, il faut respecter, pour k , une valeur minimale de $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, étant précisé que pour les constructions à faible masse ($< 50 \text{ kg/m}^2$ sans couverture aérée), k doit prendre une valeur plus élevée (confort thermique).

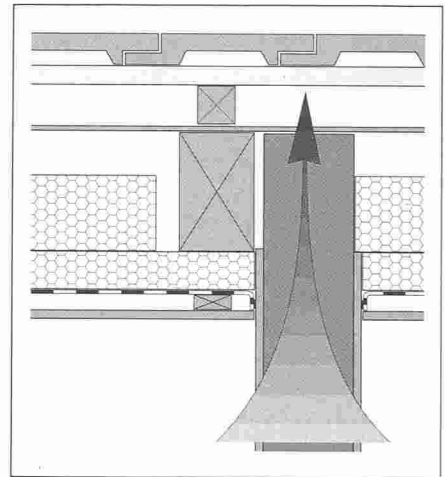
Quant à la recommandation SIA 380/1 « L'énergie dans le bâtiment » (édition 1988), elle préconise une valeur limite de $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ et une valeur cible de $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Pour la couche d'isolation thermique, la recommandation SIA 238 fixe les exigences suivantes :

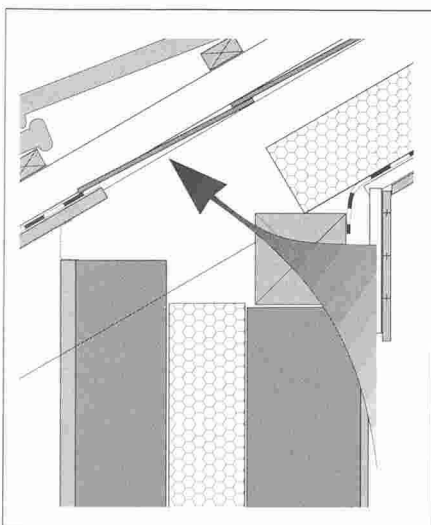
- chiffre 2.33 : les pièces telles que lattes et chevrons se trouvant dans le plan de la couche d'isolation thermique seront prises en compte proportionnellement lors du calcul du coefficient k , selon la norme SIA 180 ;
- chiffre 5.32 : la pose, les joints et les raccords de la couche d'isolation thermique se feront de manière que l'air ne puisse pas s'infiltrer jusqu'à la face interne de cette couche.

Mesures d'assainissement

Etant donné que la couche d'isolation thermique n'est pas visible à l'œil, les défauts se découvrent par hasard ou avec l'aide, fort onéreuse, de la thermographie. A partir du moment où on a pu localiser le défaut, on peut en général y remédier en posant après coup des couches d'isolation thermique. Lorsqu'on a de bonnes raisons de penser que les défauts du système sont nombreuses, on posera en surface des couches supplémentaires d'isolation thermique, selon deux procédés fondamentalement différents.

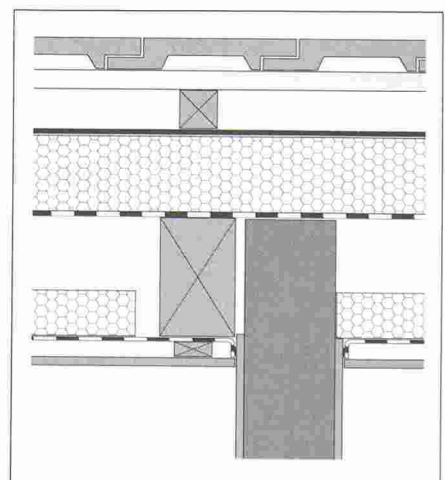


Pose, côté interne, d'une couche d'isolation thermique supplémentaire (l'efficacité, au niveau de la technique thermique et de la diffusion de vapeur, doit être vérifiée dans chaque cas particulier). Les ponts thermiques, notamment pour les murs intérieurs traversants, ne peuvent pas être éliminés.



Défaut dans les zones de transition entre éléments de construction - par exemple façade et toit à pans inclinés - à proximité de la gouttière :

- la couche d'isolation thermique dans le toit à pans inclinés n'est pas parfaitement jointive avec celle de la façade.

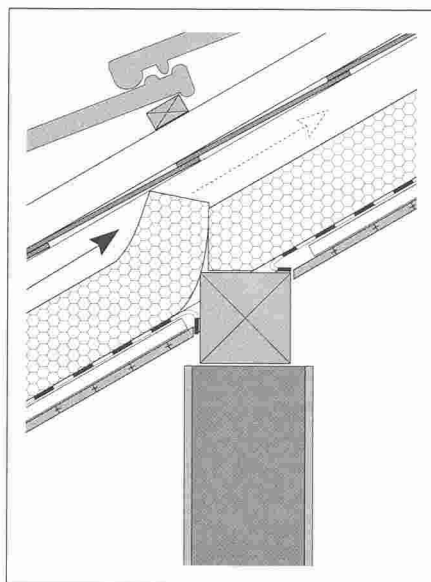


Pose d'une couche d'isolation thermique supplémentaire dans une structure de toit à pans semi-ventilés, par exemple avec un SarnaPanel standard. Les ponts thermiques, notamment pour les murs intérieurs traversants, peuvent être éliminés.

Aération déficiente du toit à pans ventilés

Le toit à pans ventilés est défini comme un «toit à pans inclinés pourvus d'une couche d'isolation thermique et comportant, entre cette dernière et la sous-couverture, un espace où circule l'air extérieur».

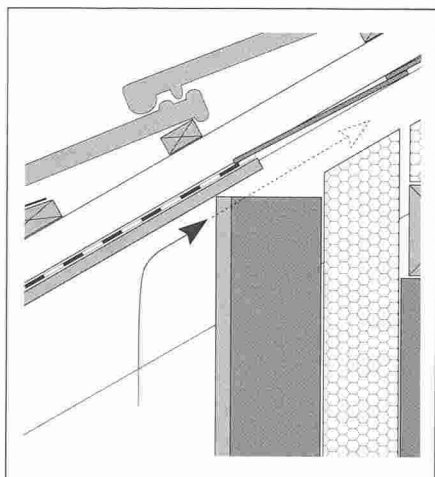
L'air extérieur qui circule dans le vide d'aération doit pouvoir absorber l'humidité présente (humidité résiduelle, condensation par diffusion, condensation à la suite de courants d'air) et la transporter vers l'extérieur. Lorsque cette aération n'est pas assurée, c'est la qualité même du toit qui se trouve remise en question.



Obturation de l'aération à l'intérieur de la zone des chevrons :

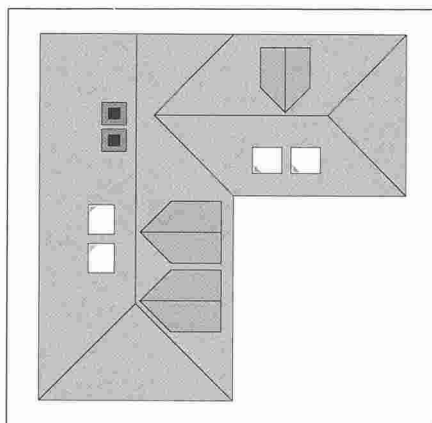
- la couche d'isolation thermique obture le conduit d'aération.

Endroits à problèmes



Absence d'ouverture, qui permettrait à l'air d'entrer, dans la zone de la gouttière :

- couche d'isolation thermique ou maçonnerie et revêtement extérieurs relevés jusque sous la sous-couverture.



L'aération des combles à géométrie compliquée, avec arêtes, noues et superstructures, n'est pas assurée.

Ainsi, un bois humide peut sécher et l'humidité condensée sous la sous-couverture peut être absorbée et transportée vers l'extérieur - pour autant qu'elle n'est pas en quantité trop importante.

La norme et ses exigences

Selon la norme SIA 238, entre la sous-couverture et la couche d'isolation thermique, un vide d'aération doit être ménagé sur un espace variant de 40 à 80 mm en fonction de la longueur des chevrons et de l'inclinaison des pans du toit :

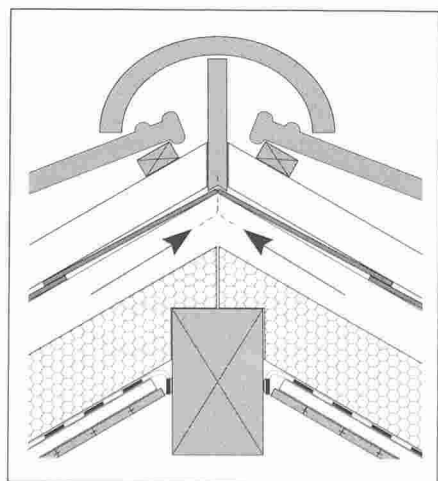
- pour les bâtiments situés à plus de 800 m d'altitude, de même que dans les régions à fortes chutes de neige, l'épaisseur des vides d'aération sera définie pour chaque cas particulier (chiffre 2.41.2) ;
- on peut admettre une légère diminution de l'épaisseur du vide au droit des éléments de construction faisant saillie en toiture ou au droit de pannes, de même à la flèche de la sous-couverture, du surdimensionnement ou du gonflement de la couche d'isolation thermique ; l'épaisseur minimale du vide ne sera toutefois pas réduite de plus de 50% (chiffre 2.41.3) ;
- en présence d'éléments traversants importants, tels que lucarnes ou fenêtres en toiture, ou dans le cas de noues ou d'arêtiers, on construira les pans de toit de manière à assurer leur ventilation (chiffre 2.41.4) ;
- la surface des ouvertures d'entrée et de sortie doit être au moins égale à la moitié de la section requise du vide d'aération ;
- on prendra en compte les réductions de surface occasionnées par des grilles de protection (chiffre 2.41.5).

Mesures d'assainissement

Ces mesures seront définies en fonction de tel ou tel cas. Elles pourront consister par exemple à :

- ménager après coup des ouvertures d'entrée et de sortie d'air ;
- démonter ou comprimer des couches d'isolation thermique situées dans la surface d'aération.

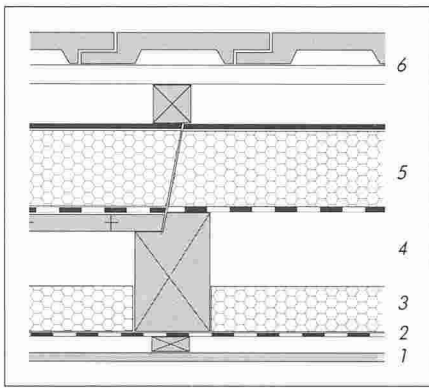
Lorsqu'il n'est pas possible d'améliorer l'aération - par exemple pour des formes de toitures à géométrie compliquée -, on transformera le toit à pans ventilés en toit à pans semi-ventilés, ce qui permettra de corriger d'autres défauts tels que les défauts d'étanchéité à l'air ou l'insuffisance du pouvoir calorifique.



Absence d'ouverture, qui permettrait à l'air de sortir, dans la zone du faîtage.

Dommages caractéristiques

Si l'on peut admettre en théorie que toutes les autres conditions sont remplies, telles que bois de construction sec (au maximum 16% de volume selon la norme SIA 238), étanchéité à l'air sur la face interne et bonne diffusion de la vapeur, l'absence ou l'insuffisance d'aération ne provoquent pas forcément d'endommagement. Cependant, l'aération entre la couche d'isolation thermique et la sous-couverture est une garantie supplémentaire contre les endommagements pour le cas où telle ou telle des conditions énoncées ci-dessus ne serait pas pleinement remplie.



- 1 Revêtement de plafond existant
- 2 Barrière de vapeur existante
- 3 Couche d'isolation thermique existante devant, le cas échéant, être démontée par le haut (diffusion de vapeur!)
- 4 Vide d'aération existant (vide d'air récemment fermé avec une «couche d'air en stagnation»)
- 5 Nouvelle structure de toit à pans semi-ventilés sur un support de pose ou avec élément de sous-couverture avec isolation thermique
- 6 Lattages et contre-lattages existants et couverture dure (refaire la couverture)

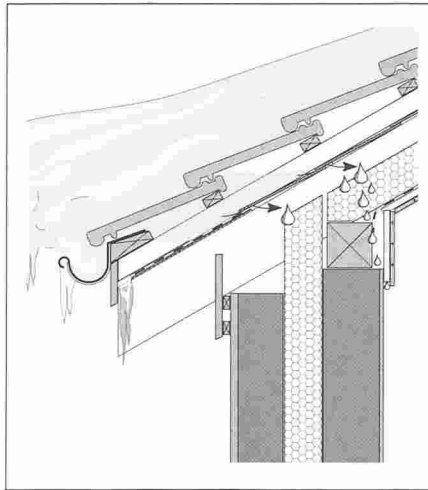
Étanchéité à l'eau insuffisante

Une fois posées toutes les couches nécessaires, les mesures doivent pouvoir établir que le toit est étanche à l'eau à 100%, c'est-à-dire qu'il ne peut plus y avoir d'infiltration d'eau, de neige ou de glace dans la zone de la structure porteuse, de la couche d'isolation thermique ou du revêtement de plafond, ni à l'intérieur du bâtiment. Pour déterminer si un toit à pans inclinés peut offrir suffisamment de protection contre les infiltrations d'eau et si le système en place est satisfaisant à cet égard, il faut prendre en compte les paramètres suivants :

- exposition à l'humidité (emplacement et altitude);
- pente du toit (plus les couvertures dures en tuiles sont inclinées et plus elles sont étanches);
- couverture dure (différents degrés d'étanchéité en fonction de l'inclinaison des pans du toit);
- sous-couverture (imbriquée, avec étanchement des joints, sans joints);
- emplacement et type des raccords et fermetures de bord (extrémités supérieures ouvertes).

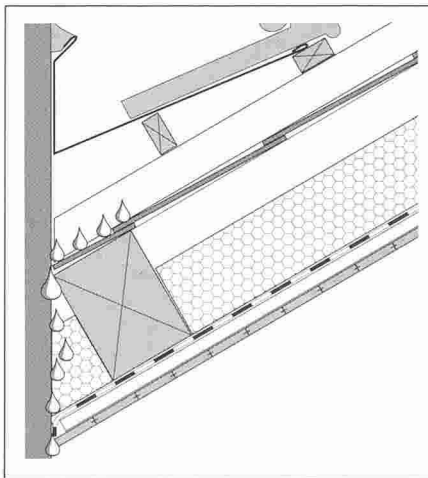
Il n'est pas toujours facile d'évaluer pour chaque cas dans quelle mesure il y a action de l'humidité, ni de déterminer quelles sont les mesures à prendre pour assurer une étanchéité suffisante à l'eau. Le plus sûr consiste à avoir dans tous les cas une sous-couverture étanche à l'eau, qu'on réalisera comme une étanchéité de toit plat, et donc capable d'évacuer toute l'eau qui aura pu pénétrer sous la couverture dure.

Endroits à problèmes



Eau de refoulement dans la zone de la gouttière:

- sous l'effet des pertes thermiques par aération (inétanchéités à l'air) et par transmission, la neige fond de manière accélérée, l'eau de fonte s'écoule et gèle dans la zone de l'avant-toit, formant une barrière de glace;
- l'eau de fonte qui s'écoule s'accumule contre la barrière de glace, pénètre sous les sous-couvertures imbriquées et endommage la structure du bâtiment.



Infiltrations sur des éléments de construction qui remontent et traversent le toit à pans inclinés:

- la sous-couverture n'est pas raccordée de façon suffisamment étanche aux éléments de construction traversants;
- absence de ferblanterie de déviation ou autre au-dessus des pénétrations.

Dommages caractéristiques

L'eau qui s'infiltré augmente l'humidité d'un bâtiment et endommage ses éléments (charpente, matériaux d'isolation thermique, revêtements de plafond, maçonnerie et crépis). Dans le

meilleur des cas, l'eau s'écoulera immédiatement à l'intérieur du bâtiment, permettant de détecter assez vite le manque d'étanchéité pour y réagir en conséquence.

La norme et ses exigences

En matière d'étanchéité à l'eau des toits à pans inclinés, la norme SIA 238 fixe les exigences suivantes :

- chiffre 2.51 : les toits à pans inclinés assortis d'une isolation thermique seront pourvus d'une sous-couverture; celle-ci couvrira toute la surface du toit : elle sera disposée au-dessus de la structure porteuse et sur la couche d'isolation thermique;
- chiffre 2.52 : les sous-couvertures doivent être étanches à l'eau de ruissellement là où elles sont soumises à une humidité normale;
- chiffre 2.53 : si la sous-couverture est soumise à une forte humidité (par exemple toits dont l'inclinaison est trop faible, toits équipés de capteurs solaires ou encore toits sur lesquels l'eau risque de s'accumuler), on prévoira des sous-couvertures imperméables;
- chiffre 4.32 : les matériaux utilisés pour former les sous-couvertures imperméables à l'eau doivent être étanches à l'eau stagnante et se prêter à la façon de joints, de raccords et de fermetures durablement étanches;
- chiffre 5.41 : si la sous-couverture est formée de plaques ou de bandes, leurs recouvrements seront assez larges pour que l'eau ne puisse pas s'infiltrer derrière elles;
- chiffre 5.42 : les sous-couvertures imperméables à l'eau seront complétées par un relevé au droit des souches de cheminée, des lucarnes, des tubes faisant saillie en toiture, etc.; les garnitures de tôle seront rendues étanches à l'eau.

Choisir une sous-couverture adéquate, c'est en définitive répondre à la question de savoir si l'objet est normalement ou fortement exposé à l'humidité.

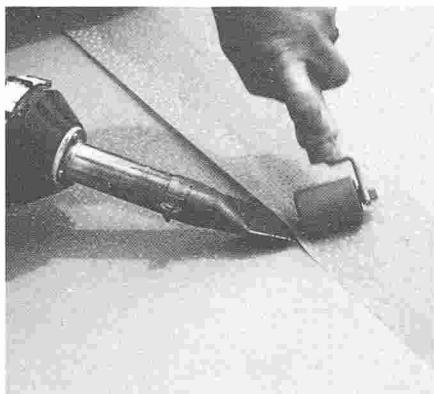
Mesures d'assainissement

Quand on a affaire à une sous-couverture étanche à l'eau sur laquelle des défauts entraînent des infiltrations d'eau, il faut évidemment y remédier.

Lorsqu'on est en présence de sous-couvertures imbriquées, normalement exposées à l'humidité, et que l'on constate des infiltrations d'eau, il faut déterminer :

- si ces infiltrations sont dues à des défauts dans la sous-couverture lors d'une exposition normale à l'humidité et s'il suffit alors de remédier à ces défauts pour que l'étanchéité soit de nouveau assurée;

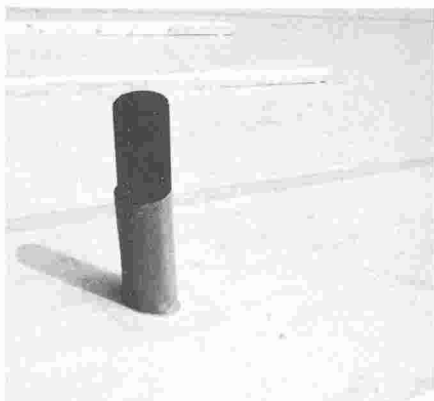
- si au contraire l'action de l'humidité est trop importante et, dans ce cas, seule une sous-couverture étanche à l'eau pourra assurer l'étanchéité du système.



Sous-couverture étanche à l'eau, le Sarnatex est soudé à l'air chaud.



Par soudage ou collage du lé de sous-couverture sur les ferblanteries, les raccords des gouttières sont réalisés sans risque de reflux.



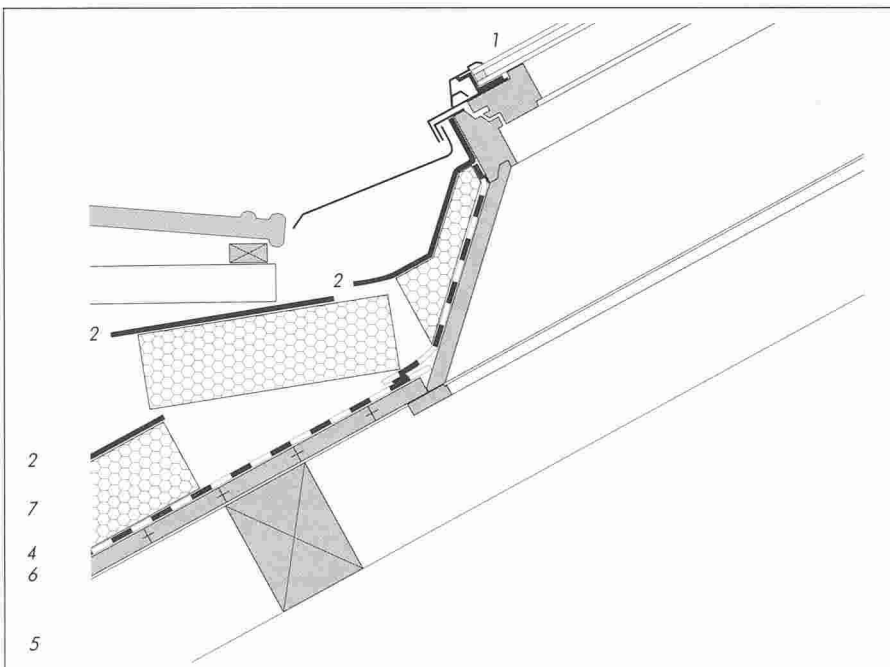
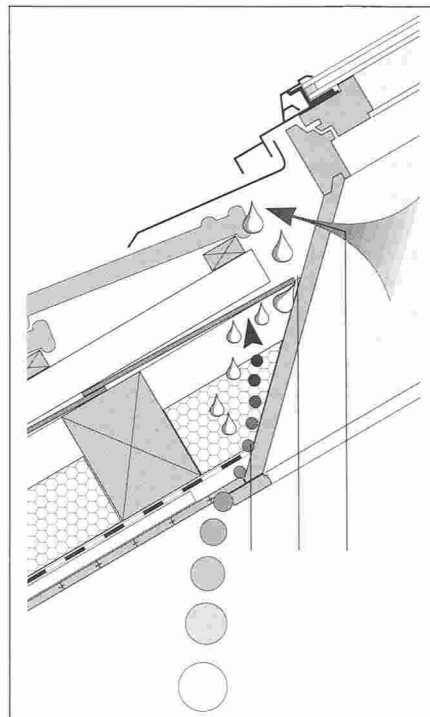
Le Sarnatex peut aussi être raccordé de manière étanche à l'eau contre des pénétrations telles que des tuyaux de ventilation.

La fenêtre de toiture : un point faible permanent ?

Nombre d'endommagements sont dus à des fenêtres de toiture qui ont été mal montées dans des toits à pans inclinés avec isolation thermique, à cause d'un manque d'isolation thermique entre la surface du toit et le bord intérieur, défauts d'étanchéité dans la zone du raccord de la sous-couverture à la fenêtre et défauts d'étanchéité à l'air sur la face interne.

Fenêtre de toiture montée de manière inadaptée :

- 1 Barrière de vapeur et feuille d'étanchéité à l'air raccordées de manière non étanche à l'air
- 2 Etanchéité à l'eau insuffisante
- 3 Pas de couche d'isolation thermique



La fenêtre de toiture Sarna/Velux est simplement raccordée en surface, sur le chantier, aux couches correspondantes du toit à pans inclinés avec isolation thermique.

- 1 Fenêtre de toiture Sarna/Velux
- 2 Lé de sous-couverture Sarnatex
- 3 Couche d'isolation thermique Sarnapur
- 4 Barrière de vapeur Sarnavap, raccord étanche à l'air, avec le bandeau adhésif Sarnavap type F
- 5 Chevrons
- 6 Lambrissage du toit
- 7 Couche d'isolation thermique (par exemple Sarnatherm).

Or il existe sur le marché des fenêtres de toiture spécialement étudiées pour les toits à pans inclinés et équipées d'un cadre intérieur, de la barrière de vapeur et de la feuille d'étanchéité à l'air, de la couche d'isolation thermique et de la sous-couverture étanche à l'eau, tout cela en usine. Il suffit alors de raccorder cette fenêtre aux différentes couches en surface.

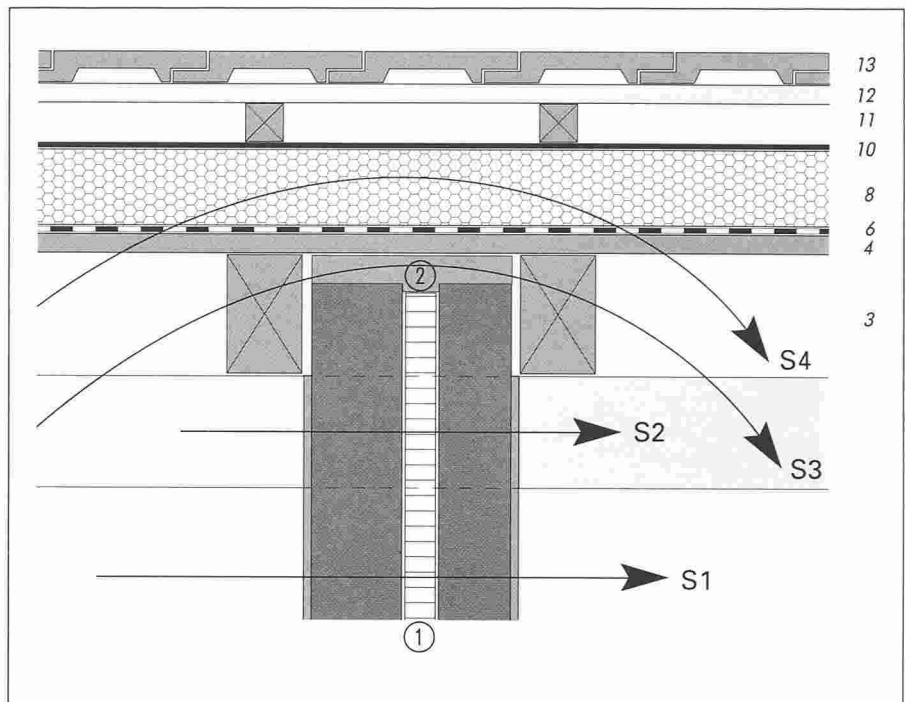


Les fenêtres de toiture complétées d'un cadre intérieur sont équipées en usine de barrière de vapeur (notre illustration), couche d'isolation thermique et sous-couverture sans joint.

Raccord entre mur de séparation d'immeubles et toit à pans inclinés: un point faible acoustique

Le pouvoir d'isolation phonique des murs de séparation d'appartements ou d'immeubles dépend non seulement de la structure de ces murs, mais également de la qualité de leur raccord à d'autres éléments, par exemple à un toit à pans inclinés. Le toit à pans inclinés, construction légère contiguë (faible masse en kg/m^2), a tendance, en vertu de la conduction longitudinale des sons, à amplifier la transmission indirecte.

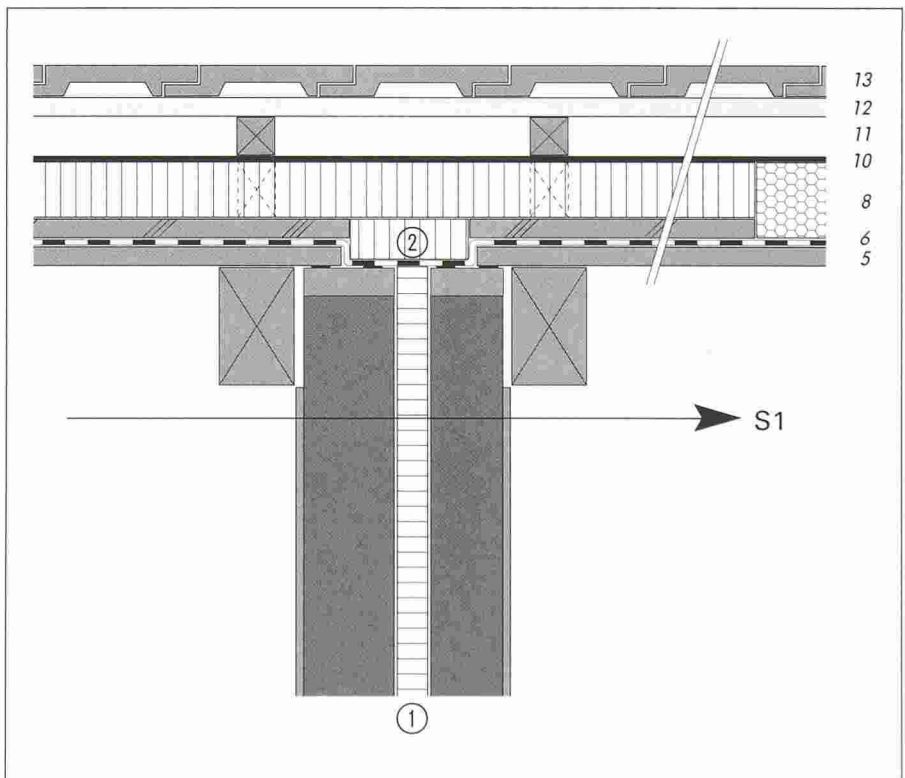
La construction doit cependant être conçue de telle façon que l'indice d'isolation acoustique correspondant au mur de séparation soit atteint, réduisant cette transmission indirecte. L'illustration ci-contre montre l'influence du raccord sur l'indice d'isolation acoustique du mur de séparation.



Avant remise en état: les défauts d'une exécution ($R'_w \cong 47 \text{ dB}$)

- S1 Transmission phonique par le mur de séparation
- S2 Transmission phonique par la panne traversante
- S3 Transmission phonique par les ponts de mortier (perturbation du double mur de séparation selon le principe masse/ressort/masse)
- S4 Transmission phonique par la construction légère avoisinante

- 1 Double mur de séparation (maçonnerie/panneau d'isolation en fibres/maçonnerie)
- 2 Arasée au mortier
- 3 Chevrons
- 4 Lambrissage continu, non raccordé de manière «phoniquement étanche» à l'arasée de la maçonnerie
- 5 Lambrissage interrompu, raccordé de manière «phoniquement étanche» à l'arasée de la maçonnerie
- 6 Barrière de vapeur et feuille d'étanchéité à l'air (par exemple Sarnavap)
- 7 Masse supplémentaire (panneau Duripanel ou d'aggloméré, feuilles lourdes, etc.)
- 8 Couche d'isolation thermique en mousse synthétique (par exemple Sarnatherm)
- 9 Couche d'isolation thermique en matériau d'isolation de fibres (par exemple Sarnaver ou Sarnaroc)
- 10 Lé de sous-toiture Sarnatex
- 11 Contre-lattage, vide d'aération
- 12 Lattage
- 13 Couverture



Exécution efficace après remise en état ($R'_w \cong 59 \text{ dB}$)

- S1 Transmission phonique par le mur de séparation (sans transmissions indirectes influençant le pouvoir d'affaiblissement acoustique)

Aménager des combles : une occasion de réfection du toit à pans inclinés

Souvent, pour gagner de l'espace habitable, on désire aménager un logement sous les combles. Mais cela signifie qu'il faut transformer un toit à pans inclinés, qui ne présente aucun problème puisqu'il est situé au-dessus d'une zone tampon climatique, en un nouvel élément de construction, satisfaisant à de multiples exigences. Quelles sont les possibilités qui se présentent dans ce cas ?

La première question à considérer est celle de l'état présent par rapport à l'état futur souhaité.

Dans certaines constructions anciennes, le système porteur du toit à pans inclinés peut être très beau et il peut alors devenir un élément de décoration important dans des combles aménagés.

Au-dessus de la structure porteuse, les anciens toits se présentent sous divers aspects :

- couverture sur un lattage (par exemple des tuiles sur un lattage à tuiles)
- couverture sur une sous-couverture (par exemple de bardeaux).

Il faut donc décider tout d'abord si le système porteur va rester apparent ou non.

Si oui, les couches destinées à l'isolation thermique seront construites au-dessus du système porteur. On a alors affaire à un système de toit à pans semi-ventilés (fig. 1).

Dans la négative, on peut envisager :

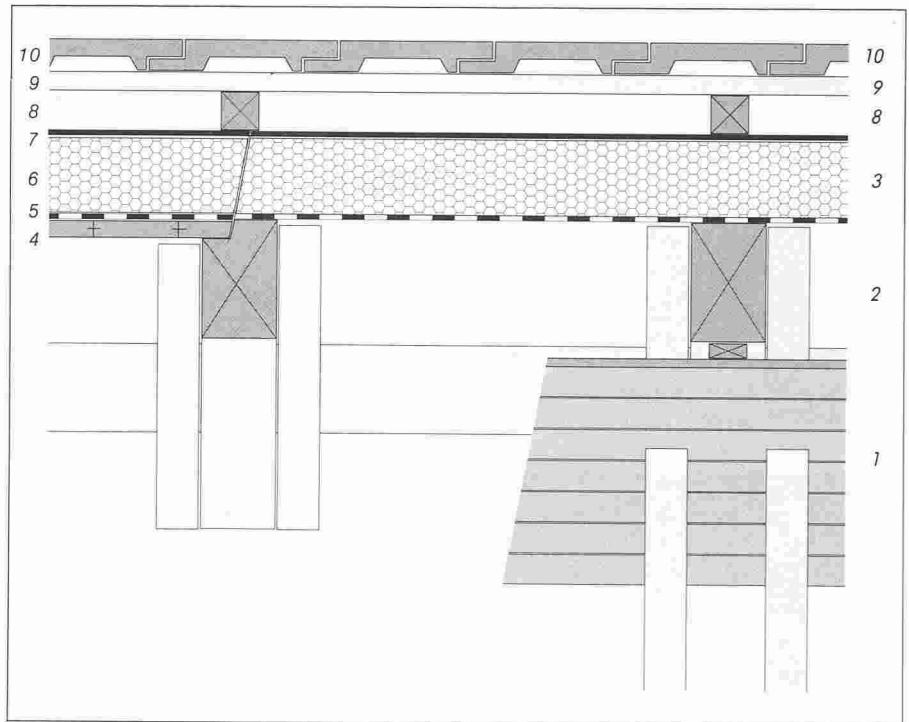
- le système de toit à pans semi-ventilés avec un revêtement de plafond supplémentaire (fig. 1)
- le système de toit à pans ventilés (fig. 2).

La différence entre les deux systèmes réside essentiellement dans leur capacité d'assurer l'étanchéité à l'air et le pouvoir calorifuge. C'est à l'homme du métier qu'il reviendra alors de choisir le système qui sera le mieux adapté au cas concret.

Le système de toit à pans semi-ventilés

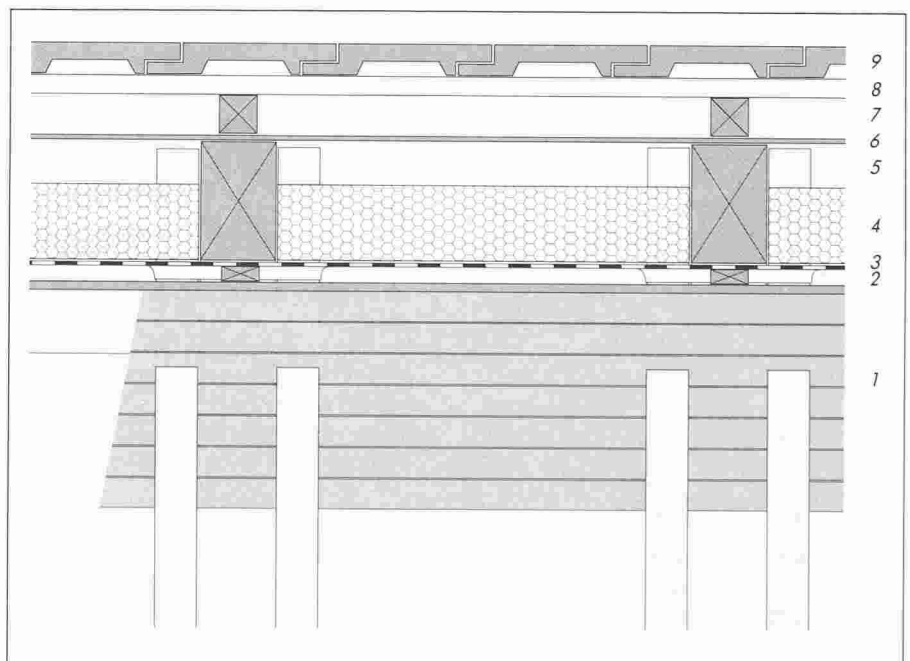
Dans un système de toit à pans semi-ventilés, les couches nécessaires sont construites au-dessus de la structure porteuse ou d'un support de pose. La structure porteuse peut être recouverte d'un revêtement de plafond ou rester apparente.

- La barrière de vapeur (ou pare-vapeur) et la feuille d'étanchéité à l'air sont exécutées de manière étanche à l'air, dans la surface du toit et sur place, en évitant un grand nombre de pénétrations.



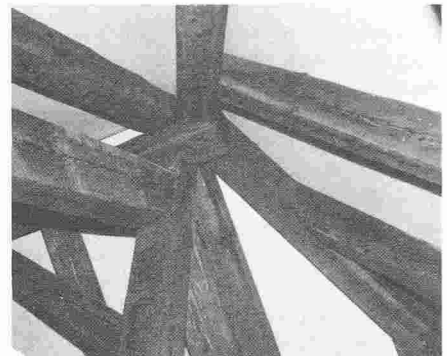
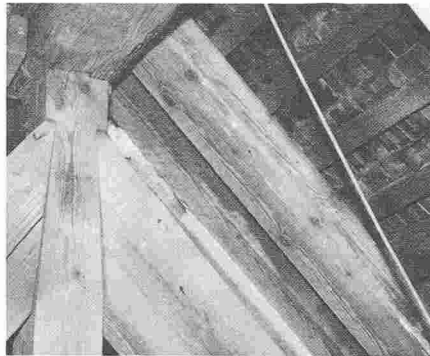
- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | Eventuel revêtement de plafond | 6 | Couche d'isolation thermique (par exemple Sarnatherm) |
| 2 | Structure porteuse existante | 7 | Sous-couverture étanche à l'eau (par exemple lé de sous-couverture Sarnatex) |
| 3 | Elément de sous-couverture avec isolation thermique, par exemple Sarna-Panel avec barrière de vapeur et feuille d'étanchéité à l'air intégrées | 8 | Contre-lattage |
| 4 | Support de pose ou revêtement de plafond | 9 | Lattage |
| 5 | Barrière de vapeur et feuille d'étanchéité à l'air | 10 | Couverture |

Fig. 1. - Structure de toit à pans semi-ventilés sur une structure porteuse existante.

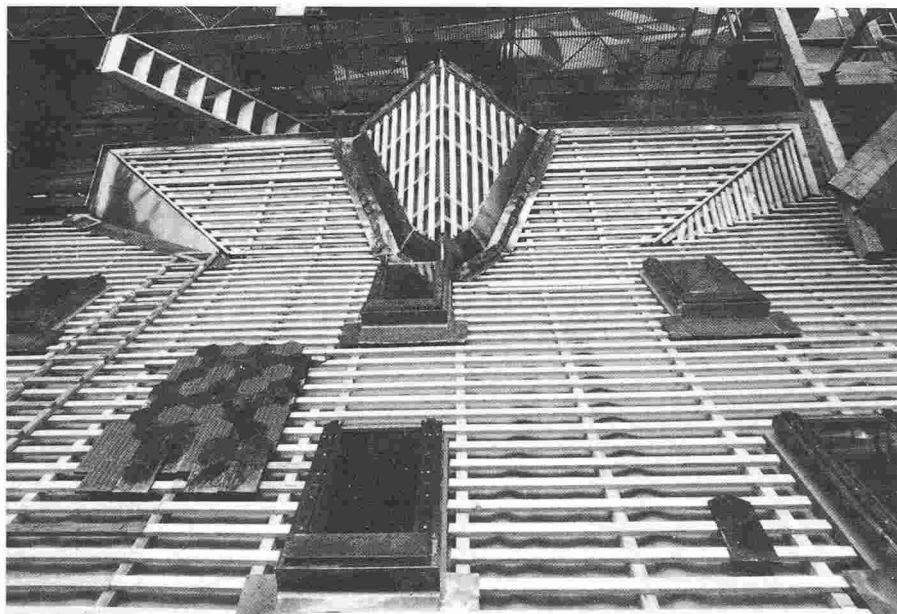


- | | | | |
|---|--|---|--|
| 1 | Revêtement de plafond | 6 | Sous-couverture étanche à l'eau - celle-ci s'écoulant en fonction de la sollicitation par l'humidité (par exemple sous-couverture imbriquée) - ou étanche à l'eau (par exemple lé de sous-couverture Sarnatex) |
| 2 | Lattage | 7 | Contre-lattage |
| 3 | Barrière de vapeur et feuille d'étanchéité à l'air | 8 | Lattage |
| 4 | Couche d'isolation thermique posée entre les éléments de la structure porteuse | 9 | Couverture |
| 5 | Structure porteuse existante et vide d'aération | | |

Fig. 2. - Structure de toit à pans ventilés avec une structure porteuse revêtue.



L'ancienne structure porteuse est sablée et reste apparente sous la nouvelle structure de toit à pans semi-ventilés.



La sous-couverture Sarnatex étanche à l'eau assure une protection durable contre l'eau qui s'infiltré, même sous les anciennes tuiles.

Pour de tels combles, il est pratiquement impossible d'assurer l'étanchéité à l'air nécessaire avec un pare-vapeur et une feuille d'étanchéité à l'air côté intérieur de la structure porteuse.

Le système de toit à pans ventilés

Dans un système de toit à pans ventilés (fig. 2), l'isolation thermique se pose généralement entre les éléments de la structure porteuse et est en partie ou entièrement revêtue.

Dans la zone de la gouttière, la feuille d'étanchéité à l'air doit être raccordée aux chevrons traversants en fonction du système en place. Lorsque les chevrons sont coupés et que l'avant-toit est réalisé avec des tirants, elle peut aussi être raccordée à la maçonnerie de manière étanche à l'air et sans pénétrations.

- La couche d'isolation thermique est posée en continu et peut être raccordée de manière optimale aux cou-

ches d'isolation thermique extérieure (par exemple pour améliorer les caractéristiques thermiques de la façade).

- La sous-couverture étanche à l'eau assure l'étanchéité même dans la zone des raccords et fermetures de bord.
- Le système de toit à pans semi-ventilés convient pour l'assainissement ou la réfection de tous les toits à pans inclinés, même dans des formes de géométrie complexe.

- A condition que la sous-couverture existe et qu'elle soit efficace, le toit à pans inclinés peut recevoir une isolation thermique sans que la couverture doive être déposée et sans qu'il soit nécessaire de refaire les travaux de ferblanterie. Les niveaux de la gouttière et du faitage restent inchangés. Lorsque la sous-couverture n'existe pas ou qu'elle ne répond plus aux nouvelles exigences posées, la couverture doit alors être déposée et une sous-couverture efficace mise en place. Dans ce cas, une partie des travaux de ferblanterie devront également être refaits.

- Le pare-vapeur et la feuille d'étanchéité à l'air doivent être raccordés de manière étanche à l'air aux éléments du bâtiment contigus et traversants. Pour un système porteur avec pannes intermédiaires, poteaux, moises et contre-fiches, une telle intervention non seulement est coûteuse, mais encore elle ne permet guère d'assurer l'étanchéité à l'air souhaitable.

- La couche d'isolation thermique sera posée entre les éléments du système porteur, par exemple entre les chevrons. Les sections de bois représentent, par rapport au matériau d'isolation thermique, une réduction du pouvoir calorifique (λ_r du bois = 0,14 W/mK; r_r du matériau d'isolation thermique = 0,04 W/mK). Ces valeurs doivent être prises en compte dans le calcul de la valeur k pour les constructions non homogènes et entraînent, selon la part des sections de bois, une détérioration plus ou moins importante des valeurs k . Le cas échéant, il faut compenser cette détérioration soit par une couche d'isolation ther-

Aménager un toit à pans inclinés en do-it-yourself?

Quand on connaît la complexité technique du toit à pans inclinés, on reste perplexe devant des slogans comme «Do-it-yourself: transformez votre grenier en un séjour confortable» ou «Prêt à habiter en 24 heures».

Il arrive que certains artisans amateurs réalisent, avec un grand amour du détail, des aménagements remarquables artisanalement parlant. Mais on est en droit de se demander s'ils ont été à même de choisir la bonne méthode, de déceler d'éventuels problèmes, d'évaluer les conséquences possibles de leurs choix, etc. Ce sont des questions qu'il faut se poser et il faut aussi se sentir suffisamment sûr de soi pour y répondre affirmativement.

L'expérience prouve malheureusement souvent qu'un artisan amateur ne possède pas forcément le savoir-faire nécessaire dans ce domaine. Et souvent, le premier hiver passé, des combles aménagés en espace habitable doivent déjà être remis en état: quelques courants d'air, quelques infiltrations d'eau et une ou deux poutres qui moisissent, voilà un séjour confortable vite transformé en cauchemar.

mique plus épaisse, soit par une couche d'isolation thermique supplémentaire sous la structure porteuse.

- Entre la couche d'isolation thermique et la sous-couverture, un vide d'aération d'une hauteur minimale de 40 mm (longueur des chevrons: <math>< 5\text{ m}</math>) à 80 mm (longueur des chevrons: 15...<math>< 20\text{ m}</math>; inclinaison des pans de toit: <math>< 20^\circ</math>) est nécessaire, et des ouvertures d'entrée et de sortie d'air doivent être créées, correspondant chacune au minimum à la moitié de la section nécessaire pour le vide d'aération.

En fonction du raccord existant entre la façade et le toit à pans inclinés, et en cas de formes de toiture d'une géométrie compliquée, avec superstructures, découpes de bâtiment, arêtes, noues, etc., il est très difficile, voire impossible, de satisfaire à ces exigences-là.

- La sous-couverture sera construite au-dessus de la structure porteuse et sera choisie en fonction de l'humidité prévisible à laquelle sera exposée la toiture.

Toits à pans semi-ventilés : bâtiments plus hauts – Toits à pans ventilés : pièces plus basses

Toit à pans semi-ventilés ou toit à pans ventilés, chaque système a ses avantages et ses inconvénients. Les considérations auxquelles obéira le non-professionnel ressortiront plutôt à la forme : il faut savoir par exemple qu'un toit à pans semi-ventilés, construit au-dessus de la structure porteuse, rehaussera un bâtiment d'environ 18 cm (support de pose, couche d'isolation thermique, contre-lattage).

Sur un toit à pans ventilés en revanche, si le rehaussement n'est que de quelque 6 cm (sous-couverture, contre-lattage), les pièces, elles, seront nettement plus basses, à l'œil comme dans la réalité.

Le professionnel du bâtiment, lui, décidera du système le mieux approprié en fonction de critères tels que l'étanchéité à l'air, le pouvoir calorifique, l'aération et l'étanchéité à l'eau.

L'exigence fondamentale est de réaliser un toit à pans inclinés assurant l'isolation thermique requise et sous lequel il fasse bon vivre.

Adresse des auteurs :

Sandro Joss et Marco Ragonesi
Architectes ETS
Sarna Plastiques SA
6060 Sarnen



La grange du Spittelhof, à Zofingue, avant rénovation.



Quand on aménage des combles, il faut le plus souvent refaire aussi la ferblanterie.



Ferme et grange transformées par l'architecte Werner Schmutz en un centre de loisirs du Spittelhof. Le système de sous-couverture SarnaRoof, grâce auquel les activités de loisirs peuvent se dérouler dans un climat ambiant agréable, a été réalisé sur la structure porteuse, qui est ainsi restée apparente.