

# Toitures en tuiles



n° 240

2011

Note d'information  
technique

Après plus d'un demi-siècle d'existence, le Centre scientifique et technique de la construction fait désormais place à Buildwise.

Ce nouveau nom porte en lui une orientation nouvelle, davantage axée sur l'innovation, sur la collaboration et sur une approche pluridisciplinaire plus intégrée.

## Pourquoi cette transformation?

### **Votre centre de recherche devient centre d'innovation**

Fort des connaissances qu'il a acquises au fil des années, Buildwise s'est imposé comme le centre de référence et d'expertise du secteur de la construction. Buildwise se tient aux côtés de tous les acteurs impliqués dans l'acte de bâtir. Notre objectif ? Transmettre des connaissances qui améliorent réellement la qualité, la productivité et la durabilité, et ouvrir la voie à l'innovation sur chantier et dans l'entreprise.

### **Dynamiser le partage des connaissances et les interconnexions**

Compte tenu de la grande complexité et de la forte fragmentation du processus de construction, Buildwise se doit de renforcer son rôle fédérateur. Nous ne pourrions relever les défis sectoriels et sociétaux qu'en mobilisant le secteur tout entier et en repensant nos modèles d'entreprise et notre façon de collaborer.

### **De la multidisciplinarité à la transdisciplinarité**

Notre spécificité tient à notre approche pragmatique et multidisciplinaire. Pour trouver des solutions solides, il faut une stratégie globale et intégrée. C'est pourquoi nos ambitions s'articulent autour de trois piliers : les technologies numériques, la durabilité et le métier (représenté par les entrepreneurs au sein des Comités techniques).



## Une stratégie ambitieuse pour l'avenir

Buildwise a pour mission d'aider les professionnels de la construction à améliorer la qualité, la productivité et la durabilité et d'ouvrir la voie à l'innovation sur les chantiers et dans les entreprises de construction. Pour ce faire, nous recourons à une approche globale et intégrée et prenons en compte les besoins de tous les corps de métier.

**Plus d'informations sur [buildwise.be](https://www.buildwise.be)**

# CSTC

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION



---

NOTE D'INFORMATION  
TECHNIQUE **240**

---

## TOITURES EN TUILES

# TOITURES EN TUILES

La présente Note d'information technique a été élaborée au sein du groupe de travail *Toitures en tuiles* issu du Comité technique *Couvertures* présidé par G. Pierrard.

## Composition du groupe de travail 'Toitures en tuiles'

<b>Président</b>	G. Pierrard, entrepreneur de couverture
<b>Membres</b>	Ph. Crohin, entrepreneur de couverture
	Y. M. Dron, entrepreneur de couverture
	M. Watelet, entrepreneur de couverture
	L. Spincemaille, Eternit
	A. Thierens, Koramic
	H. Verpoorten, RBB
<b>Ingénieurs-animateurs</b>	F. Dobbels et O. Vandooren, CSTC

*Ont également collaboré à l'élaboration du document :*

C. Depue (CNAC), E. Gilles (VCR Van Cauwenbergh), B. Gillis (Umicore), P. Hellemans (Eternit), L. Hermans (Monier), J.-M. Poppe (ex-Koramic), J.-P. Schepens (Eternit), K. Van Gulck (Monier) et P. Vitse (PCE)

*ainsi que*

S. Charron, E. Dupont, D. Langendries, L. Lassoie, N. Lens, Y. Martin, S. Peeters, W. Verbesselt et M. Wagneur (CSTC).

## CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

CSTC, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947

Siège social : Rue du Lombard 42 à 1000 Bruxelles



*Publication à caractère scientifique visant à faire connaître les résultats des études et recherches menées dans le domaine de la construction en Belgique et à l'étranger.*



*La reproduction ou la traduction, même partielles, du texte de la présente Note d'information technique n'est autorisée qu'avec le consentement de l'éditeur responsable.*

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
1.1	Objectifs et champ d'application .....	5
1.2	Nature des travaux.....	5
1.3	Conditions de sécurité lors de l'exécution des travaux.....	6
<b>2</b>	<b>CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE DES VERSANTS .....</b>	<b>7</b>
2.1	Structure portante.....	7
2.1.1	Pente minimale des versants .....	8
2.1.2	Stabilité.....	9
2.1.3	Planéité .....	9
2.1.4	Durabilité.....	9
2.2	Préparation des versants.....	10
2.2.1	Pose de la sous-toiture.....	11
2.2.2	Pose des contre-lattes .....	16
2.2.3	Pose des lattes.....	16
2.3	Pose des tuiles .....	21
2.3.1	Répartition et pose des tuiles sur le versant .....	21
2.3.2	Fixation des tuiles.....	23
2.4	Pose des dispositifs de sécurité et d'ancrage.....	27
2.4.1	Points d'ancrage des dispositifs de protection collective .....	27
2.4.2	Crochets de sécurité pour dispositifs de protection individuelle.....	27
2.5	Isolation thermique et acoustique .....	28
2.5.1	Isolation thermique de la charpente .....	29
2.5.2	Panneaux autoportants.....	30
2.5.3	Toitures Sarking.....	30
2.6	Sécurité en cas d'incendie .....	31
2.6.1	Résistance au feu de la toiture .....	32
2.6.2	Réaction au feu de la couverture.....	32
2.6.3	Performance des toitures exposées à un incendie extérieur .....	33
<b>3</b>	<b>VERSANTS DE FORMES ET DE PENTES PARTICULIÈRES .....</b>	<b>35</b>
3.1	Versants à faible pente .....	35
3.1.1	Étanchéité .....	35
3.1.2	Durabilité.....	36
3.2	Versants verticaux .....	37
3.2.1	Structure portante .....	37
3.2.2	Isolation thermique.....	37
3.2.3	Pose et fixation des tuiles.....	38
3.2.4	Éléments en saillie sur la façade.....	39
3.3	Versants cintrés.....	39
3.3.1	Rayon de courbure du toit.....	40
3.3.2	Structure portante .....	40
3.3.3	Étanchéité à la pluie .....	40
<b>4</b>	<b>ENTRETIEN .....</b>	<b>41</b>
4.1	Principes et fréquence .....	41
4.2	Nettoyage des couvertures en tuiles .....	41
4.2.1	Nettoyage aux fongicides .....	41
4.2.2	Précautions à prendre lors du nettoyage .....	41
<b>5</b>	<b>PATHOLOGIES DES TOITURES EN TUILES .....</b>	<b>43</b>
5.1	Désordres liés à la fabrication ou à la manutention des tuiles.....	43
5.2	Arrachement des tuiles par le vent .....	43
5.3	Problèmes d'humidité .....	43

6

5.4 Déperditions calorifiques et défaut d'étanchéité à l'air..... 44  
 5.5 Pathologies des charpentes ..... 44  
 5.6 Pathologies des accessoires métalliques ..... 44

**RÉNOVATION DES TOITURES..... 47**

6.1 Contrôle de la toiture ..... 47  
 6.1.1 Contrôle de la charpente et de la structure portante sous-jacente..... 47  
 6.1.2 Contrôle des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales..... 50  
 6.1.3 Contrôle de l'isolation..... 50  
 6.2 Réparations..... 50  
 6.2.1 Traitement curatif du bois ..... 50  
 6.2.2 Réparations locales de la charpente ..... 50  
 6.3 Démontage de la toiture..... 51  
 6.3.1 Couverture ..... 51  
 6.3.2 Structure portante ..... 52  
 6.3.3 Autres éléments ..... 53  
 6.4 Mise en œuvre de la nouvelle toiture ..... 53  
 6.4.1 Structure portante ..... 53  
 6.4.2 Système d'évacuation d'eau..... 53  
 6.4.3 Sous-toiture..... 54  
 6.4.4 Couverture ..... 54  
 6.4.5 Isolation thermique – Ecran à l'air et à la vapeur ..... 55

7

**SÉCURITÉ LORS DE L'EXÉCUTION ET DE L'ENTRETIEN ..... 57**

7.1 Mesures de protection collective ..... 57  
 7.2 Mesures de protection individuelle..... 58

**ANNEXE** Effet du vent sur les toitures à versants : détermination de la fixation des tuiles ..... 60

**BIBLIOGRAPHIE** ..... 68





# 1 INTRODUCTION

## 1.1 OBJECTIFS ET CHAMP D'APPLICATION

Les tuiles ont connu à ce jour de nombreux développements. Les innovations récentes et l'évolution de la normalisation nécessitaient dès lors une mise à jour de l'information publiée sur le sujet.

La présente Note d'information technique vise à informer le couvreur de la manière la plus complète possible sur les diverses évolutions qui ont affecté tant la mise en œuvre que les produits et leurs performances. D'autres Notes d'information technique viendront compléter cette information en ce qui concerne l'isolation thermique des toitures à versants ainsi que la réalisation des détails et ouvrages de raccord.

La norme belge NBN B 27-106 [B7] applicable aux tuiles en terre cuite a été remplacée en 2005 par la norme européenne NBN EN 1304 [B29], entraînant des modifications dans les dénominations et les performances des produits. Cette dernière norme ainsi que la NBN EN 490 [B13] concernant les tuiles en béton ont été harmonisées. Le marquage CE qui en découle obligatoirement implique que les produits satisfont, en outre, aux exigences légales imposées par la directive européenne 89/106/CE [C16] relative aux produits de construction.

L'utilisation des tuiles sur les toitures à faible pente et les toitures cintrées – de plus en plus répandues – requiert le respect de certains principes afin de garantir les performances attendues en matière d'étanchéité à la pluie et de durabilité. Ceux-ci sont précisés au chapitre 3 (p. 35). Les tuiles sont par ailleurs de plus en plus souvent utilisées comme revêtement de façade, application également traitée dans ce chapitre.

Les exigences imposées aux performances de la toiture ne cessent de se renforcer, elles aussi, tant sur le plan énergétique qu'acoustique. L'usage croissant des espaces sous toiture comme locaux d'habitation incite par ailleurs à isoler davantage les versants. Dans ce contexte, le choix du matériau, la composition et la pose correcte des éléments sont des conditions primordiales à l'obtention des performances escomptées.

Le respect de l'environnement et le souci de réaliser des constructions durables requièrent toute notre attention. Les terrains à bâtir se faisant plus rares, la rénovation gagne en importance et mérite par conséquent d'être étudiée. Le chapitre 6 (p. 47) se concentrera sur les spécificités de la rénovation des toitures en tuiles.

La présente Note d'information technique, qui remplace les NIT 175, 186 et 202 (sauf pour ce qui concerne les ouvrages de raccord), définit les règles de bonne pratique applicables à la mise en œuvre des toitures à versants en tuiles, compte tenu des développements cités plus haut et des connaissances récentes que la recherche a permis d'acquérir sur la composition des toitures. Les règles particulières aux tuiles en terre cuite et en béton sont traitées dans les addenda 1 et 2 (NIT 240-1 et 240-2).

## 1.2 NATURE DES TRAVAUX

Les travaux de couverture comprennent généralement les opérations suivantes :

- l'installation des dispositifs de sécurité requis pour assurer la protection des travailleurs et des personnes ainsi que la prévention des risques de chute de matériaux ou de matériel (cf. § 1.3, p. 6)
- le démontage éventuel de la couverture ou de la toiture existante (dans le cas d'une rénovation)
- le contrôle visuel des parties accessibles (sans démontage) de la charpente : planéité, pérennité, pente, conditions d'appui (cf. § 2.1, p. 7). Au besoin, il appartiendra au donneur d'ordre de communiquer toute information utile relative au dimensionnement de la structure portante (p. ex. conditions de charges envisagées) et au traitement de préservation éventuel du bois mis en œuvre
- la pose de la sous-toiture et l'exécution de la couverture
- l'intégration des fenêtres de toit, la pose des panneaux solaires éventuels et leurs raccords
- la pose et la réalisation des ouvrages de raccord ainsi que des dispositifs de collecte et d'évacuation des eaux pluviales
- la pose éventuelle de l'isolation (avant ou après la pose des tuiles selon le système d'isolation choisi)
- l'enlèvement des déchets pendant et après l'exécution ainsi que leur mise en décharge selon

leur nature. Les parties de toiture anormalement souillées (p. ex. par des travaux de sciage) devront être correctement nettoyées. Le chantier devra être remis dans un état de propreté satisfaisant.

Les opérations suivantes ne sont pas comprises dans les travaux et feront l'objet d'un poste séparé :

- le traitement de préservation et/ou curatif de la structure portante en bois
- la correction des défauts de planéité (excédant les valeurs limites renseignées au § 2.1.3, p. 9)
- le renforcement local ou général de la charpente lorsque cette dernière est sous-dimensionnée, dégradée ou présente des erreurs d'exécution
- les mesures spécifiques d'enlèvement et de stockage des déchets dangereux ou recyclables provenant du démontage de la couverture. Pour plus d'informations, le lecteur peut se référer à l'article paru en 2005 dans Les Dossiers du CSTC [L3].

### **1.3 CONDITIONS DE SÉCURITÉ LORS DE L'EXÉCUTION DES TRAVAUX**

Conformément aux directives du Règlement général pour la protection au travail (RGPT) et du Code sur le bien-être au travail <sup>(1)</sup>, les mesures de protection collective les plus efficaces doivent être prises pour prévenir la chute des travailleurs, des matériaux et du matériel. Lorsque la nature du travail ne permet pas la mise en place des dispositifs requis, la sécurité des travailleurs doit être assurée de manière individuelle (voir à ce sujet le chapitre 7 à la page 57).

Il y a également lieu de tenir compte des conditions climatiques particulières, telles que la pluie, le vent, la neige, le gel (température inférieure à -5 °C) ou la chaleur (température supérieure à 25 °C).

---

(1) Le RGPT est en cours de restructuration au sein du 'Code sur le bien-être au travail', afin de permettre l'intégration aisée des directives européennes.



## 2 CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE DES VERSANTS

### 2.1 STRUCTURE PORTANTE

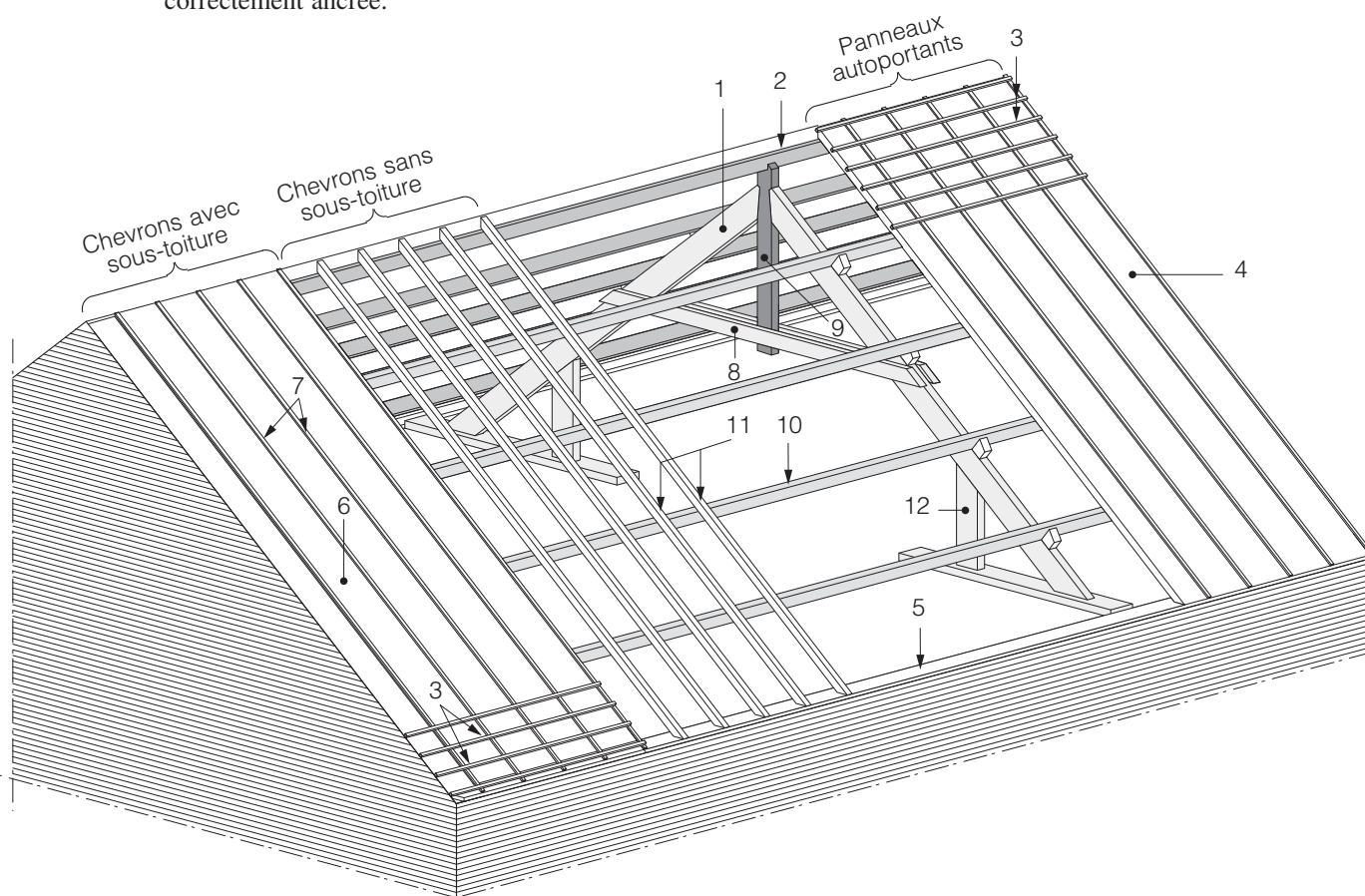
La structure portante de la toiture, généralement en bois, est constituée :

- de pannes supportant des chevrons (à gauche sur la figure 1) ou de panneaux de toiture autoportants (à droite sur la figure 1)
- de chevrons porteurs ou de fermettes préfabriquées (figure 2, p. 8).

La structure portante reprend la charge de l'ensemble du complexe toiture, la charge de la neige et l'action du vent, et les reporte sur les éléments porteurs du gros œuvre, auxquels elle doit être correctement ancrée.

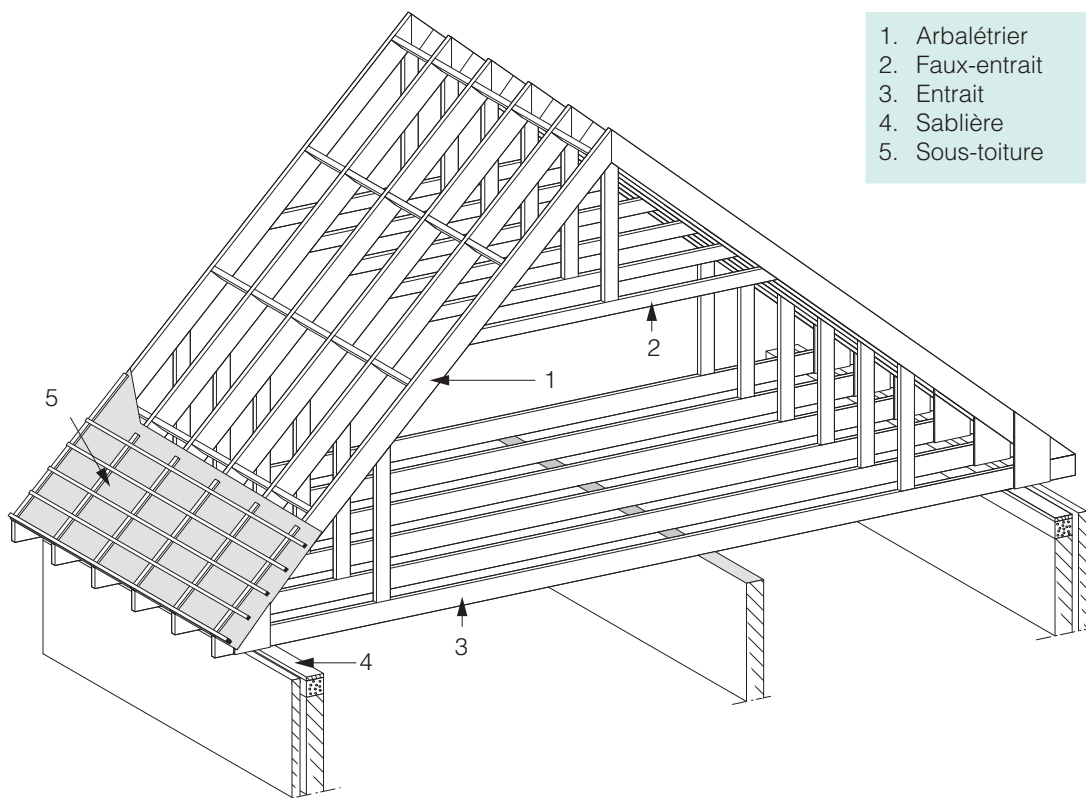
Comme précisé au § 1.2 (p. 5), le contrôle visuel des parties accessibles de la charpente (sans démontage) fait partie intégrante des travaux à exécuter par le couvreur. Le cas échéant, il lui appartient principalement de :

- contrôler la planéité du support (cf. § 2.1.3, p. 9)
- vérifier la pente du versant en fonction du type de tuile envisagé (cf. § 2.1.1, p. 8) et des dispositifs d'étanchéité complémentaires éventuels (chapitre 3, p. 35)
- signaler les défauts flagrants qui pourraient compromettre la stabilité (§ 2.1.2, p. 9) ou la durabilité (§ 2.1.4, p. 9) de la charpente.



**Fig. 1** Charpente à pannes et chevrons (à gauche) – Panneaux autoportants (à droite).

1. Arbalétrier	5. Sablière	9. Poinçon
2. Panne faîtière	6. Sous-toiture	10. Panne
3. Lattes	7. Contre-lattes	11. Chevrons
4. Panneaux de toiture autoportants	8. Faux-entrait	12. Jambe de force



**Fig. 2** Fermettes préfabriquées pour combles aménagés.

Dans tous les cas, les problèmes de stabilité feront l'objet d'un poste séparé comprenant éventuellement une étude spécifique.

Les contrôles à effectuer lors du diagnostic d'une charpente existante sont précisés au chapitre 6 (p. 47).

### 2.1.1 PENTE MINIMALE DES VERSANTS

La pente minimale du versant, qui diffère de la pente minimale des tuiles, est spécifiée par le fabricant selon le type de tuile. Il conviendra de respecter cette pente en tout point de la toiture (raccord avec une lucarne rampante, par exemple).

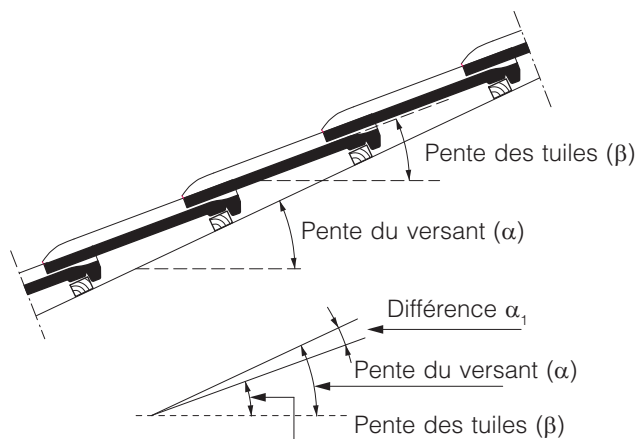
Exceptionnellement, les tuiles peuvent être posées sur des versants de pente inférieure aux limites recommandées. Dans ce cas, les tuiles ne peuvent plus assurer à elles seules l'étanchéité à la pluie de la toiture.

Lorsque les tuiles sont réduites à une fonction purement décorative, on veillera à ce que les performances d'étanchéité attendues soient assurées par la ou les couches sous-jacentes. Si nécessaire, on respectera les principes adoptés pour la conception et l'exécution des toitures plates. Il y a également lieu de considérer la pente minimale des fenêtres de toit éventuelles.

En ce qui concerne la durabilité des lattes et des contre-lattes, on se conformera aux recommandations formulées au § 3.1.2.1 (p. 36).

Le terme 'pente de toiture' désigne l'angle  $\alpha$  formé par l'horizontale et les chevrons ou les arbalétriers. La 'pente des tuiles' est déterminée par l'angle  $\beta$  formé par l'horizontale et les tuiles placées sur le versant. La différence entre la pente de toiture et la pente des tuiles est la différence  $\alpha_1$  (voir figure 3).

L'importance de cette différence  $\alpha_1$  est fonction du type de tuiles, de leur épaisseur et de l'écartement des lattes. Elle est par conséquent plus critique lors



**Fig. 3** Différence entre pente du versant ( $\alpha$ ) et pente des tuiles ( $\beta$ ).

de la pose de tuiles plates sans emboîtement et davantage encore pour celle de tuiles de petit format et/ou de forte épaisseur. Dans la plupart des cas, la différence de pente se situe entre 3° et 6°, mais peut exceptionnellement atteindre 15°.

## 2.1.2 STABILITÉ

Il importe que la charpente soit correctement fixée à la structure sous-jacente. De même, sa stabilité et sa résistance doivent être conformes aux prescriptions de l'Eurocode 5 relatif aux structures en bois [B35]. Les actions à considérer seront calculées selon l'Eurocode 1 [B31]. Pour le contrôle de la stabilité d'une charpente traditionnelle existante (travaux de rénovation), le lecteur se référera à l'article publié en 2001 dans CSTC-Magazine [L1] <sup>(2)</sup>.

Il est important de rappeler dans ce contexte que la responsabilité de la stabilité de la charpente incombe à la personne qui l'a conçue ou, en l'absence de concepteur, à celui qui l'a réalisée. Sur un chantier de rénovation, le couvreur devient toutefois responsable du support sur lequel il travaille.

## 2.1.3 PLANÉITÉ

### 2.1.3.1 DÉFORMATIONS DES ÉLÉMENTS DE LA STRUCTURE PORTANTE

En phase de projet, il y a lieu de limiter les déformations attendues aux valeurs mentionnées dans la norme NBN B 03-003 [B6]. Par déformation, on entend la flèche ou la contre-flèche prise par un élément de structure principal (charpente, panne, etc.) ou secondaire (chevron, etc.) reposant sur deux appuis ou plus. La norme NBN B 03-003 établit les valeurs limites des déformations à considérer éventuellement en phase de projet, en faisant une distinction entre les déformations admissibles afin d'éviter des désordres aux finitions solidaires de la structure portante, et les déformations admissibles sur un plan visuel (planéité, horizontalité, etc.).

Les déformations liées aux différents types de sollicitations (poids propre, vent, neige) doivent être étudiées selon l'Eurocode 5 [B35] par un bureau d'étude, en considérant les actions définies dans l'Eurocode 1 [B31]. Des tableaux de dimensionnement des pannes sur la base des Eurocodes ont été publiés dans l'article précité [L1]. Les flèches

et contre-flèches admises sous la combinaison d'actions dites rares sont fonction du parachèvement intérieur posé à la face inférieure de la charpente; elles sont limitées à :

- 1/250° de la portée si aucune finition n'est prévue
- 1/350° de la portée pour les toitures dont les versants sont munis d'un enduit (ou de plaques de plâtre) à la face inférieure.

Quant aux déformations admissibles sur le plan visuel, elles sont limitées à 1/300° de la portée sous la combinaison d'actions fréquentes. Cette valeur limite peut être utilisée par le couvreur pour le contrôle d'une charpente traditionnelle (pannes et chevrons) et peut être considérée comme la déformation à partir de laquelle des corrections devront être proposées en vue d'améliorer la planéité. La reprise éventuelle des charges en pied de versant fait l'objet d'une étude par l'auteur de projet.

### 2.1.3.2 ÉCARTS ENTRE LES POINTS D'APPUI DE LA STRUCTURE PORTANTE

Les écarts de niveau admissibles <sup>(3)</sup> entre les points d'appui des pannes, chevrons ou fermettes (lorsqu'il s'agit d'une structure portante préfabriquée) sont déterminés à l'aide de la formule suivante :

$$G = \pm (10 + A/2000)$$

où :

G = l'écart de niveau admissible, exprimé en mm  
± = le symbole précisant si l'écart est en plus ou en moins

A = la distance, exprimée en mm, entre les points d'appui pour lesquels on détermine l'écart de niveau (voir A<sub>1</sub> ou A<sub>2</sub> à la figure 4, p. 10).

Pour une couverture en tuiles à pureau plat ou en tuiles plates, les exigences sont plus sévères, notamment pour des raisons d'aspect :

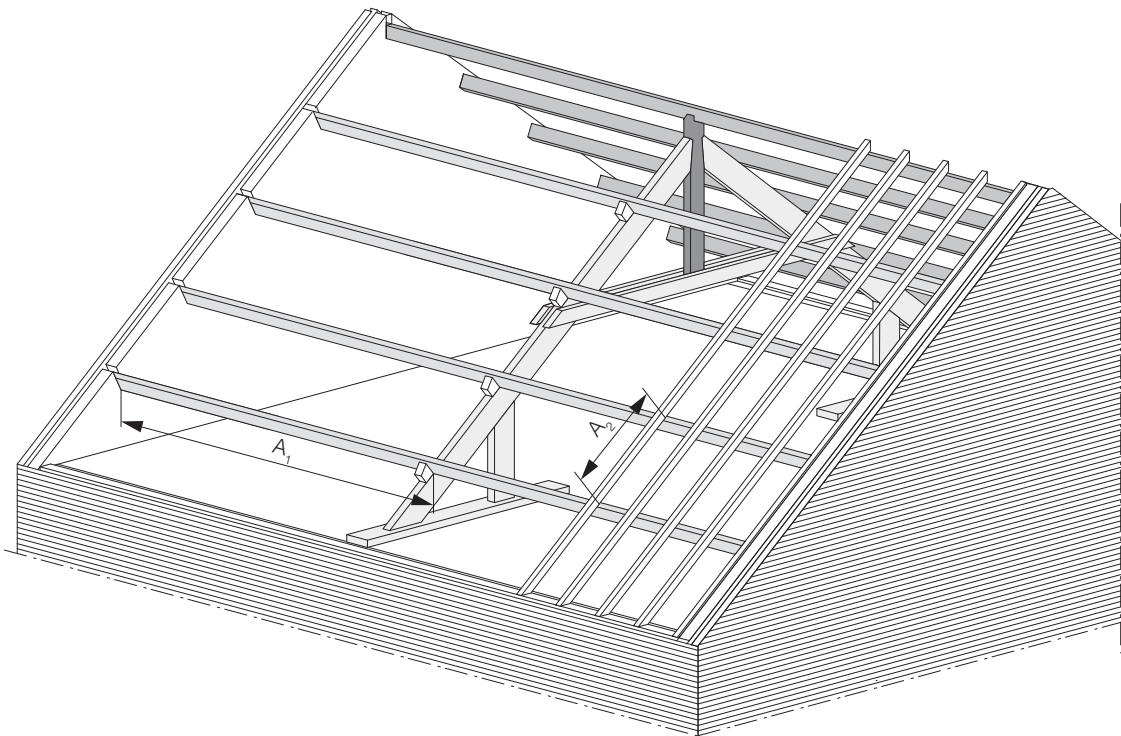
$$G = \pm (5 + A/4000).$$

## 2.1.4 DURABILITÉ

La charpente doit présenter une durabilité suffisante et répondre aux exigences en la matière. Le choix du traitement de préservation doit se faire en fonction de l'ambiance dans laquelle le bois est conservé, mais également en fonction de sa durabilité naturelle vis-à-vis des attaques d'insectes et de champignons.

<sup>(2)</sup> L'article mentionné a été rédigé sur la base de la prénorme européenne NBN ENV 1995. Celle-ci a toutefois été remplacée par l'Eurocode 5 précité, dont le Document d'application national n'a pas encore été publié à ce jour.

<sup>(3)</sup> Un écart admissible est la différence entre la dimension limite admissible et la dimension de référence correspondante. La tolérance est la différence entre la dimension limite supérieure admissible et la dimension limite inférieure admissible. Pour plus d'informations à ce sujet, on consultera la norme NBN ISO 7976-2 [B56] ainsi que le numéro spécial de CSTC-Contact paru en 2010 [C12].



**Fig. 4** Ecarts de niveau admissibles.

Exemples :

- si  $A_1 = 4$  m, l'écart de niveau admissible entre les points d'appui de la panne s'élève à  $\pm 12$  mm
- si  $A_2 = 2$  m et si l'on utilise des tuiles à pureau plat, l'écart de niveau admissible du point d'appui d'un chevron par rapport au niveau théorique s'élève à  $\pm 5,5$  mm.

La norme NBN EN 335-2 [B9] définit cinq classes d'emploi pour le bois massif en fonction de ses conditions de conservation et des agents biologiques (insectes, champignons, etc.) susceptibles d'attaquer le matériau (voir tableau 1).

Par ailleurs, la norme européenne NBN EN 599 [B21, B22] fixe les performances que doit présenter un produit de préservation en fonction du risque biologique auquel le bois est exposé. Enfin, la norme NBN EN 351 [B19, B20] établit les lignes directrices permettant de choisir un niveau de traitement en fonction du risque biologique rencontré par le bois non résistant aux insectes et/ou aux champignons.

Sur la base de ces normes, l'Association belge pour la protection du bois (ABPB) a élaboré un document établissant un lien entre les codes d'homologation belges, les classes de risque et les performances des produits de préservation (voir tableau 2, p. 12). Ce document précise également les modes d'application qui permettent d'atteindre un niveau de protection satisfaisant.

On constate que, dans la majorité des cas, un bois de charpente non durable naturellement (du fait de sa durabilité naturelle et/ou de la présence d'aubier) et

non résistant aux attaques d'insectes devrait subir un traitement de type A2.1 (A2.2 pour du bois lamellé-collé), voire A1 si l'élément est entièrement situé dans le volume protégé du bâtiment (cas des charpentes isolées par la technique dite Sarking, p. ex.).

D'autres techniques qui accroissent artificiellement la durabilité du bois (traitements thermiques, chimiques, oléothermiques, à l'alcool furfurylique ou à l'huile) ont été récemment développées afin de proposer une alternative à la préservation du bois par imprégnation. Il convient néanmoins de tenir compte du fait que certaines d'entre elles sont susceptibles d'affecter les caractéristiques mécaniques du bois.

## 2.2 PRÉPARATION DES VERSANTS

La charge des tuiles (poids propre et sollicitations extérieures) est reportée sur la charpente par le biais des lattes et des contre-lattes. Compte tenu des déformations admissibles, la charpente doit reprendre le poids propre des différents composants (charges permanentes) <sup>(4)</sup>, l'action du vent, la charge de la neige ainsi que les charges d'exploitation réparties et ponctuelles (travaux d'entretien notamment).

<sup>(4)</sup> Par charges permanentes, il y a lieu d'entendre le poids propre des pièces de bois, de la couverture, de l'isolant, etc.

**Tableau 1** Classes d'emploi et agents biologiques attaquant le bois massif [B9].

Classe d'emploi	Conditions d'exposition	Description de l'exposition à l'humidification en service	Agents biologiques		
			Champignons	Coléoptères (1)	Termites
1	A l'intérieur, sous abri	Sec, maximum 20 %	–	U	L
2	A l'intérieur ou sous abri	Occasionnellement > 20 %	U (2)	U	L
3	3.1 A l'extérieur, au-dessus du sol, protégé	Occasionnellement > 20 %	U (2)	U	L
	3.2 A l'extérieur, au-dessus du sol, non protégé	Fréquemment > 20 %	U (2)	U	L
4	4.1 A l'extérieur, en contact avec le sol et/ou l'eau douce	A prédominance ou en permanence > 20 %	U (3)	U	L
	4.2 A l'extérieur, en contact avec le sol (sève) et/ou l'eau douce	En permanence > 20 %	U (3)	U	L
5	Dans l'eau salée	En permanence > 20 %	U (3)	U (4)	L (4)

U = universellement présent en Europe et dans les territoires de l'UE.  
L = localement présent en Europe et dans les territoires de l'UE.

(1) Selon certaines situations spécifiques et certains emplacements géographiques, le risque d'attaque peut être insignifiant.  
(2) Champignons de décoloration + champignons de pourriture.  
(3) Champignons de décoloration + champignons de pourriture + champignons de pourriture molle.  
(4) La partie de certains éléments d'ouvrage située au-dessus de l'eau peut être exposée à des insectes xylophages, y compris des termites.

### 2.2.1 POSE DE LA SOUS-TOITURE

La sous-toiture remplit différentes fonctions, à savoir :

- assurer provisoirement l'étanchéité à la pluie de la toiture et évacuer les eaux vers la gouttière :
  - lors de la construction du toit jusqu'au moment de la pose des tuiles (5)
  - en cas de rupture ou d'arrachement de tuiles
  - en cas de conditions atmosphériques exceptionnelles, telles que des pluies torrentielles provoquant des infiltrations d'eau locales
  - en cas de chute de neige poudreuse
- améliorer l'étanchéité à la poussière du complexe toiture
- assurer l'étanchéité au vent du complexe toiture et limiter ainsi le risque de circulation d'air extérieur au sein de l'isolant et autour de celui-ci
- limiter, ou plutôt prévenir, l'égouttement de l'eau de condensation éventuelle (par absorption) tout en évitant de constituer une source de condensation préférentielle.

Il est dès lors vivement recommandé, voire indispensable de doter le complexe toiture d'une sous-toiture, même en présence de panneaux sandwichs (cf. § 2.5.2, p. 30) ou d'une toiture de type Sarking (cf. § 2.5.3, p. 30). En effet, assurer l'étanchéité des raccords lorsqu'on utilise des panneaux autoportants sans sous-toiture est une entreprise souvent complexe.

La réalisation des jonctions entre sous-toiture et ouvrages de raccord fera l'objet d'une NIT distincte.

Les matériaux de sous-toiture peuvent être rigides ou souples. Leurs propriétés et caractéristiques doivent être conformes aux normes NBN EN 14964 [B48] pour les sous-toitures rigides et NBN EN 13859-1 [B46] pour les sous-toitures souples. Si cela est requis, celles-ci proposent notamment de vérifier et de classer le risque d'inflammabilité conformément au tableau 1 de la norme NBN EN 13501-1 [B43]. Les informations telles que la perméabilité à la vapeur d'eau de la sous-toiture (mesurée selon la NBN EN 1931 [B30] ou NBN EN ISO 12572 [B50]) doivent être communiquées par le fabricant. L'annexe 2 des addenda 1 et 2 de la présente Note d'information technique (NIT 240-1 et 240-2) propose un aperçu des caractéristiques des produits pouvant être déclarés par le fabricant dans le cadre du marquage CE.

Le choix de la sous-toiture est essentiel (tableau 3, p. 13). Il détermine directement les dispositions à prendre en matière d'étanchéité à la vapeur et à l'air pour réduire le risque de condensation interne et garantir un comportement hygrothermique satisfaisant du complexe toiture. De manière générale, on privilégie des sous-toitures capillaires et très perméables à la vapeur (6), car ces propriétés réduisent les risques de condensation interne et favorisent les possibilités de séchage.

(5) On veillera à respecter les instructions du fabricant concernant le délai maximal de recouvrement de la sous-toiture par les tuiles.  
(6) La perméabilité à la vapeur d'un produit est exprimée par la valeur  $s_d$  ou  $\mu_d$  [B30, B50, B51]. Cette valeur représente l'épaisseur d'air offrant une résistance à la diffusion de vapeur d'eau équivalente à celle du produit considéré (p. ex. un type de sous-toiture). Elle s'exprime en mètres et peut être calculée selon la formule  $s_d$  ou  $\mu_d = \mu \times d$ , où  $d$  est l'épaisseur du produit (en m) et  $\mu$  est une caractéristique du matériau (coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau).

**Tableau 2** Lien entre les codes d'homologation belges, les classes d'emploi et les performances des produits de préservation.

Classe d'emploi (NBN EN 335)	Conditions ambiantes	Risques			Exemples	Performances minimales (NBN EN 599)	Code d'homologation ABPB	Code d'agrément ATG des principaux procédés
		Insectes <sup>(1)</sup>	Délabrage	Pourriture				
1	Bois utilisé à l'intérieur dans des ambiances constamment sèches (humidité de l'air inférieure à 70 %)	Elevé	-	-	-	Ip	A1	O1-O3-O5-O6 T1-T2-T3 <sup>(2)</sup>
2	Bois non en contact avec le sol et normalement non exposé aux intempéries ni au délabrage. Humidification temporaire possible.	Important	Faible	Faible	Faible	Ip + Pp	A2.1	O2-O3-(O5)-O6 T2-T3 <sup>(2)</sup> S2-S3-S4
3	Bois non en contact avec le sol, exposé aux intempéries ou à la condensation	Variable	Important	Important	Variable <sup>(2)</sup>	Ip + Pp (+ BI) + W	A3	O3-(O5)-O6 S2-S4
4	Bois en contact permanent avec le sol Bois mouillé en permanence (eau douce)	Variable	Important	Elevé	Elevé	Ip + Pp (+ BI) + E	A4.1 A4.2	S2-S4 CR1
5	Bois immergé dans l'eau salée	Variable	Important	Elevé	Elevé	Ip + Pp + E	A5	S2-S4 CR1

(1) La présence d'aubier augmente le risque d'attaque d'insectes.  
(2) Risque élevé en présence d'une finition.  
(3) En fonction de la cinétique d'absorption.

**SIGNIFICATION DES CODES**  
**Types de produits**  
O, T = produit organique en solution organique (hydrodispersible)  
S = sels minéraux en solution aqueuse  
CR = créosotes  
O1 = aspersion en tunnel ou en cabine  
O3 = double-vide (autoclave)  
O5 = badigeon  
(O5) = badigeon + traitement des découpes  
O6 = vide et pression (autoclave)  
T1 = trempage court (3 minutes)  
T2 = trempage mi-long (15 minutes)  
T3 = trempage long (60 minutes)  
S1 = trempage long (plusieurs heures à plusieurs jours)  
S2 = vide et pression (autoclave)  
S3 = diffusion  
S4 = pression alternative ou oscillante (autoclave)  
CR1 = vide et pression (autoclave)  
**Performances des produits**  
Ip = efficacité préventive contre les insectes xylophages  
Pp = efficacité préventive contre les champignons de la pourriture  
BI = efficacité préventive contre le bleuissement  
W = résistance au délabrage par les intempéries  
V = résistance au vieillissement  
E = résistance au délabrage au contact du sol et efficacité préventive contre la pourriture molle

**Tableau 3** Types de sous-toitures recommandés pour les toitures en tuiles.

TYPE	PERMÉABILITÉ À LA VAPEUR $s_d$ [m]
<b>SOUS-TOITURES RIGIDES</b>	
Fibres-ciment (capillaires)	0,25
Fibres de bois (capillaires)	0,10-0,25
<b>SOUS-TOITURES SOUPLES</b>	
Fibres de polyéthylène non tissé	0,02-0,05
Film de polypropylène tissé ou non tissé	0,03-0,01
Membrane multicouche de polyoléfine	0,02
Film de polyester enrobé de polyuréthane (capillaire)	0,15

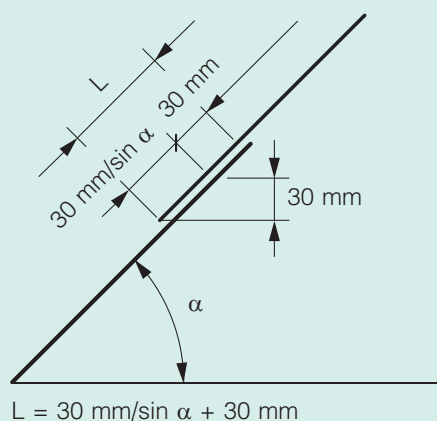
## POSE DE LA SOUS-TOITURE EN FONCTION DU TYPE DE MATÉRIAU

- La sous-toiture est placée au-dessus des chevrons ou des fermettes, du côté long parallèle à la gouttière.
- La pose débute généralement en pied de versant, en remontant vers le faîtage.
- Les plaques et les membranes souples sont posées avec un recouvrement. Ce dernier (mesuré dans le sens du versant) est de minimum  $30/\sin(\alpha)$  mm, auquel il convient d'ajouter une marge de 30 mm (voir figure 5 et tableau 4). Notons que le sens de ce recouvrement doit être respecté. Il conviendra également de suivre les prescriptions de pose particulières du produit mis en œuvre.
- La sous-toiture doit être posée de manière à éviter toute discontinuité pouvant favoriser le passage d'eau ainsi que le risque de circulation d'air extérieur dans le complexe toiture (p. ex. faîtage et pied de versant). Il convient également d'éviter tout dommage à la sous-toiture au cours des travaux, et de réparer les déchirures ou perforations éventuelles.
- Les plaques ou membranes sont fixées sur la charpente en clouant les contre-lattes à travers les éléments de sous-toiture. Au moins deux points de fixation au mètre courant sont nécessaires.

**Tableau 4** Recouvrement minimal conseillé des plaques ou membranes de sous-toitures (\*)

Pente du versant $\alpha$	Recouvrement $\lambda$
10°	17,6 % 203 mm
15°	26,8 % 146 mm
20°	36,4 % 118 mm
25°	46,6 % 100 mm
30°	57,7 % 90 mm
35°	70,0 % 82 mm
40°	83,9 % 77 mm
45°	100 % 72 mm
50°	119,2 % 69 mm
60°	173,2 % 65 mm

(\*) Il est conseillé de se référer à la documentation du fabricant de la sous-toiture mise en œuvre.



**Fig. 5** Recouvrement minimal des plaques ou membranes de sous-toiture.

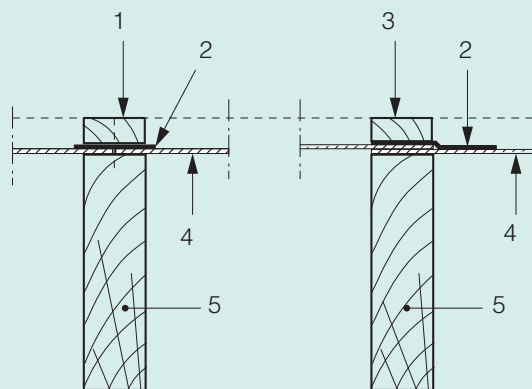
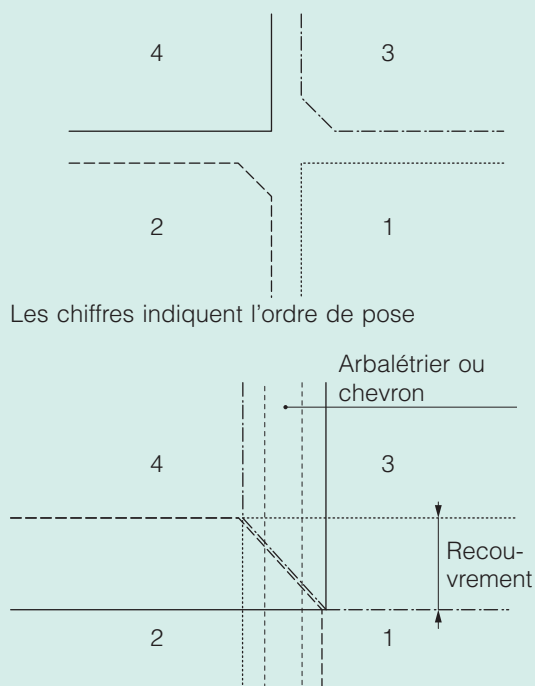
### Sous-toitures en plaques

- Les sous-toitures composées de plaques rigides peuvent être posées jointivement dans le sens de la largeur, la contre-latte recouvrant les joints. Si les plaques sont posées avec un recouvrement latéral, celui-ci doit être localisé au droit d'un appui sur un chevron ou une fermette. Les critères mentionnés au § 2.1.3.2 (p. 9) concernant les écarts entre points d'appui doivent être respectés. Le cas échéant, la découpe de l'angle de certaines plaques permet d'éviter les surépaisseurs excessives (voir figure 6, p. 14).
- On tiendra compte du risque de cintrage, un cintrage convexe (bombé vers le haut) pouvant ramener les eaux vers les joints longitudinaux entre éléments de sous-toiture et les clous y attenants. Au besoin, il y a lieu d'obturer les joints (par exemple, au raccord de plaques jointives ou au droit

(suite du texte en page 14)

## POSE DE LA SOUS-TOITURE EN FONCTION DU TYPE DE MATÉRIAU (SUITE 1)

des joints entre les contre-lattes et la sous-toiture). On veillera à ce que les extrémités des plaques soient correctement appuyées (p. ex. sur les chevrons ou les fermettes). Les critères mentionnés au § 2.1.3.2 doivent être respectés. Si nécessaire, il conviendra d'utiliser des contre-lattes amincies (voir figure 7, schéma de droite).



**Fig. 7** Pose des extrémités des plaques sur les fermettes ou les chevrons, et obturation éventuelle (ruban adhésif).

1. Contre-latte
2. Ruban adhésif ou sous-toiture souple
3. Contre-latte amincie
4. Sous-toiture
5. Chevron ou arbalétrier

**Fig. 6** Découpe de l'angle de certaines plaques permettant d'éviter des surépaisseurs excessives.



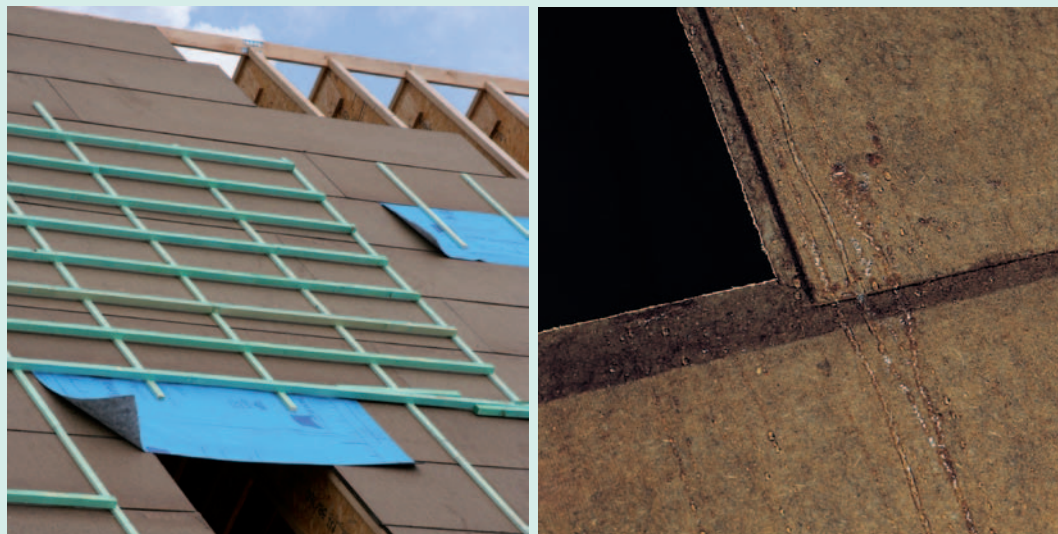
**Fig. 8** Sous-toiture sous forme de plaques en fibres-ciment.

### Sous-toitures en panneaux

Les panneaux de sous-toiture rigides (figure 9) comportent des rainures et des languettes sur leurs chants. Les joints assemblés ne doivent pas nécessairement se trouver au droit d'un appui.

(suite du texte en page 15)

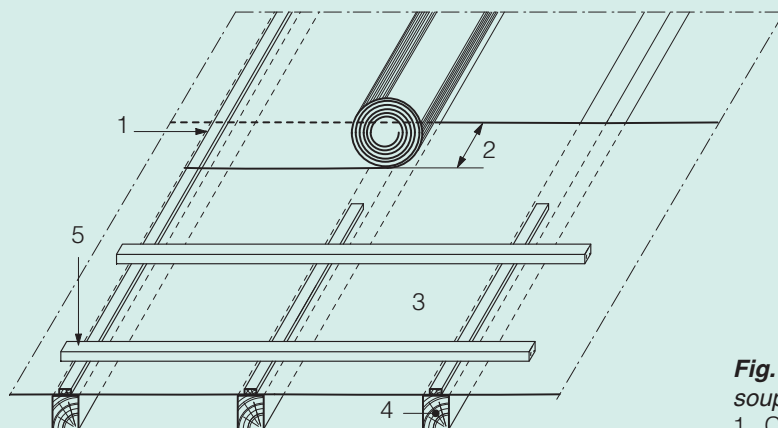
## POSE DE LA SOUS-TOITURE EN FONCTION DU TYPE DE MATÉRIAU (SUITE 2)



**Fig. 9** Sous-toiture sous forme de panneaux en fibres de bois. A gauche, vue du versant durant la pose. A droite, détail d'un joint horizontal.

### Membranes souples

Les membranes souples (figure 10) sont légèrement tendues à la pose, en évitant toutefois une tension excessive dans le matériau. Elles ne peuvent en aucun cas être repoussées vers le haut lors de la pose de l'isolation.



**Fig. 10** Pose d'une sous-toiture souple.

1. Contre-latte
2. Recouvrement des membranes
3. Sous-toiture
4. Chevron (ou fermette)
5. Latte



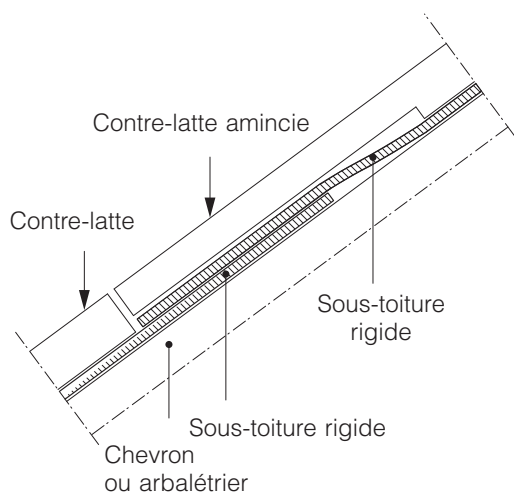
## 2.2.2 POSE DES CONTRE-LATTES

Les contre-lattes sont fixées par clouage ou vissage au travers de la sous-toiture au droit des chevrons ou fermettes. Elles sont destinées à créer un espace entre les lattes et la sous-toiture et permettre ainsi l'écoulement occasionnel d'eau. Par ailleurs, elles limitent le risque de dégradation de la sous-toiture lors des travaux et facilitent le séchage du matériau de couverture.

Généralement en pin sylvestre de bonne qualité, les contre-lattes sont droites, bien équarries et d'épaisseur régulière; le bois doit avoir subi un traitement de préservation. Idéalement, elles ont une épaisseur supérieure ou égale à 15 mm. Des lattes trop minces risquent de se fendre lors du clouage ou du vissage et sont plus facilement endommagées par le couvreur lors de la mise en œuvre; les débris éventuels peuvent en outre rester bloqués entre la sous-toiture et les lattes, mettant en péril l'évacuation normale des eaux. Trop épaisses, les contre-lattes créent une ouverture plus grande au droit de la gouttière et des rives latérales. On s'assurera de la compatibilité de l'épaisseur des contre-lattes à l'aide des accessoires *ad hoc* (p. ex. tuile de rive).

Le niveau supérieur des contre-lattes doit se trouver dans le même plan, compte tenu des tolérances prévues au § 2.1.3.2 (p. 9). Au droit des joints entre les plaques de sous-toiture rigides à recouvrement, la surépaisseur peut être compensée, par exemple, en amincissant la contre-latte. La pose de tuiles à poreau plat requiert un soin particulier à cet égard. Par contre, si les panneaux de sous-toiture sont munis de rainures et de languettes, ces mesures ne sont pas nécessaires.

Les contre-lattes sont fixées avec les lattes sur les chevrons ou les arbalétriers simultanément ou non. Dans le premier cas, les contre-lattes sont clouées



**Fig. 11** Pose avec contre-lattes amincies au droit des recouvrements longitudinaux.

ou agrafées provisoirement en attendant que les lattes soient placées. Dans le second cas, elles sont clouées, vissées ou agrafées au moins 2 fois tous les mètres, les clous ou agrafes pénétrant dans leur support (chevrons ou arbalétriers) sur une profondeur suffisante. Si l'Eurocode 5 [B35] recommande à cet égard une profondeur minimale d'enfoncement dans le support égale à 8 fois le diamètre du clou, une valeur supérieure ou égale à 30 mm peut être conseillée la plupart du temps. En effet, la résistance à l'arrachement du clou sous l'action du vent est directement proportionnelle à la profondeur de pénétration dans le support.

L'usage de vis est parfois recommandé en rénovation, notamment lorsque le parachèvement intérieur est déjà présent. Dans ce cas, la profondeur de pénétration dans le support (chevron ou arbalétrier) sera égale ou supérieure à 6 fois le diamètre de la vis.

Dans le cas de panneaux sandwichs autoportants (cf. § 2.5.2, p. 30), les contre-lattes sont fixées aux panneaux en usine. Pour des panneaux autoportants de type ouvert, la partie supérieure des chevrons en bois fait office de contre-latte. En revanche, les toitures Sarking (§ 2.5.3, p. 30) nécessitent des contre-lattes spécifiques (épaisseur de plus de 22 mm et largeur min. de 36 mm). Si l'épaisseur de la couche d'isolation est égale ou supérieure à 120 mm, il faut utiliser un autre type de fixation (tel que tire-fonds ou vis), qui nécessitera des sections de contre-lattes plus importantes encore (p. ex. épaisseur de 20 mm et largeur de 50 mm, selon le diamètre des fixations, et préforage éventuel).

## 2.2.3 POSE DES LATTES

Le support des tuiles est en général constitué par des lattes (ou liteaux) posées sur leur côté le plus large et fixées à la structure portante. Elles sont droites, bien équarries et d'épaisseur régulière. Leur section est fonction de la distance entre les chevrons ou les fermettes et de la pente de la toiture. Les sections nominales conseillées sont indiquées au tableau 5.

(suite du texte en page 18)

**Tableau 5** Section nominale minimale des lattes selon l'écartement des chevrons ou des fermettes.

Écart des chevrons ou des fermettes d'axe en axe (mm)	Section des lattes (épaisseur x largeur nominales) (mm)	
	Pente du versant < 45°	Pente du versant ≥ 45°
300	24 x 32	19 x 32
400	32 x 32	24 x 32
500	32 x 32	32 x 32
600	32 x 36	32 x 36

## DÉTERMINATION DE L'ÉCARTEMENT DES LATTES

### 1. Tuiles à emboîtement de tête

Ce type d'emboîtement est propre aux tuiles céramiques. Les dimensions des tuiles peuvent légèrement varier d'une fabrication à l'autre, compte tenu de l'éventuel retrait différentiel induit par le processus de séchage et de cuisson des produits en terre cuite. Les écarts dimensionnels sont également influencés par la nature de l'argile et par les procédés de fabrication des différentes unités de production. Il existe dès lors une différence entre l'écartement nominal et l'écartement réel des lattes. C'est ce dernier qui devra être calculé pour assurer une couverture correcte de la toiture.

L'écartement exact des lattes pour les tuiles à emboîtement de tête ne peut être déterminé qu'après réception des tuiles à pied d'œuvre. Il appartient donc à l'entrepreneur de couverture de calculer cet écartement et d'effectuer la pose des lattes. L'écartement correct est déterminé comme suit (voir figure 13) :

- 24 tuiles sont prélevées au hasard parmi les différentes palettes livrées sur le chantier
- ces tuiles sont posées de façon rectiligne et sont emboîtées en deux rangées de 12 tuiles sur une surface plane pour constituer un ensemble stable
- on étire au maximum l'emboîtement de tête des tuiles des deux rangées et on mesure la distance  $L_1$  entre la base de la 2<sup>e</sup> tuile et celle de la dernière
- l'opération précédente est répétée en serrant au maximum l'emboîtement des tuiles; on mesure ensuite la distance  $L_2$  entre la base de la 2<sup>e</sup> tuile et celle de la dernière
- l'écartement exact des lattes équivaut à la moyenne des deux mesures, soit :  $(L_1 + L_2) / 20$ .

A noter que le jeu disponible sera plus important pour les tuiles à pureau variable.

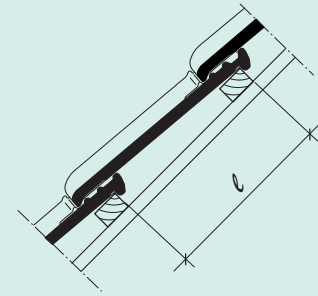
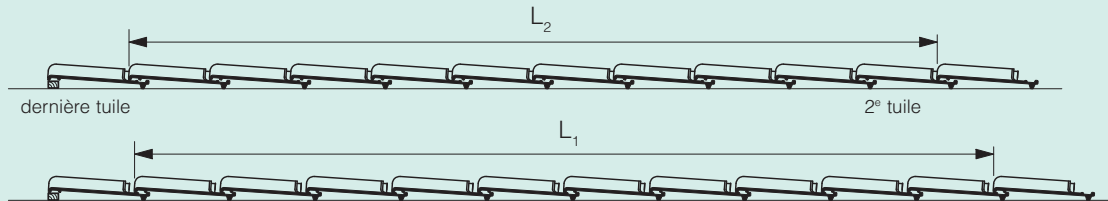


Fig. 12 Ecartement des lattes.



Fig. 13 Disposition des tuiles à emboîtement de tête pour la détermination de l'écartement des lattes : tuiles serrées au maximum (en haut, à droite) et étirées au maximum (en bas, à droite).

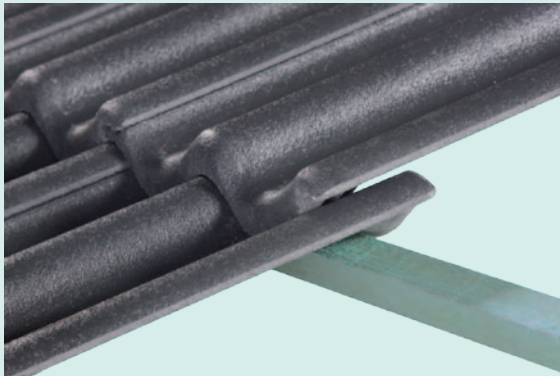
De manière générale, l'usage des valeurs limites d'écartement (+ ou -) est déconseillé. Le serrage maximal des tuiles peut favoriser le risque d'éclat, tandis que leur étirement au maximum du jeu disponible peut en provoquer le soulèvement. Dans l'éventualité d'un écart de dimensions entre les tuiles de versant et les tuiles de rive, on vérifiera que les accessoires se posent correctement par rapport à l'écartement des lattes calculé. Ceci est particulièrement important pour les tuiles à pureau variable.

(suite du texte en page 18)

## DÉTERMINATION DE L'ÉCARTEMENT DES LATTES (SUITE)

### 2. Tuiles sans emboîtement de tête

Les tuiles en béton ne disposent pas d'emboîtement de tête. Le recouvrement en tête est fonction de la pente du versant. L'écartement des lattes dépend du recouvrement en tête et du format des tuiles. Il est précisé dans la documentation technique du fabricant des tuiles. Le couvreur devra respecter l'écartement des lattes prescrit par le fabricant.



**Fig. 14** Disposition des tuiles sans emboîtement de tête pour la détermination de l'écartement des lattes.

### 3. Tuiles sans emboîtement

Les tuiles sans emboîtement sont généralement des tuiles à recouvrement. L'étanchéité est assurée par le recouvrement en tête et le recouvrement latéral. L'écartement nominal des lattes est spécifié par le fabricant. Il convient de déterminer l'écartement réel des lattes après un contrôle des dimensions des tuiles fournies. De même que pour les tuiles à emboîtement, il importe de vérifier que l'écartement des lattes permette la pose des accessoires.

### 4. Tuiles plates

L'écartement nominal des lattes pour la pose des tuiles plates est déterminé par le recouvrement de tête requis pour assurer une étanchéité suffisante aux intempéries en fonction de la pente de la toiture. Les tuiles plates peuvent être posées sur un lattage d'écartement variable, généralement de 100 à 115 mm. On veillera toutefois à maintenir un écartement constant sur la hauteur du versant. Le fabricant spécifie l'écartement requis pour chaque type de tuile.

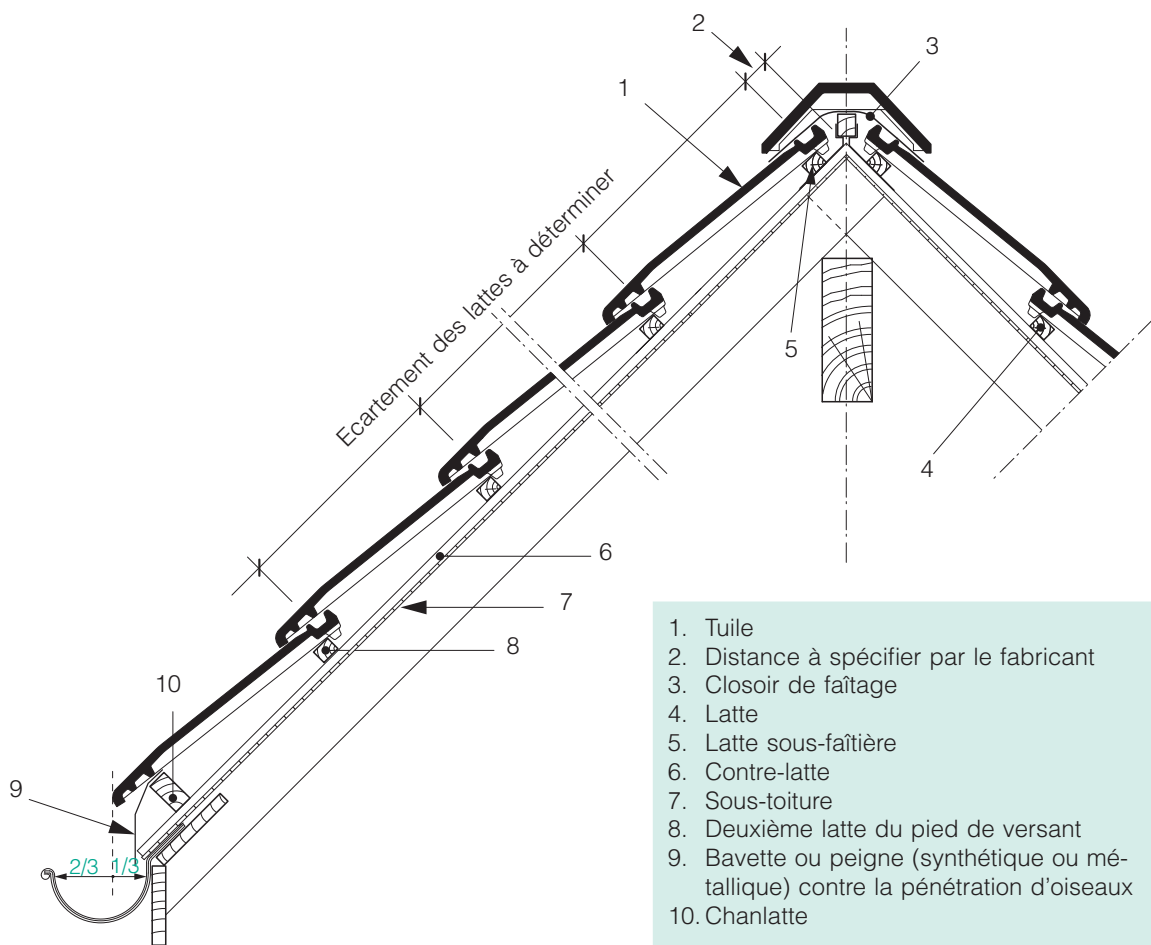
*(suite de la page 16)*

La position de la deuxième latte à la base du versant (qui supporte la première rangée de tuiles, cf. fig. 15) est définie d'après la position de la première tuile par rapport à la gouttière. Les tuiles en pied de versant débordent dans la gouttière sur environ 1/3 de la largeur de cette dernière et surplombent la première latte à la base du versant de 40 à 80 mm.

Afin de donner aux tuiles de la première rangée la même inclinaison qu'à celles des rangées supérieures, on adaptera la section de la première latte. Cette dernière sera fixée aux contre-lattes, en veillant à ne percer ni la bande de raccord à la gouttière, ni la sous-toiture.

La position de la latte supérieure (voir figure 16) est à déterminer en fonction de la largeur de la tuile faitière et de la pente du toit (figure 16, à droite). Elle est généralement spécifiée par le fabricant. Un écartement minimum est impératif pour éviter que les tuiles du haut des versants ne se touchent ou ne heurtent la planche de faitage.

La distance entre la deuxième latte à la base du versant et la latte sous-faîtière devrait être un multiple de l'écartement du lattage, de façon à pouvoir poser des tuiles entières. A défaut, il y a lieu de revoir la position envisagée pour la deuxième et la dernière latte dans les limites indiquées précédemment.



1. Tuile
2. Distance à spécifier par le fabricant
3. Closoir de faitage
4. Latte
5. Latte sous-faîtière
6. Contre-latte
7. Sous-toiture
8. Deuxième latte du pied de versant
9. Bavette ou peigne (synthétique ou métallique) contre la pénétration d'oiseaux
10. Chanlatte

Fig. 15 Détermination de l'écartement des lattes dans le cas de tuiles à emboîtement.

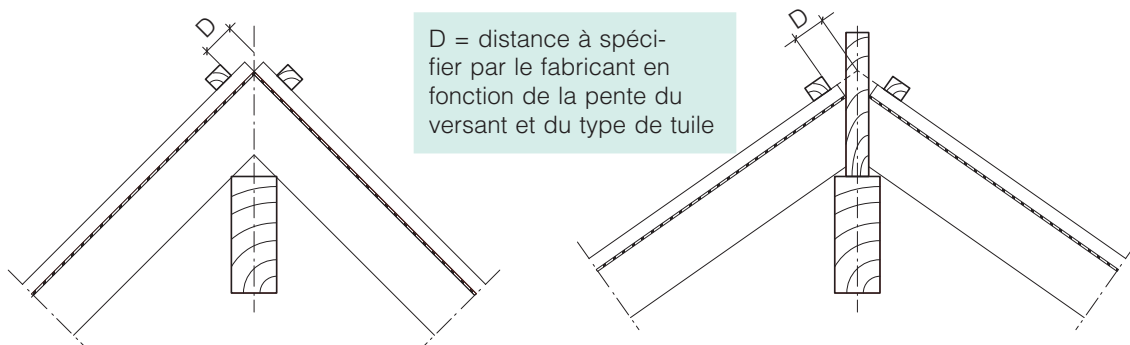


Fig. 16 Position des lattes supérieures.

Si, malgré les précautions prises, il reste impossible d'achever le travail à l'aide d'une tuile entière, on coupera de préférence les tuiles de la rangée située sous la faîtière (sauf s'il s'agit de tuiles spéciales).

On ne coupera les tuiles à la base du versant que dans des cas exceptionnels, par exemple : pied de versant non visible du terre-plein, rive d'égout en tranchis biais ou décalage de la ligne d'égout sur le même versant.

Si la teinte du tesson et celle du surfaçage de la tuile sont très différentes, l'esthétique des découpes visibles peut être améliorée par l'application d'une peinture adéquate.

A l'aide d'un cordeau à tracer, d'une pige ou d'une tracette <sup>(7)</sup>, on marque, sur les contre-lattes, le bord supérieur des lattes. L'écartement est mesuré depuis le bord supérieur de la latte précédente jusqu'au bord supérieur de la latte à poser.

(7) La pige est une pièce de bois d'une longueur pouvant être égale à celle du versant, sur laquelle est 'tracée' la position des lattes (liteaux). La tracette est une pièce de bois coupée à une dimension déterminée pour servir d'unité de longueur répétitive dans des tracés.

Les lattes sont généralement mises en œuvre horizontalement (de niveau), parallèlement les unes aux autres, de façon équidistante entre elles. L'horizontalité peut notamment être obtenue à l'aide d'un niveau à bulle constitué par un tuyau flexible, ou à l'aide d'un instrument digital.

Dans certains cas, il est préférable, pour des raisons esthétiques, de modifier l'écartement des tuiles en fonction des différences de longueur éventuelles du versant (par exemple, versant de forme légèrement trapézoïdale) (voir figure 17); on restera toutefois dans les limites des jeux d'écartement possibles.

Le plus grand côté des lattes est fixé sur la structure porteuse à l'aide de clous (possibilité de recourir à une cloueuse). L'utilisation de vis est parfois recommandée lors de travaux de rénovation, en particulier lorsqu'un parachèvement intérieur est déjà présent. Dans le cas de toitures à faible pente (cf. § 3.1.1,

p. 35), le risque d'humidification prolongée doit être pris en compte.

Les clous sont enfoncés dans l'élément porteur sur une profondeur minimale de 8 fois leur diamètre (cf. § 2.2.2, p. 16). Pour la première latte, il convient de suivre les dispositions prévues pour le raccord à la gouttière. Le diamètre des clous est à déterminer en fonction de l'épaisseur des lattes.

Pour éviter qu'elles ne se fendent lors du clouage ou du vissage, les lattes ont le plus souvent 30 ou 40 mm de largeur pour des écartements entre les chevrons ou les fermettes de 500 mm ou plus. Dans tous les cas, il y a lieu de respecter une distance minimale entre l'axe du clou et le bord de la latte égale à 5 fois le diamètre du clou. Ces lattes reposent généralement sur au moins 3 points d'appui, et sont juxtaposées et clouées au droit d'un chevron, en veillant à alterner les lattes discontinues et les lattes continues (voir figure 18).

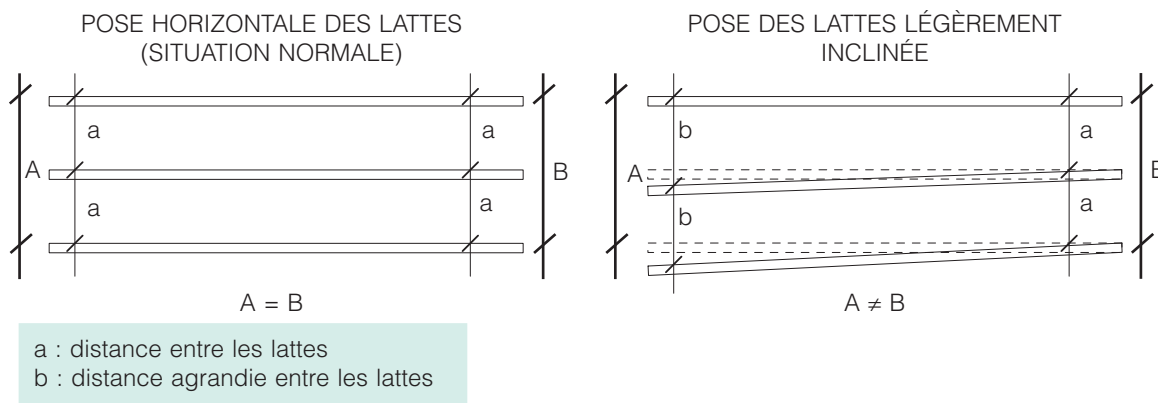


Fig. 17 Modification de l'écartement.

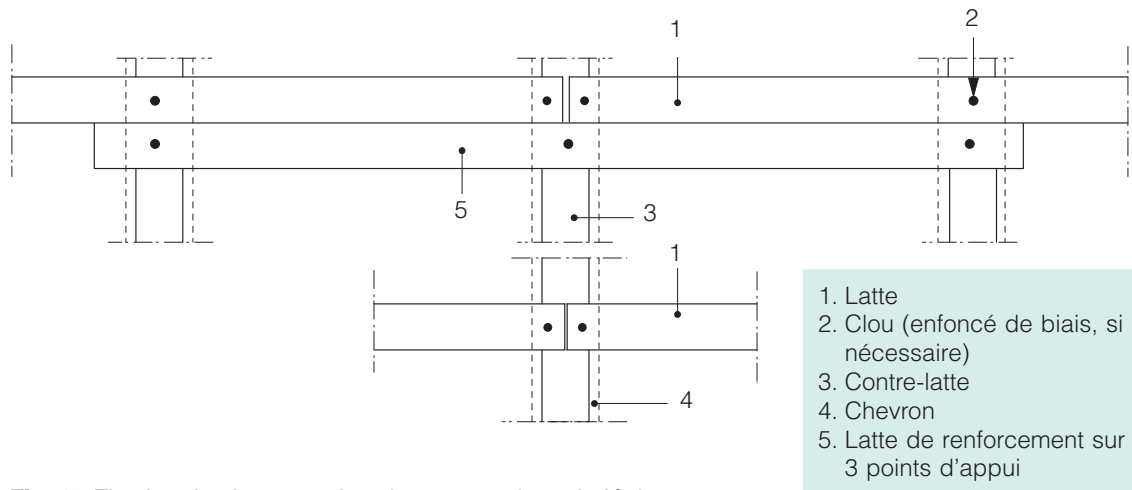


Fig. 18 Fixation des lattes sur les chevrons ou les arbalétriers.

## 2.3 POSE DES TUILES

### 2.3.1 RÉPARTITION ET POSE DES TUILES SUR LE VERSANT

#### 2.3.1.1 DÉTERMINATION DE L'ÉCARTEMENT LATÉRAL DES TUILES À EMBOÎTEMENT

Outre une distance appropriée entre les lattes, l'emboîtement latéral correct des tuiles est indispensable afin d'assurer l'étanchéité à la pluie de la toiture. Les valeurs limites d'écartement sont déterminées

en serrant et en étirant au maximum deux rangs de 12 tuiles (voir figure 19). On utilise à cet effet des tuiles prélevées dans différentes palettes.

La répartition des tuiles sur la toiture varie d'un type de tuile à l'autre, en fonction de la largeur utile (voir figures 19 et 20).

Le couvreur veillera à maintenir une distance suffisante entre le rabat de la tuile de rive et la finition extérieure de la paroi, afin d'éviter tout contact direct. Si l'espace réservé permet l'intrusion d'oiseaux, on fixera un peigne adéquat sur les lattes.

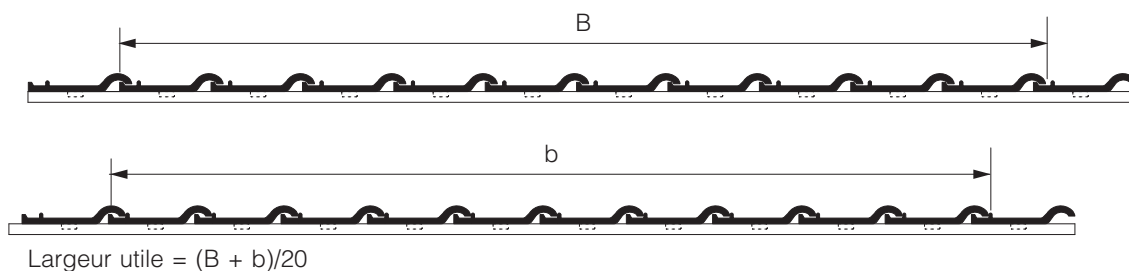


Fig. 19 Détermination du nombre de tuiles sur la largeur du versant.

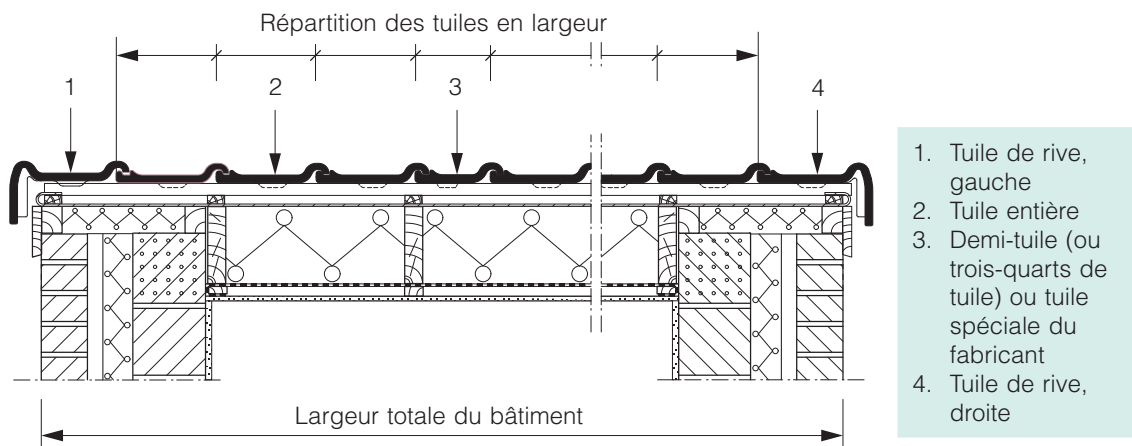


Fig. 20 Exemple de répartition en largeur des tuiles sans emboîtement.

### 2.3.1.2 POSE DES TUILES

Deux rangées d'un même nombre de tuiles (tuiles de rive comprises) sont posées provisoirement sur la largeur totale du versant, à la base et au faîte de ce dernier (voir figure 21).

Les tuiles à emboîtement latéral permettent d'écartier ou de resserrer les éléments suivant le modèle (voir spécifications du fabricant). Elles ne peuvent toutefois jamais être serrées totalement les unes contre les autres. Pour éviter de devoir les découper dans la largeur, il est possible soit d'ajuster leur débordement sur les rives – tout en laissant un jeu suffisant au droit du mur –, soit de recourir à des pièces spéciales confectionnées sur mesure.

Le couvreur veillera à maintenir une distance suffisante entre la tuile de rive et la façade pour éviter tout contact direct susceptible de briser le rabat de la tuile. Cette distance (généralement voisine de 10 mm) favorise l'effet de larmier.

Sur le chantier, les tuiles seront prélevées dans plusieurs palettes afin d'éviter des variations de teinte trop marquées entre les différentes parties de la toiture.

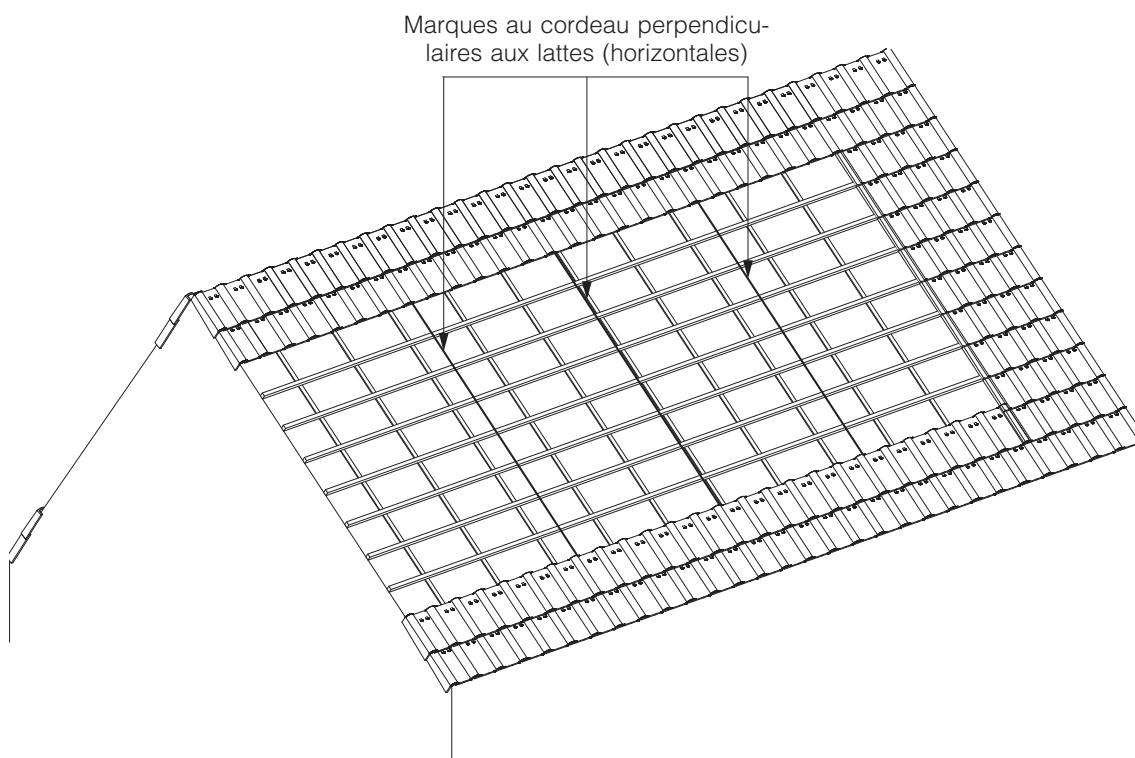
En cas d'urgences dans les versants de la toiture,

il convient d'ajuster la largeur des tuiles à ces endroits par sciage<sup>(8)</sup>, à moins d'obtenir la dimension exacte au moyen de demi-tuiles, de trois-quarts de tuiles ou de tuiles élargies.

La pose des autres tuiles débute généralement dans le coin inférieur droit. A l'aide de lignes tracées au cordeau, on vérifie leur alignement (perpendiculairement aux lattes) toutes les 3 ou 4 rangées. Les contre-lattes ne peuvent pas servir de repères. Pour une pose correcte, le talon de la tuile doit reposer entièrement derrière la latte. Le tracé des rangées verticales doit également être effectué au cordeau. Les tuiles jouxtant les arêtiers seront tracées et découpées aux dimensions exactes à l'aide d'une scie.

Dans la mesure du possible, le sciage se fait au moyen d'une scie à tuiles pour découpe à l'eau, installée de façon à éviter de répandre la poussière. Si, malgré les précautions prises, la poussière se dépose sur la toiture ou aux abords de celle-ci, le couvreur l'éliminera au plus vite, sous peine d'endommager les tuiles posées.

Lorsqu'il est nécessaire de poser des tuiles dont les dispositifs de fixation ont été coupés (noues et arêtiers), celles-ci doivent être ligaturées, clouées ou collées à la ou aux tuiles voisines au moyen d'une colle *ad hoc* (voir recommandations du fabricant).



**Fig. 21** Pose provisoire des tuiles sur le toit.

<sup>(8)</sup> L'utilisation de tuiles plates dont la largeur est inférieure à une demi-tuile n'est pas recommandée, en particulier à proximité d'une noue ou d'une rive latérale biaisée.

Sont admis de manière générale les défauts d'alignement et de planéité non visibles à partir du sol et à une distance de 5 m du toit. Dans les autres cas, il y a lieu de considérer les critères de réception explicités ci-après.

*Tolérances sur l'alignement vertical et horizontal des rangs de tuiles :*

- on n'autorisera pas plus d'une ondulation sur la hauteur ou la largeur du versant
- le décalage par rapport à la ligne théorique n'excédera pas  $1/8 \sqrt[3]{\ell}$ ,  $\ell$  étant la longueur de la ligne considérée (en cm). Par exemple, si la distance entre la ligne de faîte et la ligne d'égout est égale à 6 m, le décalage par rapport à la ligne théorique verticale ne pourra pas être supérieur à 10,5 mm (voir tableau 6).

Longueur $\ell$ du versant	Tolérance
200 cm	7 mm
300 cm	8 mm
400 cm	9 mm
500 cm	10 mm
600 cm	10,5 mm
700 cm	11 mm
800 cm	11,5 mm
900 cm	12 mm
1000 cm	12,5 mm

**Tableau 6** Valeurs de tolérance selon la formule  $1/8 \sqrt[3]{\ell}$  en fonction de la longueur du versant.

*Tolérances sur l'alignement latéral :*

- rives latérales : les tuiles de rive doivent être alignées selon les tolérances formulées ci-dessus ( $1/8 \sqrt[3]{\ell}$ ), sous réserve de certaines irrégularités dues à la fabrication et au support
- rive inférieure : la ligne d'égout doit être conforme aux tolérances formulées ci-dessus ( $1/8 \sqrt[3]{\ell}$ ).

*Tolérances sur la planéité des rives :*

- rives latérales : les ondulations de la couverture au niveau des tuiles de rive par rapport au plan général du versant (souvent dues aux irrégularités de la maçonnerie) ne sont en principe pas autorisées. Le cas échéant, le couvreur exigera de (faire) rectifier le support au droit du pignon pour permettre la pose correcte des tuiles
- rive inférieure : pour des raisons esthétiques, les tuiles du premier rang ne peuvent être inclinées vers le bas (par exemple, si la hauteur de la latte n'a pas été adaptée à cet endroit). Une légère inclinaison vers le haut est souvent moins gênante.

Le cas échéant, la colle sera appliquée dans l'emboîtement latéral et/ou dans l'emboîtement de tête sans entraver l'écoulement de l'eau.

## 2.3.2 FIXATION DES TUILES

### 2.3.2.1 ACTION DU VENT SUR LE TOIT

L'action du vent sur la toiture dépend notamment :

- de l'environnement (littoral, rural, urbain)
- de la hauteur du faîte par rapport au niveau du sol
- de la proximité de bâtiments élevés, de collines, de vallées ou de forêts.

En ce qui concerne la toiture à proprement parler, les données suivantes sont prépondérantes :

- la pente et la forme du toit
- l'orientation du versant

- la présence de cheminées ou autres émergences sur le faîtage ou les rives
- la masse surfacique des tuiles
- la rigidité et l'étanchéité au vent de la sous-toiture
- l'étanchéité à l'air du plafond.




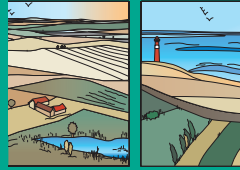
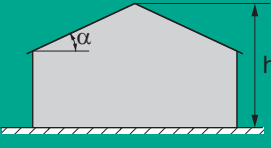

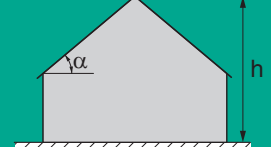
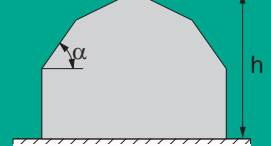
La dépression due à l'action du vent sur la toiture et donc sur les tuiles est plus forte sur les versants peu inclinés [C6] (à l'inverse, la composante stabilisatrice du poids propre des tuiles est d'autant plus influente que la pente de la toiture est faible). L'importance de cette dépression est directement proportionnelle à la hauteur du faîte par rapport au sol, tout en restant plus marquée en bord de mer qu'en ville. Les bords ( $\geq 1$  m de large) d'un versant incliné ( $\geq 10^\circ$ ) sont 20 à 25 % davantage sollicités que les parties courantes en raison des turbulences du vent. Celles-ci se localisent aussi au droit des obstacles, tels que cheminées ou autres émergences.

### 2.3.2.2 DÉTERMINATION DE LA FIXATION ÉVENTUELLE DES TUILES

Les tuiles peuvent ou non être fixées sur le toit en fonction des sollicitations que le vent peut exercer sur la toiture et de la capacité de celle-ci à résister à ces actions.

Nous proposons, dans l'encadré ci-contre, quelques règles pratiques permettant de déterminer, pour la grande majorité des tuiles, le nombre de fixations nécessaires en fonction de la sollicitation rencontrée. Il s'agit d'un calcul simplifié sécuritaire. Pour une information exhaustive sur le sujet, on se reportera à l'annexe de la présente NIT (p. 60).

**Tableau 7** Méthode simplifiée de fixation des tuiles sur les toitures à deux versants. Hypothèses de départ : complexe toiture étanche au vent, masse surfacique de la couverture  $\geq 37,5 \text{ kg/m}^2$ , tuiles faitières et tuiles au pourtour d'obstacles fixées dans tous les cas.

PENTE DE LA TUILE	Catégorie de rugosité de terrain (1)							
	CATÉGORIE IV		CATÉGORIE III		CATÉGORIE II		CATÉGORIES I ET 0	
								
Hauteur de faîte $\leq 15 \text{ m}$	Partie courante	Zone de rive (1)	Partie courante	Zone de rive (1)	Partie courante	Zone de rive (1)	Partie courante	Zone de rive (1)
 $10^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	Pas de fixation	Fixer 1 tuile sur 4 (2)	Fixer 1 tuile sur 4 (2)	Fixer 1 tuile sur 2 (2)	Fixer 1 tuile sur 2 (2)	Fixer toutes les tuiles	Fixer toutes les tuiles (1 fixation par tuile)	
 $30^\circ < \alpha \leq 45^\circ$	Pas de fixation	Fixer 1 tuile sur 2 (2)	Fixer 1 tuile sur 4 (2)	Fixer toutes les tuiles (2)	Fixer 1 tuile sur 2 (2)	Fixer toutes les tuiles		
 $45^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	Fixer 1 tuile sur 4 (2)	Fixer toutes les tuiles	Fixer 1 tuile sur 2 (2)	Fixer toutes les tuiles	Fixer toutes les tuiles			
 $60^\circ < \alpha \leq 75^\circ$	Fixer toutes les tuiles (1 fixation par tuile)							
Hauteur de faîte $> 15 \text{ m}$	Fixer toutes les tuiles (1 fixation par tuile) ou se référer à la méthode détaillée en annexe (p. 60)							
Pentes $> 75^\circ$ et bardages	Fixer toutes les tuiles. Il est recommandé de prévoir 2 fixations par tuile : clou et crochet ou 2 clous ou clou et vis (cas des tuiles plates).							
Environs d'un aéroport (ou risque de survol d'un avion à faible distance du toit)								

*Remarque* : les cas particuliers tels que les bâtiments bas voisins de constructions élevées ou construits sur des terrains vallonnés requièrent une étude spéciale de l'action du vent (selon l'Eurocode 1 – NBN EN 1991-1-4) [B33].

(1) Pour la définition des catégories de rugosité et la délimitation des zones de rive, se référer à l'encadré ci-contre.

(2) Il appartient à l'auteur de projet de définir la répartition des fixations. S'il est proposé de ne fixer qu'une partie des tuiles, l'entrepreneur aura intérêt à répartir les fixations le plus uniformément possible, en décalant les fixations de la rangée supérieure de deux tuiles (s'il faut fixer une tuile sur quatre) ou d'une tuile (s'il faut fixer une tuile sur deux).

## MÉTHODE DE DÉTERMINATION SIMPLIFIÉE POUR TOITURES À DEUX VERSANTS

Pour définir le nombre de fixations à prévoir par tuile, il importe de connaître au préalable la localisation du bâtiment (classe de rugosité de terrain), ses données géométriques (longueur, largeur, hauteur du faîte, pente du versant) ainsi que l'emplacement des tuiles (partie courante, pourtour d'obstacle ou zone de rive). Une fois ces données connues, il est possible de déterminer le mode de fixation en se référant soit au tableau 7 (p. 24), soit à la méthode détaillée décrite en annexe (p. 60).

### Localisation du bâtiment ou catégorie de rugosité du terrain selon l'Eurocode 1 [B33]

On examinera si le bâtiment est situé dans l'une des catégories de terrain suivantes :

- catégorie 0 'Mer' : mer ou zone côtière exposée aux vents marins
- catégorie I 'Plaines ou lacs' : lac ou zone plate horizontale à végétation négligeable, libre de tout obstacle
- catégorie II 'Campagne avec bocages' : zone à végétation basse telle que de l'herbe, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments) séparés d'au moins 20 fois leur hauteur
- catégorie III 'Banlieue et zones boisées' : zone à couverture végétale régulière, avec bâtiments ou obstacles isolés séparés d'au plus 20 fois leur hauteur (par exemple, villages, zones suburbaines, forêts permanentes)
- catégorie IV 'Ville' : zone dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments d'une hauteur moyenne supérieure à 15 m.

La localisation du bâtiment doit être déterminée de manière précise. Ainsi, un bâtiment situé en centre ville et sensiblement plus élevé que les bâtiments voisins appartient, eu égard à l'influence du vent sur le toit, à la catégorie II. Au cas où la norme ne permet pas de déterminer la catégorie de terrain de façon incontestable (par exemple, si le bâtiment se situe dans une zone intermédiaire), il convient d'opter pour la catégorie la plus sévère, afin de limiter les risques d'arrachement de tuiles.

### Situation des tuiles sur la toiture – Délimitation des zones de rive ou des contours d'obstacles

Les tuiles peuvent être situées en partie courante, en zone de rive (rive pignon, rive haute ou rive basse) ou encore au pourtour d'un obstacle (cheminée, lucarne ou tout autre relief important capable de provoquer des tourbillons locaux à la surface du toit)<sup>(9)</sup>. Selon que l'on soit ou non en partie courante, on peut prévoir un nombre différent de fixations par tuile (cf. tableau 7, p. 24, ou méthode détaillée en annexe).

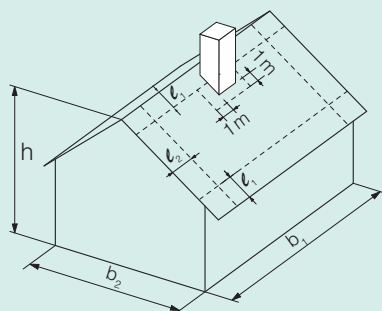


Fig. 22A Partie courante et zone de rive.

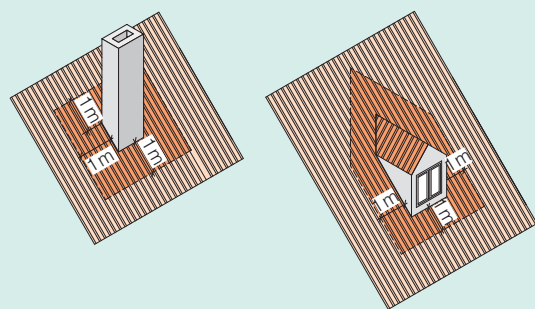


Fig. 22B Pourtour d'obstacles.

La largeur  $\ell_1$  de la zone de rive est fonction des dimensions en plan du bâtiment (largeur  $b_1$  et longueur  $b_2$ ) et de sa hauteur  $h$ . Elle est déterminée selon la formule suivante :  $\ell_1 = e/10 = \min [b_1, 2h]/10$ . Le tableau ci-contre donne cette valeur pour des dimensions courantes. Autour des obstacles, on fixera toutes les tuiles sur une largeur de 1 mètre.

Largeur  $\ell_1$  ou  $\ell_2$  des zones de rive (rive basse, faîte et rive pignon) en mètres.

Largeur $b_1$ ou longueur $b_2$ du bâtiment [m]	Hauteur du faîte $h$			
	3	6	9	12
5	0,5	0,5	0,5	0,5
6	0,6	0,6	0,6	0,6
7	0,6	0,7	0,7	0,7
8	0,6	0,8	0,8	0,8
9	0,6	0,9	0,9	0,9
10	0,6	1,0	1,0	1,0
11	0,6	1,1	1,1	1,1
12	0,6	1,2	1,2	1,2
13	0,6	1,2	1,3	1,3
14	0,6	1,2	1,4	1,4
15	0,6	1,2	1,5	1,5
16	0,6	1,2	1,6	1,6
17	0,6	1,2	1,7	1,7
18	0,6	1,2	1,8	1,8
19	0,6	1,2	1,8	1,9
20	0,6	1,2	1,8	2,0

<sup>(9)</sup> Une fenêtre de toit ou un capteur solaire ne sont pas considérés comme obstacles s'ils sont posés selon les méthodes habituelles, c'est-à-dire à une distance limitée au-dessus des tuiles (cf. NIT 212 [C10] en ce qui concerne les capteurs solaires).

### 2.3.2.3 MÉTHODES DE FIXATION

Les moyens de fixation (clous, vis, crochets) diffèrent selon le type de tuile. Les crochets peuvent en outre être cloués ou agrafés.

La résistance à l'arrachement de chaque type de fixation est déterminée en laboratoire à l'aide d'un essai réalisé selon la norme NBN EN 14437 [B47], ou est calculée sur la base de l'Eurocode 5 (norme NBN EN 1995-1-1) [B35].

Pour éviter que la tuile ne se brise au moindre mouvement, les vis ou les clous doivent avoir un diamètre légèrement inférieur au trou de fixation ('trou de clouage' selon la norme) et ne peuvent être chassés ou vissés complètement (figure 23).

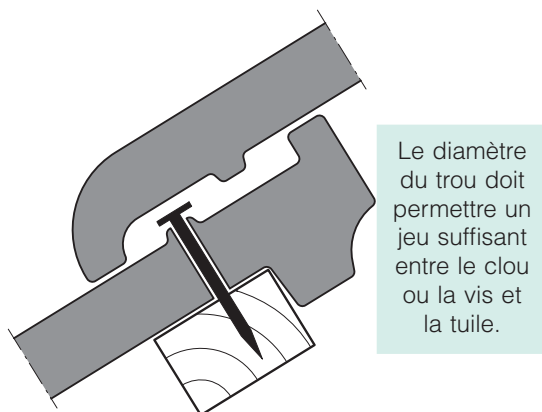


Fig. 23 Clouage ou vissage des tuiles.

Les vis et les clous sont en cuivre ou en acier inoxydable. L'utilisation d'acier galvanisé<sup>(10)</sup> est déconseillée, vu les risques de corrosion et d'expansion qui en résultent. Les crochets sont en acier inoxydable, en acier galvanisé, en cuivre ou d'une qualité au moins équivalente.

La fixation par clous ou vis doit s'effectuer selon les règles de pose des contre-lattes énoncées au § 2.2.2 (p. 16).

Pour certains ouvrages de raccord (par exemple, ligne de faîte ou rive à rénover), on peut envisager une pose au mortier (sur support poreux). Dans ce cas, il y a lieu de choisir une composition appropriée, par exemple un mortier bâtard de classe M5 conforme à la norme NBN EN 998-2 [B25].

Selon la NIT 208 [C9], un tel mortier peut être confectionné avec 1 unité (en volume) de ciment

et 2 unités de chaux pour 8 unités de sable, soit 150 kg de ciment et 150 kg de chaux par m<sup>3</sup> de sable. L'utilisation d'un adjuvant plastifiant, par exemple, permettra en outre d'améliorer la consistance du mortier et pourra ainsi constituer une alternative au mortier bâtard. On veillera tout particulièrement au choix du mortier (et de l'adjuvant éventuel) en présence de tuiles vernissées (ou émaillées) ou ayant subi un traitement d'hydrofugation.

#### A. TUILES À EMBOÎTEMENT ET TUILES À PUREAU PLAT

Les moyens les plus appropriés pour fixer des tuiles à emboîtement ou à pureau plat sont les crochets et les vis à rondelle d'étanchéité en EPDM (copolymère d'éthylène, de propylène et de diène).

Il importe d'avoir recours à des crochets *ad hoc* pour la fixation des tuiles. Il existe des crochets latéraux et des crochets de tête. Les crochets illustrés aux figures 24 et 25 sont présentés à titre d'exemple.



Fig. 24 Crochet dans l'emboîtement de tête.



Fig. 25 Crochet dans l'emboîtement latéral.

#### B. TUILES À RECOUVREMENT ET TUILES PLATES

Les clous sont les moyens les plus appropriés pour fixer les tuiles plates, les tuiles à recouvrement étant généralement fixées à l'aide de crochets. La fixation par clous doit être conforme aux règles de l'Eurocode 5 [B35].

<sup>(10)</sup> La galvanisation des crochets doit être exécutée selon les spécifications des normes NBN EN ISO 14713-1 à 3 [B52 à B54] et NBN EN ISO 1461 [B49]. Une couche de 55 µm suffit dans la plupart des cas. Pour des applications dans une atmosphère présentant un risque élevé de corrosion (p. ex. au voisinage de certaines usines), il importe de choisir des crochets munis d'une couche de galvanisation adaptée. Un revêtement en alliage de zinc-aluminium confère une meilleure protection.

## 2.4 POSE DES DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ ET D'ANCRAGE

Pour avoir accès au toit en toute sécurité lors de travaux d'entretien ou de réparation, il est conseillé d'y installer des points d'ancrage pendant les travaux de construction ou de rénovation. On distingue, d'une part, les points d'ancrage des dispositifs de protection collective (EPC) et, d'autre part, les crochets de sécurité pour la fixation des équipements de protection individuelle (EPI). Les principes de pose de ces dispositifs sont décrits ci-après.

Le chapitre 7 (p. 57) décrit l'utilisation de ces éléments lors de l'accès au toit, ainsi que les principes de la sécurité du travail sur toiture. Pour plus de détails au sujet de ces systèmes, on consultera les publications du CNAC (Comité national d'action pour la sécurité et l'hygiène dans la construction) [C13, C14].

### 2.4.1 POINTS D'ANCRAGE DES DISPOSITIFS DE PROTECTION COLLECTIVE

La protection collective peut être facilitée, au cours des interventions sur le toit, par le placement d'ancrages appropriés au pied du versant (au-dessus de la gouttière). Ces ancrages permettent l'accrochage d'un garde-corps, assurant la protection collective périphérique du bâtiment.

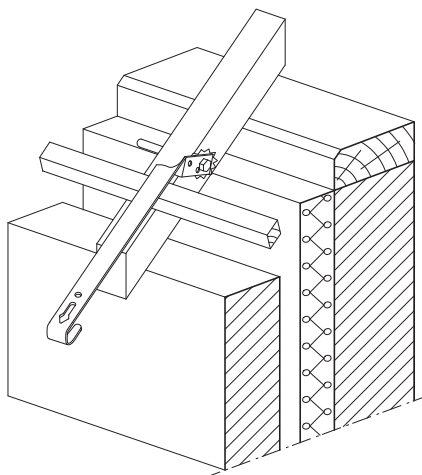


Fig. 26 Exemple d'ancrage en pied de versant.

Seuls les dispositifs d'ancrage de classe A2 conformes à la norme NBN EN 795 [B23] sont autorisés. L'ensemble ancrage/garde-corps doit répondre à la norme NBN EN 13374 [B42] relative aux garde-corps temporaires. L'intervalle entre les ancrages au bas du toit est spécifié par le fabricant du système de protection.

Les dispositifs seront impérativement fixés dans la structure portante du bâtiment, qui doit avoir été

calculée de manière à résister aux efforts décrits dans la norme NBN EN 795 (classe A2). Dans le cas d'une fermette, la fixation de l'ancrage au pied du versant se fera latéralement par un axe-crampon traversant. Dans le cas d'un chevron, la fixation s'effectue à l'aide d'un axe-crampon ou de pointes annelées. Les ancrages au bas du toit doivent être placés selon les prescriptions du fabricant, de façon à satisfaire aux exigences normatives.

### 2.4.2 CROCHETS DE SÉCURITÉ POUR DISPOSITIFS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

Afin de favoriser la protection individuelle lors d'une intervention sur le toit, il est recommandé de poser des crochets de sécurité en pied et en tête de versant. Leurs avantages sont multiples :

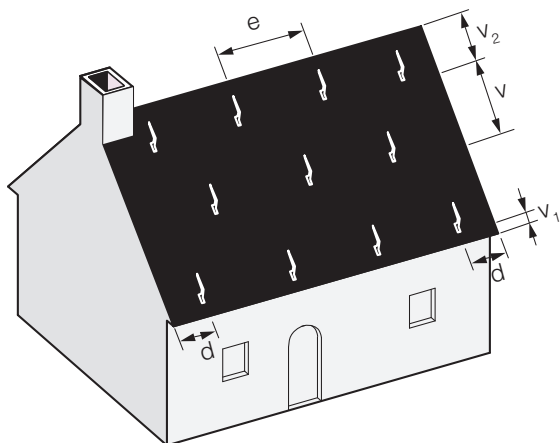
- ils améliorent et sécurisent l'accès au versant lors de l'achèvement de la toiture
- ils facilitent les travaux d'entretien et les réparations éventuelles [S7]
- ils permettent le positionnement de l'échelle de couvreur et protègent l'intervenant contre les chutes, car ils constituent un point d'accrochage pour les équipements de protection individuelle (type A selon la norme NBN EN 517 [B15]).



Fig. 27 Exemples de crochets de sécurité.

Selon les recommandations du CNAC [C14], on préférera disposer les crochets de sécurité en pied de versant, à 60 cm des corniches non circulables ( $v_1$ ), à 1,20 m des corniches circulables et à 1 m du faitage ( $v_2$ ). L'écartement entre les crochets est de 1,4 m pour la rangée inférieure et de 2,8 m pour les autres rangées, en commençant à 1 m de la rive du bâtiment (figure 28, p. 28).

Les crochets de sécurité sont fixés dans la structure portante du bâtiment, qui doit être calculée pour résister aux efforts décrits dans la norme NBN



- e = écartement horizontal
- d = distance par rapport à la rive latérale (1 m au maximum)
- v = distance entre les rangées de crochets, selon la pente du toit
- v<sub>1</sub> = distance entre la rangée de crochets inférieure et la ligne d'égout
- v<sub>2</sub> = distance entre la rangée de crochets supérieure et la ligne de faîtage

**Fig. 28** Schéma d'implantation des crochets de sécurité (écartement selon les prescriptions du fabricant).

EN 795 [B23] (classe A2). Dans le cas d'une fermette, la fixation s'opère latéralement au moyen d'un axe-crampon traversant. Dans le cas d'un chevron, la fixation est réalisée à l'aide d'un axe-crampon ou de pointes annelées.

Les crochets sont disposés à l'aplomb des chevrons afin d'y être correctement fixés. S'ils ne peuvent être fixés directement dans les chevrons ou les arbalétriers, il sera parfois nécessaire de placer, entre ces derniers, une planche de section comparable, qui devra y être correctement fixée (pattes en acier et vis).

La mise en œuvre des crochets de sécurité doit impérativement s'effectuer suivant les prescriptions du fabricant, de façon à satisfaire aux exigences normatives.

La surépaisseur créée par le crochet peut favoriser le soulèvement de la tuile. Il est possible de prévenir ce risque en amincissant localement la tuile.

Lors d'une intervention impliquant l'utilisation de crochets de sécurité, le couvreur veillera à en vérifier la fixation au préalable.

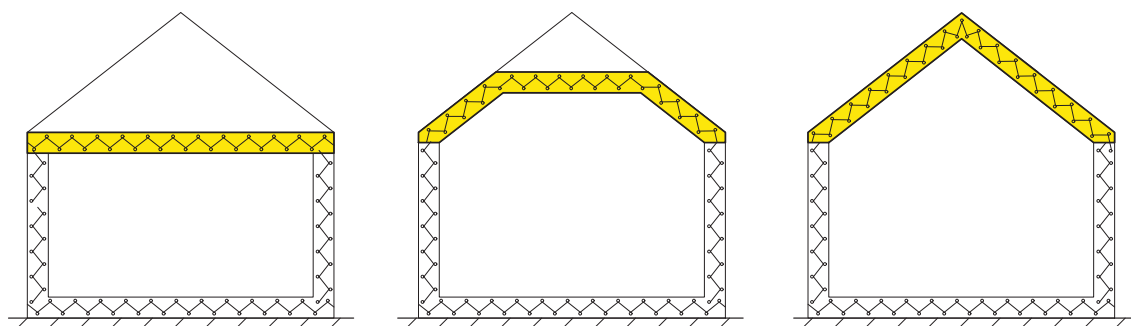
## 2.5 ISOLATION THERMIQUE ET ACOUSTIQUE

Les informations ci-après ont volontairement été réduites à l'essentiel. Le sujet sera traité en détail dans une Note d'information technique relative à l'isolation thermique des toitures à versants.

Dans la mesure du possible, on veillera à limiter au maximum le volume protégé (isolé) du bâtiment. En l'absence de combles habités, l'isolation thermique du plancher sera donc à privilégier par rapport à celle des versants.

Il importe de créer une couche isolante continue autour du volume protégé. Rappelons qu'une conception et une exécution minutieuses de la barrière d'étanchéité à l'air contribuent directement à réduire la consommation énergétique et à assurer un meilleur confort d'occupation. Suivant la composition du complexe toiture, cette étanchéité à l'air peut s'avérer indispensable si l'on souhaite éviter tout risque de condensation interne par convection.

Pour une isolation performante aux bruits aériens, il est recommandé de concevoir le toit selon le principe 'masse-ressort-masse' (voir encadré). A cet



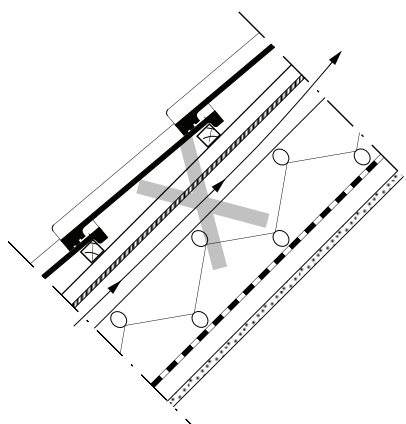
**Fig. 29** Emplacements possibles de la couche isolante dans la toiture en vue de limiter au maximum le volume chauffé du bâtiment.

effet, on veillera notamment à désolidariser le parachevènement intérieur de la structure portante. Pour plus de détails concernant l'isolation acoustique des toitures, nous renvoyons le lecteur à l'article paru en 2010 dans Les Dossiers du CSTC [II].

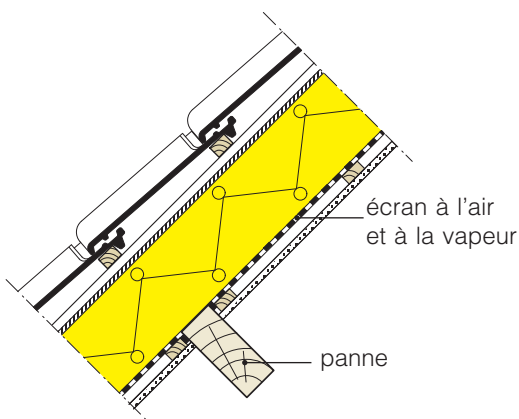
### 2.5.1 ISOLATION THERMIQUE DE LA CHARPENTE

Dans le cas de toitures avec chevrons ou fermettes, l'isolation se place habituellement entre les chevrons, les pannes ou les fermettes. Pour pouvoir poser l'isolant dans l'épaisseur voulue, un espace suffisant doit être ménagé dans le complexe toiture. Pour ce faire, les isolants souples sont plus appropriés, leur structure permettant d'assurer plus aisément le contact optimal avec la charpente et de garantir ainsi une meilleure continuité de la couche d'isolation. Une couche d'isolation complémentaire peut également être disposée sous la charpente. De manière générale, on veillera toujours à assurer un remplissage complet entre la sous-toiture et le pare-vapeur afin d'éviter la ventilation du complexe.

Il importe que le couvreur réalise l'isolation de l'échelle de toit avant la pose de la sous-toiture, car cette zone ne sera plus accessible ultérieurement.



**Fig. 30** Ventilation à éviter par un remplissage complet entre la sous-toiture et le pare-vapeur.



**Fig. 32** Isolation entre chevrons.

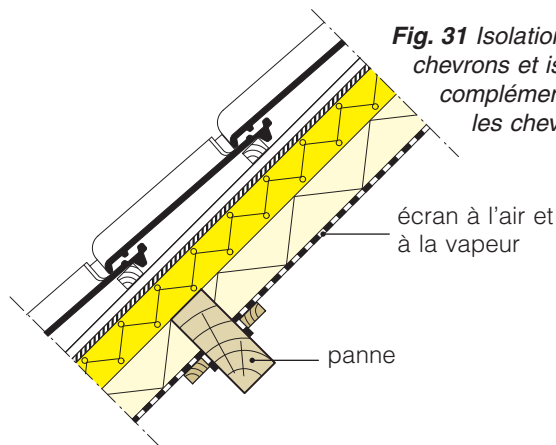
## PRINCIPES DE L'ISOLATION ACOUSTIQUE DES PAROIS

L'isolation acoustique d'une paroi repose sur deux principes :

- la loi de masse
- et le principe 'masse-ressort-masse'.

Lorsque la masse d'une paroi est insuffisante, comme dans le cas de la plupart des toitures à versants, il faut avoir recours au second principe.

Celui-ci consiste à diminuer la transmission des ondes sonores à travers la paroi grâce à une composition en deux couches, reliées par une couche intermédiaire relativement flexible. Dans le cas d'une toiture, la finition intérieure (souvent en plaques de plâtre) joue le rôle de la première couche, l'ensemble 'sous-toiture, lattes et couverture' pouvant être considéré comme la deuxième couche. Le raccord entre les deux est constitué par les chevrons ou les arbalétriers ainsi que par la lame d'air et/ou l'isolant situés entre ces éléments en bois, la lame d'air assurant une liaison élastique de ceux-ci. On peut améliorer l'isolation acoustique en augmentant la masse des couches d'extrémité (par exemple, en doublant les panneaux à l'intérieur) ou en rendant la connexion entre les couches moins rigide (par exemple, en utilisant des éléments de fixation spéciaux en métal mince au lieu de lattes en bois). On veillera aussi à utiliser des matériaux de masse ou de rigidité (qui est fonction de la nature du matériau) différente de chaque côté de la paroi (dans ce cas-ci, la toiture).



**Fig. 31** Isolation entre les chevrons et isolation complémentaire sous les chevrons.



**Fig. 33** Isolation de l'échelle de toit.

© E. VANDEBROECK, ARCHITECTE

## 2.5.2 PANNEAUX AUTOPORTANTS

La mise en œuvre sur chantier décrite ci-avant implique la pose successive de nombreux éléments différents (chevrons, sous-toiture, contre-lattes, lattes, isolation, écran à l'air et à la vapeur, finition du plafond). Les panneaux préfabriqués, dont il existe une vaste gamme, réunissent toutes ces fonctions en un seul élément et réduisent ainsi le travail sur chantier au minimum.

On les classe en deux grands groupes :

- les éléments ouverts constitués d'un panneau d'une longueur de 1 à 6 m (ou plus), raidi par des chevrons; les compartiments ainsi formés sont remplis d'isolant, visible à la face supérieure des éléments
- les éléments sandwichs renfermant un isolant protégé par une plaque sur les deux faces.

Les panneaux autoportants sont posés de préférence dans le sens de la pente et sont fixés sur les pannes à l'aide de longs clous torsadés, de tire-fonds ou de crampons, généralement livrés avec les panneaux. La plupart sont conçus pour prévenir tout pont thermique (préjudiciable) à la jonction de deux éléments et tout mouvement entre ceux-ci. Certains panneaux sont dotés à cet effet d'une rainure munie d'une fausse languette.

Les jonctions dans le sens de la pente sont obturées à l'aide d'un matériau adéquat permettant d'assurer l'étanchéité à la pluie. Les joints parallèles au faîtage sont déconseillés, car leur étanchéité à la pluie est difficile à réaliser. Dans la plupart des cas, les grandes longueurs disponibles permettent d'éviter ce mode de pose.

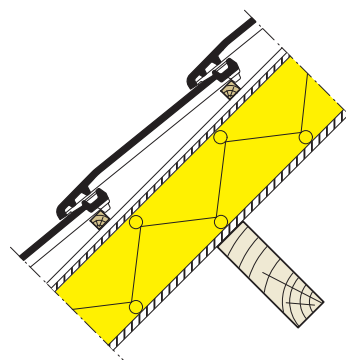
Quel que soit le cas, les joints entre les panneaux isolants devront être parfaitement étanches, leur face supérieure devant être imperméable à la pluie de façon durable, et leur face interne, étanche à l'air et à la vapeur.

Il y a lieu d'accorder une attention particulière aux raccords en pied de versant : ces derniers étant relativement difficiles à obturer, ils sont souvent à l'origine de fuites. L'étanchéité à l'air et à la vapeur ne peut être assurée que par le colmatage des joints entre panneaux au moyen d'un mastic ou d'un ruban adhésif durablement élastique.

L'étanchéité à l'eau de tous les ouvrages de raccord, tels que les fenêtres de toit ou les cheminées, requiert également des précautions particulières. La pose d'une membrane de sous-toiture permettra d'exclure le risque d'infiltrations.

Les panneaux autoportants conviennent bien aux toitures de forme simple (p. ex. à deux versants). Sur les toitures de forme complexe, la réalisation correcte des raccords n'est pas aisée et nécessite des travaux de préparation importants.

La pose des panneaux variant d'un système à l'autre, il convient de se conformer aux instructions du fabricant. Il est recommandé de n'utiliser que des panneaux disposant d'un agrément technique.



**Fig. 34** Toiture en tuiles posée sur des panneaux autoportants.

## 2.5.3 TOITURES SARKING

Ce système consiste à poser des panneaux d'isolation en polystyrène expansé (EPS), en polyuréthane (PUR) ou en polystyrène extrudé (XPS) directement sur les chevrons ou les fermettes, afin de former une couche d'isolation continue et d'éviter les ponts thermiques. Les bords des panneaux sont conçus dans cette optique.

Selon le système choisi, on prévoira une sous-toiture appropriée sur la face externe de l'isolant et/ou un écran à l'air et à la vapeur sous la face interne de ce dernier. La pose d'une membrane de sous-toiture est conseillée afin d'exclure le risque d'infiltrations.

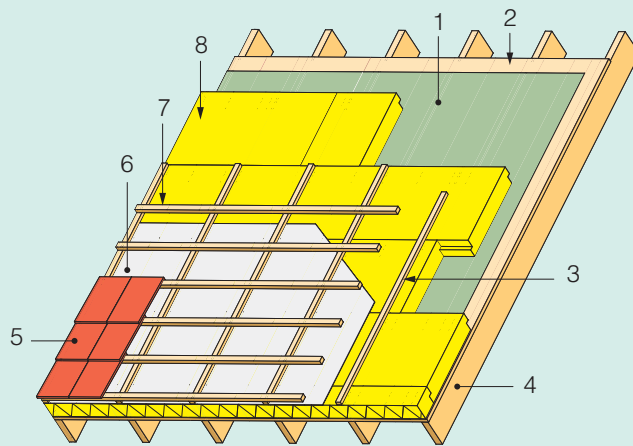
Les contre-lattes sont fixées solidement à la structure porteuse (chevrons ou fermettes), au travers de l'isolant, à l'aide de longues vis ou de longs clous. Les eaux résultant d'infiltrations lors de pluies importantes et/ou de neige poudreuse s'écoulent sur la couche d'isolation ou sur la sous-toiture pour être évacuées dans la gouttière.

La pose d'une toiture Sarking variant d'un système à l'autre, on se conformera aux instructions du fabricant. Il est conseillé de n'utiliser que les systèmes disposant d'un agrément technique. Il importe également de prêter attention au retrait des panneaux d'isolation rigides (p. ex. XPS) lors de l'exécution des joints.

## TOITURE SARKING ET ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

En pratique, l'étanchéité à l'air d'une structure légère dépend non seulement du soin apporté à la réalisation de la barrière d'étanchéité à l'air en elle-même, mais également de l'absence de perforations et de dégradations de cette dernière. La conception du bâtiment est essentielle à cet égard et doit permettre de minimiser le nombre de raccords et de perforations.

Ce principe permet d'orienter le choix du système constructif. Dans ce contexte, la pose de la barrière d'étanchéité à l'air et à la vapeur sur un support continu (panneautage posé sur les chevrons) est le meilleur garant d'un résultat satisfaisant, en particulier lorsque le niveau de performance à atteindre est élevé (classe de climat IV, par exemple). Le cas échéant, un soin particulier devra être apporté à l'obturation de certains détails et raccords inévitables, notamment en pied de versant.



**Fig. 35** Une barrière à l'air et à la vapeur posée sur un support continu garantit des performances d'étanchéité à l'air élevées.

1. Barrière à l'air et à la vapeur
2. Panneautage ou voligeage éventuel (classe de climat IV, par exemple)
3. Contre-latte
4. Chevron
5. Tuile
6. Sous-toiture
7. Latte
8. Isolation

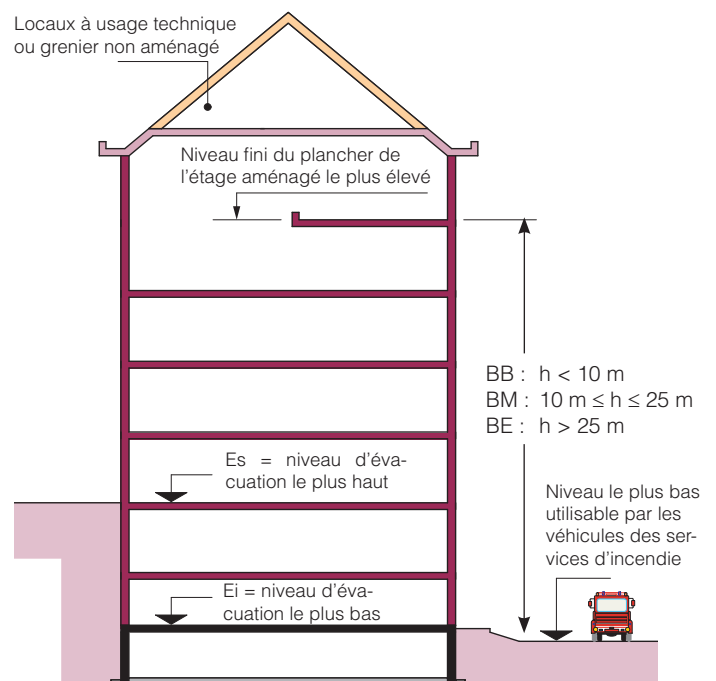
## 2.6 SÉCURITÉ EN CAS D'INCENDIE

L'arrêté royal du 7 juillet 1994 (modifié à diverses reprises) fixe les normes de base en matière de prévention de l'incendie, auxquels les nouveaux bâtiments doivent satisfaire en Belgique [S9]. Cette réglementation impose à la toiture ou à ses éléments des exigences de résistance au feu, de réaction au feu et de comportement à un feu extérieur.

A cet effet, l'arrêté distingue les bâtiments bas, moyens et élevés (voir figure 36). Ceux-ci doivent répondre à l'annexe 5 de l'arrêté ainsi qu'aux annexes 2, 3 et 4 respectivement. Les bâtiments industriels font l'objet d'exigences spécifiques énoncées dans l'annexe 6 de l'arrêté.

L'arrêté royal ne s'applique pas aux habitations unifamiliales, ni aux bâtiments d'une superficie inférieure à 100 m<sup>2</sup> et comptant maximum deux étages.

Pour plus de détails concernant la réglementation relative à l'incendie, nous renvoyons le lecteur à l'arrêté royal précité [S9] ainsi qu'à l'Antenne Normes 'Prévention du feu' ([www.normes.be](http://www.normes.be)).



**Fig. 36** Distinction entre bâtiments bas, moyens et élevés (source : SPF Intérieur).

Les exigences de l'arrêté royal applicables aux toitures en tuiles sont décrites ci-après.

**Tableau 8** Résistance au feu des éléments structuraux de toiture.

Bâtiments bas (annexe 2, AR 7/7/94)	Bâtiments moyens (annexe 3, AR 7/7/94)	Bâtiments élevés (annexe 4, AR 7/7/94)	Bâtiments industriels (annexe 6, AR 7/7/94)
R 30 (sauf si la toiture est séparée du reste du bâtiment par un élément de construction EI 30)	R 60 (sauf si le plancher sous toiture présente REI 60 – voir figure 37)	R 120 (sauf si le plancher sous toiture présente REI 120 – voir figure 37) <sup>(1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eléments structuraux de type I <sup>(2)</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>R 60 si bâtiment de classe A <sup>(3)</sup></li> <li>R 120 si bâtiment de classe B ou C</li> </ul> </li> <li>Eléments structuraux de type II <sup>(4)</sup> : <math>Rt_{eq}</math> <sup>(5)</sup></li> </ul>
<p><sup>(1)</sup> Pour les bâtiments élevés, les toitures seront de préférence des toitures plates ou à faible pente (angle de pente ne dépassant pas 10°).  <sup>(2)</sup> Eléments qui, en cas d'affaissement, donnent lieu à un effondrement progressif qui peut ne pas se limiter au compartiment ou peut provoquer des dommages aux parois du compartiment.  <sup>(3)</sup> Les bâtiments industriels sont classés en trois catégories en fonction de la densité de charge calorifique de calcul <math>q_{fi,d}</math> (classe A <math>q_{fi,d} \leq 350</math> MJ/m<sup>2</sup>, classe B <math>q_{fi,d}</math> entre 350 et 900 MJ/m<sup>2</sup> et classe C <math>q_{fi,d} &gt; 900</math> MJ/m<sup>2</sup>).  <sup>(4)</sup> Eléments qui, en cas d'affaissement, donnent lieu à un effondrement progressif limité au compartiment.  <sup>(5)</sup> <math>t_{eq}</math> = durée de temps équivalent (selon NBN EN 1991-1-2) [B32].</p>			

### 2.6.1 RÉSISTANCE AU FEU DE LA TOITURE

La résistance au feu est l'aptitude d'un élément de construction à conserver, pendant une durée déterminée, différentes caractéristiques parmi lesquelles :

- la capacité portante (R)
- l'étanchéité au feu (E) et/ou
- l'isolation thermique (I).

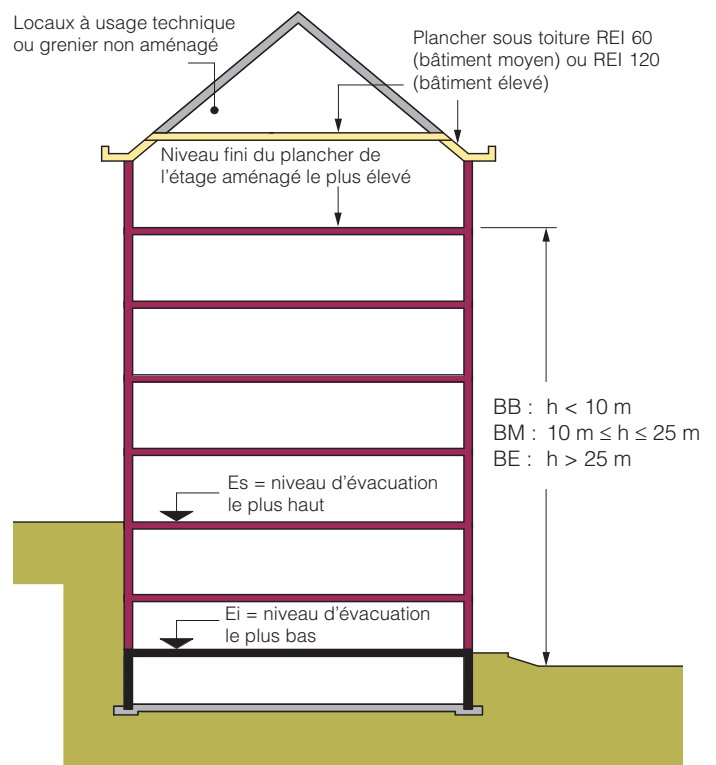
En Belgique, la résistance au feu d'un élément de construction s'exprimait jusqu'à présent en heures, précédées des lettres 'Rf' (p. ex. Rf ½ h, Rf 1 h, etc.). Cette classification nationale fait progressivement place à la classification européenne de résistance au feu (selon la norme NBN EN 13501-2) [B44], qui exprime la résistance au feu en minutes, précédées des lettres se référant aux critères principaux mentionnés ci-avant (REI 30, R 30, EI 30, etc.).

Le tableau 8 spécifie les exigences de l'arrêté royal en matière de résistance au feu des éléments structuraux de toiture <sup>(1)</sup>.

En outre, pour un bâtiment moyen ou élevé, si des façades vitrées dominant des constructions faisant ou non partie de ce bâtiment, les toitures de ces constructions doivent satisfaire aux conditions suivantes <sup>(1)</sup> (voir figure 38, p. 33) :

- EI 60 ou 120 sur une distance horizontale de 1 m à partir de la façade
- E 60 ou E 120 sur une distance horizontale de 1 à 5 m à partir de la façade.

Les ouvertures (lanterneaux, aérateurs, etc.) n'offrant pas la résistance au feu requise ne peuvent être placés dans la toiture sur une distance de 5 m, sauf si leur superficie totale n'excède pas 100 cm<sup>2</sup>.



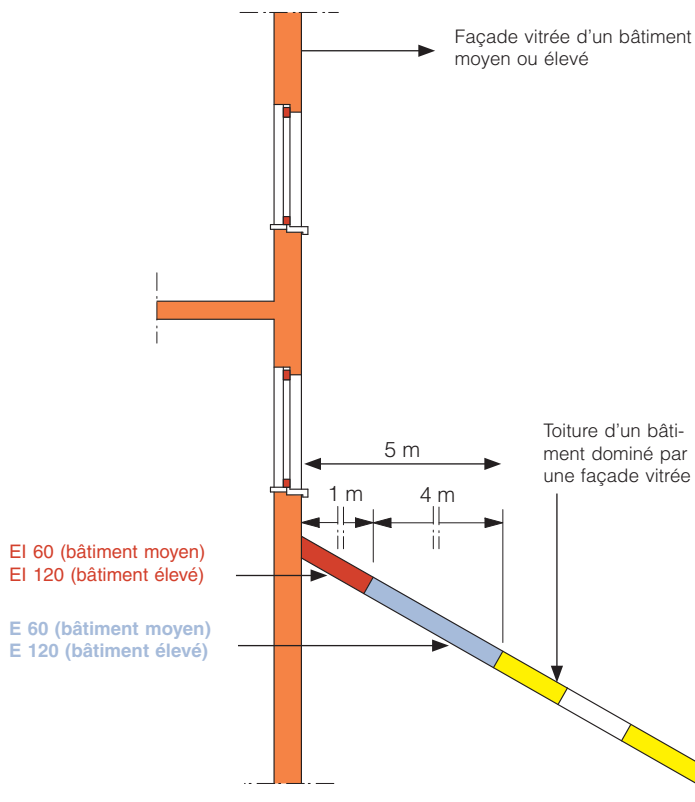
**Fig. 37** Pas d'exigence pour la toiture si le plancher sous toiture (en jaune) présente une résistance REI 60 (bâtiment moyen) ou REI 120 (bâtiment élevé).

### 2.6.2 RÉACTION AU FEU DE LA COUVERTURE

On appelle réaction au feu l'ensemble des propriétés d'un produit de construction ayant une incidence sur le départ et le développement d'un incendie.

Jusqu'à présent, il existait en Belgique cinq classes de réaction au feu des produits de construction (selon la norme NBN S 21-203) [B57] : A0, A1, A2, A3 et A4. Comme pour la résistance au feu, les classifications nationales de réaction au feu font

<sup>(1)</sup> Les exigences sont exprimées en classes européennes, conformément à la réglementation prochainement en vigueur.



**Fig. 38** Exigences applicables aux toitures dominées par une façade vitrée.

progressivement place à la classification européenne (norme NBN EN 13501-1) [B43] : classes A1, A2, B, C, D, E et F, complétées par les indices 's' (*smoke*) pour le dégagement de fumée et 'd' (*droplets*) pour la production de gouttelettes et de particules enflammées.

L'annexe 5 de l'arrêté royal relatif aux normes de base [S9] décrit les exigences en matière de réaction au feu auxquelles les bâtiments bas, moyens et élevés doivent satisfaire. Elle précise, dans sa version actuelle, que les matériaux de finition d'une couverture (p. ex. en tuiles) doivent répondre à la classe de réaction au feu A1 (selon l'ancienne classification belge, par le biais d'un essai de réaction au feu conforme à la norme NBN S 21-203) [B57].

Dans le cas où la couverture ne répond pas à l'exigence de réaction au feu précitée, l'annexe 5 impose que l'ensemble de la couverture réponde à la classe  $B_{ROOF}(t1)$  (voir § 2.6.3) de la norme NBN ENV 1187 [B55] relative à l'exposition des toitures à un feu extérieur <sup>(12)</sup>.

Notons que l'ensemble de la couverture devra répondre à la classe  $B_{ROOF}(t1)$  dans la réglementation prochainement en vigueur (nouvelle annexe 5 de l'arrêté royal susmentionné, dans laquelle la classification belge de réaction au feu sera remplacée par la classification européenne). L'exigence en matière de classe de réaction au feu n'a pas été retenue et ne sera donc plus d'application.

La réglementation relative à la protection contre l'incendie étant en pleine évolution au moment de la publication de la présente NIT, tant au niveau national qu'euro péen, il est conseillé de s'informer des derniers développements en la matière.

### 2.6.3 PERFORMANCE DES TOITURES EXPOSÉES À UN INCENDIE EXTÉRIEUR

Les toitures sont susceptibles d'être exposées à un feu extérieur. Selon l'arrêté royal fixant les normes de base en matière de prévention de l'incendie, les produits destinés aux revêtements de toiture des bâtiments bas, moyens, élevés [S14] et industriels [S13] doivent répondre à l'une des conditions ci-après:

- présenter les caractéristiques de la classe  $B_{ROOF}(t1)$  (selon la norme NBN EN 13501-5) [B45]
- ou être conformes à la décision 2000/553 de la Commission européenne [C15].

Les tuiles en terre cuite et en béton répondent aux conditions de cette décision et appartiennent donc à la classe  $B_{ROOF}(t1)$  sans essais complémentaires <sup>(13)</sup>. Elles sont par conséquent conformes aux exigences de l'arrêté royal.

<sup>(12)</sup> Voir à ce sujet l'arrêté royal du 4 avril 2003 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 [S11].

<sup>(13)</sup> Pour autant que le revêtement extérieur éventuel soit inorganique ou ait un PCS (pouvoir calorifique supérieur) inférieur ou égal à 4,0 MJ/m<sup>2</sup> ou une masse inférieure ou égale à 200 g/m<sup>2</sup>.





# 3 VERSANTS DE FORMES ET DE PENTES PARTICULIÈRES

## 3.1 VERSANTS À FAIBLE PENTE

### 3.1.1 ÉTANCHÉITÉ

Lorsque la pente du versant est inférieure à la valeur minimale prescrite par le fabricant des tuiles, des dispositions particulières doivent être prises afin d'assurer l'étanchéité à la pluie de la toiture. Dans certains cas, les tuiles n'ont plus qu'une fonction purement décorative, et il importe de veiller à ce que les performances d'étanchéité attendues puissent être obtenues via la ou les couches sous-jacentes.

Le cas échéant, on appliquera les principes en vigueur pour la conception et l'exécution des toitures plates [C11]. Les raccords entre les lés devront notamment être obturés par collage ou soudage. En ce qui concerne l'incidence éventuelle de la faible pente sur le comportement des tuiles, on se référera généralement aux indications du fabricant. Les tuiles ne peuvent jamais se trouver dans un environnement d'humidité permanente.

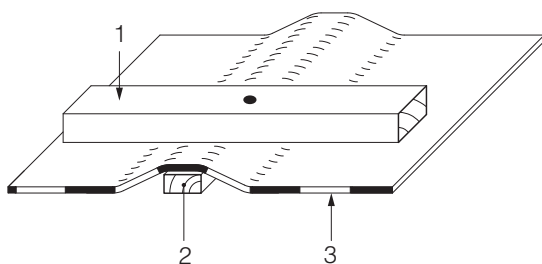
Tous les types de membranes d'étanchéité peuvent être utilisés (p. ex. membranes bitumineuses ou synthétiques). La réalisation des détails de rac-



**Fig. 39** Exécution d'une toiture en tuiles à faible pente.

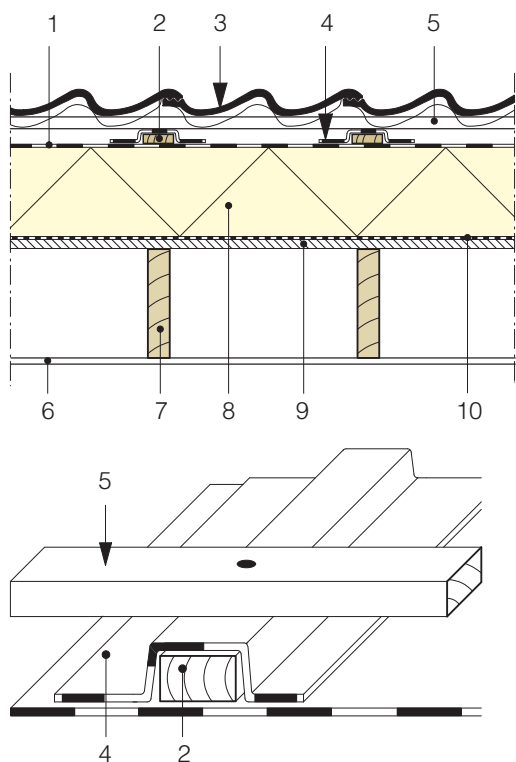
cord sera conforme aux recommandations de la NIT 191 [C6].

Les membranes d'étanchéité étant moins perméables à la vapeur que les sous-toitures courantes, il importe de tenir compte du risque de condensation interne accru et de la nécessité de la prévenir par un choix et une mise en œuvre judicieux du pare-vapeur. Pour ce faire, on respectera également les recommandations des documents de référence concernant les toitures plates.



**Fig. 40** Recouvrement des contre-lattes par la membrane d'étanchéité.

- 1. Latte
- 2. Contre-latte
- 3. Membrane d'étanchéité



1. Sous-toiture
2. Contre-latte
3. Tuile
4. Membrane d'étanchéité
5. Latte
6. Finition intérieure
7. Chevron
8. Isolant
9. Support
10. Ecran à l'air et à la vapeur

**Fig. 41** Recouvrement des contre-lattes par une bande d'étanchéité complémentaire.

### 3.1.2 DURABILITÉ

#### 3.1.2.1 DURABILITÉ DES LATTES ET DES CONTRE-LATTES

Lors de la réalisation de versants à faible pente, les lattes sont davantage exposées aux attaques fongiques (humidification prolongée). De nombreux cas de dégradations sur des toitures mises en œuvre selon les principes formulés ci-avant ont été signalés alors que le bois avait subi un traitement de préservation conforme aux recommandations en vigueur.

Selon les normes de la série NBN EN 335 [B8, B9, B10] et les STS 04.3 [S2], l'exposition prolongée des pièces de bois à une humidification (classe de risque 3) requiert un traitement de préservation selon le procédé A3 du code d'homologation de l'Association belge pour la protection du bois. Ce traitement, qui doit par ailleurs résister au délavage

par les intempéries, peut ne pas être indispensable si l'espèce de bois présente une durabilité naturelle suffisante pour cet usage (classe I, II ou III selon le tableau 9, comme par exemple, le Douglas Fir ou l'Oregon Pine sans aubier) [S1].

Dans ce contexte, le recours à des matériaux moins sensibles aux attaques biologiques que le bois peut constituer une alternative, pour autant que ces produits soient suffisamment durables en soi (p. ex. résistants aux UV, aux températures élevées à la surface du toit, etc.). Il convient dès lors de bien s'informer auprès du fabricant ou du fournisseur.

#### 3.1.2.2 DURABILITÉ DES ÉLÉMENTS DE FIXATION

La fixation de lattes est, elle aussi, davantage exposée au risque d'humidification prolongée. On fera

**Tableau 9** Durabilité naturelle du duramen des essences courantes vis-à-vis de la pourriture [B8, B9, B10].

CLASSE DE DURABILITÉ DU DURAMEN	DESCRIPTION	LONGÉVITÉ MOYENNE (*)	ESPÈCES
I	Très durable	Plus de 50 ans	Robinier
II	Durable	De 30 à 50 ans	Chêne
III	Moyennement durable	De 20 à 30 ans	Douglas Fir/Oregon Pine, Pitch Pine
IV	Peu durable	De 10 à 20 ans	Pin, épicéa, sapin
V	Non durable	Moins de 10 ans	Peuplier

(\*) Longévité moyenne d'un poteau normalisé de 100 x 100 mm partiellement enfoui dans le sol.

usage, de préférence, d'acier inoxydable ou, dans une moindre mesure, d'acier galvanisé. Les clous en cuivre sont déconseillés, l'expérience sur chantier ayant démontré qu'ils risquaient de se détacher. Les clous annelés ou les vis sont dès lors à privilégier.

## 3.2 VERSANTS VERTICAUX

Les tuiles peuvent être posées sur des versants d'une pente supérieure à 75°. Elles sont alors utilisées comme bardage de façade. Le présent paragraphe traite des exigences et points particuliers à prendre en compte pour une telle réalisation, en complément de ceux formulés précédemment pour les couvertures en tuiles (cf. chapitre 2).

### 3.2.1 STRUCTURE PORTANTE

#### 3.2.1.1 SOUS-STRUCTURE PORTANTE

Un mur portant, neuf ou existant, en maçonnerie (briques de terre cuite, blocs de béton, briques silico-calcaires, béton coulé *in situ*, etc.) ou en bois (ossature ou structure massive) est, dans la plupart des cas, suffisamment résistant et stable que pour pouvoir y fixer un bardage en tuiles.

#### 3.2.1.2 STRUCTURE PORTANTE DES TUILES

Les tuiles sont supportées par un lattage horizontal en bois ou en métal fixé, à travers des contre-lattes posées verticalement, dans des chevrons ou des planches légèrement plus épaisses que la couche d'isolation (voir figure 44, p. 38). Le système de fixation utilisé doit être durable. On préférera aux

clous les vis en acier inoxydable ou galvanisé, ou éventuellement les crochets.

Les lattes, dont l'entraxe est fonction du format des tuiles, sont à fixer sur chaque chevron. La qualité et la durabilité du bois utilisé en façade doivent être équivalentes à celles du bois en toiture (§ 2.1.4, p. 9). La section des lattes est déterminée en fonction de l'entraxe des chevrons (tableau 5, p. 16).

Dans le cas de lattes en aluminium, il y a lieu d'évaluer la stabilité et l'indéformabilité des profils utilisés et de tenir compte de leurs mouvements thermiques.

### 3.2.2 ISOLATION THERMIQUE

Les panneaux isolants, de type semi-rigide (laine minérale) ou rigide (XPS, PUR, EPS, etc.), sont posés entre les chevrons ou sont placés jointivement sur la face extérieure du mur porteur (voir figure 44). La qualité de la pose est décisive pour l'obtention de la résistance thermique attendue. Les courants d'air autour des éléments ou dans les joints entre les panneaux doivent être évités.

Les mesures nécessaires doivent être prises pour éviter l'affaissement de l'isolation. Celle-ci peut être protégée des infiltrations occasionnelles d'eau ou de neige poudreuse au moyen d'une membrane spécifique, dont la nature et la technique de pose sont similaires à celles d'une sous-toiture pour versants en pente. Cette membrane, souple ou rigide, peut également contribuer à maintenir l'isolant en place.

Le choix du matériau est important d'un point de vue hygrothermique. Pour éviter des phénomènes de condensation interne, il doit être suffisamment



Fig. 42 Exemple de bardage en tuiles.

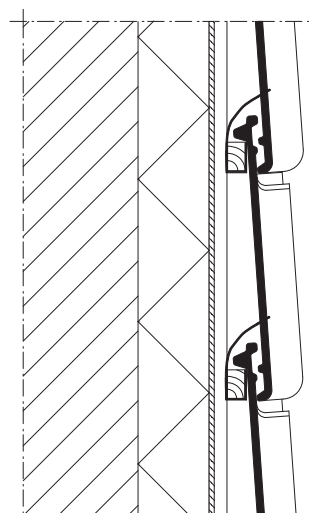
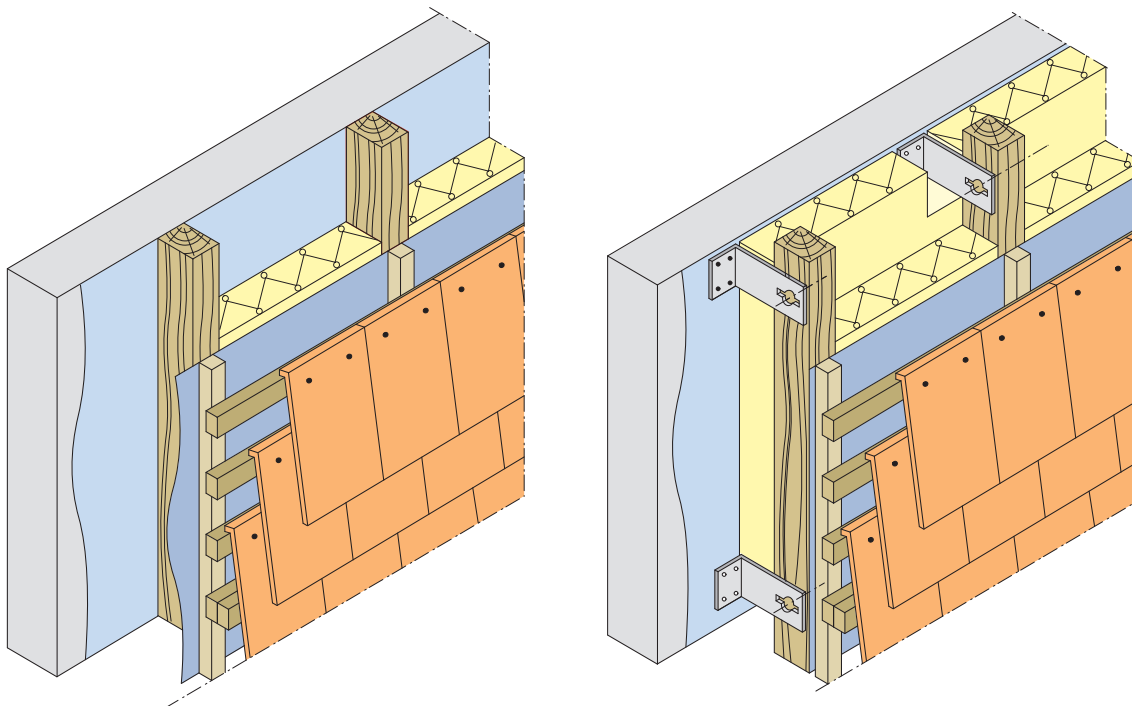


Fig. 43 Composition d'une paroi revêtue d'un bardage en tuiles.



**Fig. 44** Fixation des lattes. A gauche, sur des chevrons placés contre le mur (interrompant la couche d'isolant). A droite, sur des profilés métalliques ou des lattes en bois de section adaptée, fixés au mur par des éléments métalliques.

perméable à la vapeur. Pour plus d'informations quant au choix du type de membrane, le lecteur consultera le § 2.2.1 (p. 11).

En général, le risque de condensation interne est moins pénalisant pour un bardage qu'il ne l'est pour une toiture. Dans le cas d'une construction massive, il est par ailleurs plus aisé d'atteindre les performances d'étanchéité à l'air requises que dans le cas de structures légères telles que des toitures à versants ou des constructions à ossature en bois. Pour ces dernières, un soin particulier doit être apporté à la mise en œuvre de la barrière d'étanchéité à l'air (par exemple, traitement étanche des joints) et des raccords.

### 3.2.3 POSE ET FIXATION DES TUILES

Tous les types de tuiles peuvent être utilisés. Celles-ci sont posées sur les lattes et doivent être correctement fixées à la structure portante. Dans le cas d'un bardage, il faut prévoir deux fixations par tuile : l'une dans le trou de fixation prévu à cet effet (clou ou vis, visible ou non), l'autre sur le côté ou en dessous (crochet *ad hoc* – fixation visible). En effet, plus la pente est forte, moins le poids de la tuile contribue à la résistance au vent.

Le choix du système de fixation est fonction du type de tuile et des effets du vent attendus (voir



**Fig. 45** Fixation des tuiles sur un versant vertical.

Annexe, p. 60). Sa résistance à l'arrachement doit être supérieure à la valeur calculée de la dépression occasionnée par le vent. Pour une exposition au vent particulière, une étude spécifique peut être nécessaire (p. ex. bâtiments élevés). Dans ce cas, un calcul selon l'Eurocode 1 (norme NBN EN 1991-1-4) et son annexe nationale [B33, B34] s'impose.

### 3.2.4 ELÉMENTS EN SAILLIE SUR LA FAÇADE

La fixation de lanternes, d'enseignes lumineuses ou de décorations sur la façade doit être réalisée dans le mur porteur intérieur ou sur une structure conçue à cet effet. Il y a lieu de veiller tout particulièrement à ce que les finitions soient rendues étanches à la pluie. Les équipements spécifiques nécessitant un soutien stable du bardage (p. ex. crochets de sécurité) doivent être prévus dès la phase de conception.

### 3.3 VERSANTS CINTRÉS

On peut considérer un versant cintré comme étant composé de trois parties de pente différente (voir figure 48), à savoir :

- une partie quasi verticale, à traiter comme un bardage
- une partie en pente
- une partie quasi horizontale, à traiter comme un toit en faible pente.

La résistance au vent de la partie inférieure de la couverture (bardage) requiert une attention particulière (cf. § 3.2, p. 37). Par ailleurs, selon la recommandation formulée au § 3.1 (p. 35), l'étanchéité à l'eau doit être assurée sous l'ensemble de

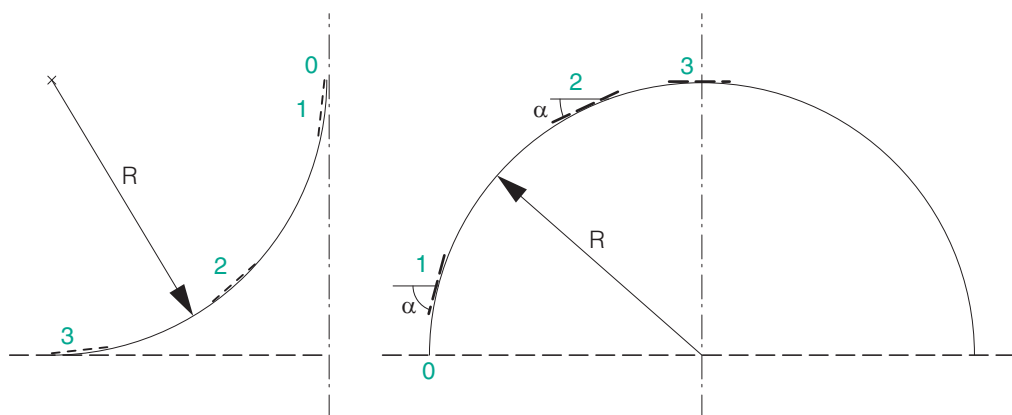


Fig. 46 Toiture en plein-cintre.



Fig. 47 Toiture cintrée de type ogival.

la couverture située en aval de la faible pente, y compris au niveau de cette dernière. Ainsi, la partie supérieure de la couverture en tuiles d'une toiture cintrée (de pente inférieure à celle prescrite par le fabricant de tuiles) n'a qu'une fonction esthétique.



Partie 0-1 :  $\alpha \geq 75^\circ$  → versant vertical : bardage (voir § 3.2, p. 37)

Partie 1-2 :  $75^\circ > \alpha \geq \alpha_{\min}$  → toiture en pente (voir chapitre 2)

Partie 2-3 :  $\alpha_{\min} > \alpha$  → versant à faible pente (voir § 3.1, p. 35)

$\alpha$  = pente du toit

$\alpha_{\min}$  = pente minimale du toit (valeur spécifiée par le fabricant de tuiles)

R = rayon de courbure

Fig. 48 Segmentation d'une toiture cintrée.

Dans une toiture convexe, la partie en pente faible ( $\alpha < \alpha_{\min}$ ) se trouve au sommet. Toute la partie située en aval de cette zone doit dès lors être rendue étanche. Il convient de respecter les principes de conception et d'exécution recommandés pour les toitures dont la pente est inférieure aux prescriptions du fabricant de tuiles (cf. § 3.1, p. 35). De manière générale, on se référera aux instructions du fabricant quant à l'incidence que peut avoir la faible pente sur le comportement des tuiles, celles-ci ne pouvant jamais se trouver dans un environnement d'humidité permanente.

### 3.3.1 RAYON DE COURBURE DU TOIT

Tous les types de tuiles peuvent être utilisés pour réaliser une couverture cintrée. Le format de la tuile dépendra toutefois du rayon de courbure minimal du toit : une tuile de petit format conviendra mieux pour la réalisation d'une toiture fortement cintrée. Le tableau 10 donne une idée du rapport entre le pureau théorique (lattage) et le rayon minimal du toit. Ce dernier est déterminé par le fabricant pour chaque type de tuile, compte tenu de la possibilité d'utiliser des tuiles de rive sur le même rayon.

### 3.3.2 STRUCTURE PORTANTE

La structure portante peut être réalisée de différentes façons : charpente en bois lamellé-collé,



**Fig. 49** Exemple d'exécution d'un support de toiture cintrée.

**Tableau 10** Rapport indicatif entre le pureau théorique et le rayon minimal du toit (R).

Rayon de courbure minimum	Pureau théorique
1,25 m	100 mm
3,50 m	250 à 300 mm
5 m et plus	300 à 400 mm

profilés en I cintrés, pannes sur murs porteurs courbés, etc.

Selon le rayon de courbure, les contre-lattes seront composées de préférence de plusieurs couches de lattes de faible épaisseur superposées à joints alternés, ce qui augmentera la flexibilité tout en assurant la possibilité de maintenir une épaisseur minimale de 15 mm sur la totalité du cintre de l'arrondi.

### 3.3.3 ÉTANCHÉITÉ À LA PLUIE

Si la toiture présente des segments de pente faible, l'exécution doit être rendue étanche sur la totalité de la surface située en aval de cette zone. Il est possible d'éviter ces mesures complémentaires pour la pose des tuiles sur un versant de pente inférieure à la pente minimale prescrite, en prolongeant la courbure d'une partie droite à l'endroit où la pente de la courbure atteint la pente de toiture minimale (toiture de type ogival, par exemple).

Le cas échéant, il y a lieu de réaliser une toiture de type ogival en lieu et place d'une toiture cintrée (voir figures 47 et 50). Les principes de l'étanchéité à la pluie des versants à faible pente sont décrits au § 3.1 (p. 35).



**Fig. 50** Exemple d'exécution d'un support de toiture de type ogival (charpente et sous-toiture).



# 4 ENTRETIEN

## 4.1 PRINCIPES ET FRÉQUENCE

L'entretien d'une toiture, s'il est primordial pour la longévité de l'ouvrage, vise également à éviter que des dégâts ne se répercutent sur les autres parties du bâtiment, voire sur les bâtiments voisins. L'entretien est à la charge du maître d'ouvrage et est de préférence exécuté par une entreprise de couverture.

Le tableau 11 (p. 42) donne un aperçu des principales mesures d'entretien qu'il convient d'entreprendre sur une toiture en tuiles. Il importe de respecter les fréquences d'entretien conseillées, tout en gardant à l'esprit que celles-ci sont fonction de l'environnement.

L'inspection annuelle de la toiture s'opère de préférence à la fin de l'automne, c'est-à-dire après la chute des feuilles et avant la période de gel. Il peut être nécessaire d'effectuer plusieurs inspections, en particulier si les chutes de feuilles sont abondantes, si le bâtiment est ancien ou si la région est exposée aux vents.

Des dégradations qui s'aggravent de façon anormale, notamment sur les éléments en bois, peuvent être le signe de défauts de mise en œuvre ou de conception (cf. chapitre 5, p. 43). Si l'on constate de tels phénomènes lors des premières opérations d'entretien sur un bâtiment neuf ou récemment rénové, il convient de remédier au préalable à la cause du problème (cf. § 6.2, p. 50).

## 4.2 NETTOYAGE DES COUVERTURES EN TUILES

Les poussières, algues, mousses et lichens qui se sont incrustés ou accumulés dans les emboîtements et les recouvrements des tuiles peuvent être éliminés de différentes manières, contrairement aux dépôts de pollen ou de sable qui ne nécessitent aucun traitement.

## 4.2.1 NETTOYAGE AUX FONGICIDES

Le versant de toiture à nettoyer est préalablement traité au moyen d'un produit fongicide curatif ou d'une solution à l'eau de Javel (50 % d'eau et 50 % d'eau de Javel, HClO ou hypochlorite). L'application peut être réalisée au moyen d'un pulvérisateur horticole. Ce traitement a pour effet d'assécher les organismes végétaux et leurs organes adhésifs, qui seront ensuite éliminés par les pluies.

Il importe de se conformer aux fiches de sécurité des produits utilisés.

D'une manière générale, la technique de nettoyage évoquée ci-dessus n'altère pas la qualité des tuiles.

## 4.2.2 PRÉCAUTIONS À PRENDRE LORS DU NETTOYAGE

Les fongicides curatifs et préventifs doivent être appliqués conformément aux instructions du fabricant des produits.

Si l'eau de pluie s'écoulant sur la toiture est collectée dans une citerne ou un étang, par exemple, il est conseillé de dévier temporairement les descentes d'eau afin d'éviter que des dépôts, des restes d'algues mortes, des souillures décollées et des produits chimiques ne se retrouvent dans ces installations.

Le rinçage complet des gouttières après nettoyage de la toiture est également vivement recommandé. De même, il importe de protéger la végétation avoisinante du contact direct avec les eaux de nettoyage additionnées de produits fongicides agressifs. Il peut parfois être indiqué de réaliser les travaux d'entretien courants des citernes d'eau de pluie après le démoussage de la toiture.

Tableau 11 Principales mesures d'entretien sur les toitures en tuiles [W1].

COMPOSANTS	MESURES D'ENTRETIEN	REMARQUES
<p><b>Noues, gouttières et chéneaux</b></p>	<p><i>Prestations annuelles</i> Enlèvement des feuilles mortes, boues et détritiques pouvant s'accumuler; enlèvement de tout objet et débris susceptibles de provoquer des blessures, d'augmenter les surcharges et d'obstruer les évacuations d'eau (y compris les tuyaux de descente d'eau pluviale). Enlèvement des mousses et de toute végétation avant qu'elles ne s'enracinent. Vérification des soudures, des joints (*), couvre-joints et fixations.</p>	<p>Ces prestations ont lieu, de préférence, après la chute des feuilles (et, au besoin, à la fin du printemps).</p>
<p><b>Couverture en tuiles</b></p>	<p><i>Prestations annuelles</i> Vérification du positionnement des tuiles et en particulier des tuiles de rive (rives latérales, rives supérieures et rives d'égout). Maintenance en bon état des solins, faitages, arêtiers, rives et tout autre ouvrage de raccord; réfection des désordres apparaissant à la surface des parties de l'ouvrage non protégées par la couverture. Enlèvement des mousses, des lichens et plus généralement de la végétation et des débris divers pouvant nuire à la bonne tenue de la couverture. La végétation et la poussière autour des tuiles peuvent en effet favoriser les remontées capillaires et provoquer ainsi des infiltrations. Dans ce cas, il y a lieu de démonter les tuiles concernées et de les nettoyer. De manière générale, pour l'enlèvement des mousses, on peut avoir recours à des produits antimousse ou utiliser de l'eau de Javel diluée. Il importe de rincer abondamment toutes les parties métalliques après traitement, compte tenu de l'agressivité de l'eau de Javel et des produits vis-à-vis des métaux et notamment du zinc. <i>Prestations ponctuelles</i> (selon les besoins) Remplacement et remise en place des éléments manquants, cassés ou déplacés. Contrôle de l'état des pièces de bois accessibles (attaques d'insectes, pourriture, présence de fissures importantes, etc.) et, au besoin, renouvellement du traitement au moyen de produits fongicides, voire remplacement des pièces dégradées. Selon les possibilités d'accès : contrôle de la structure portante et des éléments de fixation accessibles de la charpente (rouille, ...); vérification de l'état de la maçonnerie dans les zones d'encastrement.</p>	<p>L'accès et le travail sur le toit doivent pouvoir s'opérer selon les règles de sécurité énoncées au § 2.4 (p. 27) ainsi qu'au chapitre 7 (p. 57).</p> <p>Si des équipements techniques nécessitant une visite périodique (installation de conditionnement d'air, p. ex.) sont situés sur la couverture, il convient de prendre des dispositions, lors des travaux d'entretien, pour ne pas détériorer la couverture.</p> <p>Des infiltrations d'eau pendant une période prolongée peuvent donner lieu à d'importants désordres de la charpente (par exemple, développement de champignons). Le cas échéant, une vérification de la charpente devra toujours être effectuée et, au besoin, les pièces de bois dégradées seront remplacées ou (re)traitées par des procédés homologués. Dans tous les cas, il convient de remédier aux causes des infiltrations d'eau.</p> <p>Enlèvement de la neige poudreuse dans les combles lorsqu'aucune disposition n'a été prévue pour empêcher sa pénétration (par exemple, en l'absence de sous-toiture).</p>
<p><b>Lanterneaux, fenêtres de toiture, tabatières</b></p>	<p><i>Prestations annuelles</i> Nettoyage des parties translucides ou transparentes et de leur support apparent à l'extérieur. Enlèvement des feuilles mortes, boues et détritiques pouvant s'accumuler; enlèvement de tout objet et débris susceptibles de provoquer des détériorations, d'augmenter les surcharges et d'obstruer les évacuations d'eau. Réparation ou remplacement des éléments dégradés. Vérification des joints d'étanchéité (*). Contrôle des fixations. Graissage de la quincaillerie et des parties mobiles. Enlèvement des mousses et de toute végétation avant qu'elles ne s'enracinent.</p>	<p>Le vitrage n'étant pas calculé pour supporter le poids d'un homme, il faut utiliser des moyens appropriés pour reporter les charges directement sur la charpente.</p>
<p><b>Cheminées, pignons, maçonnerie</b></p>	<p><i>Prestations annuelles</i> Vérification et réfection éventuelle des joints de maçonnerie (*). Vérification de la fixation, de la stabilité et du couronnement de la cheminée. Vérification des solins et joints de solin (étanchéité), et réfection éventuelle.</p>	<p>Le vitrage n'étant pas calculé pour supporter le poids d'un homme, il faut utiliser des moyens appropriés pour reporter les charges directement sur la charpente.</p>

(\*) Les joints doivent être annuellement contrôlés et, au besoin, réparés :  
 – joints à base de mortier : évidemment sur une profondeur de 20 mm minimum, dépoussiérage, pose du nouveau joint  
 – joints à base de mastic : découpage du joint décollé, nettoyage des surfaces d'adhérence et réajustement du fond de joint, application d'un primaire éventuel et pose du nouveau joint.



# 5 PATHOLOGIES DES TOITURES EN TUILES

Les pathologies rencontrées sur les toitures en tuiles peuvent se manifester de diverses façons :

- soulèvement des tuiles
- nuances de teinte excessives
- formation d'éclats dans les tuiles
- gélivité des tuiles
- fissuration des tuiles
- envol des tuiles
- condensation interne
- infiltrations d'eau
- pourriture des pièces de bois
- déformation de la maçonnerie en pied de versant
- déformation excessive de la charpente
- corrosion des éléments métalliques.

Seuls les désordres les plus fréquents et/ou importants sont abordés dans ce chapitre : pathologies liées au matériau de couverture, envol des tuiles, infiltrations d'eau et d'air, anomalies propres aux charpentes.

## 5.1 DÉSORDRES LIÉS À LA FABRICATION OU À LA MANUTENTION DES TUILES

On distingue les défauts de fabrication visibles avant la pose et ceux apparaissant après la pose. Les problèmes survenant avant la pose ou peu après celle-ci sont traités dans les addenda 1 et 2 consacrés respectivement aux tuiles de terre cuite (NIT 240-1) et aux tuiles en béton (NIT 240-2).

Pendant leur période d'utilisation, les tuiles sont susceptibles d'encourir des dégâts tels que fissures, fêlures, cassures, éclats, etc. Les cassures ou éclats peuvent être liés à la fabrication des tuiles, à leur transport ou à leur manipulation sur chantier. Ces désordres peuvent également résulter d'une mise en œuvre incorrecte comme, par exemple, une pose trop serrée consécutive à un lattage ou à des moyens de fixation inadéquats (diamètre des clous ou des vis trop élevé, matériau non résistant à la corrosion, etc.), ou de facteurs imprévisibles (chute d'objet durs, par exemple).

## 5.2 ARRACHEMENT DES TUILES PAR LE VENT

L'arrachement et/ou le déplacement des tuiles peuvent parfois se produire lorsque le nombre de fixations est insuffisant (cf. § 2.3.2, p. 23) et que la dépression induite par le vent est importante. Le risque d'arrachage est plus important sur les zones de rive, au pied des versants, au faîte du toit et au pourtour des obstacles. Ces zones subissent en effet le maximum d'effort de succion du vent et peuvent nécessiter une fixation particulière des tuiles.

A ce sujet, nous renvoyons le lecteur à l'Eurocode 1 (norme NBN EN 1991-1-4) et son annexe belge [B33, B34], qui remplacent l'ancienne norme NBN B 03-002-1.



Fig. 51 Couverture arrachée par le vent.

## 5.3 PROBLÈMES D'HUMIDITÉ

On distingue deux types de problèmes d'humidité en toiture : les infiltrations d'eau et les phénomènes de condensation interne.

Les infiltrations d'eau à travers la toiture peuvent être imputables à divers facteurs :

- mauvais état de la couverture :
  - couverture vétuste ou mal entretenue, y compris au droit des ouvrages de raccord ou d'évacuation des eaux

- membrane d'étanchéité (toiture à faible pente) ou sous-toiture discontinue ou dégradée
- détails de conception ou d'exécution incorrects ou pose inadéquate des tuiles :
  - non-conformité du versant à la pente prescrite par le fabricant de tuiles, variations de pente au niveau des raccords et des détails de toiture (p. ex. coyau)
  - ouvrages de raccord non soignés (pied de versant, solins, etc.), recouvrements insuffisants entre lés ou panneaux de sous-toiture (cf. § 2.2.1, p. 11).

Les phénomènes de condensation interne au complexe toiture peuvent se produire lorsqu'on associe de manière inappropriée une sous-toiture, un isolant et un écran pare-vapeur donnés, sans tenir compte notamment de la nature du climat intérieur.

La plupart des problèmes de condensation dans les toitures inclinées résultent de fuites convectives (défauts d'étanchéité à l'air du complexe toiture, cf. § 5.4). Un examen minutieux de la toiture est essentiel à cet égard, en particulier lorsqu'il s'agit d'une rénovation, car le grenier se voit souvent conférer une affectation différente, passant du statut d'espace de rangement à celui d'espace de vie ou de sommeil.

Outre les problèmes et désagréments provoqués directement par les infiltrations d'eau et les phénomènes de condensation interne, ceux-ci peuvent également être à l'origine de désordres au niveau de la charpente en bois (attaques fongiques) et de certaines pièces métalliques (corrosion, par exemple).

## 5.4 DÉPERDITIONS CALORIFIQUES ET DÉFAUT D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Les déperditions calorifiques sont généralement dues à :

- l'absence d'isolation, une isolation insuffisante ou une pose défectueuse de l'isolation
- l'absence d'écran à l'air et à la vapeur entre l'isolation et les locaux habités, ou une pose incorrecte de celui-ci (raccord défectueux des joints, par exemple).

Ces déperditions s'accompagnent parfois de condensations, engendrant des dommages à la construction (pourriture, rouille, etc.) ainsi qu'un inconfort dans les locaux sous-jacents.

La pose correcte de l'isolation et d'un écran approprié à l'air et à la vapeur permet de réduire les échanges convectifs et les déperditions calorifiques au minimum. Il convient d'y accorder toute l'attention nécessaire, sachant que 25 % des fuites d'air et des déperditions calorifiques des maisons unifamiliales existantes sont généralement imputables à la toiture.

## 5.5 PATHOLOGIES DES CHARPENTES

Les charpentes peuvent présenter des déformations excessives et/ou être le siège d'une attaque de champignons ou d'insectes. Les lattes et les contre-lattes peuvent également être rongées par la pourriture, notamment si la pente du versant est relativement faible et que les dispositions particulières relatives à leur préservation n'ont pas été prises (cf. § 3.1, p. 35).

Lorsque les poussées latérales ne sont pas correctement reprises (par une poutre de ceinture en pied de versant, par exemple), les murs de façade peuvent subir des dégâts importants. Nous renvoyons le lecteur au § 6.1 (p. 47) pour plus d'informations à ce sujet.

## 5.6 PATHOLOGIES DES ACCESSOIRES MÉTALLIQUES

Les accessoires métalliques en toiture, tels que gouttières, descentes d'eaux pluviales, solins, éléments de fixation, etc., peuvent présenter plusieurs types de désordres, à savoir :

- corrosion
- dilatation contrariée pouvant donner lieu à des déformations inacceptables, voire à des dégâts.

La corrosion des accessoires métalliques peut résulter de divers facteurs :

- incompatibilité du métal avec le support ou couple galvanique dû à l'utilisation de différents types de métaux (par contact direct ou non)
- émanation corrosive en provenance des égouts, de la fosse septique ou de la cheminée. La corrosion par émanation de gaz de décharge peut être évitée en disposant un coupe-air (siphon) entre le système d'évacuation des eaux de pluie et le système d'évacuation des eaux usées
- membrane bitumineuse ou partie de membrane située en amont d'accessoires métalliques et non protégée contre les UV.



**Fig. 52** Attaque de champignon en pied de versant ▲  
Mur endommagé par des poussées latérales ►



Par ailleurs, certaines conditions en amont des ouvrages d'évacuation peuvent également provoquer une dégradation prématurée de métaux, notamment :

- présence de  $\text{SO}_2$  en provenance de la combustion de combustibles non conformes contenant du soufre (S)
- présence de feuilles et de boues conduisant à

la formation d'acides humiques (qui, selon la littérature, génèrent trois fois plus de risques de corrosion)

- évacuation d'eaux non pluviales sur la toiture ou dans la gouttière (p. ex. eau en provenance d'une chaudière à condensation installée dans une chaufferie sous toiture).





# 6 RÉNOVATION DES TOITURES

La rénovation d'une toiture comprend généralement les étapes suivantes :

- examen des désordres éventuellement rencontrés et élimination de leurs causes
- réparation des parties endommagées ou remplacement de celles-ci
- reconstruction des nouvelles parties de la toiture dans le respect des règles de l'art.

On distingue couramment deux types de rénovation en fonction du résultat final souhaité :

- restauration à l'identique visant à conserver au mieux l'authenticité du toit
- rénovation complète du toit visant à lui conférer un aspect totalement neuf.

Les travaux envisagés peuvent se limiter à des réparations locales ou couvrir le renouvellement complet de la couverture, l'isolation thermique des versants, voire le remplacement et/ou la modification de la charpente.

Pour les toitures relativement endommagées, la rénovation complète et l'isolation thermique du complexe toiture s'avèrent souvent un choix plus judicieux.

La pose d'un bardage peut aussi constituer une solution intéressante pour corriger des problèmes d'infiltration au droit de murs massifs ou pour isoler thermiquement la paroi.

Quels que soient les travaux de rénovation souhaités, l'établissement préalable d'un état des lieux contradictoire offrira les meilleures chances d'éviter tout litige ultérieur.



**Fig. 53** Rénovation d'une couverture en tuiles.

De manière générale, la rénovation d'une toiture s'accompagne d'une phase de démontage, qui précède celle de la 'reconstruction'. Les § 6.3 et 6.4 distinguent les différentes opérations comprises dans ces phases d'exécution successives.

## 6.1 CONTRÔLE DE LA TOITURE

### 6.1.1 CONTRÔLE DE LA CHARPENTE ET DE LA STRUCTURE PORTANTE SOUS-JACENTE

Un contrôle complet de la charpente s'effectue en plusieurs étapes. La liste présentée à titre purement informatif dans l'encadré de la page 48 pourra se révéler utile dans ce contexte.

*(suite du texte en page 50)*

## LISTE DE CONTRÔLE POUR LE DIAGNOSTIC DE LA CHARPENTE

### 1. Durabilité du bois

- La charpente est-elle attaquée par des champignons (pourrissement) ou des insectes ?
  - *Remarque* : les champignons se développent principalement dans les parties du bois dont le taux d'humidité est relativement élevé (plus de 21 %), par exemple aux extrémités des pannes en contact avec des murs mouillés, ou dans des zones humidifiées de façon prolongée par suite d'une infiltration ou d'une condensation. Les insectes ne sont, quant à eux, pas demandeurs d'humidité pour se développer.
  - Comment les reconnaître ? → Encadré en page 49
- Le bois est-il suffisamment durable ?
  - Quelle est l'espèce de bois ?  
Quelle est sa classe de durabilité naturelle ?  
Y a-t-il de l'aubier dans les éléments de charpente ?
  - Si le bois n'est pas assez durable naturellement, a-t-il subi un traitement de préservation adéquat ?
  - Critères → § 2.1.4 (p. 9)

### 2. Déformations inadmissibles des éléments en bois

- Des déformations excessives sont-elles observées ?
  - Types :
    - déformations résultant de tensions internes trop élevées : déversement, flambage
    - déformations résultant de variations du taux d'humidité : retrait, gonflement, gauchissement.
  - Critères → § 2.1.3 (p. 9)
  - *Remarque* : en rénovation, il est parfois judicieux d'accepter certaines déformations; c'est au donneur d'ordre qu'il appartient de juger de leur acceptabilité dans le contexte du projet.
- La charpente est-elle correctement dimensionnée compte tenu de l'utilisation future des combles et du poids de la nouvelle couverture éventuellement envisagée (rénovation complète) ?  
La portée des poutres et leur écartement sont-ils acceptables ?  
Critères → § 2.1.2 (p. 9) + article paru dans CSTC-Magazine [L1].

### 3. Assemblages des éléments en bois

- L'état des assemblages est-il satisfaisant ?
  - Sont-ils fixés correctement et aux endroits prévus ?  
Une fixation supplémentaire est-elle nécessaire ?
  - Présentent-ils une corrosion ?  
Détérioration inacceptable des éléments de fixation ?  
Un remplacement est-il nécessaire ?
- Les assemblages sont-ils aptes à reprendre les charges, compte tenu de l'utilisation future des combles (éventuelles charges supplémentaires à reprendre) ?  
Critères → § 2.1.2 (p. 9).
- Le système de contreventement est-il présent (p. ex. feuillards métalliques ou planches fixées en diagonale par rapport aux chevrons ou arbalétriers) ?
- Y a-t-il des entretoises ? Leur écartement est-il correct (moins de 2 m) ?

### 4. Ancrage de la charpente à la structure portante sous-jacente

- La sablière est-elle fixée au mur porteur ?
- Les conditions d'appui des pannes dans la maçonnerie sont-elles suffisantes (asselets, p. ex.) ?
- Les pannes se prolongent-elles dans les bâtiments voisins ?

### 5. Structure portante sous-jacente

- Le couronnement de la maçonnerie est-il en bon état ? (homogène et cohésif, à la bonne hauteur, stable, etc.)
- Les murs sous-jacents comportent-ils des fissures ou des déformations anormales (p. ex. sous le pied de toiture, poussées latérales de la charpente, force concentrée au droit d'une panne) ?
- La structure portante sous-jacente (fondations comprises) est-elle adaptée à l'utilisation future des combles ? Des renforcements sont-ils souhaitables ou nécessaires ?  
Critères → article paru dans CSTC-Magazine [L2].  
En cas de doute, il convient de solliciter l'avis d'un ingénieur en stabilité.

### Symptômes d'une attaque biologique (champignons ou insectes) :

- déformation des éléments ou de la structure, non liée à des problèmes de dimensionnement ou d'exécution (ondulation de la ligne du faîte ou des versants)
- zones fragiles et tendres dans le bois
- bruit sourd lorsqu'on percute le bois au moyen d'un objet dur.

### Symptômes d'une attaque par des champignons

- présence de poudre brune ou ocre (spores)
- présence de filaments mycéliens et/ou d'une fructification (corps du champignon qui produit de nouvelles spores)
- changement de teinte et taches sur des éléments de construction en bois ou non
- décollement des peintures
- structure du bois tendre, poudreuse ou fibreuse
- fissures divisant la surface du bois en plages rectangulaires
- odeur de champignon.

### Symptômes d'une attaque par des insectes

- trous d'envol
- vermoulure
- déformation locale des éléments révélant la présence de galeries sous la surface du bois
- galeries
- bruits (perceptibles en ambiance calme).

### Comment procéder en cas d'attaque biologique de la charpente ?

Si la charpente est contaminée par des champignons ou des insectes, il faut d'abord en identifier l'espèce et déterminer le traitement approprié (cf. § 6.2, p. 50). La nature du traitement et son prix peuvent différer considérablement selon l'espèce. L'analyse d'un échantillon par un laboratoire spécialisé (voir ci-dessous 'Adresses utiles') est par conséquent souvent conseillée. La NIT 180 [C4] peut néanmoins fournir de précieux renseignements à ce sujet.

Si l'attaque du bois trouve son origine dans un apport d'eau anormal (infiltrations, condensation), il importe d'y remédier avant de procéder au traitement des éléments endommagés.

### Adresses utiles

CSTC – Station expérimentale  
Avenue P. Holoffe 21, 1342 Limelette  
Tél. : 02/655.77.11 – Fax : 02/653.07.29 – Courriel : [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)  
Site web : [www.cstc.be](http://www.cstc.be)

Ministère de la Région wallonne  
Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement  
Centre de recherche de la Nature, des Forêts et du Bois  
Avenue Maréchal Juin 23, 5030 Gembloux  
Tél. : 081/62.64.20 – Fax : 081/61.57.27 – Courriel : [crnfb.dgrne@mrw.wallonie.be](mailto:crnfb.dgrne@mrw.wallonie.be)

Direction de Technologie du bois  
Avenue du Maréchal Juin 23, 5030 Gembloux  
Tél. : 081/62.64.20 – Fax : 081/61.57.27  
Site web : <http://environnement.wallonie.be/crnfb/site/dtb/dtb01.cfm>

Laboratoire intercommunal bruxellois de chimie et de bactériologie (LIBCB)  
Avenue du Maelbeek 3, 1000 Bruxelles  
Tél. : 02/230.80.01 – Fax : 02/280.08.38 – Courriel : [libcb@skynet.be](mailto:libcb@skynet.be)  
Site web : <http://www.libcb.irisnet.be>

Université de Gand  
Faculteit van de Bio-ingenieurswetenschappen  
Laboratorium voor Houttechnologie  
Coupure Links 653, 9000 Gent  
Tél. : 09/264.61.18 – Fax : 09/264.62.33  
Site web : [www.woodlab.be](http://www.woodlab.be)

### 6.1.2 CONTRÔLE DES DISPOSITIFS D'ÉVACUATION D'EAUX PLUVIALES

Il y a lieu de vérifier si les gouttières sont encore en bon état et d'exécuter les travaux de réparation nécessaires. La végétation éventuelle doit être éliminée, surtout si les travaux d'entretien ne sont pas récents.

La section des ouvrages d'évacuation doit être contrôlée, en particulier si la toiture a subi des modifications (augmentation de la surface de récolte des eaux de pluie, par exemple). Au besoin, les sections seront contrôlées au regard des recommandations formulées dans la norme NBN EN 12056-3 [B36].

D'une manière générale, on peut considérer que les règles sont respectées à partir de 1 cm<sup>2</sup> de section de tuyau (vertical) d'évacuation d'eaux pluviales par mètre carré de versant (en projection horizontale).

La durée de vie des dispositifs d'évacuation étant moindre que celle de la couverture, il peut être judicieux de renouveler les gouttières lors de la rénovation de la couverture.

### 6.1.3 CONTRÔLE DE L'ISOLATION

Dans le cadre d'une rénovation, l'isolation, quand elle n'est pas absente, est souvent insuffisante ou en mauvais état (humidité, traces de moisissures). Dans ce dernier cas, il convient de l'éliminer et de laisser sécher la structure portante.

Il importe également de s'assurer de la présence de la sous-toiture et du pare-vapeur, et de contrôler s'ils sont adaptés à la situation rencontrée, en fonction du climat intérieur et de la composition globale du complexe toiture.

## 6.2 RÉPARATIONS

### 6.2.1 TRAITEMENT CURATIF DU BOIS

Lorsque les indices d'une attaque de la charpente sont visibles, la pose de la couverture ne peut être envisagée qu'après un traitement curatif des pièces de bois.

S'il s'avère que la charpente d'origine n'a fait l'objet d'aucun traitement de préservation, il est recommandé d'y remédier lorsque des travaux de rénovation de la toiture sont entrepris.

Selon le type d'attaque, différentes actions s'imposent :

- *champignons* :
  - résoudre le problème d'humidité et laisser sécher les éléments
  - enlever et éliminer la moisissure et les parties de bois contaminées (incinération), puis nettoyer les locaux (la méréule exige, par exemple, des mesures spécifiques, parfois très coûteuses)
  - traiter le bois et les maçonneries [C4] à titre curatif et préventif
- *insectes* :
  - éliminer les insectes; en présence de structures importantes, des traitements spéciaux (à l'aide de gaz, par exemple) peuvent être envisagés
  - dégager les parties en bois et éliminer les zones atteintes; l'ampleur de cette opération est déterminée par la gravité de l'attaque et le type d'insectes
  - traiter le bois à titre curatif et préventif.

Pour de plus amples informations sur les traitements curatifs du bois, nous invitons le lecteur à consulter la NIT 180 [C4].

### 6.2.2 RÉPARATIONS LOCALES DE LA CHARPENTE

Dans certains cas, il est nécessaire de renforcer ou de remplacer des éléments de la charpente, notamment lorsque la dégradation des pièces de bois a engendré des déformations excessives ou des fissures importantes, susceptibles de compromettre la stabilité du bâtiment ou de gêner la bonne exécution de la couverture. Dans ce cadre, il importe de respecter les tolérances de planéité définies au § 2.1.3 (p. 9), notamment en ce qui concerne les tuiles à pureau plat et les tuiles plates.

Si la charge de la nouvelle couverture envisagée est plus élevée que celle qui est en place, il se peut que la charpente soit inapte à reprendre ce surcroît de sollicitation. Le couvreur pourra dès lors être amené à renouveler ou à renforcer les parties de la charpente le nécessitant (fermes, poutres, etc.).

La résistance de la charpente peut être renforcée par la mise en œuvre de pièces supplémentaires en bois ou en acier et/ou le remplacement de certains éléments (chevrons pourris p. ex.) par de nouvelles pièces en bois ou des renforts à base d'époxyde (p. ex. abouts de pannes).

Il y a lieu d'accorder une attention particulière aux détails d'exécution dans les zones où la charpente est en contact avec la maçonnerie. Il faut notamment prévoir :

- une protection adéquate contre l'humidité

- des fixations appropriées de la charpente dans la structure portante.

Si les poussées latérales en pied de versant ne sont pas correctement reprises et ont occasionné des désordres, il convient d'y remédier [L2], par exemple :

- en réalisant une poutre de ceinture
- en renforçant la charpente (p. ex. ajout de pannes dont l'axe principal est perpendiculaire au versant)
- en posant des câbles tendus reportant la charge sur les appuis des pannes d'amont
- en renforçant la panne faîtière et la rigidité du système de fixation des chevrons à cette dernière.

Ces travaux, qui affectent la stabilité de la structure, peuvent, le cas échéant, être supervisés par un architecte compétent en la matière, un ingénieur en stabilité ou un bureau d'étude. La stabilité de certains éléments du bâtiment ne pouvant être garantie pendant les travaux, il importe par ailleurs de veiller à leur soutènement (étançons p. ex.).

## 6.3 DÉMONTAGE DE LA TOITURE

Lors du démontage d'une toiture, notamment de la couverture et de la sous-toiture, il importe de veiller à la protection temporaire du bâtiment contre les intempéries, en particulier si ce dernier est utilisé pendant les travaux.

Il convient d'effectuer les travaux sur des sections limitées du toit et de protéger les ouvertures au moyen de bâches. Si la toiture doit impérativement être dégagée dans son ensemble, on peut éventuellement envisager de créer une étanchéité temporaire sur le plancher du grenier (prévoir une évacuation d'eau) ou une toiture provisoire couvrant l'ensemble du bâtiment. On optera pour la solution la plus appropriée à la situation.

L'évacuation et la mise en décharge des déchets sont fonction du type de matériau et des réglementations régionales en vigueur. Il importe de trier les déchets d'une façon sélective. Des informations pratiques à ce sujet sont consignées dans un guide édité par la Confédération Construction Toiture (CCT) [C17]. Quelques liens Internet utiles sont par ailleurs proposés en page 52.

### 6.3.1 COUVERTURE

Le démontage et l'enlèvement des déblais requièrent des mesures de précaution spécifiques, en particulier si l'ancienne couverture contient

de l'amiante. Le mode opératoire du démontage dépendra des matériaux en présence.

Une distinction est faite entre déchets dangereux (couvertures contenant de l'amiante, par exemple) et déchets non dangereux. Notons à cet égard que l'entrepreneur en charge du démontage de la couverture devient propriétaire des déchets produits (sauf prescription contraire du cahier des charges). Les tuiles en bon état peuvent être stockées afin d'être réutilisées ultérieurement (cf. § 6.4.4, p. 54).

#### 6.3.1.1 DÉMONTAGE DES COUVERTURES EXEMPTES D'AMIANTE

Il est conseillé de limiter les émissions de poussières et de respecter les prescriptions en vigueur en matière de démontage, telles que la mise à disposition de moyens de protection individuelle (masques antipoussière) et collective (cf. chapitre 7, p. 57).

Les tuiles en bon état représentent souvent une valeur de réutilisation intéressante. Dans le cas contraire, elles peuvent être déposées dans un centre de recyclage. Cette mesure deviendra probablement obligatoire dans le futur.

Pour de plus amples informations à ce sujet, nous renvoyons le lecteur au Guide édité par la Confédération Construction Toitures (voir encadré en page 52).

#### 6.3.1.2 DÉMONTAGE DES TOITURES EN AMIANTE-CIMENT

Enlever d'anciens matériaux en amiante-ciment lors de la rénovation, de la transformation ou du réaménagement d'un bâtiment nécessite des mesures spécifiques, telles que prévues par l'arrêté royal du 16 mars 2006 [S8]. Il y a lieu d'informer le personnel quant aux mesures à prendre lors de la manipulation des produits à base d'amiante. Dans ce cadre, toutes les personnes concernées doivent obligatoirement suivre une formation adéquate (voir [www.cct-cbd.be](http://www.cct-cbd.be)).

La législation en la matière étant en pleine évolution au moment de la publication du présent document, il est recommandé de s'informer régulièrement sur l'état de la question.

Les règles de sécurité à respecter lors de travaux de démontage de toitures en amiante-ciment sont principalement :

- le port d'un masque antipoussière adapté à la nature des poussières



**Fig. 54** Enlèvement d'ardoises en amiante-ciment selon la réglementation fédérale en vigueur.

- l'utilisation d'un vêtement de travail de protection jetable
- l'humidification des matériaux friables par pulvérisation d'eau
- le démontage des ardoises ou des plaques ondulées sans les briser
- le dépôt des matériaux sur le plateau du monte-charge ou dans le bac de la grue, et leur transport au sol
- le stockage immédiat des matériaux dans un emballage spécifique (*big-bag* p. ex.) à fermer dès la fin du chantier; les petits déchets peuvent être emballés directement au niveau de la toiture dans des sacs que l'on dispose ensuite dans l'emballage général
- avant le transport, humidification ou recouvrement éventuels des matériaux (en Région wallonne, l'utilisation des *big-bags* est obligatoire).

Les déchets de matériaux en amiante-ciment ont été classés comme déchets dangereux par décision de la Commission européenne du 20 avril 2001, ce qui a des implications importantes pour leur mise en décharge.

Ainsi, en Région wallonne <sup>(14)</sup>, l'amiante-ciment ne peut plus être envoyé dans les centres d'enfouissement technique (CET) pour déchets inertes (classe 3), mais doit être conditionné dans des emballages spécifiques (*big-bags* à double paroi portant la mention 'amiante') afin d'être évacué vers un centre de collecte ou vers un CET de classe 2 acceptant ce type de déchets.

Pour de plus amples renseignements (notamment au sujet des décharges autorisant l'amiante-ciment), il est recommandé de prendre contact avec les services compétents mentionnés dans l'encadré ci-après.

## GESTION DES DÉCHETS

### Région wallonne

ORWD – Office régional wallon des Déchets  
Av. Prince de Liège 15, 5100 Jambes  
Tél. 081/33.65.75  
Site Internet : <http://mrw.wallonie.be/dgrne/>

### Région de Bruxelles-Capitale

IBGE – Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement  
Gulledelle 100, 1200 Bruxelles  
Tél. 02/775.75.11  
Site Internet : <http://www.ibgebim.be>

En l'absence de décharges pour les déchets de construction, les matériaux doivent être déposés dans une décharge de Flandre ou de Wallonie.

### Région flamande

OVAM – Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij  
Stationsstraat 110, 2800 Mechelen  
Tél. 015/28.42.84  
Site Internet : <http://www.ovam.be>

### Autres

Guide Marco : <http://www.marco-construction.be>  
Guide CCT : <http://www.cct-cbd.be>

Les procédures applicables aux déchets de démolition des bâtiments (et des toitures en particulier) étant sujettes à modification, on s'assurera de toujours disposer des réglementations les plus récentes.

## 6.3.2 STRUCTURE PORTANTE

Lors du dégagement de la structure portante, il importe de ne pas mettre en péril la stabilité de la construction.

Dans les maisons mitoyennes, les pannes (poutres porteuses horizontales) se prolongent parfois dans le grenier des maisons voisines. Toute découpe à la scie ou tout enlèvement de ces éléments doit impérativement s'effectuer en tenant compte des éventuels encastresments dans les constructions voisines.

Les bois traités au moyen de produits dangereux (traitements de préservation) ne peuvent être recyclés et doivent être envoyés vers un incinérateur agréé. Les bois traités avec des produits non nocifs seront déposés en décharge de classe 2 ou brûlés en incinérateur. Les bois non traités peuvent être recyclés (anciennes poutres en chêne p. ex.). Le couvreur doit assurer le tri des déchets de bois et les faire évacuer vers un centre de collecte qui les redirigera vers les filières appropriées.

<sup>(14)</sup> Dans le futur, cette disposition devrait probablement devenir obligatoire en Région flamande également.

### 6.3.3 AUTRES ÉLÉMENTS

#### 6.3.3.1 LATTES ET CONTRE-LATTES

En principe, les lattes et les contre-lattes sont traitées par voie chimique afin d'accroître leur durabilité.

Le bois imprégné de produits tels que l'arséniate de cuivre chromaté (*copper chromated arsenate - CCA*) ou la créosote est considéré comme déchet dangereux et doit être acheminé vers un incinérateur, via un centre de collecte qui reprend les déchets de bois triés. Il y a lieu de s'informer des règles à suivre auprès des services compétents (cf. encadré ci-avant).

#### 6.3.3.2 SOUS-TOITURE

Certains types anciens de sous-toiture contiennent de l'amiante; c'est notamment le cas de la majorité des plaques à base de ciment commercialisées avant 1998, année où la fabrication de produits à base d'amiante fut interdite en Belgique.

L'enlèvement et l'évacuation des déchets de sous-toiture contenant de l'amiante doivent s'opérer selon la même réglementation que celle évoquée au § 6.3.1.2. En règle générale, les sous-toitures exemptes d'amiante peuvent être recyclées et évacuées en décharge de classe 2.

#### 6.3.3.3 ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES

Les éléments métalliques tels que les dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales doivent être démontés et triés selon leur nature et leur état, puis envoyés en centre de tri en vue de leur recyclage.

#### 6.3.3.4 ISOLATION THERMIQUE

Les déchets de matériaux d'isolation doivent généralement être déposés en décharge de classe 2. En cas de doute, il est conseillé de prendre contact avec le fabricant.

## 6.4 MISE EN ŒUVRE DE LA NOUVELLE TOITURE

Les directives générales présentées au chapitre 2 restent d'application.

La reconstruction de la toiture peut comprendre une ou plusieurs des étapes décrites ci-après.

### 6.4.1 STRUCTURE PORTANTE

Si les réparations locales de la structure portante telles qu'évoquées au § 6.2.2 (p. 50) ne sont pas suffisantes, la pose d'une nouvelle charpente peut s'avérer nécessaire. Dans ce cas, il y a lieu de se conformer aux règles générales formulées au § 2.1 (p. 7).

Dans certaines situations, un renforcement de la structure portante sous-jacente sera indispensable. Si la résistance de la maçonnerie ou de la poutre de ceinture éventuellement présente n'est pas satisfaisante, il y a lieu de procéder à leur renforcement ou de mettre en œuvre une poutre de ceinture adéquate.

L'apparition de sollicitations ponctuelles dues, par exemple, à la pose de fermes ou de pannes peut nécessiter la mise en place d'un asselet (pièce de renforcement en béton légèrement armé) ou de colonnes en béton, voire, exceptionnellement, le renforcement local des fondations.



**Fig. 55** Pose d'une nouvelle charpente lors d'une rénovation de toiture.

### 6.4.2 SYSTÈME D'ÉVACUATION D'EAU

Il sera parfois nécessaire de démolir un ancien chéneau intérieur disposé dans le grenier pour le remplacer par un conduit extérieur ou un chéneau intérieur fermé et isolé.

Les nouvelles gouttières et les nouveaux chéneaux doivent être conformes à la norme NBN EN 12056-3 [B36]. Il convient notamment de prévoir des regards, ainsi que d'autres éléments nécessaires au bon fonctionnement du dispositif d'évacuation d'eau. Si l'on opte pour des gouttières et des conduits d'évacuation en métal, il est conseillé de se limiter à un seul matériau afin de réduire le risque de corrosion galvanique.

### 6.4.3 SOUS-TOITURE

Les règles générales énoncées au § 2.2.1 (p. 11) sont d'application.

La mise en œuvre d'une sous-toiture est vivement conseillée lors du remplacement de la couverture ou d'un aménagement intérieur (pose d'un matériau d'isolation, de finitions intérieures, de fenêtres de toiture et/ou de parois intérieures, avec changement minimal de la charpente ou de la couverture). Rappelons que l'isolation d'une toiture existante peut soumettre la couverture à des gradients de température plus importants, susceptibles de provoquer des fissures dans d'anciennes tuiles insuffisamment résistantes aux cycles de gel/dégel.



**Fig. 56** Pose d'isolation sans sous-toiture : à éviter !

### 6.4.4 COUVERTURE

Les règles générales édictées au § 2.3 (p. 21) sont d'application.



**Fig. 57** Rénovation d'un bâtiment au moyen d'un bardage en tuiles (vues avant et après rénovation), lui offrant un aspect totalement neuf.

La rénovation d'une couverture peut viser le maintien de l'aspect original (tuiles de récupération ou nouvelles tuiles d'aspect ancien) ou la création d'un aspect totalement neuf.

La réutilisation de tuiles usagées doit faire l'objet d'une étude spécifique, en particulier si une isolation thermique est prévue. Le cas échéant, il y a lieu de contrôler le nombre de tuiles disponibles et éventuellement de les compléter par des exemplaires (neufs ou de récupération) d'aspect et de forme similaires. De tels travaux entraînent un surcoût de main-d'œuvre à ne pas négliger, et ne confèrent en outre aucune garantie sur le matériau de couverture.

La qualité des tuiles de récupération doit être suffisante. Il importe dès lors de les contrôler minutieusement et de s'assurer qu'elles n'ont pas été endommagées par le gel. Les tuiles couvertes de mousse doivent être nettoyées et séchées avant de pouvoir être examinées. L'inspection des tuiles en terre cuite comporte un contrôle visuel des dommages visibles et un contrôle auditif des dommages internes.

Pour de plus amples informations au sujet des défauts et caractéristiques d'aspect propres aux tuiles de terre cuite et aux tuiles en béton, on consultera les addenda 1 et 2 de la présente Note d'information technique (NIT 240-1 et 240-2).

Il se peut que des tuiles en terre cuite ne présentant aucun dégât extérieur soient endommagées en leur sein. Pour s'en assurer, il suffit de sonder les tuiles sèches au moyen d'un petit objet dur (en métal, par exemple). L'essai est concluant si les tuiles produisent un son clair et pur.

L'utilisation de nouvelles tuiles d'aspect ancien peut être une alternative intéressante. Pour rappel, il importe de bien mélanger les produits issus de

différentes palettes et de s'assurer de la disponibilité des accessoires nécessaires. Certaines techniques de pose plus anciennes, telles que l'utilisation de mortier bâtard au droit des faîtes ou des arêtières, requièrent une attention particulière. Les solutions choisies doivent être étudiées en concertation avec l'auteur de projet.

La rénovation partielle de la couverture peut faire apparaître des nuances de teinte entre les nouvelles tuiles et les anciennes. Dans ce cas, il est préférable de s'accorder sur les variations de teinte acceptables (p. ex. dans le cahier de charge) avant le début des travaux et la fourniture des tuiles par le fabricant.

#### 6.4.5 ISOLATION THERMIQUE – ECRAN À L'AIR ET À LA VAPEUR

Les règles générales définies au § 2.5 (p. 28) sont d'application.

Des dispositions particulières doivent être prises en vue de respecter le niveau d'isolation thermique minimal imposé par la réglementation en vigueur dans la Région concernée.

Il importe de veiller à l'étanchéité à l'air du complexe toiture après la rénovation.

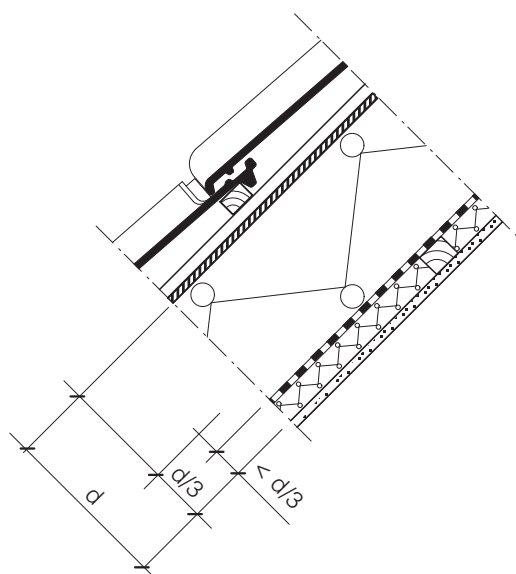
Au cas où l'on souhaite conserver certaines parties de l'ancienne toiture (p. ex. isolation, sous-toiture, couverture), il convient d'en analyser le comportement hygrothermique afin d'éviter tout risque de condensation interne. En principe, la perméabilité à la vapeur des composants doit aller croissant de l'intérieur vers l'extérieur.

S'il existe déjà un pare-vapeur ou une ancienne couche très étanche à la vapeur (p. ex. ancienne couverture en bardeaux bitumés), ceux-ci doivent se situer du côté chaud de l'isolant. Une isolation supplémentaire peut néanmoins être rapportée à la

face inférieure de cette couche étanche à la vapeur, pour autant que son épaisseur n'excède pas un tiers de l'épaisseur totale de l'isolant (voir figure 58). En cas de doute ou en présence de matériaux isolants de nature différente, il est recommandé d'étudier le comportement hygrothermique de la toiture (par la méthode de Glaser, par exemple).

En matière d'isolation, la toiture Sarking offre une solution pratique dans le cadre d'une rénovation (cf. § 2.5.3, p. 30) dans la mesure où elle permet de poser l'isolation au-dessus de la structure porteuse sans devoir démonter la finition intérieure existante. Les panneaux d'isolation pouvant être posés sans discontinuité, les ponts thermiques sont en outre plus faciles à éviter.

La pose d'un bardage en tuiles sur un mur monolithique existant offre, quant à elle, l'avantage de pouvoir le protéger efficacement des pluies. Associé à une isolation thermique, il contribue directement à améliorer le confort d'occupation et à réduire les déperditions calorifiques du bâtiment.



**Fig. 58** Pose de l'écran pare-vapeur dans une zone équivalente à un tiers de l'épaisseur d'isolation.



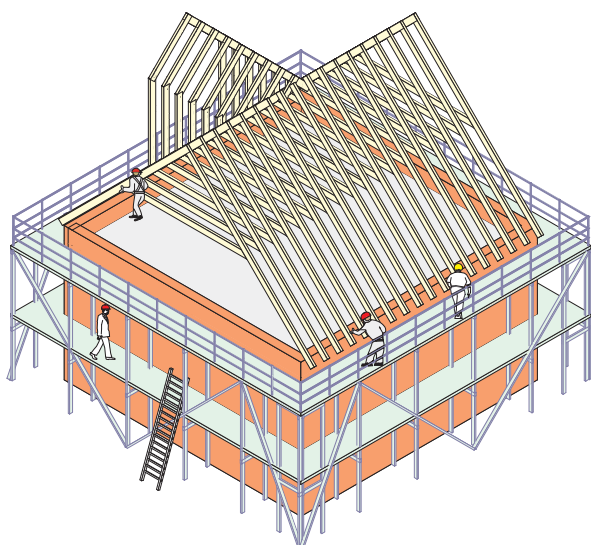


# 7 SÉCURITÉ LORS DE L'EXÉCUTION ET DE L'ENTRETIEN

Le travail en hauteur nécessite des dispositifs de protection contre les chutes. Ceux-ci doivent être étudiés dès la conception du toit, compte tenu du risque encouru tant lors des travaux d'exécution d'une nouvelle toiture que des travaux de démontage ou d'entretien d'une toiture existante.

La circulation sur une toiture en tuiles requiert des mesures de sécurité optimales, conformes aux dispositions du Règlement général pour la protection au travail (RGPT) et du Codex portant sur le bien-être sur le lieu de travail (appelé à remplacer progressivement le RGPT pour tenir compte de la réglementation européenne récente en la matière).

En ce qui concerne les travaux sur les toitures, il convient de se référer à l'arrêté royal du 31 août 2005 relatif à l'utilisation des équipements de travail pour les travaux temporaires en hauteur [S7]. Cet arrêté stipule que l'employeur doit prévoir l'installation de dispositifs de protection contre les chutes, en donnant la priorité aux mesures de protection collective par rapport aux mesures de protection individuelle.



**Fig. 59** Le couvreur doit donner la priorité aux mesures de protection collective.

Si des mesures de protection collective ne peuvent être envisagées ou s'il est nécessaire de protéger le travailleur lors de leur installation, il convient de recourir à des dispositifs de protection individuelle. Pour ce faire, un nombre suffisant de crochets de sécurité ou d'ancrages doivent être prévus sur la toiture. Ceux-ci doivent être conformes à la norme européenne NBN EN 517 [B15] (cf. § 2.4.2, p. 27).

L'ensemble de ces dispositions est régi par la réglementation sur les chantiers mobiles et temporaires (arrêté royal du 25 janvier 2001) [S5], laquelle précise qu'il appartient à l'entrepreneur de prévoir un poste séparé pour les mesures de sécurité. C'est au coordinateur de sécurité 'réalisation' qu'il revient de procéder à une analyse de risques et de spécifier les mesures nécessaires, qu'il renseignera notamment dans le dossier de postintervention.

Les échelles ne peuvent être utilisées comme postes de travail en hauteur que lorsque le recours à d'autres équipements plus sûrs ne se justifie pas (p. ex. faible niveau de risque, travail de courte durée, etc.).

En principe, il convient d'éviter le travail en hauteur et les risques de chute autant que possible et, le cas échéant, de prévoir une protection adéquate. Pour plus de détails concernant la sécurité au travail, il y a lieu de se référer aux directives du CNAC [C14] et notamment à la monographie professionnelle du couvreur [C13].

## 7.1 MESURES DE PROTECTION COLLECTIVE

Les principales mesures de protection collective sont les échafaudages et les garde-corps.

Les *échafaudages* offrent en général la meilleure protection et sont donc à privilégier. Pour chaque échafaudage, il faut être en mesure de présenter une note de calcul. Il est dès lors préférable d'utiliser des échafaudages conformes aux spécifications

des normes NBN EN 12810 [B37, B38] et NBN EN 12811 [B39, B40, B41]. S'il existe un risque de chute, les échafaudages doivent disposer de garde-corps adéquats (hauteur de plus de 1 m au-dessus du bord du toit). Les échafaudages reposant sur le sol sont à utiliser de préférence aux échafaudages fixés sur des consoles ou des potences. Ces derniers ne peuvent servir que de plate-forme de travail, et non de protection antichute.

Les *garde-corps* sont généralement provisoires, mais doivent être suffisamment hauts (entre 1 m et 1,20 m), résistants et fermés, afin d'empêcher la chute de personnes ou de matériel. Ils doivent en outre répondre aux exigences de la norme NBN EN 13374 [B42], qui distingue trois classes de garde-corps. En Belgique, on privilégie généralement les garde-corps de classe C. Si le risque de chute excède 5 m et que la pente du toit est supérieure à 45°, une protection de bord de classe C ne suffit pas; le garde-corps doit dès lors être plus haut.

Les garde-corps suspendus, souvent utilisés pour les travaux de couverture, doivent également satisfaire aux règles de la norme précitée.

La mise en place des garde-corps lors de la rénovation d'une toiture est grandement facilitée lorsque des points d'ancrage ont été prévus au droit des égouts (cf. § 2.4.1, p. 27). Ces dispositifs permettent de créer aisément des garde-corps antichute sur des consoles suspendues.

Si le niveau du pied de versant est élevé, rendant toute chute particulièrement dangereuse, il est conseillé de placer un filet de recueil, afin de garantir la sécurité lors des travaux sur le toit. Ce dispositif doit être conforme à la norme NBN EN 1263 [B27, B28].

Enfin, il est également possible de recourir aux nacelles, dont l'avantage réside dans la vitesse et le confort de travail. Dans ce cas, le port d'un harnais antichute est obligatoire en tout temps.

## 7.2 MESURES DE PROTECTION INDIVIDUELLE

L'arrêté royal du 13 juin 2005 relatif à l'utilisation des équipements de protection individuelle [S6] recommande l'utilisation d'un harnais de protec-



**Fig. 60** Exemples de protection collective. A gauche et en haut à droite, échafaudages établis au sol. En bas, à droite, nacelle.

tion lorsque le travailleur n'est pas suffisamment protégé par des moyens de protection collective. Cette disposition devient obligatoire lorsque le travailleur est exposé à un risque de chute d'une hauteur supérieure à deux mètres (voir l'article 434 du RGPT – Règlement général pour la protection du travail).

Les harnais antichute doivent être reliés à un point d'ancrage ou à un dispositif de retenue solidaire

d'un ou de plusieurs points d'ancrage, généralement par l'intermédiaire d'une longe flexible de longueur limitée. Le point d'ancrage doit être suffisamment résistant et stable. Les détails d'exécution sont spécifiés au § 2.4.2 (p. 27).

Le cas échéant, des mesures de protection individuelle supplémentaires doivent être appliquées : casque, chaussures de protection, gants, etc.

# EFFET DU VENT SUR LES TOITURES À VERSANTS : DÉTERMINATION DE LA FIXATION DES TUILES

## A1 INTRODUCTION

Pour définir le nombre de fixations à prévoir par tuile, il importe de connaître au préalable la localisation du bâtiment (classe de rugosité du terrain, cf. tableau 7, p. 24), ses données géométriques (longueur, largeur, hauteur du faîte, pente du versant) ainsi que l'implantation des tuiles sur la toiture (partie courante, pourtour d'obstacle ou zone de rive).

Ces données de base sont explicitées à la page 25 de la présente NIT et sont complétées par une méthode de détermination simplifiée pour la fixation des tuiles sur des toitures à deux versants.

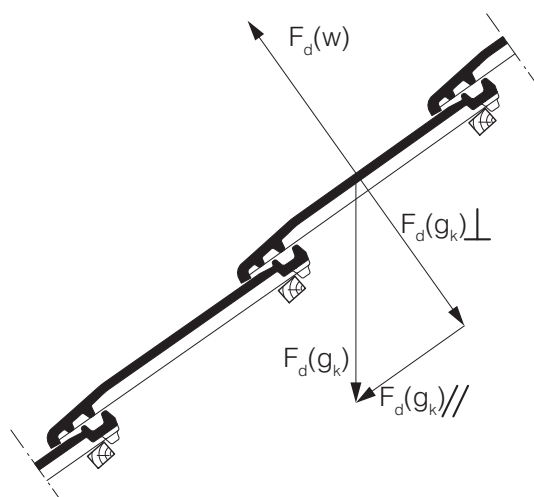


Fig. A1 Action du vent sur une tuile.

## A2 ACTIONS À CONSIDÉRER

Pour déterminer si les tuiles doivent être fixées ou non, il convient de prendre en compte l'action de deux forces (voir figure A1), à savoir :

- l'action du vent de bas en haut ' $F_d(w)$ '
- la composante ' $F_d(g_k)$ ' dirigée vers le bas, due au poids propre des tuiles (9,81 x la masse surfacique des tuiles, en N/m<sup>2</sup>). Celle-ci peut se subdiviser en une composante perpendiculaire au versant  $F_{d(g_k)\perp}$  et une composante parallèle au versant  $F_{d(g_k)\parallel}$ .

### A2.1 ACTION DÉSTABILISATRICE DU VENT

La valeur théorique de l'action du vent peut se calculer comme suit :

$$F_d(w) = \gamma_Q \cdot c_e(z) \cdot q_{ref50ans} \cdot c_{prob}^2 \cdot c_p$$

où

$F_d(w)$  = la valeur de calcul de l'action du vent, en N/m<sup>2</sup>

$w$  = la pression nette du vent, en N/m<sup>2</sup>

$\gamma_Q$  = le coefficient de pression partielle du vent

$c_e(z)$  = le coefficient d'exposition qui prend en compte la rugosité du terrain et la hauteur  $z$  au-dessus du sol (ce coefficient permet également de convertir la pression moyenne du vent en pression de pointe en tenant compte de la turbulence)

$q_{ref50ans}$  = la valeur moyenne de la pression dynamique de référence du vent sur une période de retour de 50 ans, en N/m<sup>2</sup>. La vitesse de référence du vent  $v_{b,0}$  à considérer est de 26 m/sec

$c_{prob}^2$  = le coefficient de période de retour du vent

$c_p$  = le coefficient tenant compte de l'ensemble des coefficients de pression locale. Le vent peut exercer une surpression ou une dépression sur l'élément de construction. Dans le cas présent, seule la dépression est retenue.

Les Eurocodes précisent les valeurs de  $\gamma_Q$  et de  $c_{prob}^2$  des structures principales telles que colonnes ou poutres structurales. En ce qui concerne les structures secondaires, il y a lieu de se référer aux normes *ad hoc* et/ou aux règles de bonne pratique.

La défaillance d'une couverture n'a évidemment pas les mêmes conséquences humaines et économiques que la rupture de la structure d'un bâtiment. Les coefficients peuvent donc être adaptés de manière à atteindre un niveau de sécurité et de fiabilité suffisant mais raisonnable. Aussi proposons-nous les valeurs suivantes :

- $\gamma_Q = 1,1$
- $c_{prob}^2 = 0,92$ , ce qui correspond à une période de retour de 25 ans.

## A2.2 VALEURS NUMÉRIQUES DE $c_p$

Le coefficient  $c_p$  d'une toiture composée d'une paroi externe semi-perméable (couverture en tuiles) et d'une paroi interne imperméable (sous-toiture,

isolant, pare-vapeur) est calculé selon l'Eurocode 1 (norme NBN EN 1991-1-4) [B33], soit :

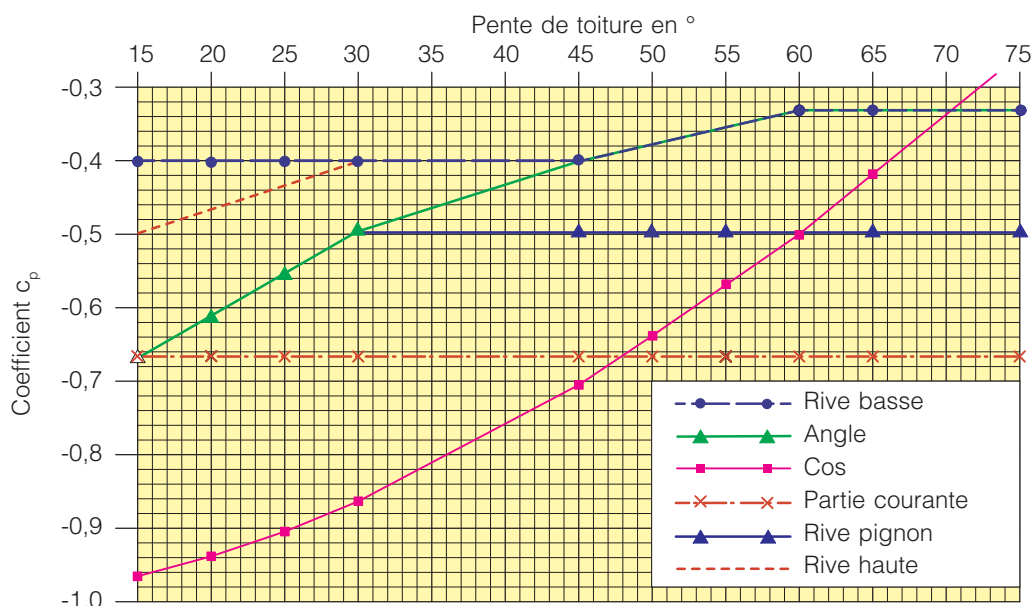
$$c_p = 1/3 \cdot c_{pe}$$

La norme distingue par ailleurs les toitures à versant simple et les toitures à versant double. Les versants simples présentent des valeurs de pression extérieure  $c_{pe}$  nettement moins favorables; il convient d'en tenir compte dans les prescriptions techniques. Les figures 27 et 31 du Rapport CSTC n° 11 [C2] permettent de prévoir quelles sont les surfaces présentant les coefficients  $c_p$  les plus défavorables.

Le tableau A1 et le graphique de la figure A2 ci-dessous proposent les valeurs de  $c_p$  en rive basse, en rive haute, dans les angles et en partie courante en fonction de la pente de la toiture.

**Tableau A1** Valeur de  $c_p$  en fonction de la pente et des zones de la toiture.

PENTE DU TOIT	VALEURS DE $c_p = 1/3 \cdot c_{pe}$									
	2 VERSANTS					1 VERSANT				
	Rive basse	Rive haute	Angle	Partie courante	Rive pignon	Rive basse	Rive haute	Angle	Partie courante	Rive pignon
15°	-0,67	-0,50	-0,67	-0,40	-0,67	-0,67	-0,93	-0,97	-0,40	-0,97
20°	-0,61	-0,47	-0,61	-0,40	-0,67	-0,61	-0,88	-0,97	-0,41	-0,97
25°	-0,56	-0,43	-0,56	-0,40	-0,67	-0,56	-0,82	-0,97	-0,42	-0,97
30°	-0,50	-0,40	-0,50	-0,40	-0,67	-0,50	-0,77	-0,97	-0,43	-0,97
45°	-0,40	-0,40	-0,50	-0,40	-0,67	-0,43	-0,43	-0,80	-0,43	-0,80
50°	-0,38	-0,38	-0,50	-0,38	-0,67	-0,43	-0,43	-0,76	-0,43	-0,76
55°	-0,36	-0,36	-0,50	-0,36	-0,67	-0,43	-0,43	-0,71	-0,43	-0,71
60°	-0,33	-0,33	-0,50	-0,33	-0,67	-0,43	-0,43	-0,67	-0,43	-0,67
65°	-0,33	-0,33	-0,50	-0,33	-0,67	-0,43	-0,43	-0,67	-0,43	-0,67
75°	-0,33	-0,33	-0,50	-0,33	-0,67	-0,43	-0,43	-0,67	-0,43	-0,67



**Fig. A2** Valeurs de  $c_p$  pour une toiture à 2 versants.

Ces valeurs sont applicables aux couvertures semi-perméables dont la surface des éléments est inférieure à 1 m<sup>2</sup>, soit :

$$F_d(w) = 1,01 \cdot c_e(z) \cdot q_{\text{ref}50\text{ans}} \cdot c_p$$

### A2.3 ACTION STABILISATRICE DU POIDS PROPRE

La valeur de calcul du poids propre de la couverture est obtenue à l'aide de la relation suivante :

$$F_d(g_k) = \gamma_{G,\text{inf}} \cdot g_k \cdot \cos(\theta)$$

dans laquelle

$F_d(g_k)$  = la valeur de calcul du poids propre de la couverture, en N/m<sup>2</sup>

$\gamma_{G,\text{inf}}$  = le coefficient partiel relatif au poids propre

$g_k$  = le poids propre, en N/m<sup>2</sup>

$\cos(\theta)$  = le cosinus de l'angle formé par la pente de la toiture et l'horizontale.

En ce qui concerne le coefficient  $\gamma_{G,\text{inf}}$  :

- dans le cas où les tuiles sont simplement posées, nous sommes en présence d'un état limite ultime reposant sur la vérification d'un équilibre. La valeur  $\gamma_{G,\text{inf}}$  doit en tenir compte, en plus de la variabilité introduite notamment par les longueurs de recouvrement. La valeur proposée est  $\gamma_{G,\text{inf}} = 0,95$
- dans le cas où les tuiles sont fixées mécaniquement, nous sommes en présence d'un état limite ultime reposant sur la vérification d'une défaillance (rupture); la valeur  $\gamma_{G,\text{inf}}$  est égale à 1 (vérification des ancrages).

### A3 DÉTERMINATION DE LA GÉOMÉTRIE DES ZONES

Les différentes zones de toiture sont définies à la figure A3. Pour les constructions en forme de L ou de T, on tiendra compte des dimensions extérieures afin d'obtenir des valeurs sûres (voir figure A4).

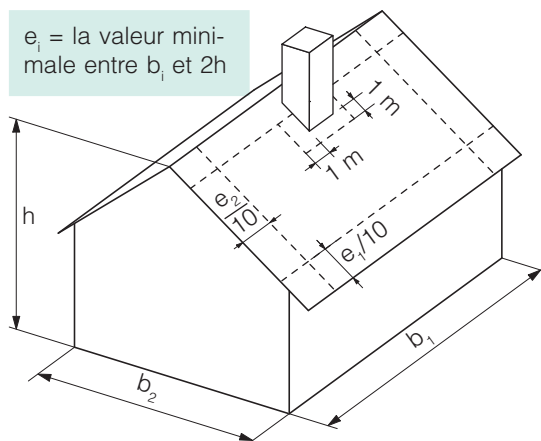


Fig. A3 Géométrie des zones de toiture.

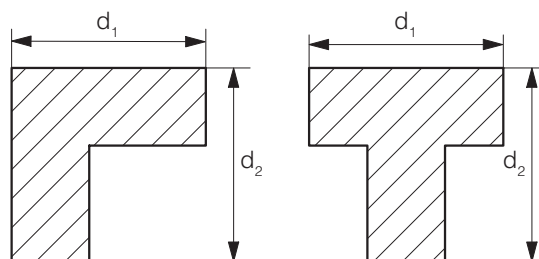


Fig. A4 Détermination des zones de rive dans le cas de constructions en L ou en T.

Les cas particuliers, tels les bâtiments bas voisins de constructions élevées ou les bâtiments construits sur des terrains vallonnés, requièrent une étude spéciale de l'action du vent (cf. NBN EN 1991-1-4) [B33].

### A.4 PRINCIPE DE DÉTERMINATION DU NOMBRE DE FIXATIONS

Si la valeur de calcul du poids propre  $F_d(g_k)$

- est égale ou supérieure à la valeur de calcul de l'action du vent  $F_d(w)$ , aucune fixation mécanique n'est nécessaire
- est inférieure à  $F_d(w)$ , mais supérieure à  $0,8 \times F_d(w)$ , on fixe une tuile sur quatre
- est inférieure à  $0,8 \times F_d(w)$ , mais supérieure à  $0,6 \times F_d(w)$ , on fixe une tuile sur deux.

Dans les autres cas, toutes les tuiles devront être fixées.

#### REMARQUES

- Les tableaux présentés dans les pages qui suivent ne s'appliquent qu'aux toitures à deux versants. Les versants simples présentent des coefficients  $c_{pe}$  nettement plus défavorables, de sorte qu'il est avisé de procéder à un calcul spécifique selon l'Eurocode 1 (NBN EN 1991-1-4) [B33] ou de fixer toutes les tuiles.
- Si la masse surfacique des tuiles est située entre les valeurs limites indiquées dans les tableaux, il y a lieu d'effectuer le calcul avec la valeur la plus faible.
- Il importe de répartir les fixations le plus uniformément possible. Pour ce faire, on décale les fixations de la rangée supérieure de deux tuiles (s'il faut fixer une tuile sur quatre) ou d'une tuile (au cas où il faut en fixer une sur deux). La fixation de toutes les tuiles d'une rangée sur deux ou sur quatre n'est pas sécuritaire.
- Pour des toitures dont la pente est inférieure à 15°, on peut appliquer les règles relatives aux versants de 15°, car l'action stabilisatrice du poids propre est d'autant plus grande que la pente du toit est faible.

## A5 PARAMÈTRES DE DÉTERMINATION DU NOMBRE DE FIXATIONS

Sur la base du calcul des valeurs  $c_p$  de l'Eurocode 1 (norme NBN EN 1991-1-4) [B33] et selon la pente de toiture rencontrée, il est possible de grouper certaines des zones, définies en pages 24 et 25, qui présentent des valeurs similaires, en considérant la zone la plus défavorable du groupe. Dans chacun des cas envisagés ci-dessous, la partie C est la plus sollicitée par le vent.

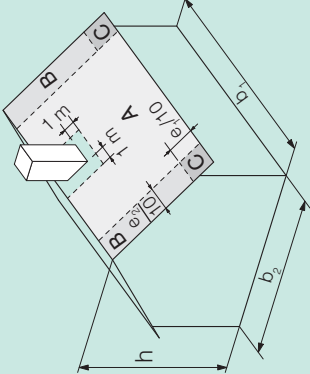
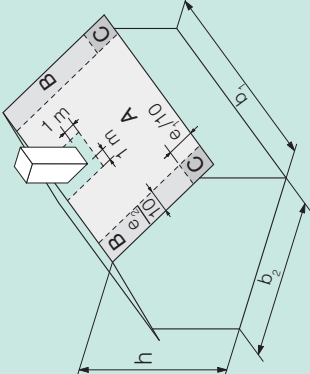
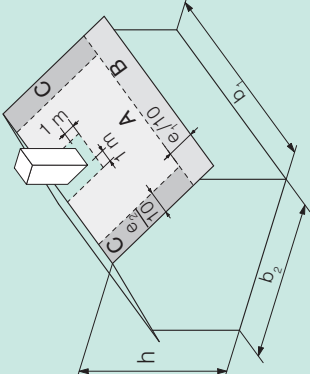
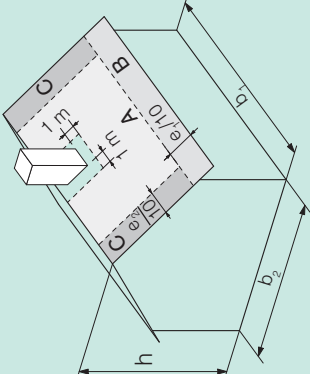
Pentes $15^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$	Pentes $30^\circ < \theta \leq 45^\circ$	Pentes $45^\circ < \theta \leq 60^\circ$	Pentes $60^\circ < \theta \leq 75^\circ$
<p>Le zonage se simplifie en groupant les parties suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la rive haute et la partie courante (A)</li> <li>les zones d'angle et la rive basse (B)</li> <li>la rive pignon (C).</li> </ul> 	<p>Comme pour les pentes plus faibles, il est possible de grouper :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la rive haute et la partie courante (A)</li> <li>les zones d'angle et la rive basse (B)</li> <li>la rive pignon (C).</li> </ul> 	<p>Il est possible de grouper :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la rive haute, la rive basse et la partie courante (A)</li> <li>les zones d'angle et la rive pignon (B)</li> <li>une zone d'angle (C, dont les valeurs sont assez proches de celles de la zone B).</li> </ul> 	<p>Il est également possible de grouper :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la rive haute, la rive basse et la partie courante (A)</li> <li>les zones d'angle et la rive pignon (B)</li> <li>une zone d'angle (C, dont les valeurs sont assez proches de celles de la zone B).</li> </ul> 
<p>Le nombre de fixations à prévoir est précisé au tableau A2 (p. 64).</p> <p><i>Note</i> Les règles ci-dessus sont également applicables aux toitures dont la pente est inférieure à <math>15^\circ</math>.</p>	<p>Le nombre de fixations à prévoir est précisé au tableau A3 (p. 65).</p>	<p>Le nombre de fixations à prévoir est précisé au tableau A4 (p. 66).</p>	<p>Le nombre de fixations à prévoir est précisé au tableau A5 (p. 67).</p> <p><i>Notes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il y a une différence notable entre une pente de <math>61^\circ</math> et une pente de <math>75^\circ</math> selon que le bâtiment est situé en ville ou en zone rurale.</li> <li>Au-delà de <math>75^\circ</math> et pour les bardeaux verticaux, il est conseillé de prévoir 2 fixations par tuile.</li> </ul>
<p>Pour rappel :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les tuiles faitières et les tuiles de rive sont fixées dans tous les cas</li> <li>au pourfour des obstacles, on prévoit une zone de 1 mètre sur laquelle on fixe également toutes les tuiles.</li> </ul>			

Tableau A2 Fixation des tuiles sur des toitures à deux versants  $15^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$ .

HAUTEUR DU FAÎTE	MASSE SURFACIQUE DE LA COUVERTURE																											
	32,5 kg/m <sup>2</sup>				37,5 kg/m <sup>2</sup>				42,5 kg/m <sup>2</sup>				47,5 kg/m <sup>2</sup>				52,5 kg/m <sup>2</sup>				57,5 kg/m <sup>2</sup>							
	CATÉGORIE DE RUGOSITÉ DE TERRAIN (cf. p. 24)																											
ZONES DU TOIT	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I
≤ 7,5 m	A	0	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	B	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	C	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
≤ 10 m	A	0	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	B	0	1/2	1	1	0	1/4	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	C	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	1/4	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
≤ 12,5 m	A	0	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	B	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	C	1/4	1	1	1	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
≤ 15 m	A	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/2	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	B	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	C	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
≤ 17,5 m	A	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	B	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	C	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
≤ 20 m	A	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	B	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	C	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
≤ 25 m	A	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	B	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	C	1	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
≤ 30 m	A	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	B	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	C	1	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
≤ 35 m	A	1/2	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	B	1	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4
	C	1	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	0	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4

Tableau A3 Fixation des tuiles sur des toitures à deux versants  $30^\circ < \theta \leq 45^\circ$ .

HAUTEUR DU FAÎTE	MASSE SURFACIQUE DE LA COUVERTURE																							
	32,5 kg/m <sup>2</sup>				37,5 kg/m <sup>2</sup>				42,5 kg/m <sup>2</sup>				47,5 kg/m <sup>2</sup>				52,5 kg/m <sup>2</sup>				57,5 kg/m <sup>2</sup>			
	CATÉGORIE DE RUGOSITÉ DE TERRAIN (cf. p. 24)																							
ZONES DU TOIT	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I
≤ 7,5 m	A	0	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1
	B	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
	C	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
≤ 10 m	A	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2
	B	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
	C	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
≤ 12,5 m	A	0	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1
	B	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
	C	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2
≤ 15 m	A	0	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2
	B	1/4	1	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
	C	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2
≤ 17,5 m	A	1/4	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2
	B	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
	C	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1
≤ 20 m	A	1/4	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2
	B	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
	C	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1
≤ 25 m	A	1/4	1/2	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2
	B	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
	C	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1
≤ 30 m	A	1/2	1	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2
	B	1	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1
≤ 35 m	A	1/2	1	1	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2
	B	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1

Tableau A4 Fixation des tuiles sur des toitures à deux versants  $45^\circ < \theta \leq 60^\circ$ .

HAUTEUR DU FAÎTE	MASSE SURFACIQUE DE LA COUVERTURE																						
	32,5 kg/m <sup>2</sup>			37,5 kg/m <sup>2</sup>			42,5 kg/m <sup>2</sup>			47,5 kg/m <sup>2</sup>			52,5 kg/m <sup>2</sup>			57,5 kg/m <sup>2</sup>							
ZONES DU TOIT	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I			
≤ 7,5 m	A	0	1/4	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	0	0	0	1/2		
	B	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1		
	C	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	0	1/2	1	0	1/4	1/2	1		
≤ 10 m	A	0	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	0	1/4	1/2	0	0	0	1/4	1/2	
	B	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	1	
	C	1/2	1	1	1	1/4	1	1	1	1/4	1/2	1	1	0	0	1/2	1	0	1/4	1/2	1	1	
≤ 12,5 m	A	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2	1	0	0	1/4	1/2	0	0	0	1/4	1/2	
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1	1	1	1	
	C	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1	1	1	1/4	1/2	1	1	0	0	1/2	1	1	
≤ 15 m	A	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/4	1/2	1	0	0	1/4	1/2	0	0	0	1/4	1/2	
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1	
	C	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	0	1/2	1
≤ 17,5 m	A	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	0	1/4	1/2	1	0	0	1/4	1/2	
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	0	1/2	1
≤ 20 m	A	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	0	1/4	1/2	1	0	0	1/4	1/2	
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
≤ 25 m	A	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	0	1/4	1/2	1	0	0	1/4	1/2	
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
≤ 30 m	A	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	0	1/2	1	1	0	0	1/4	1/2	1	0	0	1/4	1/2	
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2
≤ 35 m	A	1	1	1	1	1/2	1	1	1	0	1/2	1	1	0	0	1/4	1/2	1	0	0	1/4	1/2	
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1/4	1/2	1	0	1/4	1/2

Tableau A5 Fixation des tuiles sur des toitures à deux versants  $60^\circ < \theta \leq 75^\circ$ .

HAUTEUR DU FAÎTE	MASSE SURFACIQUE DE LA COUVERTURE																							
	32,5 kg/m <sup>2</sup>				37,5 kg/m <sup>2</sup>				42,5 kg/m <sup>2</sup>				47,5 kg/m <sup>2</sup>				52,5 kg/m <sup>2</sup>				57,5 kg/m <sup>2</sup>			
	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I	IV	III	II	I
≤ 7,5 m	A	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≤ 10 m	A	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≤ 12,5 m	A	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1/4	1/2	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≤ 15 m	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≤ 17,5 m	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≤ 20 m	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≤ 25 m	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≤ 30 m	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≤ 35 m	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

# BIBLIOGRAPHIE

## B

### *Bureau de normalisation (NBN, Bruxelles)*

- B1** NBN 713-020:1968 Protection contre l'incendie. Comportement au feu des matériaux et éléments de construction. Résistance au feu des éléments de construction (avec erratum).
- B2** NBN 713-020/A1:1982 Protection contre l'incendie. Comportement au feu des matériaux et éléments de construction. Résistance au feu des éléments de construction.
- B3** NBN 713-020/A2:1985 Protection contre l'incendie. Comportement au feu des matériaux et éléments de construction. Résistance au feu des éléments de construction.
- B4** NBN 713-020/A3:1994 Protection contre l'incendie. Comportement au feu des matériaux et éléments de construction. Résistance au feu des éléments de construction.
- B5** NBN B 03-002-1:1988 Actions du vent sur les constructions. Généralités. Pression du vent sur une paroi et effets d'ensemble du vent sur une construction.
- B6** NBN B 03-003:2003 Déformation des structures. Valeurs limites de déformation. Bâtiments.
- B7** NBN B 27-106:1973 Carreaux pressés émaillés et non émaillés en grès cérame et en grès clinker pour revêtement de parois.
- B8** NBN EN 335-1:2006 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Définition des classes d'emploi. Partie 1 : généralités.
- B9** NBN EN 335-2:2006 Durabilité du bois et des produits dérivés du bois. Définition des classes d'emploi. Partie 2 : application au bois massif.
- B10** NBN EN 335-3:1996 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 3 : application aux panneaux à base de bois.
- B11** NBN EN 350-1:1994 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Durabilité naturelle du bois massif. Partie 1 : guide des principes d'essai et de classification de la durabilité naturelle du bois.
- B12** NBN EN 350-2:1994 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Durabilité naturelle du bois massif. Partie 2 : guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe.
- B13** NBN EN 490:2005 Tuiles et accessoires en béton pour couverture et bardage. Spécifications des produits.
- B14** NBN EN 491:2005 Tuiles et accessoires en béton pour couverture et bardage. Méthodes d'essais (+ AC:2005).
- B15** NBN EN 517:2006 Accessoires préfabriqués pour couverture. Crochets de sécurité.
- B16** NBN EN 538:1994 Tuiles de terre cuite pour pose en discontinu. Détermination de la résistance à la rupture par flexion.
- B17** NBN EN 539-1:2005 Tuiles en terre cuite pour pose en discontinu. Détermination des caractéristiques physiques. Partie 1 : essai d'imperméabilité.
- B18** NBN EN 539-2:2006 Tuiles de terre cuite pour pose en discontinu. Détermination des caractéristiques physiques. Partie 2 : essais de résistance au gel (+ AC:2008).
- B19** NBN EN 351-1:2008 Durabilité du bois et des produits à base de bois. Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 1 : classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation.
- B20** NBN EN 351-2:2008 Durabilité du bois et des produits à base de bois. Bois massif traité avec produit de préservation. Partie 2 : guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation.
- B21** NBN EN 599-1:2009 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Efficacité des produits préventifs de préservation du bois établie par des essais biologiques. Partie 1 : spécification par classe d'emploi.
- B22** NBN EN 599-2:1995 Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Performances des produits préventifs de préservation du bois établies par des essais biologiques. Partie 2 : classification et étiquetage.
- B23** NBN EN 795:1996 Protection contre les chutes de hauteur. Dispositifs d'ancrage. Exigences et essais.
- B24** NBN EN 795/A1:2001 Protection contre les chutes de hauteur. Dispositifs d'ancrage. Exigences et essais.

- B25** NBN EN 998-2:2003 Spécifications des mortiers pour maçonnerie. Partie 2 : mortiers de montage.
- B26** NBN EN 1024:1997 Tuiles de terre cuite pour pose en discontinu. Détermination des caractéristiques géométriques.
- B27** NBN EN 1263-1:2002 Filets de sécurité. Partie 1 : exigences de sécurité, méthodes d'essai.
- B28** NBN EN 1263-2:2003 Filets de sécurité. Partie 2 : exigences de sécurité concernant les limites de montage.
- B29** NBN EN 1304:2005 Tuiles et accessoires en terre cuite. Définitions et spécifications des produits.
- B30** NBN EN 1931:2000 Feuilles souples d'étanchéité. Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses, plastiques et élastomères. Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau.
- B31** NBN EN 1991-1-1:2002 Eurocode 1. Actions sur les structures. Partie 1-1 : actions générales. Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation bâtiments (+ AC:2009).
- B32** NBN EN 1991-1-2:2003 Eurocode 1 : actions sur les structures. Partie 1-2 : actions générales. Actions sur les structures exposées au feu.
- B33** NBN EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1 Actions sur les structures. Partie 1-4 : actions générales. Actions du vent.
- B34** prNBN EN 1991-1-4 ANB:2009 Eurocode 1 Actions sur les structures. Partie 1-4 : actions générales. Actions du vent. Annexe nationale.
- B35** NBN EN 1995-1-1:2005 Eurocode 5 : conception et calcul des structures en bois. Partie 1-1 : généralités. Règles communes et règles pour les bâtiments (+ AC:2006).
- B36** NBN EN 12056-3:2000 Réseaux d'évacuation gravitaire à l'intérieur des bâtiments. Partie 3 : système d'évacuation des eaux pluviales, conception et calculs.
- B37** NBN EN 12810-1:2004 Echafaudages de façade à composants préfabriqués. Partie 1 : spécifications des produits.
- B38** NBN EN 12810-2:2004 Echafaudages de façade à composants préfabriqués. Partie 2 : méthodes de conception particulière et d'évaluation.
- B39** NBN EN 12811-1:2004 Equipements temporaires de chantiers. Partie 1 : échafaudages. Exigences de performance et étude, en général.
- B40** NBN EN 12811-2:2004 Equipements temporaires de chantiers. Partie 2 : information concernant les matériaux.
- B41** NBN EN 12811-3:2003 Equipements temporaires de chantiers. Partie 3 : essais de charges (+ AC:2004).
- B42** NBN EN 13374:2004 Garde-corps périphériques temporaires. Spécification du produit, méthodes d'essai.
- B43** NBN EN 13501-1+A1:2010 Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu.
- B44** NBN EN 13501-2:2010 Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 2 : classement à partir des données d'essais de résistance au feu à l'exclusion des produits utilisés dans les systèmes de ventilation.
- B45** NBN EN 13501-5+A1:2010 Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 5 : classement utilisant des données d'essais au feu des toitures exposées à un feu extérieur.
- B46** NBN EN 13859-1+A1:2009 Feuilles souples d'étanchéité. Définitions et caractéristiques des écrans souples. Partie 1 : écrans souples de sous-toiture pour couverture en petits éléments discontinus.
- B47** NBN EN 14437:2005 Détermination de la résistance au soulèvement des tuiles en terre cuite ou en béton mises en œuvre sur la toiture. Méthode d'essai par système de toiture.
- B48** NBN EN 14964:2007 Ecrans rigides de sous-toiture pour pose en discontinu. Définitions et caractéristiques.
- B49** NBN EN ISO 1461:2009 Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier. Spécifications et méthodes d'essai (ISO 1461:2009).
- B50** NBN EN ISO 12572:2001 Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment. Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau (ISO 12572:2001).
- B51** NBN EN ISO 13788:2001 Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments. Température superficielle intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse. Méthodes de calcul (ISO 13788/2001).
- B52** NBN EN ISO 14713-1:2010 Revêtements de zinc. Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions. Partie 1 : principes généraux de conception et résistance à la corrosion (ISO 14713-1:2009).
- B53** NBN EN ISO 14713-2:2010 Revêtements de zinc. Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions. Partie 2 : galvanisation à chaud (ISO 14713-2:2009).

- B54** NBN EN ISO 14713-3:2010 Revêtements de zinc. Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions. Partie 3 : shérardisation (ISO 14713-3:2009) (+ AC:2010).
- B55** NBN ENV 1187:2002 Méthodes d'essai pour l'exposition des toitures à un feu extérieur.
- B56** NBN ISO 7976-2:1992 Tolérances pour le bâtiment. Méthodes de mesure des bâtiments et des produits pour le bâtiment. Partie 2 : positions des points de mesure.
- B57** NBN S 21-203:1980 Protection contre l'incendie dans les bâtiments. Réaction au feu des matériaux. Bâtiments élevés et bâtiments moyens.

## C

### *Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB, Paris)*

- C1** DTU 40.21 Couvertures en tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief (juin 1979 et amendement A1 de septembre 2001).

### *Centre scientifique et technique de la construction (CSTC, Bruxelles)*

- C2** Application des Eurocodes à la conception des menuiseries extérieures (Rapport n° 11, 2009).
- C3** NIT 175 Toitures en tuiles de terre cuite. Conception. Mise en œuvre (mars 1989).
- C4** NIT 180 Le traitement curatif du bois dans le bâtiment (juin 1990).
- C5** NIT 186 Toitures en tuiles plates : conception et mise en œuvre (décembre 1992).
- C6** NIT 191 La toiture plate. 2<sup>e</sup> partie : exécution des ouvrages de raccord (mars 1994).
- C7** NIT 195 Toitures en ardoises naturelles. 1<sup>ère</sup> partie : conception et mise en œuvre (mars 1995).
- C8** NIT 202 Toitures en tuiles de béton. Conception et mise en œuvre (décembre 1996).
- C9** NIT 208 Jointoiment des maçonneries (juin 1998).
- C10** NIT 212 Code de bonne pratique pour l'installation des chauffe-eau solaires (juin 1999).
- C11** NIT 215 La toiture plate : composition, matériaux, réalisation, entretien (mars 2000).
- C12** Tolérances dans la construction (CSTC-Contact, n° 25, mars 2010).

### *Comité national d'action pour la sécurité et l'hygiène dans la construction (CNAC, Bruxelles)*

- C13** Le couvreur. Monographie professionnelle (2003).
- C14** Travaux de toitures. CNAC-Dossier, Fascicule n° 110, juin 2006.

### *Commission européenne (Bruxelles)*

- C15** Décision 2000/553 de la Commission du 6 septembre 2000 relative à la mise en œuvre de la directive 89/106/CEE du Conseil en ce qui concerne la performance des couvertures de toiture exposées à un incendie extérieur. Journal officiel des Communautés européennes, n° L 235/19, 19 septembre 2000.
- C16** Directive 89/106/CEE du Conseil relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des Etats membres concernant les produits de construction (CPD). Journal officiel des Communautés européennes, 11 février 1989.

### *Confédération Construction Toitures (CCT-CBD, Bruxelles)*

- C17** Le couvreur face aux déchets (Ed. G. Welsch, février 2001).

## *Ingelaere B.*

- I1** Isolation acoustique des toitures à versants. Bruxelles, Les Dossiers du CSTC, Cahier 5, n° 2, 2010.

## *Lassoie L.*

- L1** Dimensionnement des structures bois. 2<sup>e</sup> partie : les structures de toitures plates ou inclinées. Bruxelles, CSTC-Magazine, n° 4, 2001.
- L2** Dimensionnement des structures en bois. 3<sup>e</sup> partie : reprise des poussées latérales exercées par les charpentes de toiture. Bruxelles, CSTC-Magazine, n° 4, 2002.

*Legrand Chr.*

- L3** Quelles solutions pour le recyclage des déchets du bâtiment ? Des questions et des réponses. Bruxelles, Les Dossiers du CSTC, n° 3, Cahier n° 3, 2005.

**O**

*Office des publications officielles des Communautés européennes (Luxembourg)*

- O1** Guide des bonnes pratiques non contraignant pour l'application de la directive 2001/45/CE (travaux en hauteur) (2008).

**S**

*Salomez L.*

- S1** Quelques précisions à propos de l'Orégon et du Douglas. Bruxelles, CSTC-Magazine, n° 2, 1994.

*Service public fédéral Economie (Bruxelles)*

- S2** STS 04 Bois et panneaux à base de bois (Spécifications techniques unifiées, 1990).  
**S3** STS 31 Charpenterie (Spécifications techniques unifiées, 1990).  
**S4** STS 34 Couvertures de bâtiments. Première partie. Couvertures en tuiles et en ardoises (Spécifications techniques unifiées, 1971 + addendum 1 de 1982).

*Service public fédéral Emploi, Travail et Concertation sociale (Bruxelles)*

- S5** Arrêté royal du 25 janvier 2001 concernant les chantiers temporaires ou mobiles (Moniteur belge du 7 février 2001).  
**S6** Arrêté royal du 13 juin 2005 relatif à l'utilisation des équipements de protection individuelle (Moniteur belge du 14 juillet 2005).  
**S7** Arrêté royal du 31 août 2005 relatif à l'utilisation des équipements de travail pour des travaux temporaires en hauteur (Moniteur belge du 15 septembre 2005).  
**S8** Arrêté royal du 16 mars 2006 relatif à la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à l'amiante (Moniteur belge du 23 mars 2006).

*Service public fédéral Intérieur (Bruxelles)*

- S9** Arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 26 avril 1995).  
**S10** Arrêté royal du 19 décembre 1997 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 30 décembre 1997).  
**S11** Arrêté royal du 4 avril 2003 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 5 mai 2003).  
**S12** Arrêté royal du 13 juin 2007 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 18 juillet 2007).  
**S13** Arrêté royal du 1<sup>er</sup> mars 2009 modifiant l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (Moniteur belge du 15 juillet 2009).  
**S14** Projet d'arrêté royal modifiant [l'annexe 5 de] l'arrêté royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire (1<sup>er</sup> juin 2008).

**W**

*Wagneur M.*

- W1** Guide pratique pour l'entretien des bâtiments. Bruxelles, CSTC-FAB-CNC, 1991 (en cours de révision).



Editeur responsable : Jan Venstermans  
CSTC, rue du Lombard 42  
1000 BRUXELLES



## B R U X E L L E S

### Siège social



Rue du Lombard 42  
B-1000 Bruxelles

e-mail : [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)

Direction générale



02/502 66 90



02/502 81 80

## Z A V E N T E M

### Bureaux



Lozenberg n° 7  
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe  
(Zaventem)



02/716 42 11



02/725 32 12

Avis techniques - Interface et Consultance  
Communication

Gestion - Qualité - Techniques de l'information  
Développement & Valorisation

Agréments techniques - Normalisation

Publications



02/529 81 00



02/529 81 10

## L I M E L E T T E

### Station expérimentale



Avenue Pierre Holoffe 21  
B-1342 Limelette



02/655 77 11



02/653 07 29

Recherche & Innovation

Laboratoires

Formation

Documentation

Bibliothèque

## H E U S D E N - Z O L D E R

### Centre de démonstration et d'information



Marktplaatsplein 7 bus 1  
B-3550 Heusden-Zolder



011/22 50 65



02/725 32 12

Centre de compétence TIC pour les  
professionnels de la construction (ViBo)



### **Buildwise Zaventem** **Siège social et bureaux**

Kleine Kloosterstraat 23  
B-1932 Zaventem  
Tél. 02/716 42 11

E-mail : [info@buildwise.be](mailto:info@buildwise.be)  
Site Internet : [buildwise.be](http://buildwise.be)

- Avis techniques – Publications
- Gestion – Qualité – Techniques de l'information
- Développement – Valorisation
- Agréments techniques – Normalisation

### **Buildwise Limelette**

Avenue Pierre Holoffe 21  
B-1342 Limelette  
Tél. 02/655 77 11

- Recherche et innovation
- Formation
- Bibliothèque

### **Buildwise Brussels**

Rue Dieudonné Lefèvre 17  
B-1020 Bruxelles  
Tél. 02/233 81 00

Après plus d'un demi-siècle d'existence, le Centre scientifique et technique de la construction (CSTC) fait désormais place à Buildwise. Ce nouveau nom porte en lui une orientation nouvelle, davantage axée sur l'innovation, sur la collaboration et sur une approche pluridisciplinaire plus intégrée. Buildwise étant principalement financé par les redevances de quelque 100.000 entreprises de construction belges, celles-ci contribuent ainsi à motiver son action, notamment en définissant ses priorités et en pilotant ses travaux par le biais des Comités techniques.

## **Votre centre de recherche devient centre d'innovation**

Fort des connaissances qu'il a acquises au fil des années, Buildwise s'est imposé comme le centre de référence et d'expertise du secteur de la construction. Buildwise se tient aux côtés de tous les acteurs impliqués dans l'acte de bâtir. Notre objectif ? Transmettre des connaissances qui améliorent réellement la qualité, la productivité et la durabilité, et ouvrir la voie à l'innovation sur chantier et dans l'entreprise.

## **Dynamiser le partage des connaissances et les interconnexions**

Compte tenu de la grande complexité et de la forte fragmentation du processus de construction, Buildwise se doit de renforcer son rôle fédérateur. Nous ne pourrions relever les défis sectoriels et sociétaux qu'en mobilisant le secteur tout entier et en repensant nos modèles d'entreprise et notre façon de collaborer.

## **De la multidisciplinarité à la transdisciplinarité**

Notre spécificité tient à notre approche pragmatique et multidisciplinaire. Pour trouver des solutions solides, il faut une stratégie globale et intégrée. C'est pourquoi nos ambitions s'articulent autour de trois piliers : les technologies numériques, la durabilité et le métier (représenté par les entrepreneurs au sein des Comités techniques).