

COUV

***Les cahiers de la construction :***

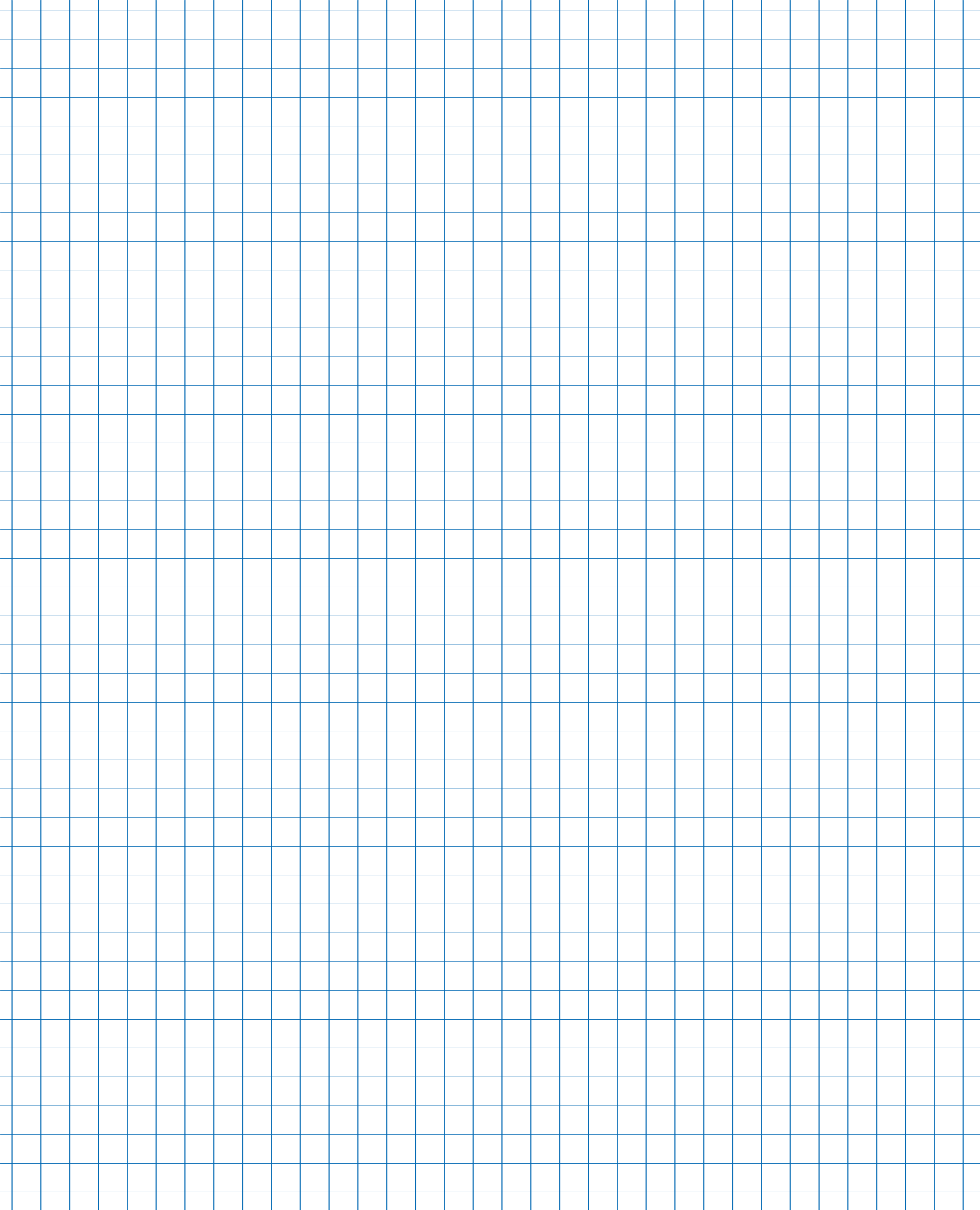
***L'isolation thermique extérieure***

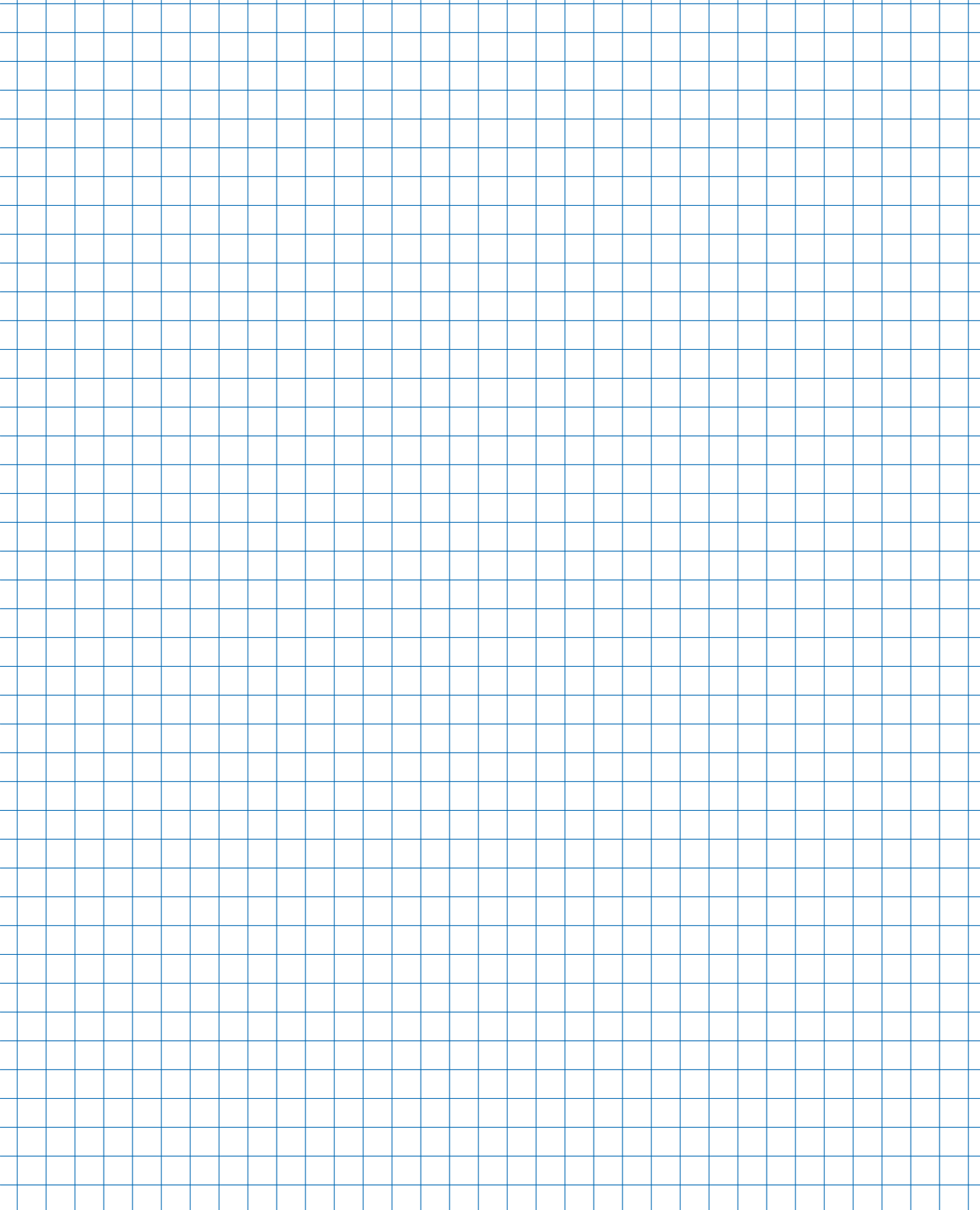
Version ebook - livre électronique

© 2010 David Fedullo, Thierry Gallauziaux

Tous droits réservés - Reproduction, adaptation, traduction interdites sans autorisation écrite préalable expresse des auteurs.

Ce document est réservé à un usage privé uniquement. Il ne peut être ni cédé, ni transmis, ni revendu, ni diffusé, ni mis à disposition par téléchargement pour des tiers.





## Sommaire

<b>Le principe de l'isolation thermique</b> .....	6
<b>Les ponts thermiques</b> .....	9
<b>Les solutions d'isolation par l'extérieur (ITE)</b> .....	14
L'isolation par l'extérieur avec un enduit .....	15
Les bardages rapportés sur ossature secondaire .....	17
Le double mur .....	22
<b>La mise en œuvre d'une isolation thermique extérieure</b> .....	25
La mise en œuvre d'une isolation support d'enduit .....	25
L'ITE avec support d'enduit mince .....	29
L'ITE avec support d'enduit épais .....	38
Les détails constructifs communs à toutes les solutions d'ITE .....	39
L'enduit sur ossature bois .....	47
L'isolation sous bardage rapporté .....	53
Les doubles murs .....	70

## Le principe de l'isolation thermique

Avant de traiter plus particulièrement de l'isolation extérieure, il est important de rappeler les principes de l'isolation thermique.

L'isolation concerne les murs extérieurs, les combles et le sol mais aussi les parois (mur, cloison) ou plancher en contact avec une cave, un garage ou un escalier desservant ces locaux. En règle générale, on doit isoler toutes les parois en contact avec l'extérieur ou des locaux non chauffés. Tout l'espace habitable doit constituer un ensemble isolé, indépendamment des autres locaux. Si on le désire, la cave et le garage peuvent aussi être isolés en cas d'occupation régulière de ces locaux en période froide (atelier dans le garage par exemple).

L'isolation des sols sur terre-plein peut poser un problème dans un projet de rénovation. En effet, la seule possibilité d'isolation implique une réfection de ce sol et la pose d'un isolant sous la chape. Les déperditions par le sol représentent à peu près 15 % des déperditions totales de l'habitation. Il est donc utile de comparer le surcoût occasionné par la réfection du sol par rapport au coût des déperditions.

On dispose sur le marché d'une large gamme de produits adaptés à toutes les situations (figure 1).

Les matériaux d'isolation se présentent généralement sous forme :

- de rouleaux ou de panneaux pour les isolants fibreux ;
- de plaques pour le polystyrène et le polyuréthane ;
- de flocons ou granulats (laine de roche, vermiculite, verre) ;
- de matériaux de construction (béton cellulaire, briques à alvéoles multiples) ;

- de panneaux de doublage constitués d'une plaque de plâtre cartonnée sur laquelle est collé un isolant (laine minérale, polystyrène ou autre). Ce type d'isolant est désigné sous l'appellation 10 + épaisseur de l'isolant.

Il existe quatre grands principes d'isolation :

- l'isolation intérieure : pose de matériaux isolants à l'intérieur du local ;
- l'isolation extérieure : pose de matériaux isolants sur les murs de la construction (par l'extérieur) ;
- l'isolation répartie : le matériau utilisé pour la construction des parois est isolant ;
- l'isolation par remplissage d'ossature.

La figure 2 illustre ces différents procédés. Quelle que soit la position du matériau isolant dans la paroi, la résistance thermique est la même. Cependant, les performances en termes d'inertie thermique seront très différentes selon que l'isolant est placé à l'intérieur ou à l'extérieur. Il en est de même pour la problématique des ponts thermiques et de la condensation.

L'**isolation intérieure** est la solution la plus répandue en France, surtout en rénovation. Elle est d'un coût raisonnable et relativement simple à mettre en œuvre (à la portée de tout bon bricoleur).

La pose des isolants est réalisée par l'intérieur de l'habitation au niveau des murs extérieurs, des combles et des sols. Cette solution présente de nombreux inconvénients. L'épaisseur des isolants peut diminuer sensiblement la surface habitable. L'inertie thermique du mur n'est pas mise à profit. Les ponts thermiques sont nombreux et difficiles voire impossibles à éliminer, avec des risques de condensation au cœur des parois.

En revanche, ce type d'isolation permet d'obtenir un habillage impeccable de la paroi intérieure, quel que soit l'état du mur d'origine.



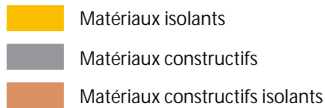
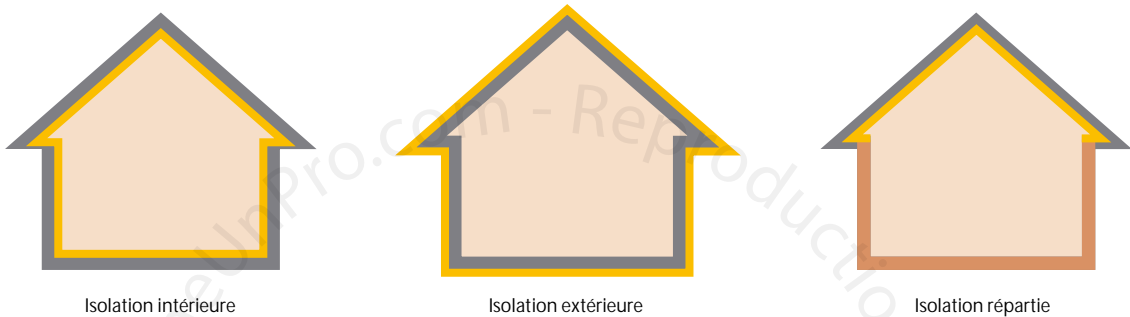


Figure 2 :  
Les procédés d'isolation



L'**isolation extérieure** est réalisée par un isolant posé sur tous les murs extérieurs, recouvert d'un enduit ou d'un bardage. La toiture peut également être isolée par le même procédé.

La mise en œuvre d'une telle solution est délicate parce qu'il faut assurer l'étanchéité de la façade et installer un échafaudage : elle sera confiée de préférence à un professionnel.

Une telle solution est envisageable si le ravalement de l'habitation nécessite une réfection. Il en est de même pour la toiture, ce type d'isolation ne pouvant être réalisé sur une toiture existante.

Mais il est possible de la combiner avec une isolation des combles par l'intérieur, dès lors que l'on assure la continuité de l'isolation. Ce procédé est de loin le plus performant puisqu'il supprime de fait pratiquement tous les ponts thermiques. Le confort intérieur est amélioré grâce à l'inertie thermique. La maçonnerie est protégée des intempéries et des variations de température, ce qui augmente sa pérennité (figure 3). La fragilité accrue de la façade peut être considérée

comme un inconvénient avec ce type d'isolation. L'entretien peut également être plus important, par exemple avec des bardeaux en bois.

L'**isolation répartie** concerne les matériaux de construction de l'habitation. Elle comprend la construction des murs extérieurs en matériaux isolants (monomurs terre cuite, béton cellulaire ou autres). L'isolation des combles est exécutée en isolation intérieure ou extérieure, l'isolation des sols en isolation intérieure. L'isolation répartie peut être adoptée en rénovation en cas de création d'un niveau ou surélévation de la maison. La figure 4 présente un comparatif des diverses solutions d'isolation thermique.

Pour définir les performances thermiques dans le bâtiment on utilise un coefficient qui permet d'évaluer la quantité de chaleur traversant une paroi hétérogène. Il s'agit du **coefficient de transmission surfacique U**. Il s'exprime en  $W/m^2.K$  et représente la quantité de chaleur traversant un mètre carré de paroi pour une différence de température d'un degré entre les deux faces. U est un coefficient égal au rapport

de 1 sur la résistance totale de la paroi ( $U = 1/R_{\text{totale}}$ ). Plus  $U$  est faible, moins il y a de déperditions.  $U$  est une valeur utilisée internationalement.

## Les ponts thermiques

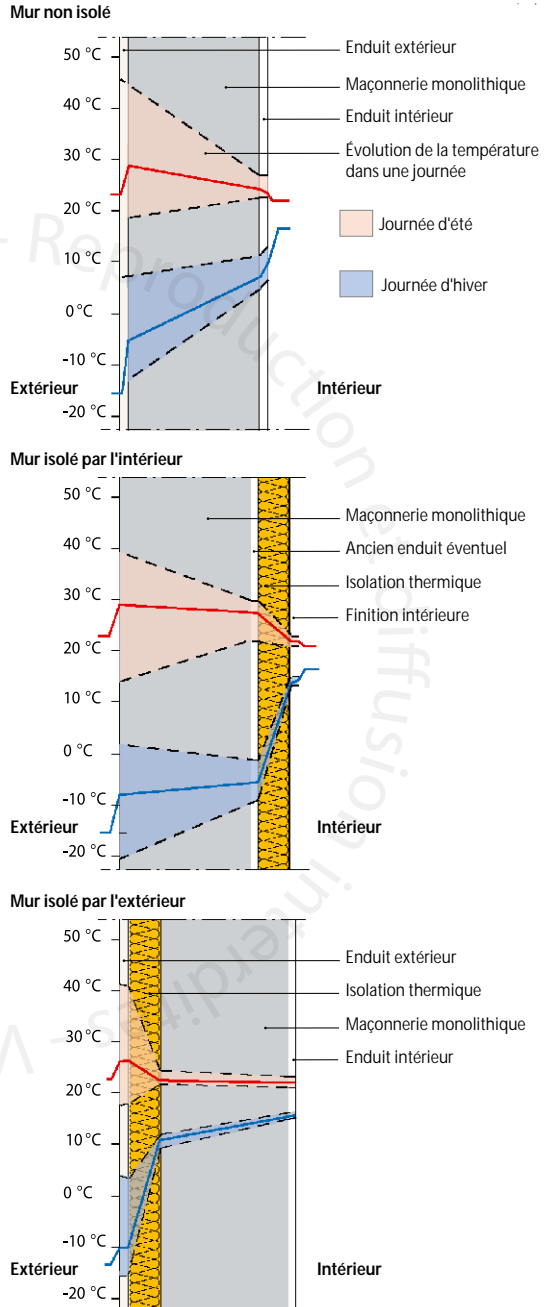
L'architecture d'une construction comporte des points où l'isolation présente des faiblesses ou même s'avère inexistante. Ces points se situent généralement au niveau des changements de plans (vertical/horizontal) ou des changements de paroi (mur/toiture ou mur/fenêtre). On appelle ces points faibles des ponts thermiques linéaires (figure 5).

Un autre type de ponts thermiques, dits intégrés ou ponctuels, est souvent généré par les éléments de fixation des isolants ou par des ossatures secondaires (ossature métallique d'une isolation par l'intérieur, poutrelle en béton d'un plancher à hourdis, chevilles de fixation métalliques). Ils doivent être pris en compte pour le calcul du coefficient de transmission thermique  $U$  de la paroi.

Les ponts thermiques linéaires sont quantifiés par le coefficient linéique  $\psi$  (psi) exprimé en  $W/m.K$ . Les ponts thermiques intégrés sont caractérisés par le coefficient  $\chi$  (ki) exprimé en  $W/K$ .

La conséquence des ponts thermiques est double. Ils sont une source importante de perte de chaleur (jusqu'à 40 %) et peuvent engendrer des désordres dus à la condensation (figure 6).

La réglementation thermique et les labels indiquent des valeurs de ponts thermiques à ne pas dépasser.



© 1909



Figure 6 :  
Exemple de  
dégradation due  
à un pont thermique

et globalement pratiquement nulles, avec en prime des désagréments.

Tel un liquide, la chaleur emprunte la voie la plus facile pour traverser les matériaux, c'est-à-dire la moins isolée. Par exemple, le diagramme thermique d'une dalle béton reprise dans un mur en béton cellulaire (figure 7) montre le comportement du flux thermique. La chaleur tente de s'échapper par la dalle vers l'extérieur. Elle est freinée par l'isolant et la planelle en bout de dalle.

À l'échelle d'une habitation, il est possible, et parfois surprenant, de réaliser un thermogramme, au moyen d'une caméra infrarouge. Les différences de couleur montrent clairement la présence et l'intensité des ponts thermiques qui peuvent exister dans une habitation. À l'extérieur, les couleurs froides (vert, bleu) sont le signe d'une bonne isolation puisque la chaleur intérieure ne traverse pas les parois. Sur la figure 8, on constate nettement la différence entre la

partie gauche de la maison, isolée par l'extérieur, et la partie droite, non isolée. La façade non isolée laisse apparaître les points faibles comme les linteaux, les appuis de fenêtre et la liaison mur/toit.

À l'intérieur, les couleurs froides indiquent un manque d'isolation, puisque le froid pénètre dans l'habitation. On constate que les ouvrants sont des points faibles, comme le montre la fenêtre de toit, ainsi que les planchers et les changements de paroi. Ils peuvent être dus également au manque de soin à la mise en œuvre entraînant un mauvais positionnement et des fuites d'air.

Les ponts thermiques se produisent donc en divers points de la construction dans les parois en contact avec l'extérieur ou avec des locaux non chauffés. Les plus courants se situent à la jonction entre la façade et :

- le plancher bas,
- le plancher intermédiaire,
- la dalle de balcon,

aucune incidence, à cause de la lame d'air ventilée qui les sépare de l'isolant.

Un autre procédé d'isolation par l'extérieur est possible : le double mur. Il est en de nombreux points similaire aux précédentes solutions, puisque son principe s'apparente à une isolation par l'extérieur. L'isolant est posé du côté extérieur du mur porteur. Le parement extérieur consiste en une paroi lourde, mais non porteuse, généralement en briques pleines de terre cuite ou de silico-calcaire.

### ***L'isolation par l'extérieur avec un enduit***

Avec ce procédé d'isolation, l'isolant thermique est fixé directement sur la paroi extérieure du bâtiment (figure 9), par collage au mortier-colle ou par fixation mécanique, ou les deux. Pour le collage, un profilé de base est fixé mécaniquement sur la façade. Il est destiné à accueillir les panneaux du premier rang tout en évitant leur glissement. Pour la fixation mécanique, on a recours à des chevilles de fixation à large tête pour un bon maintien de l'isolant. Les modèles en matière plastique sont préférables afin de limiter les ponts thermiques ponctuels. Un enduit d'accrochage sera réalisé sur l'isolant dans lequel sera installé un treillis d'armature en fibres de verre. Il servira lui-même de support à une couche de fond pour égaliser la surface. L'enduit de finition pourra alors être réalisé.

Naturellement, l'isolant doit être adapté à la pose extérieure et être hydrophobe. Les matériaux courants sont le polystyrène expansé, les laines de roche compressées, les panneaux de fibres de bois, les panneaux sandwich de fibragglos, etc.

Le principal reproche fait à ce procédé d'isolation est sa fragilité aux chocs. Celle-ci, toute relative en pratique, dépend du type d'isolant utilisé et de l'emplacement de la

construction. Si le polystyrène expansé peut être susceptible de se déformer sous un choc, il n'en est pas de même avec les panneaux de fibres de bois ou de fibragglos. Une construction qui n'a pas de façade sur la voie publique présente peu de risques. Il suffit de prendre quelques dispositions de protection dans les angles ou les points de passage.

Les performances thermiques sont intéressantes comme le montrent les exemples suivants.

Une paroi en béton banché de 15 cm avec enduit intérieur présente une résistance thermique  $R$  de  $0,08 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  environ. Avec des panneaux de PSE de 110 mm d'épaisseur, de résistance thermique  $R = 2,80 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , on obtient un coefficient  $U$  paroi de  $0,33 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ . On peut améliorer ce coefficient avec des isolants plus épais. Avec des panneaux sandwich de fibragglos et polystyrène d'une épaisseur de 125 mm et une résistance thermique  $R$  de  $3,38 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , on obtient un coefficient  $U$  de  $0,27 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ . Ce chiffre passe à  $0,26 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$  avec des panneaux de laine de roche compressée pour extérieur d'une épaisseur de 130 mm et une résistance thermique  $R$  de  $3,61 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ . En augmentant fortement l'épaisseur des isolants traditionnels, on peut obtenir des performances très intéressantes. Ainsi, avec 200 mm d'isolant et cette fois deux couches de panneaux de fibres de bois (voir figure 9), il est possible d'atteindre un coefficient  $U$  de  $0,20 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ .

Les murs composés de petits éléments constructifs comme les blocs creux de béton ou les briques creuses, offrent une résistance thermique supérieure à celle d'un mur en béton banché. Cependant, la majeure partie des gains en isolation ne peut s'obtenir qu'avec des épaisseurs conséquentes d'isolant. Les briques creuses offrent des performances meilleures que les blocs de béton. Dès lors que les éléments sont pour-



thermique. De plus, le mur de parement ne nécessite que peu d'entretien.

Les performances thermiques dépendent en grande partie de l'épaisseur et des performances de l'isolant thermique. Le mur porteur peut être, en effet, de faible épaisseur, au minimum 150 mm, et composé de matériaux lourds. Néanmoins, il est tout à fait possible et avantageux de choisir un matériau plus performant thermiquement pour augmenter les performances de l'ensemble de la paroi, comme des blocs silico-calcaires thermiques ou des blocs de béton cellulaire.

Pour exemple, considérons un mur intérieur en silico-calcaire de 150 mm de largeur, avec un enduit intérieur et un mur de parement de 125 mm d'épaisseur en briques pleines de terre cuite. Si la coulisse est complètement garnie de 120 mm de laine minérale de résistance thermique  $R = 3,60 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , le coefficient  $U$  obtenu est de  $0,24 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ . Pour atteindre des valeurs compatibles avec le niveau de la maison passive (soit  $U = 0,15 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ), 200 mm d'isolant en laine minérale, de résistance thermique  $R = 6,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , sont nécessaires. Cependant, l'épaisseur totale du mur sera conséquente, soit 475 mm.

La présence d'une lame d'air dans la coulisse n'améliore pas les performances thermiques, puisque l'air n'y est pas inerte. Avec un mur porteur en silico-calcaire de 150 mm, un mur de parement de 120 mm également en silico-calcaire et 160 mm d'isolant de résistance thermique  $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , on atteint un coefficient  $U$  de  $0,18 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ .

Avec un mur porteur en béton de 200 mm, un mur de parement en briques pleines de terre cuite de 140 mm d'épaisseur et 160 mm d'isolant de résistance thermique  $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , le coefficient  $U$  atteint est de  $0,17 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ .

### La mise en œuvre d'une isolation thermique extérieure

Aussi appelée « mur manteau », l'isolation par l'extérieur d'un mur comprend plusieurs éléments : la paroi porteuse verticale en maçonnerie de petits éléments ou en béton banché, l'isolant thermique, à l'extérieur, le revêtement de protection et de finition et les menuiseries rapportées sur la paroi.

#### La mise en œuvre d'une isolation support d'enduit

Deux solutions sont possibles pour ce type d'isolation : avec un enduit mince à base de liants organiques ou avec un enduit hydraulique.

Dans le cas d'un enduit mince, vous pouvez fixer l'isolant au mur par collage ou par fixation mécanique, avec des profilés ou des connecteurs plastiques. Vous pouvez aussi adopter une solution mixte, calé/chevillé, notamment pour poser de la laine de roche ou si le mur est irrégulier (figure 15).

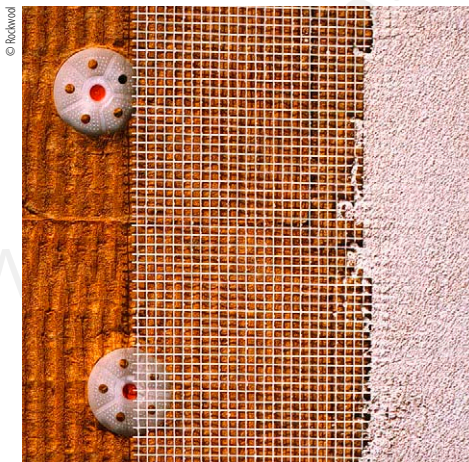
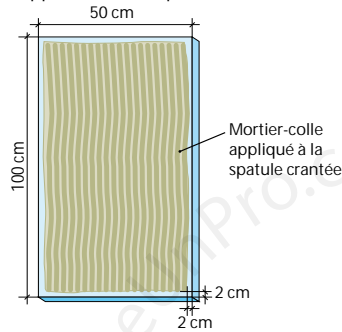


Figure 15 : ITE avec panneaux de laine de roche

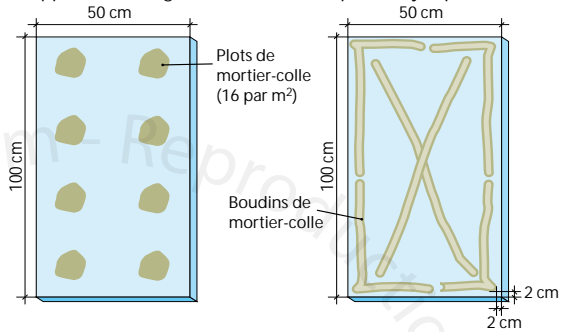
**Recommandations pour la fixation des plaques de polystyrène**

Fixation par collage

Support de bonne planéité



Support avec irrégularités et écarts de planéité jusqu'à 1 cm



Fixation mécanique en partie courante

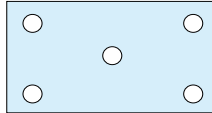
Nombre de chevilles par m <sup>2</sup>	Dépression maximale sous vent normal (Pa) (avec chevilles à tête Ø 50 ou 60 mm)
8	700
10	850
12	1 050

Plaques de 1,00 m x 0,50 m

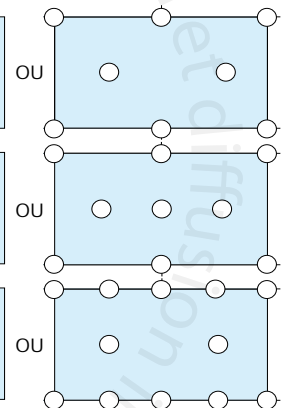
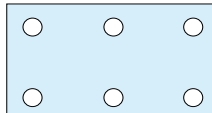
8 chevilles par m<sup>2</sup>



10 chevilles par m<sup>2</sup>



12 chevilles par m<sup>2</sup>



Non autorisé pour les laines minérales

Fixation par profilés

Fixation des plaques par profils horizontaux et :	Dimensions des plaques (mm)	Dépression maximale sous vent normal (PA)
des profils de jonction verticaux (raidisseurs)	500 x 500	700
des profils de maintien verticaux d'au moins 20 cm avec une fixation au milieu	500 x 500	1 100
des profils de maintien verticaux de 40 à 43 cm avec 2 fixations espacées de 30 cm	500 x 500	1 675

Fixation par « calé chevillé »

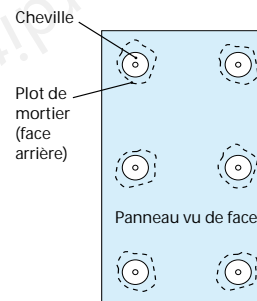


Figure 18 : Les recommandations pour la fixation des isolants

d'ouvertures, découpez le treillis selon deux diagonales, passant par le centre de la fenêtre. Découpez à la mesure, rabattez sur les tableaux et fixez. Appliquez l'enduit au moyen d'une machine à projeter avec une passe de 9 mm environ. Après 24 heures, vous pouvez appliquer la finition, par projection pneumatique et selon la finition choisie.

### **Les détails constructifs communs à toutes les solutions d'ITE**

La mise en œuvre des menuiseries extérieures, de tout type, est sensiblement la même dans tous les cas. Elles doivent être posées avant l'isolation. Toutefois les menuiseries en bois sont déconseillées au nu extérieur des murs.

En rénovation, pour améliorer les performances thermiques, il est judicieux de prévoir le remplacement des menuiseries.

La mise en œuvre doit être soignée et respecter les règles de l'art. Il est primordial d'assurer l'étanchéité à l'air et à l'eau entre le dormant des menuiseries et le gros œuvre.

Lorsque l'isolant s'arrête au droit de la menuiserie, il convient d'assurer l'étanchéité à l'eau à la jonction avec le parement de l'isolation. Pour une menuiserie au nu extérieur du gros œuvre (figure 27), assurez l'arrêt de l'isolant en partie haute et au niveau des tableaux, au moyen de profilés de départ ou autres. Il est préférable que l'isolant vienne légèrement en recouvrement du dormant de la menuiserie. Assurez l'étanchéité à l'eau et à l'air entre les profilés et la menuiserie. En partie haute, le profilé doit avoir une forme en goutte d'eau, afin de canaliser les ruissellements de la façade. Des orifices en partie inférieure permettent d'évacuer les eaux éventuelles d'infiltration. Pour l'appui, placez une bavette rapportée avec son profil d'étanchéité à l'eau, d'une pente minimale de 10 %. Le profilé de tableau doit recouvrir

la bavette sur une largeur de 50 mm au minimum. Elle doit disposer d'un relevé (oreille latérale) destiné à empêcher la pénétration de l'eau. Elle doit présenter un débord de 30 mm minimum du mur fini, et avoir un profil en goutte d'eau.

Les menuiseries installées en applique, au nu extérieur du gros œuvre, nécessitent quelques précautions. Il est impératif de prévoir une évacuation pour les éventuelles eaux d'infiltration grâce à un profilé d'arrêt haut qui assurera le drainage.

Les montants du dormant doivent disposer d'un profil intégré ou rapporté. De même, la bavette peut être intégrée ou rapportée. Assurez l'étanchéité à l'eau entre tous les éléments et la menuiserie.

Apportez également un soin tout particulier à l'étanchéité à l'air aux jonctions entre blocs-baies et gros œuvre. Vous pouvez la réaliser du côté intérieur, mais il est alors préférable de la réaliser également au nu extérieur. Le profil des blocs-baies permet la collecte et l'évacuation des eaux infiltrées.

Pour les menuiseries en tableau, au nu intérieur, prévoyez d'habiller les tableaux avec un retour d'isolant. En effet, si cette partie n'est pas isolée, il y aura des ponts thermiques à ces endroits. En rénovation, cela pose problème et selon la largeur du dormant, vous devrez peut-être opter pour un isolant moins épais ou plus performant. Assurez l'étanchéité à l'air et à l'eau entre le parement de l'isolation et le dormant de la menuiserie. Le retour d'isolant doit se faire également au niveau de l'allège. Pour cela, placez une bavette rapportée avec des relevés latéraux, disposés derrière l'isolant ou derrière le revêtement. Fixez-la dans le gros œuvre au moyen d'équerres.

Dans tous les cas, l'arrêt haut doit permettre la collecte et l'évacuation des eaux infiltrées, afin de les empêcher de parvenir jusqu'au mur support.

Dans le cas d'une ouverture avec un coffre de volets roulants ou des persiennes, il convient de prendre certaines dispositions, afin d'assurer la continuité de l'isolation et pour permettre la parfaite évacuation des eaux d'infiltration (figure 28).

Pour une menuiserie posée en embrasure avec volet roulant, réalisez l'étanchéité à l'air entre le coffre du volet et le linteau, par exemple avec un joint de mousse. Faites arriver l'isolation par l'extérieur en recouvrement de la face avant du coffre de volet isolé. En partie haute, réalisez un arrêt avec un profilé pourvu d'un dispositif d'évacuation des eaux d'infiltration.



Figure 29 : L'isolation des fondations

Dans le cas d'un bloc-baie avec coffre de volet roulant intégré, veillez également à assurer la continuité de l'isolant au niveau du linteau. Arrêtez alors l'isolation au droit du linteau. Côté intérieur, l'isolation du coffre de volet, en contact avec le dormant de la menuiserie, supprime les risques de pont thermique.

Pour un système avec persiennes intégrées, veillez également à assurer la continuité de l'isolant jusqu'au dormant de la menuiserie. Le dernier schéma de la figure 28 illustre le cas d'une menuiserie existante posée en embrasure. Dans ce cas, si l'on arrête l'ITE sous l'appui existant, on crée un pont thermique important. Il est alors préférable de le recouvrir et de l'isoler, en partie supérieure, jusqu'au dormant de la menuiserie. Pour créer la nouvelle protection de l'appui, on peut poser une bavette rapportée. Pour renforcer l'étanchéité à l'air, on peut créer un joint souple entre le parement et le dessous de la bavette.

La liaison du plancher bas avec la façade peut être source de ponts thermiques en isolation par l'extérieur. Il est donc important de les limiter voire de tenter de les supprimer grâce à des dispositifs constructifs adaptés. En effet, l'ITE s'arrête généralement à une quinzaine de centimètres du sol extérieur.

Même si la dalle est isolée par le dessous ou composée de hourdis en polystyrène, le pont thermique demeure. Vous devez chercher à allonger au maximum le parcours du flux de chaleur. En construction traditionnelle, on recouvre la face externe des semelles filantes d'une couche d'étanchéité, d'un isolant thermique, généralement du polystyrène extrudé. On réalise ensuite une protection mécanique sous la forme d'un revêtement ou d'un film. Pour laisser libre cours aux dilatations dimensionnelles, on applique un joint de mastic souple entre l'ITE et l'isolation du soubassement. L'isolant est posé jusqu'à une profondeur de 0,50 à 1,20 m. Il est également possible de faire descendre l'isolant jusqu'au niveau des semelles de fondation (figure 29) et d'isoler aussi la face interne des semelles filantes. Naturellement, vous devez alors choisir des isolants incompressibles et non hydrophiles comme du polystyrène extrudé ou du verre cellulaire... Vous pouvez adopter la même solution dans le cas d'une dalle sur terre-plein, ou encore envisager l'habillage complet des semelles filantes pour un projet neuf.

Dans le cas d'un projet de construction neuve, vous pouvez également opter pour des éléments de construction isolants (figure 30)

au-dessus de la couverture. Pour assurer la continuité de l'isolant, placez un polystyrène extrudé entre l'ITE et le voligeage. Pour l'évacuation des eaux de pluie, réalisez un chéneau en zinc. Fixez-le mécaniquement au mur, sous l'ITE, en le faisant arriver en recouvrement de l'isolant situé en dessous. Repliez-le sous les éléments de couverture. Pour le raccordement avec une toiture en pente, adoptez une solution similaire, mais à part le fait que, pour évacuer les eaux de ruissellement, le chéneau doit venir en recouvrement des éléments de couverture. Considérons à présent quelques points singuliers. Avant la pose du treillis d'armature dans les angles saillants, collez une cornière ou un profilé avec de l'enduit de fond (figure 33). Un angle rentrant ne nécessite pas de dispositions particulières.

Pour un arrêt dans un angle rentrant, n'oubliez pas de ménager un espace de dilatation entre l'isolant et le gros œuvre. Comblez-le avec un joint de mousse imprégnée ou avec un profilé et un joint souple. Désolidarisez également l'enduit de la paroi adjacente.

Pour effectuer un arrêt dans un angle, utilisez un profilé. Fixez-le mécaniquement au gros œuvre avant la mise en place des panneaux isolants. Réalisez l'étanchéité à l'air entre le profilé et le mur avec un joint de mastic. Dans les cas courants, on réalise généralement les arrêts de l'isolant au moyen de profilés.

Au niveau des joints de dilatation du gros œuvre, il est impératif d'interrompre l'isolation par l'extérieur. Pour masquer l'interstice, installez un couvre-joint après avoir appliqué l'enduit.

En ce qui concerne les volets battants, il est difficile de fixer les gonds de manière traditionnelle. Vous devez utiliser des gonds munis de pattes de fixation allongées à fixer

sur la façade et sur le tableau de l'ouverture. Vous isolerez ensuite le tableau en prenant en compte le débattement du volet.

### L'enduit sur ossature bois

Les constructions bois aussi peuvent recevoir un enduit extérieur. Dans ce cas, il faut remplacer les panneaux extérieurs classiques par des panneaux de fibres de bois adaptés à cet emploi (figure 34). Les autres parties de la structure ne sont en rien modifiées : ossature verticale avec isolation thermique entre les montants, panneaux OSB pour le renfort du contreventement et plaques de plâtre. Les panneaux support doivent être capables d'assurer la protection contre la pluie, de supporter un enduit organique

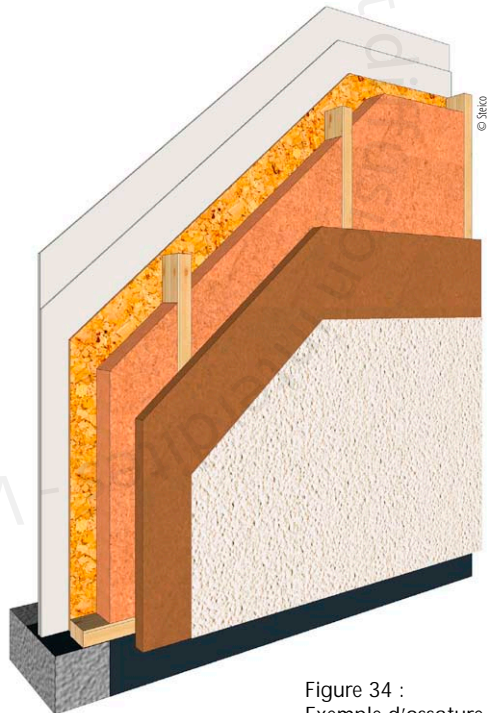


Figure 34 : Exemple d'ossature bois avec parement enduit



les panneaux ou les clins, fixez-les horizontalement directement sur le réseau de chevrons.

Pour les clins prévus pour une pose verticale ou les petits éléments, fixez-les sur une ossature secondaire, elle-même fixée sur le réseau de chevrons verticaux.

Mettez à profit l'espace situé derrière le bardage pour réaliser l'isolation extérieure, tout en veillant à ménager une lame d'air ventilée entre l'isolant et la face arrière du bardage. Cette lame d'air doit être en communication avec l'extérieur, en haut et en bas de chaque façade.

Les chevrons doivent avoir une section suffisante pour offrir durabilité et résistance mécanique. Leurs déformations doivent être négligeables et sans conséquences sur la structure. Leur largeur doit être adaptée pour la fixation des éléments de peau.

Pour la fixation des chevrons, deux types de pattes équerres sont possibles : réglables ou non. Les premiers se composent d'une patte équerre et d'une platine métallique fixée à la patte par boulonnage. Une lumière oblongue, située dans l'aile de la patte, permet le réglage en translation de la platine. Choisissez la hauteur des pattes équerres en fonction de l'épaisseur de l'isolant.

Un point important à prendre en compte est la fixation des pattes au support. En effet, les fixations doivent être sûres et résistantes. Utilisez des chevilles métalliques ou des systèmes de scellement chimique comme cela se pratique le plus souvent. Vous pouvez utiliser des chevilles plastiques uniquement si elles sont spécifiquement prévues pour cet usage. Il s'agit alors généralement de modèles de la famille des polyamides PA6. Vérifiez qu'elles sont adaptées au support et d'un diamètre minimum de 10 mm. Fixez les vis à tête plate ou les tire-fonds sur la patte par le biais d'une platine ou d'une rondelle de répartition. La fixation par vis et chevilles

est adaptée à la fixation directe à travers les chevrons.

Pour la fixation avec pattes, placez la vis au centre du trou oblong (figure 40). Si la patte est pourvue de deux trous oblongs, n'utilisez que celui situé en haut. Les pattes, comme les vis, doivent résister à la corrosion.

Installez les pattes de fixation de part et d'autre des chevrons. Marquez au cordeau traceur l'alignement des percements de chaque côté des chevrons. Prévoyez un minimum de trois pattes par chevron, notamment en allège.

Posez les premières pattes en haut et en bas à une distance supérieure à 0,35 m des extrémités du support. Posez les autres pattes au pas de 1,35 m. Les chevrons, d'une longueur de 5,40 m, reposent ainsi sur au moins cinq appuis. Pour les bardages traditionnels, mais aussi la plupart des bardages non traditionnels, l'entraxe entre chevrons est de 0,60 m. Sur les rives du bâtiment, pour une meilleure résistance aux vents et aux chocs, il faut réduire cet entraxe à 0,45 ou 0,30 m. À cet endroit de la construction, placez les pattes d'un seul côté du chevron, en adoptant un pas de 0,90 m.

Pour assurer la fixation des chevrons sur les pattes, divers systèmes sont possibles selon le poids du bardage. Par exemple, pour les éléments lourds dont la masse dépasse 25 kg/m<sup>2</sup>, utilisez des tire-fonds de 7 mm de diamètre et de 50 mm de longueur, des vis à bois de 3,5 mm de diamètre et de 40 mm de longueur ou des clous non lisses de 3,5 mm de diamètre et de 40 mm de longueur. Si le bardage est léger, soit une masse inférieure à 25 kg/m<sup>2</sup>, utilisez au moins trois vis à bois de 3,5 mm de diamètre et de 40 mm de longueur ou trois clous non lisses de 3,5 mm de diamètre et de 50 mm de longueur. Si vous employez un tire-fonds, utilisez conjointement une vis de blocage de 3,5 mm de diamètre et de 40 mm de longueur dans



Figure 43 :  
Exemples  
d'isolants pour  
l'isolation sous  
bardages rapportés

tiques alvéolaires. Vous pouvez donc utiliser des laines minérales (figure 43) en panneau ou en rouleau (semi-rigide à dérouler), du polystyrène expansé moulé ou extrudé, du polyuréthane, du verre cellulaire...

Le choix des panneaux rigides est possible si la planéité du support est correcte et qu'il ne se créera pas de lames d'air parasites avec le support.

Les systèmes de fixation de l'isolant sont généralement des chevilles étoiles d'un diamètre de collerette supérieur ou égal à 80 mm pour les laines minérales semi-rigides, supérieures ou égales à 50 mm pour les panneaux rigides de laine minérale ou les plastiques alvéolaires. Vous pouvez aussi choisir le collage par plots, comme pour un isolant support d'enduit.

Vous pouvez poser l'isolant en une couche sous les chevrons ou en deux couches (l'une sous chevrons, la seconde entre chevrons) ou entre les éléments d'un contre-chevronnage.

Avant la pose de l'ossature, embrochez l'isolant sur les pattes de fixation des chevrons et avec ses fixations propres (figure 44). Les panneaux d'isolant doivent être jointifs et ne pas présenter d'air entre l'isolant et la structure porteuse. En cas de pose en deux couches, décalez les raccords d'une couche

sur l'autre. Vous pouvez réaliser la pose horizontalement ou verticalement.

Vous pouvez choisir d'embrocher les panneaux isolants, d'une dimension allant jusqu'à 0,60 x 1,35 m, sur les pattes de l'ossature. Dans ce cas, prévoyez une fixation supplémentaire, par cheville étoile et par panneau. S'il n'y a pas de maintien par l'ossature, prévoyez deux fixations par panneau. Pour les éléments découpés dont la plus grande mesure ne dépasse pas 35 cm, vous pouvez n'utiliser qu'une seule fixation. N'enfonchez pas trop les chevilles étoiles situées au centre, sinon elles écarteraient les bords du panneau du support.

En ce qui concerne les isolants alvéolaires, ne les embrochez pas sur les pattes de fixation des chevrons. Utilisez deux chevilles étoiles, au minimum par plaque ou par mètre carré. Vous pouvez aussi choisir le collage.

En ce qui concerne les panneaux de laine minérale à dérouler, ils se présentent généralement sous forme de rouleaux de 0,60 m de largeur et de différentes longueurs. Il ne faut pas les embrocher sur les pattes de fixation des chevrons. Vous pouvez les poser à l'horizontale ou à la verticale.

pas entraver les variations dimensionnelles du bois. Posez les lames dans le sens adapté pour respecter l'évacuation de l'eau.

Pour une pose horizontale par recouvrement, si la largeur exposée des clins est inférieure ou égale à 125 mm, placez une fixation par chevron. Elle doit être située à environ 15 mm du bord de la lame et peut être apparente ou masquée. Si la largeur exposée est supérieure à 125 mm, placez deux points de fixation par chevron au tiers et aux deux tiers de la lame.

Il existe également des systèmes de clips. Pour les lames avec rainures et languette d'une largeur inférieure ou égale à 100 mm, une fixation par lame, à chaque chevron, convient. Vous pouvez opter pour une fixation invisible, dans le chanfrein de la languette, ou pour une fixation visible, à 15 mm du bord de la rainure. Pour les lames dont la largeur exposée est supérieure à 125 mm, placez deux fixations au tiers et aux deux tiers des clins.

En cas de pose verticale, posez les lames directement sur l'ossature secondaire, avec un point de fixation en leur centre. Assurez les lames de recouvrement dont la largeur exposée est inférieure ou égale à 100 mm par un point de fixation, au centre. Pour les clins de largeur exposée supérieure à 100 mm, placez deux points de fixation. Répartissez-les sur chaque ligne de liteaux. Afin de favoriser l'écoulement de l'eau, taillez la partie inférieure des lames en larmier.

La pénétration des fixations dans le support doit être de 22 mm au minimum. La tête de la fixation ne doit pas pénétrer de plus de 1 mm dans le bois.

Les fixations doivent être en acier inoxydable ou en alliage d'aluminium lorsque les bardages sont destinés à rester bruts ou à recevoir une finition transparente. Il en est de même pour les essences *western red cedar*, châta-

gnier ou chêne, car elles sont susceptibles de corroder le métal. Pour les bois peu denses comme le méréanti ou le pitch pin, utilisez des fixations invisibles en acier inoxydable ou des vis ou des clous électrozingués.

La longueur des clous doit être au moins 2,5 fois supérieure à l'épaisseur des lames. Celle des vis est au minimum de deux fois l'épaisseur des lames.

Renforcez les angles des bardages au moyen de profilés et de pattes d'angle (figure 49). Le profilé permet notamment d'apporter une touche esthétique à l'angle. Les pattes d'angle prennent appui de chaque côté du mur. Le chevron renforce encore le raccord d'angle des lames.

Pour les bardages non traditionnels, vous pouvez opter pour des éléments d'angle spécialement conçus, par exemple en terre cuite, à installer sur une ossature d'angle spécifique.

Pour les angles rentrants, on utilise également des systèmes de profilés adaptés. La fixation des chevrons reste traditionnelle avec les pattes équerres. Pour les matériaux soumis à la dilatation, utilisez des profilés qui ne bloqueront pas les éléments de peau ou laissez un espace libre.

Les bardages rapportés sur ossature bois doivent être posés à 150 mm au minimum du sol fini. Isolez le soubassement avec un matériau à forte résistance mécanique, comme du polystyrène extrudé avec enduit de protection. Protégez la partie inférieure de l'ossature du bardage avec une grille pour empêcher la pénétration des rongeurs tout en laissant circuler l'air. Pour les bardages en petits éléments, la lame d'air doit avoir une épaisseur de 2 à 3 cm minimum. Elle doit être continue, sur toute la façade, et laisser passer l'air également en haut du bardage. Dans le cas d'une toiture-terrasse, arrêtez les chevrons sous la couverture d'acrotère,

En bas, imprimez une légère pente à la membrane d'étanchéité, par exemple avec une forme de mortier, puis faites-la remonter derrière l'isolant en assurant la continuité en pied de façade. Vous pouvez la découper et la plier dans les angles ou utiliser des pièces d'angles préformées. Il peut s'agir d'une membrane bitumineuse pourvue d'une armature imputrescible comme un voile de verre ou de polyester, ou une membrane synthétique (PE, EPDM...), avec, de préférence, un agrément technique. Réalisez un drainage de la coulisse au-dessus des ouvertures, avec des relevés latéraux. Placez le dormant des menuiseries dans le prolongement de l'isolant (figure 56). Vous pouvez les fixer au nu du mur extérieur ou en applique. Assurez l'étanchéité à l'air et à l'eau entre le mur porteur et les dormants. Habillez les tableaux avec des profilés ou un retour en briques de parement. Vous pouvez aussi les poser contre la face interne du mur de parement. Réalisez un joint souple à la jonction entre les dormants et le mur de parement. Fixez les pattes de fixation des dormants des percements faits dans les tableaux. Assurez l'isolation latérale des dormants avec la maçonnerie. Habillez les tableaux avec une tapée en ébrasement.

Afin d'éliminer tout risque d'infiltration au niveau de l'allège, si l'appui de baie est en béton, prenez soin de placer une membrane d'étanchéité sous toute la baie, en appui sur le mur porteur et le parement.

Dans le cas d'une bavette rapportée, prolongez l'isolant en contact avec le dormant de la menuiserie. Fixez-la au dormant en interposant une étanchéité et en la faisant reposer sur un joint souple, au niveau du mur de parement.

La figure 57 illustre les détails de la liaison entre la maçonnerie et les menuiseries. Notez

la mise en place du solin, repris sur le linteau en béton. Veillez à laisser quelques joints de briques verticaux ouverts, pour permettre l'évacuation de l'eau. Si le bloc-baie est muni d'un coffre de volet roulant, réalisez le drainage au-dessus du coffre. Tous les contacts entre la maçonnerie et les parties de la baie doivent recevoir un joint souple pour permettre les mouvements différentiels entre ces éléments, sans dommages. Pour canaliser l'eau, respectez le positionnement de la membrane d'étanchéité au-dessus des ouvertures, avec le relevé latéral. Pliez la membrane pour assurer la continuité. Le mur de parement doit disposer de ses propres linteaux.

Rappelons qu'il faut poser les panneaux isolants en coupe de pierre et parfaitement jointifs avec le dormant des menuiseries.

Un autre schéma de détail présente les points singuliers à respecter au niveau de la menuiserie et de ses tableaux. La menuiserie ne doit jamais être en contact direct avec le mur de parement, afin de ne pas provoquer de transfert d'humidité.

Pour une construction avec toiture-terrasse, il est difficile de réaliser la continuité de l'isolant par-dessus l'acrotère (figure 58). Sur la dalle de la terrasse, l'assise de l'acrotère est dans l'alignement du mur porteur et se compose d'éléments constructifs isolants. L'intégralité de l'acrotère peut être réalisée en maçonnerie isolante.

Isolez la toiture-terrasse selon la même méthode que la toiture inversée. La continuité avec l'isolant de la coulisse est respectée et le pont thermique est grandement réduit.

Pour les balcons, la partie isolante des rupteurs de pont thermique doit se situer dans la coulisse. Les fers de renforcement sont intégrés à la dalle d'étage et à celle du



## Crédits et remerciements

Les photographies et illustrations de ce livre ont été fournies par les personnes ou les sociétés citées ci-dessous. Nous les remercions pour leur aimable collaboration.

**Ytong** :  
page 12.

**Ziegel** :  
page 13.

**Ecoba** :  
page 13.

**Rockwool** :  
pages 25, 38, 62, 83.

**Saint-Gobain** :  
page 26.

**Placo** :  
page 31.

**BASF** :  
page 34.

**Eurima** :  
page 42.

**Foamglass** :  
pages 43, 75.

**Schoek Novomur** :  
page 43.

**Steico** :  
page 47.

**Pavatex** :  
page 48.

**Koramic** :  
page 54.

**Silverwood** :  
pages 31, 54.

**Isover** :  
page 60.

**Terreal** :  
page 54.

Les autres schémas, dessins et crédits photographiques sont la propriété des auteurs (DFTG).

Photo de couverture : Knauf Gips Marmorit.

**Pour en savoir plus sur Internet :**  
[www.CommeUnPro.com](http://www.CommeUnPro.com)  
[www.editions-eyrolles.com](http://www.editions-eyrolles.com)

