



Lorsqu'un nouveau propriétaire acquiert une maison existante, l'une des premières mesures qu'il envisagera pour améliorer son confort et agrandir l'espace de vie sera de prendre possession du volume sous les combles et d'isoler la toiture. Au vu des enjeux énergétiques actuels, il pensera souvent aussi à améliorer l'étanchéité à l'air et à fixer des panneaux solaires.

Rénovation énergétique des toitures à versants

Avant de démarrer les travaux, l'entrepreneur devra se poser un certain nombre de questions :

- peut-on conserver la couverture existante ? Les tuiles ou ardoises sont-elles en bon état ? Leur recouvrement est-il suffisant pour garantir l'étanchéité de la toiture ?
- la toiture est-elle pourvue d'une sous-toiture ? Est-elle déjà isolée ? L'isolant présent est-il visible ? N'est-il pas humide ou tassé ?
- les éléments à isoler sont-ils facilement accessibles ou y a-t-il de nombreux obstacles (pièces de charpente, gainages existants...) ?
- peut-on conserver la charpente existante ? En tout ou en partie ? Les éléments structurels sont-ils en bon état, stables et de section suffisante ?

Quels matériaux, quelles techniques ?

Concernant l'isolant, l'un des critères de choix réside évidemment dans sa conductivité thermique (valeur λ , exprimée en W/m.K) : plus faible sera sa valeur λ , meilleures seront ses performances thermiques pour une même épaisseur.

Il conviendra ensuite de déterminer la méthode de pose de l'isolant :

- **l'isolation au moyen de plaques rigides** (mousses synthétiques, verre cellulaire, fibre de bois...), par-dessus ou par-dessous la charpente, est particulièrement bien adaptée aux toitures de géométrie simple avec une charpente régulière et non déformée

- **l'isolation par matelas** (laines minérales, végétales...), plus souple, permet d'épouser la forme de la charpente
- **l'isolation insufflée** (flocons de cellulose, perlite...) **ou projetée** (mousses synthétiques) a l'avantage d'éviter les travaux de découpe et de remplir les moindres recoins du pan de toiture, même ceux difficiles d'accès. Elle pourra être envisagée dans les versants pourvus d'une sous-toiture rigide ou très fortement tendue et sera volontiers d'usage pour isoler les planchers des combles.

Il est déconseillé d'isoler sans prévoir de sous-toiture (une sous-toiture de substitution peut constituer une solution temporaire), car les différentes fonctions de celle-ci (protection de l'ouvrage en cours de travaux, reprise des éventuelles eaux de condensation sous la couverture, étanchéité au vent et à la poussière) permettent de protéger l'isolant et d'assurer sa performance. Qu'elle soit constituée d'une membrane, de plaques ou de panneaux, la sous-toi-

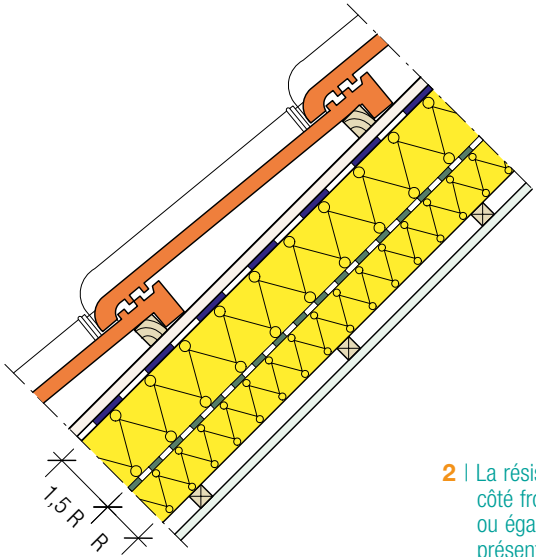
ture doit être ouverte à la diffusion de vapeur ($S_d \leq 0,5$ m). On conservera les sous-toitures anciennes, très peu perméables à la vapeur, que si la couverture n'est pas remplacée, et ce en étant extrêmement vigilant quant au choix du pare-vapeur et à sa mise en œuvre.

Du côté intérieur, un écran à l'air et à la vapeur posé de manière continue s'impose dans tous les cas : même si le matériau d'isolation est lui-même très étanche à la vapeur (plaques en PUR ou en PIR, par exemple), il ne faut pas oublier qu'une grande partie du transfert de vapeur d'eau peut se faire par convection, via les fuites entre les éléments d'isolation.

La pose du pare-vapeur doit être réalisée 'selon les règles de l'art', sans fuite visible au niveau des raccords. Pour contrôler sa mise en œuvre, il peut être conseillé de faire subir au bâtiment un test de pressurisation visant à repérer et à corriger les éventuelles fuites, d'autant plus si le climat intérieur est relativement humide et les locaux mal ventilés.

1 | Isolation posée par l'intérieur, au droit de la sablière, sur toute la hauteur du surcroît





2 | La résistance thermique de l'isolation du côté froid de la toiture doit être supérieure ou égale à 1,5 fois celle de l'isolant présent du côté chaud.

Répondre aux objectifs de performance thermique

Les réglementations imposent désormais, pour toute rénovation complète de la toiture, que le coefficient de transmission thermique de la paroi soit inférieur ou égal à $0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Afin de répondre à cette exigence, il faut compter, selon le type de sous-toiture envisagé (panneau de fibres de bois, plaque mince ou membrane), de 18 à 23 cm de laine minérale ou végétale entre les chevrons, ou environ 12 cm de polyuréthane sur ou sous la structure portante. Pour améliorer les performances, il est bien entendu possible d'augmenter ces épaisseurs, de combiner différentes techniques ou de recourir à des éléments structurels spécifiques (poutrelles en bois à âme mince...).

Mise en œuvre

En cas de rénovation, il est fréquent que l'on souhaite conserver les finitions intérieures.

Il convient dès lors de travailler par l'extérieur, en plaçant, par exemple, des panneaux rigides par-dessus les chevrons (méthode sarking).

Quelques règles d'exécution sont essentielles à respecter pour cette technique. Parmi celles-ci, rappelons que :

- les chevrons de support doivent avoir une largeur minimale de 50 mm, même en cas d'utilisation de vis autoforantes. La méthode sarking est à déconseiller lorsque la structure portante est constituée de fermettes (dont la largeur usuelle est de 36 mm)
- pour éviter la fissuration du bois, les contre-lattes doivent être de section suffisante : au moins $30 \times 50 \text{ mm}$ pour des vis d'un diamètre de 6 mm et au moins $40 \times 60 \text{ mm}$ pour des vis d'un diamètre de 8 mm
- la profondeur d'enfoncement des vis dans la structure portante doit être au moins six fois supérieure à leur diamètre (36, 42 ou 48 mm pour des vis de respectivement 6, 7 et 8 mm de diamètre)
- s'il n'est pas fait usage de vis placées

de biais, il est impératif de prévoir un chevron de calage en pied de toiture afin de reprendre le poids propre et les charges de neige.

Dans le cas de couches d'isolation combinées (sur et entre les chevrons), il faudra toujours veiller à garder l'écran à l'air et à la vapeur dans la partie chaude de l'isolant. Si le pare-vapeur est situé juste sous le panneau sarking, la résistance thermique du panneau devra être au moins 1,5 fois supérieure à celle de l'isolant placé entre les chevrons (voir figure 2). Concrètement, pour une laine minérale de 9 cm ($\lambda = 0,035 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) présente entre les chevrons, il faudra prévoir un panneau PUR ($\lambda = 0,024 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) d'au moins 10 cm d'épaisseur.

De manière générale, la continuité de l'isolation et de l'étanchéité à l'air avec les façades et des pignons doit être étudiée avec attention, y compris au niveau des détails. Pour traiter le nœud constructif en pied de versant, il peut s'avérer nécessaire de prévoir des solutions de recouvrement, tant en ce qui concerne l'isolation (voir figure 1) que le pare-vapeur (voir pp. 8-9).

Prévoir l'avenir...

En cas de rénovation phasée des différentes parties de l'enveloppe (toiture puis façades, par exemple), il est judicieux de prévoir certains détails dès le démarrage du projet. La mise en œuvre d'un débord au niveau des façades et des pignons, notamment, permettra de placer les futurs isolants en épaisseur suffisante, sans devoir recourir à des profilés de raccord ou démonter la gouttière et les éléments de rive dans les étapes ultérieures. Ces travaux sont évidemment réalisables, mais engendrent un surcoût important et peuvent mener à des variations de teinte dans le revêtement de toiture (voir figure 3).

3 | Maison isolée par l'extérieur plusieurs années après réfection de la toiture. Des variations de teinte sont visibles au niveau des rives et du bas de toiture.



D. Langendries, ir., chef de projet senior, division Energie, CSTC

Cet article a été rédigé avec le soutien de la DG06 dans le cadre de la Guidance technologique COM-MAT 'Matériaux et techniques de construction durables'.