

# Traité de construction durable

Principes  
Détails de construction

*Traité de construction durable* étudie en détail les caractéristiques techniques et réglementaires des ouvrages en fonction des six exigences essentielles de la directive européenne sur les produits de construction : résistance mécanique et stabilité ; sécurité incendie ; hygiène, santé, environnement ; sécurité d'utilisation ; protection contre le bruit ; économie d'énergie. Il tient également compte des critères du développement durable : gestion globale de l'énergie et des ressources, durabilité des matériaux, confort, etc.

La première partie théorique expose les caractéristiques des climats et des ambiances extérieures et intérieures, le rôle d'interface de l'enveloppe et le comportement des matériaux face aux sollicitations diverses. Ces chapitres permettent d'élaborer des critères d'évaluation des ouvrages.

La deuxième partie analyse pour chaque type d'ouvrage les détails de construction en béton, terre cuite, bois, acier, aluminium, zinc et verre. Les schémas sont commentés selon les critères d'évaluation, en intégrant la mise en œuvre, le contexte économique et la réglementation, dans le souci d'une approche synthétique par type de bâtiment.

La troisième partie traite des aspects réglementaires (sécurité incendie, sécurité contre la chute) et fournit des données pratiques ainsi que des calculs relatifs aux matériaux.

*Traité de construction durable* conjugue la science du bâtiment et l'ingénierie architecturale, dans une perspective globale et pratique, qui en fait un outil de travail destiné aux architectes, ingénieurs et techniciens pour la conception et la mise en œuvre des projets de bâtiment.

Le sujet du *Traité de construction durable* méritait un tel ouvrage de référence de plus de 1 000 pages ; ses 165 planches, qui regroupent plus de 1 000 illustrations, minuscules mais détaillées, de nombreux détails de construction inédits et originaux, minutieusement légendés.

105 €

978-2-281-11328-0



9 782281 113280

**Daniel Bernstein**, ingénieur University of London, enseignant chercheur à l'École nationale supérieure d'architecture, cofondateur du cabinet A&L.

**Jean-Pierre Champetier**, architecte DPLG, enseignant à l'École nationale supérieure d'architecture Paris-Belleville, cofondateur du cabinet A&L.

**Loïc Hamayon**, architecte DPLG, ancien professeur à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), à l'École d'architecture de Paris-la-Défense et à l'École spéciale d'architecture (ESA).

**Ljubica Mudri**, architecte diplômée de l'université de Belgrade, docteur en énergétique, enseignant chercheur à l'École nationale supérieure d'architecture, fondatrice du cabinet conseil en lumière De Luminae Lab.

**Jean-Pierre Traisnel**, architecte DPLG, docteur en urbanisme, chercheur au laboratoire théories des mutations urbaines (LTMU) de l'Institut français d'urbanisme (IfU) à l'Université Paris VIII, enseignant à l'École nationale supérieure d'architecture Paris-Belleville

**Thierry Vidal**, architecte DPLG, enseignant à l'École nationale supérieure d'architecture Paris-Belleville, cofondateur du cabinet A&L.

## Sommaire

**Bâtiments, enveloppes et environnement** : Isolation thermique des bâtiments – Inertie thermique et régime variable – Renouvellement de l'air humide ou pollué – Condensations – Climat radiatif thermique – Ensoleillement des parois et effets de masque – Ambiances lumineuses – Vitraux – Protections du vitrage – Réglementation des économies d'énergie – Estimation des puissances de chauffage et de climatisation – Estimation des besoins de chauffage et de climatisation – Climats et bâtiments – Confort hygrothermique et économies d'énergie – Acoustique et enveloppe

**Détails de construction** : Maçonnerie d'éléments enduites – Maçonnerie d'éléments apparents – Couvertures en petits éléments – Constructions en béton banché ou préfabriqué – Toitures-terrasses et toitures inclinées en béton – Fenêtres – Constructions en tôles nervurées ou ondulées – Toitures avec étanchéité sur tôles nervurées – Couvertures et bardages en feuilles métalliques – Constructions et enveloppes en bois – Façades rideaux, semi-rideaux et verrières

Annexes

807 G

Sous la direction de Daniel Bernstein

Jean-Pierre Champetier

Loïc Hamayon

Ljubica Mudri

Jean-Pierre Traisnel

Thierry Vidal

## Traité de construction durable

Principes et détails de construction

9

EDITIONS  
**LEMONITEUR**

# Traité de construction durable

Principes  
Détails de construction

Sous la direction de Daniel Bernstein

Jean-Pierre Champetier

Loïc Hamayon

Ljubica Mudri

Jean-Pierre Traisnel

Thierry Vidal

Infographie de Christine Simonin-Adam, François Rubio et René Gibert

+ de 1 000 schémas

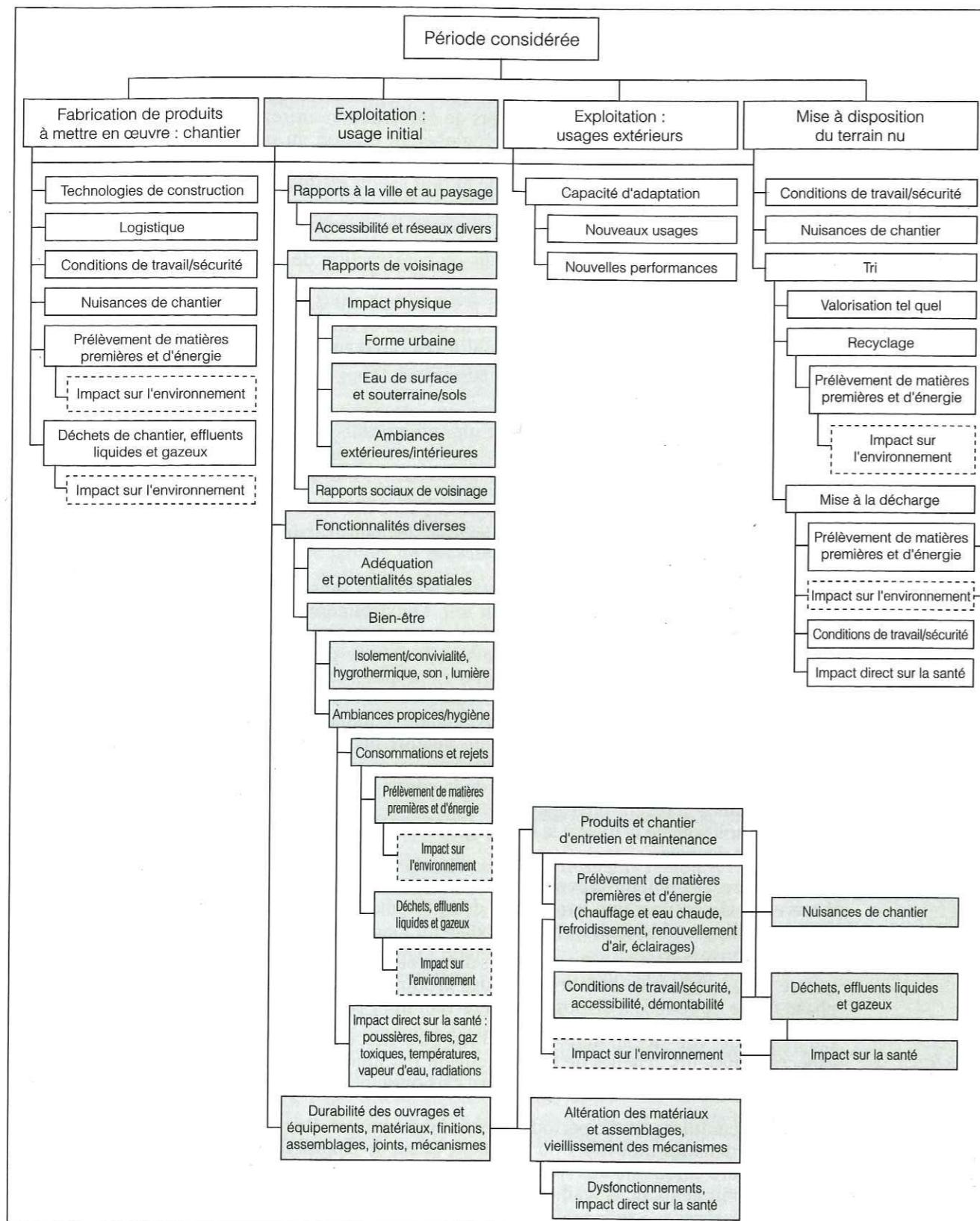


Figure 2 – Conception d'un bâtiment en développement durable

d'habitation inadéquates (tuberculose), pouvant affecter la descendance, directement (pendant la gestation) ou par l'intermédiaire de matériaux génétiques altérés.

L'action des bâtiments sur leurs habitants n'est pas constante. Elle varie avec le vieillissement des matériaux, des assemblages et des équipements.

De manière certaine, l'enveloppe a un impact direct et important sur le bien-être, la santé et sur l'environnement à travers les diverses consommations qu'elle détermine. Cela est dû à sa fonction de régulation des transferts, ou échanges, entre l'extérieur et l'intérieur.

Mis à part la fonction de régulation, l'enveloppe doit être considérée comme un élément de construction dont les matériaux et les assemblages doivent être soumis au crible des critères du développement durable, comme tout autre élément du bâtiment. Le présent ouvrage traite surtout de la phase d'usage initial (en gris sur le logigramme de la figure 2).

### Nécessité d'une approche « philotope »

Avant d'examiner, dans les chapitres qui suivent, le détail du fonctionnement des enveloppes, quelques brèves réflexions concernant la forme générale de l'immeuble et son implantation dans son site (fig. 3 et fig. 2, phase « Exploitation : usage initial ») s'imposent.

L'intensité des échanges à travers une enveloppe dépend du rapport de la superficie de l'enveloppe au volume intérieur. Ce rapport dépend de la taille et de la forme de l'immeuble :

- pour un même volume intérieur, c'est la forme la plus compacte qui minimise les échanges. Si l'espace dans lequel se trouve l'immeuble était isotrope et la construction de l'enveloppe symétrique, la forme minimisant les échanges serait le cylindre circulaire, ou mieux encore, la sphère ;

- pour une même forme, c'est le volume le plus grand qui a proportionnellement le moins d'échanges à travers l'enveloppe, car le volume croît « au cube » tandis que la surface de l'enveloppe ne croît qu'« au carré ». Par exemple, le volume V d'un cube est égal à  $C^3$ , C étant la longueur de l'arête du cube, alors que l'enveloppe E est égale à  $6C^2$ . Ainsi, pour une forme cubique, le rapport enveloppe/volume est-il toujours :

$$\frac{E}{V} = \frac{6}{C}$$

Ce phénomène se manifeste dans la vie quotidienne. Chacun sait que pour refroidir plus rapidement une pomme de terre, il faut la couper en petits morceaux, et que les bébés prennent froid plus rapidement que les adultes. Cela dit, le but dans l'architecture n'est pas forcément la réduction des échanges. Leur augmentation est même souvent recherchée (lumière, ensoleillement en hiver, brises rafraîchissantes en été...).

L'espace extérieur aux bâtiments est fortement orienté. La position et les mouvements de la Terre par rapport au Soleil, la configuration du sol et de l'eau, le tissu bâti ainsi que le climat et le microclimat qui en résultent font que l'espace auquel appartient l'immeuble n'est jamais isotrope. Il est admis que le microclimat et même le climat sont, en partie, les produits de la civilisation, mais l'espace est également qualifié et orienté socialement : une rue n'est pas l'équivalent d'une place ou d'une ligne de chemin de fer. Les architectes du mouvement Moderne en architecture admettaient

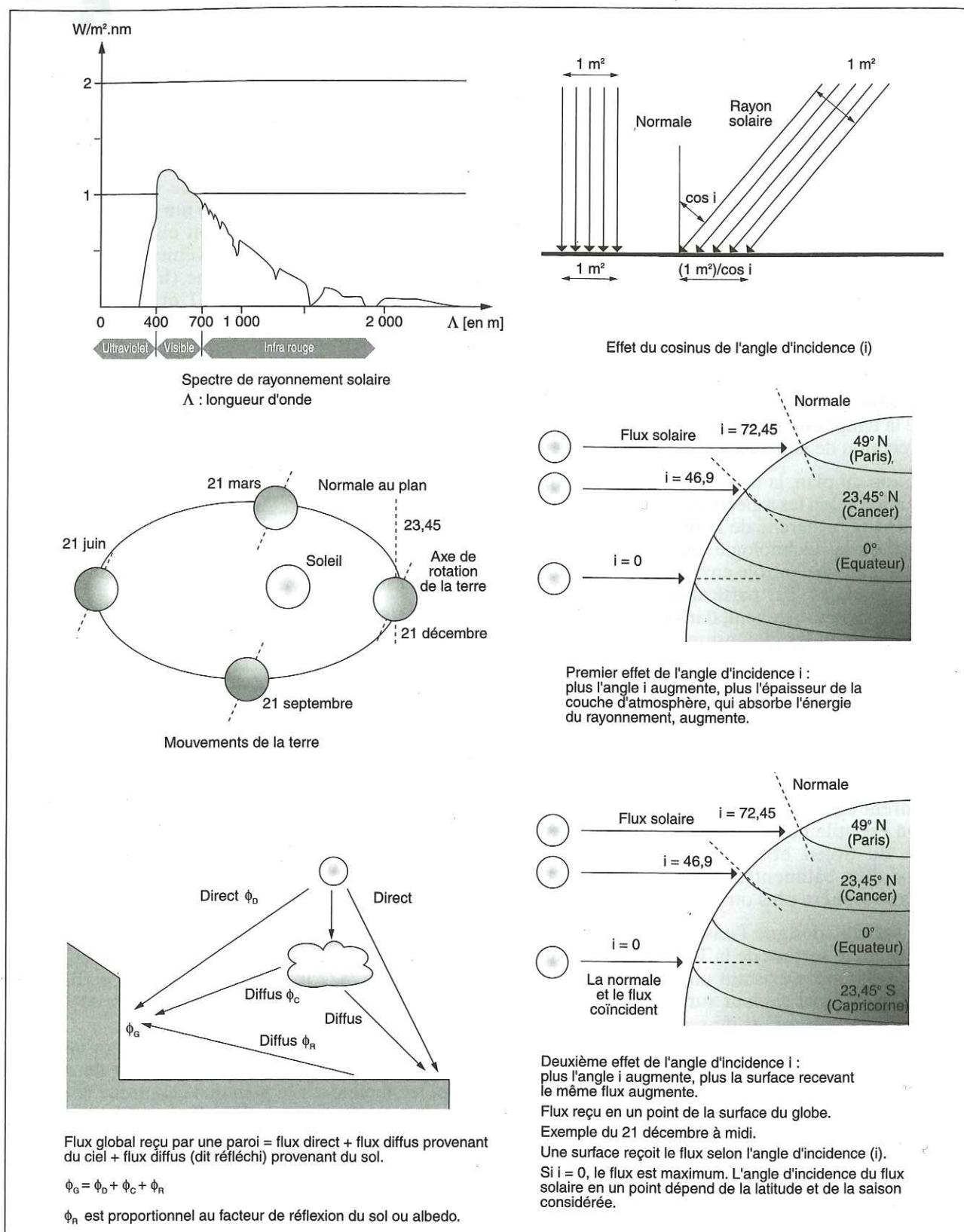


Figure 5.1 – Rayonnement solaire et astronomie

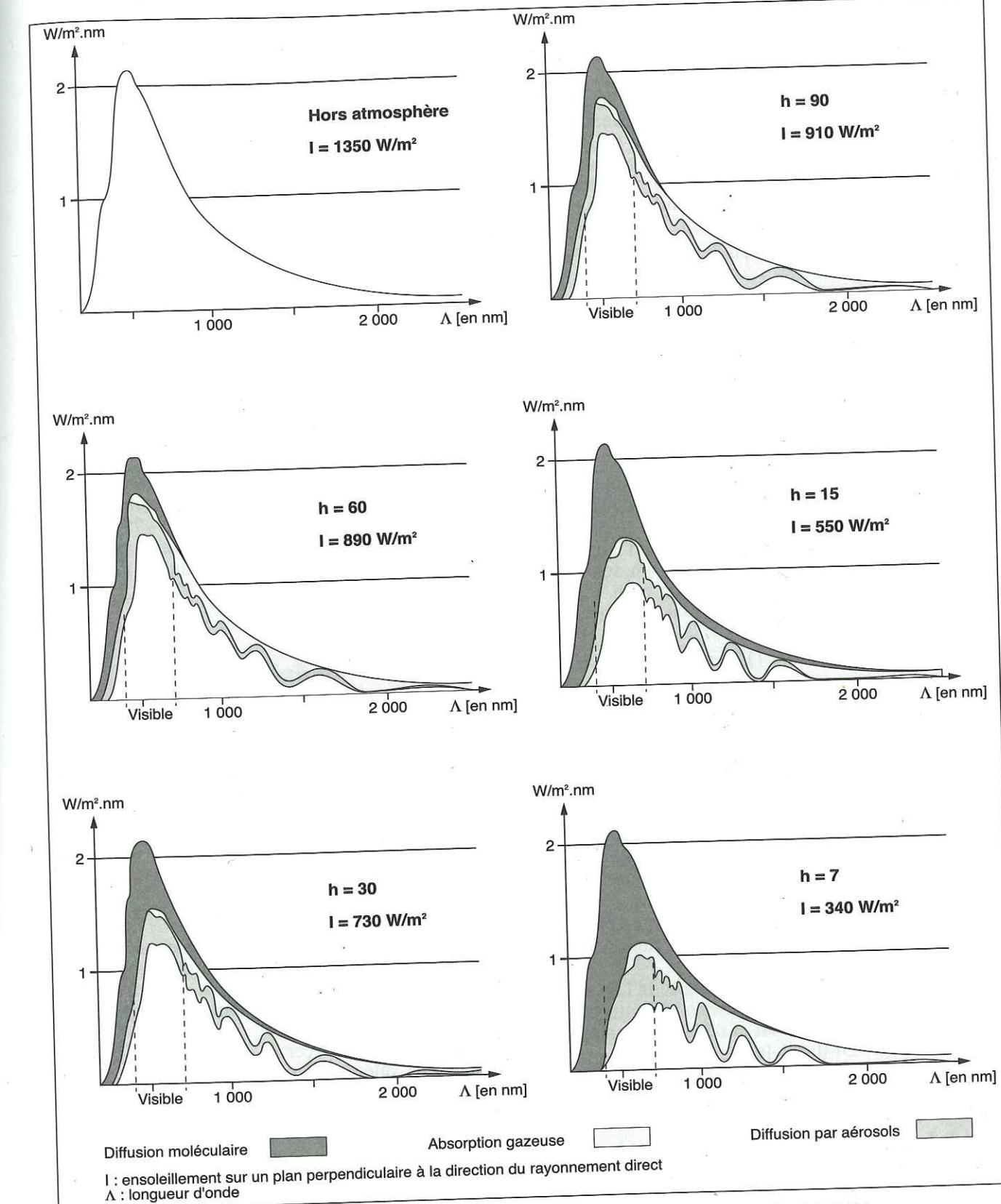
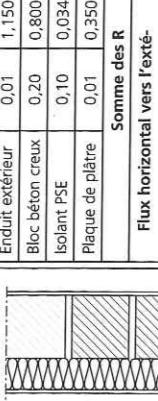
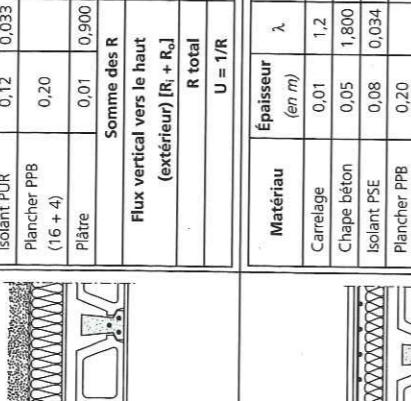
Figure 5.2 – Effet sur le rayonnement solaire direct selon la hauteur du Soleil ( $h$ )

Tableau 10.6 – Vérification de l'adéquation entre les déperditions de l'enveloppe et les aires réceptrices solaires

Ouvrages	Détails	Description et calcul du U (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )			Déperditions surfaciques			Déperditions linéaires		
		A (en $m^2$ )	U (en $W/m^2 \cdot m$ )	U x A (en $W \cdot ^\circ C/m^2$ )	$\bar{a} \times A$ (en $W \cdot ^\circ C/m^2$ )	$\bar{a} \times L$ (en $m$ )	$\Psi$ (en $W/W \cdot ^\circ C/m$ )	$\Psi \times L$ (en $W \cdot ^\circ C/m$ )	$\bar{a} \times L$ (en $W \cdot ^\circ C/m$ )	
Parois opaques	Mur façade		Matière	Épaisseur (en $m$ )	$\lambda$ (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	R				
		Enduit extérieur	0,01	1,150	0,01					
		Bloc béton creux	0,20	0,800	0,25					
		Isolant PSE	0,10	0,034	2,94					
		Plaque de plâtre	0,01	0,350	0,03	70,0 (A1)	0,29 < 0,45	20,6	0,40	28,0
	Plancher haut		Somme des R	3,23						
	Flux horizontal vers l'extérieur (R <sub>i</sub> + R <sub>a</sub> )	0,17								
	R total	3,40								
	U = 1/R	0,29								
Porte isolante	Plancher bas		Matière	Épaisseur (en $m$ )	$\lambda$ (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	R				
		Gravier	0,06	1,200	0,05					
		Isolant PUR	0,12	0,033	3,64					
		Plancher PPB	0,20	0,27		94,0 (A3)	0,25 < 0,24	23,5	0,27	25,4
		Plâtre	0,01	0,900	0,10					
		Somme des R	4,06							
		Flux vertical vers le haut (extérieur) (R <sub>i</sub> + R <sub>a</sub> )	0,14							
		R total	3,00							
		U = 1/R <sup>(2)</sup>	0,25 <sup>(3)</sup>							
	Porte isolante									

selon les références réglementaires – Étude d'une maison individuelle<sup>(1)</sup>

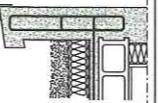
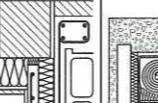
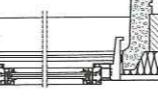
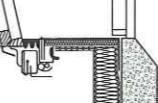
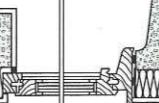
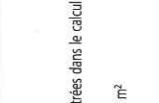
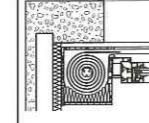
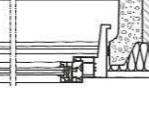
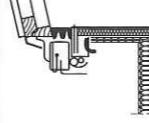
Ponts thermiques	 									
Baies et surfaces vitrées avec fermetures	 									
Baies et surfaces vitrées sans fermetures	 									
<p>Application de la règle limitant les surfaces vitrées dans le calcul de <math>U_{bat}</math></p> <p>Surface habitable<sup>(6)</sup> = 28,6 = 16,3 <math>m^2</math></p> <p>Ratio des fenêtres et surfaces vitrées pris en référence : 16,3/35 = 0,47</p> <p>Ce coefficient multiplie la surface <math>A_f</math> de chaque type de paroi vitrée (2<sup>e</sup> colonne grise)</p>										
<p>(1) Les fenêtres sont à double vitrage avec vitre de 12 mm et face 3 avec couche de faible émissivité (voir tab. 29.5). Les valeurs de référence de <math>S_{ref}</math> pour le calcul de <math>C_{ref}</math> sont les valeurs de <math>S_{ref}</math> correspondant à des fenêtres fermées. Les valeurs de <math>S_{ref}</math> des fenêtres ouvertes avec protections fermées sont abordées au chapitre 9.</p> <p>(2) Voir fig. 31.1 et tab. 31.1.</p> <p>(3) Le tableau 31.1 et la figure 31.1 (partie 3 – Annexes) donnent l'estimation du coefficient de transmission surfacique vers les vides sanitaires.</p>										

Tableau 10.7 – Vérification des aires solaires vitrées selon les références réglementaires – Étude d'une maison individuelle en zone H3

Aires solaires (baies et surfaces vitrées)																																																										
Ouvrages	Description	Surface A du projet par orientation (en m <sup>2</sup> )	Surfaces de référence pour Cep <sub>réf</sub> pour la période de chauffe et de climatisation (en m <sup>2</sup> )			Hiver (sans protections solaires)			Été avec climatisation (avec protections solaires) (avec protections solaires)	Été sans climatisation (avec protections solaires – les surfaces de référence sont celles du projet)																																																
			S <sub>w</sub>	S <sub>w</sub> × A pour un vitrage non protégé : 0,40)	S <sub>w</sub> × A <sub>réf</sub> pour un vitrage non protégé : 0,40)	S <sub>w</sub> avec climatisation	S <sub>w</sub> × A avec climatisation	S <sub>w</sub> × A <sub>réf</sub> avec climatisation pour un vitrage protégé : 0,15)																																																		
Baies et surfaces vitrées avec fermetures	Fenêtres en PVC (surface totale : 26 m <sup>2</sup> )		<table border="1"> <tr> <td>Nord</td> <td>4,0</td> <td>0,2 × 26 = 5,2</td> <td>0,38</td> <td>4,0 × 0,38 = 1,52</td> <td>5,2 × 0,4 = 2,08</td> <td>0,18</td> <td>4,0 × 0,18 = 0,72</td> <td>5,2 × 0,15 = 0,78</td> <td>0,18</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>Est</td> <td>8,0</td> <td>0,2 × 26 = 5,2</td> <td>0,38</td> <td>8,0 × 0,38 = 3,04</td> <td>5,2 × 0,4 = 2,08</td> <td>0,08</td> <td>8,0 × 0,08 = 0,64</td> <td>5,2 × 0,15 = 0,78</td> <td>0,08 (acceptable)</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Sud</td> <td>8,0</td> <td>0,4 × 26 = 10,4</td> <td>0,38</td> <td>8,0 × 0,38 = 3,04</td> <td>10,4 × 0,4 = 4,16</td> <td>0,18</td> <td>8,0 × 0,18 = 1,44</td> <td>10,4 × 0,15 = 1,56</td> <td>0,18</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Ouest</td> <td>6,0</td> <td>0,2 × 26 = 5,2</td> <td>0,38</td> <td>6,0 × 0,38 = 2,28</td> <td>5,2 × 0,4 = 2,08</td> <td>0,18</td> <td>6,0 × 0,18 = 1,08</td> <td>5,2 × 0,15 = 0,78</td> <td>0,18</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Horizontal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,10</td> </tr> </table>	Nord	4,0	0,2 × 26 = 5,2	0,38	4,0 × 0,38 = 1,52	5,2 × 0,4 = 2,08	0,18	4,0 × 0,18 = 0,72	5,2 × 0,15 = 0,78	0,18	0,25	Est	8,0	0,2 × 26 = 5,2	0,38	8,0 × 0,38 = 3,04	5,2 × 0,4 = 2,08	0,08	8,0 × 0,08 = 0,64	5,2 × 0,15 = 0,78	0,08 (acceptable)	0,15	Sud	8,0	0,4 × 26 = 10,4	0,38	8,0 × 0,38 = 3,04	10,4 × 0,4 = 4,16	0,18	8,0 × 0,18 = 1,44	10,4 × 0,15 = 1,56	0,18	0,15	Ouest	6,0	0,2 × 26 = 5,2	0,38	6,0 × 0,38 = 2,28	5,2 × 0,4 = 2,08	0,18	6,0 × 0,18 = 1,08	5,2 × 0,15 = 0,78	0,18	0,15	Horizontal									0,0	0,10
Nord	4,0	0,2 × 26 = 5,2	0,38	4,0 × 0,38 = 1,52	5,2 × 0,4 = 2,08	0,18	4,0 × 0,18 = 0,72	5,2 × 0,15 = 0,78	0,18	0,25																																																
Est	8,0	0,2 × 26 = 5,2	0,38	8,0 × 0,38 = 3,04	5,2 × 0,4 = 2,08	0,08	8,0 × 0,08 = 0,64	5,2 × 0,15 = 0,78	0,08 (acceptable)	0,15																																																
Sud	8,0	0,4 × 26 = 10,4	0,38	8,0 × 0,38 = 3,04	10,4 × 0,4 = 4,16	0,18	8,0 × 0,18 = 1,44	10,4 × 0,15 = 1,56	0,18	0,15																																																
Ouest	6,0	0,2 × 26 = 5,2	0,38	6,0 × 0,38 = 2,28	5,2 × 0,4 = 2,08	0,18	6,0 × 0,18 = 1,08	5,2 × 0,15 = 0,78	0,18	0,15																																																
Horizontal									0,0	0,10																																																
Baies et surfaces vitrées sans fermetures	Lanterneaux en bois (surface totale : 4 m <sup>2</sup> )		<table border="1"> <tr> <td>Nord</td> <td>0,0</td> <td>0,2 × 4 = 0,8</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,8 × 0,4 = 0,32</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,8 × 0,15 = 0,12</td> <td>0,0</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>Est</td> <td>0,0</td> <td>0,2 × 4 = 0,8</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,8 × 0,4 = 0,32</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,8 × 0,15 = 0,12</td> <td>0,0</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Sud</td> <td>0,0</td> <td>0,4 × 4 = 1,6</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>1,6 × 0,4 = 0,64</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>1,6 × 0,15 = 0,24</td> <td>0,0</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Ouest</td> <td>0,0</td> <td>0,2 × 4 = 0,8</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,8 × 0,4 = 0,32</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,8 × 0,15 = 0,12</td> <td>0,0</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Horizontal</td> <td>4,0</td> <td>0,0</td> <td>0,44</td> <td>4,0 × 0,44 = 1,76</td> <td>0,0</td> <td>0,36</td> <td>4,0 × 0,36 = 1,44</td> <td>0,0</td> <td>0,36 NOTA</td> <td>0,10</td> </tr> </table>	Nord	0,0	0,2 × 4 = 0,8	0,0	0,0	0,8 × 0,4 = 0,32	0,0	0,0	0,8 × 0,15 = 0,12	0,0	0,25	Est	0,0	0,2 × 4 = 0,8	0,0	0,0	0,8 × 0,4 = 0,32	0,0	0,0	0,8 × 0,15 = 0,12	0,0	0,15	Sud	0,0	0,4 × 4 = 1,6	0,0	0,0	1,6 × 0,4 = 0,64	0,0	0,0	1,6 × 0,15 = 0,24	0,0	0,15	Ouest	0,0	0,2 × 4 = 0,8	0,0	0,0	0,8 × 0,4 = 0,32	0,0	0,0	0,8 × 0,15 = 0,12	0,0	0,15	Horizontal	4,0	0,0	0,44	4,0 × 0,44 = 1,76	0,0	0,36	4,0 × 0,36 = 1,44	0,0	0,36 NOTA	0,10
Nord	0,0	0,2 × 4 = 0,8	0,0	0,0	0,8 × 0,4 = 0,32	0,0	0,0	0,8 × 0,15 = 0,12	0,0	0,25																																																
Est	0,0	0,2 × 4 = 0,8	0,0	0,0	0,8 × 0,4 = 0,32	0,0	0,0	0,8 × 0,15 = 0,12	0,0	0,15																																																
Sud	0,0	0,4 × 4 = 1,6	0,0	0,0	1,6 × 0,4 = 0,64	0,0	0,0	1,6 × 0,15 = 0,24	0,0	0,15																																																
Ouest	0,0	0,2 × 4 = 0,8	0,0	0,0	0,8 × 0,4 = 0,32	0,0	0,0	0,8 × 0,15 = 0,12	0,0	0,15																																																
Horizontal	4,0	0,0	0,44	4,0 × 0,44 = 1,76	0,0	0,36	4,0 × 0,36 = 1,44	0,0	0,36 NOTA	0,10																																																
Baies et surfaces vitrées sans fermetures	Fenêtres en bois (surface totale : 5 m <sup>2</sup> )		<table border="1"> <tr> <td>Nord</td> <td>1,0</td> <td>0,2 × 5 = 1,0</td> <td>0,38</td> <td>1,0 × 0,38 = 0,38</td> <td>1,0 × 0,4 = 0,40</td> <td>0,36</td> <td>1,0 × 0,36 = 0,36</td> <td>1,0 × 0,15 = 0,15</td> <td>0,36 (interdit)</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>Est</td> <td>0,0</td> <td>0,2 × 5 = 1,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>1,0 × 0,4 = 0,40</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>1,0 × 0,15 = 0,15</td> <td>0,0</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Sud</td> <td>2,0</td> <td>0,4 × 5 = 2,0</td> <td>0,38</td> <td>2,0 × 0,38 = 0,76</td> <td>2,0 × 0,4 = 0,80</td> <td>0,36</td> <td>2,0 × 0,36 = 0,72</td> <td>2,0 × 0,15 = 0,30</td> <td>0,36</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Ouest</td> <td>2,0</td> <td>0,2 × 5 = 1,0</td> <td>0,38</td> <td>2,0 × 0,38 = 0,76</td> <td>1,0 × 0,4 = 0,40</td> <td>0,36</td> <td>2,0 × 0,36 = 0,72</td> <td>1,0 × 0,15 = 0,15</td> <td>0,36</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Horizontal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,10</td> </tr> </table>	Nord	1,0	0,2 × 5 = 1,0	0,38	1,0 × 0,38 = 0,38	1,0 × 0,4 = 0,40	0,36	1,0 × 0,36 = 0,36	1,0 × 0,15 = 0,15	0,36 (interdit)	0,25	Est	0,0	0,2 × 5 = 1,0	0,0	0,0	1,0 × 0,4 = 0,40	0,0	0,0	1,0 × 0,15 = 0,15	0,0	0,15	Sud	2,0	0,4 × 5 = 2,0	0,38	2,0 × 0,38 = 0,76	2,0 × 0,4 = 0,80	0,36	2,0 × 0,36 = 0,72	2,0 × 0,15 = 0,30	0,36	0,15	Ouest	2,0	0,2 × 5 = 1,0	0,38	2,0 × 0,38 = 0,76	1,0 × 0,4 = 0,40	0,36	2,0 × 0,36 = 0,72	1,0 × 0,15 = 0,15	0,36	0,15	Horizontal									0,0	0,10
Nord	1,0	0,2 × 5 = 1,0	0,38	1,0 × 0,38 = 0,38	1,0 × 0,4 = 0,40	0,36	1,0 × 0,36 = 0,36	1,0 × 0,15 = 0,15	0,36 (interdit)	0,25																																																
Est	0,0	0,2 × 5 = 1,0	0,0	0,0	1,0 × 0,4 = 0,40	0,0	0,0	1,0 × 0,15 = 0,15	0,0	0,15																																																
Sud	2,0	0,4 × 5 = 2,0	0,38	2,0 × 0,38 = 0,76	2,0 × 0,4 = 0,80	0,36	2,0 × 0,36 = 0,72	2,0 × 0,15 = 0,30	0,36	0,15																																																
Ouest	2,0	0,2 × 5 = 1,0	0,38	2,0 × 0,38 = 0,76	1,0 × 0,4 = 0,40	0,36	2,0 × 0,36 = 0,72	1,0 × 0,15 = 0,15	0,36	0,15																																																
Horizontal									0,0	0,10																																																

(1) Les façades est et nord contiennent les pièces de sommeil. Ces façades sont exposées au bruit BR2. Les autres façades et le toit ont une exposition au bruit BR1. En bas de l'avant-dernière colonne figure le cas sans climatisation (CE1). Les données de référence pour le cas CE1 selon l'exposition au bruit sont tirées du tableau 10.2.

Tableau 10.8 – Résumé des aires solaires du projet et des aires solaires de référence

	Résumé des aires solaires du projet		Résumé des aires solaires de référence	
Orientation	Aires solaires en période de chauffe	Aires solaires en période de climatisation	Aires solaires en période de chauffe	Aires solaires en période de climatisation
Nord	1,90	1,08	2,80	1,05
Est	3,04	0,64	2,80	1,05
Sud	3,80	2,16	5,60	2,10
Ouest	3,04	1,80	2,80	1,05
Horizontal	1,76	1,44	0,00	0,00

## BIBLIOGRAPHIE

- Arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles des bâtiments (*JO* du 25 mai 2006).
  - Règles Th-C-E, « Méthode de calcul Th-C et Th-E », CSTB, 2006.
  - Règles Th-U, « Parois opaques, calcul des caractéristiques thermiques des parois opaques », CSTB.
  - Règles Th-U, « Coefficient Ubât – Détermination du coefficient moyen de transmission à travers les parois », CSTB.
  - Règles Th-U, « Parois vitrées – Calcul des coefficients thermiques des parois vitrées », CSTB.
  - Règles Th-U, « Ponts thermiques – Calcul des ponts thermiques », CSTB.
  - Règles Th-U, « Matériaux – Détermination des caractéristiques thermiques “utiles” des matériaux », CSTB.
  - Règles Th-S, « Caractérisation du facteur solaire des parois du bâtiment », CSTB.
  - Règles Th-I, « Caractérisation de l'inertie thermique des bâtiments », CSTB.
  - « Performance thermique des bâtiments – Coefficient de déperdition par transmission : méthode de calcul », NF P 50-739 (norme française NF EN ISO 13789), Afnor, 2000.
  - « Performance thermique des bâtiments – Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage : bâtiments résidentiels », NF P 50-730 (norme française NF EN ISO 832), Afnor, 2000.
  - « Coefficients k des parois des bâtiments anciens », *Cahier du CSTB* n° 1682, 1990.

La figure 16.1 (vue axonométrique) présente le gros œuvre avant le coulage de la chape de compression et des chaînages du plancher, et avant l'application des enduits nécessaires à l'étanchéité des façades. Les appuis des fenêtres, généralement en béton, ne sont pas encore posés (ou coulés). Les poutrelles montrées sont en béton précontraint par adhérence, ce qui permet de réduire l'épaisseur des planchers. Les entrevois sont en béton. Il en existe également en terre cuite. Dans les deux cas, les méthodes de fabrication des entrevois sont les mêmes que celles des blocs de maçonnerie. Pendant le coulage de la chape de compression (et plusieurs jours après), les poutrelles sont étayées. Cette chape de compression en béton coulé sur place collabore avec les poutrelles. Après sa prise, elle devient la semelle supérieure comprimée de l'ensemble (sauf en cas de porte-à-faux). Les linteaux sont généralement en béton armé coulé sur place. Leur hauteur correspond aux lits des blocs ou briques et à 1/10 de la portée au moins. Leur longueur d'appui minimale de chaque côté de l'ouverture est de 0,20 m. Pour assurer l'intégrité et éviter les fissurations de l'assemblage hétérogène et fragile de la maçonnerie d'éléments enduits (fig. 16.4 à 16.6), le DTU 20.1 prévoit :

- des chaînages horizontaux ;
- des chaînages verticaux (dans certains cas) ;
- des planelles (blocs de béton de 50 mm d'épaisseur) ;
- une armature en fibres de verre devant les nez de plancher et à la jonction de supports d'enduit différents (béton et blocs, par exemple), afin d'éviter les fissurations dues à l'hétérogénéité du support de l'enduit ;
- des profils spéciaux en métal servant à renforcer les arêtes.

1. Chaînage vertical à l'angle, exigé dans certains cas afin de prévenir les fissurations dues aux mouvements de la toiture en béton. Les chaînages verticaux jouent un rôle important dans la construction antismique ; ils sont constitués d'armatures en acier enrobées de béton coulé dans les alvéoles de blocs spéciaux (fig. 16.3).
2. Linteau en béton armé. Ici le béton est caché par les planelles ou par les blocs linteaux en U (fig. 16.2).
3. Ébrasement du tableau de la fenêtre.
4. Poutrelle précontrainte (présentée ici) ou préfabriquée armée (fig. 16.2, (2) et (3)).
5. Entrevois en béton (ou en terre cuite). Il existe aussi des entrevois isolants en PSE destinés aux planchers sur vide sanitaire ou garage (fig. 16.2) et d'autres entrevois en béton perforé servant à l'absorption acoustique.
6. Blocs creux en béton de granulats lourds ou briques de terre cuite LD (*low density* en anglais) à alvéoles, montés au mortier traditionnel (mélange ciment + sable + eau) d'une épaisseur de 10 à 20 mm. L'épaisseur minimale des blocs de façade enduits est de 0,20 m. Quand le mur est porteur (c'est-à-dire quand il sert d'appui à des poutrelles), et sauf démonstration du contraire par le calcul, son épaisseur minimale est au moins égale à 1/20 de la hauteur entre planchers, sans être jamais inférieure à 0,20 m pour la façade enduite.

### Exemple 1 : poutrelles et entrevois hauts

Il s'agit d'un plancher à poutrelles préfabriquées précontraintes avec entrevois en béton de hauteur moyenne. Il existe sur le marché des entrevois de hauteurs différentes (voir exemple 2), et l'épaisseur du béton de la chape de compression coulée sur place varie en conséquence.

4. Poutrelles préfabriquées.

5a. Entrevois hauts.

6. Blocs de béton généralement creux.

7. Chape de compression coulée sur les poutrelles et entrevois.

8. Armature générale en treillis soudé afin de prévenir les fissurations du plancher. Un béton armé de fibres (en acier par exemple) peut rendre superflue l'armature, ce qui facilite et accélère la mise en œuvre du dallage.

9. Enduit d'imperméabilisation de la façade (voir aussi fig. 16.4).

10. Planelle (bloc de béton de 50 mm d'épaisseur) servant à homogénéiser le support de l'enduit.

11. Chaînage horizontal constitué de béton coulé sur place et de barres d'armature. Il doit ceinturer d'une manière continue toutes les façades et les refends principaux (voir aussi fig. 16.6).

### Exemple 2 : poutrelles et entrevois bas

Le poids du plancher augmente avec la diminution des entrevois, ce qui améliore la performance acoustique et permet la construction de porte-à-faux, tels les balcons. Le passage des gaines dans le plancher est facilité.

4. Poutrelles préfabriquées.

5b. Entrevois bas (en complément de la coupe longitudinale présentée ici, voir fig. 16.6, détail (4)).

6. Blocs de béton, généralement creux.

7. Chape de compression coulée sur les poutrelles et entrevois.

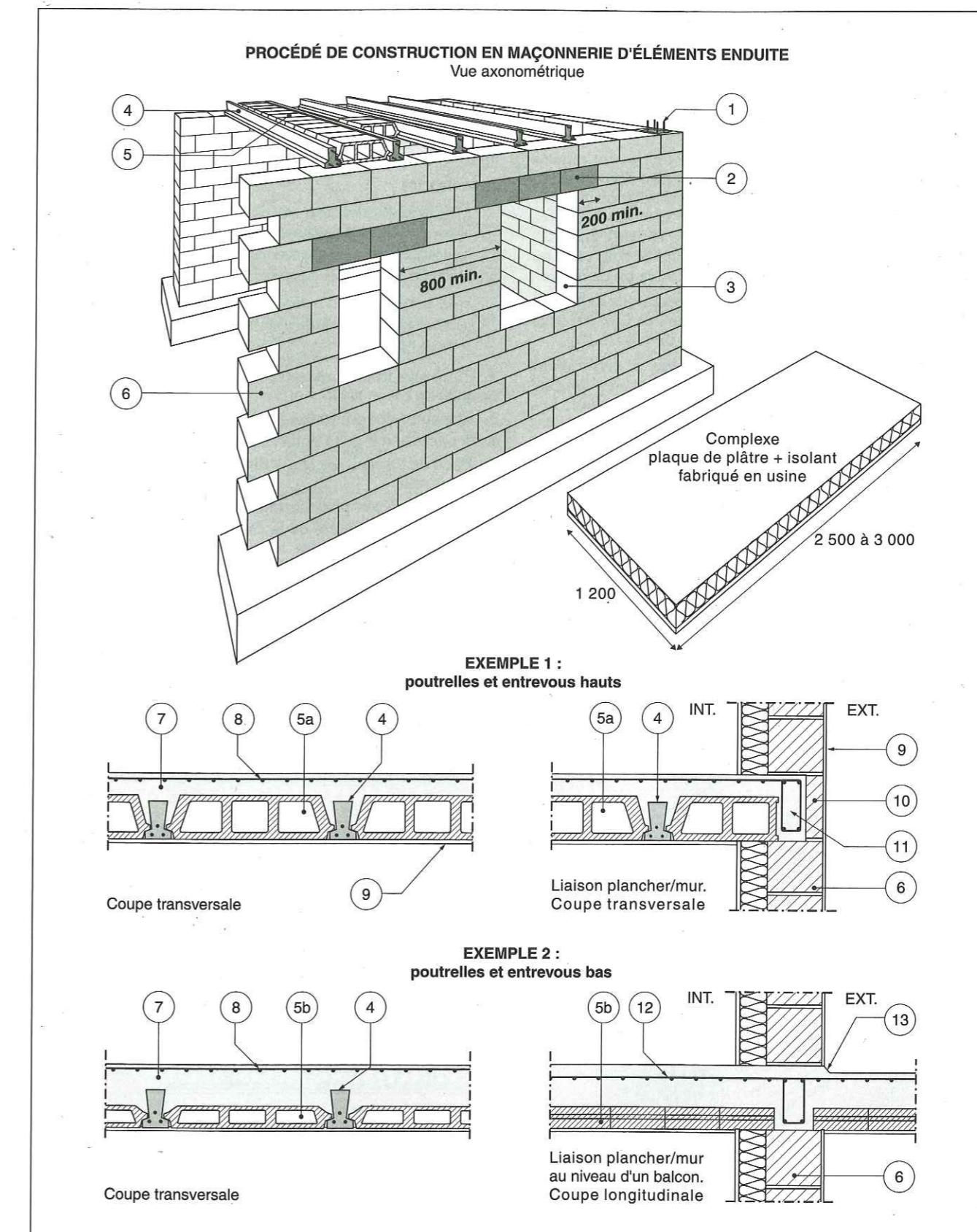
8. Armature générale en treillis soudé afin de prévenir les fissurations du plancher. Un béton armé de fibres (en acier par exemple) peut rendre superflue l'armature, ce qui facilite et accélère la mise en œuvre du dallage.

9. Enduit d'imperméabilisation de la façade (voir aussi fig. 16.4).

10. Planelle (bloc de béton de 50 mm d'épaisseur) servant à homogénéiser le support de l'enduit.

12. Armature pour les sollicitations de la chape supérieure, en traction dans le cas d'un porte-à-faux.

13. Relevé (rejingot) en béton protégeant l'enduit contre le rejaillissement de l'eau du balcon.



## Éléments de maçonnerie de la construction du type « maison individuelle »

Depuis le passage à la réglementation européenne, tous les éléments en béton sont appelés « blocs », et tous les éléments en terre cuite sont appelés « briques », quelles que soient leur taille ou leur forme. Selon les définitions de la nouvelle norme les briques de terre cuite destinées à être enduites sont généralement du type LD (*low density* en anglais), avec des alvéoles horizontaux ou verticaux.

• *Les blocs de béton creux à granulats courants* sont moulés en béton de granulats lourds avec des alvéoles verticaux non débouchants, ce qui permet d'obtenir une surface de pose pour le mortier. Les parois séparant les alvéoles sont très fines (15 mm). Un bloc courant pèse 19 kg. Il existe aussi des blocs pleins pesant plus de 30 kg, qu'on emploie sous terre ou pour améliorer l'isolation acoustique, selon la loi de masse.

• *Les blocs de béton creux à granulats légers* (argile expansée, pierre ponce) sont utilisés dans des largeurs de 0,35 à 0,40 m pour construire des murs à isolation répartie (fig. 16.12).

• *Les briques de terre cuite LD courantes à perforations verticales ou horizontales* (ou « briques creuses » en langage de chantier traditionnel), sont filées et cuites au four. Les parois des alvéoles sont encore plus fines que celles des blocs en béton. Les alvéoles sont débouchants. Les briques de terre cuite porosée à alvéoles verticaux (appelées souvent « monomur ») sont employées dans la construction de façades à isolation répartie. Afin de ne pas réduire leur isolement thermique, ces murs sont montés avec des joints minces de 1 à 3 mm (fig. 16.12).

• *Les blocs à isolation intégrée* sont constitués de trois couches reliées entre elles : un élément de maçonnerie intérieur de 0,15 m d'épaisseur, un isolant en polystyrène extrudé (PSX) et un élément de maçonnerie extérieur de 0,10 m (ou moins). Ces éléments de maçonnerie sont souvent en béton, mais il en existe en terre cuite. Une série importante d'éléments spéciaux permet d'appareiller correctement les angles rentrants et saillants, les jambages, etc. Il existe également des procédés de maçonnerie apparente avec des éléments semblables. Les procédés de blocs à isolation intégrée sont soumis aux avis techniques. Ce sont des procédés d'isola-

tion par l'extérieur (sur les avantages qu'ils présentent, voir partie 1, chap. 2).

• *Les blocs de béton cellulaire* sont employés dans la construction de façades à isolation répartie. Afin de ne pas réduire leur isolement thermique, ces murs sont montés avec des joints minces de 2 à 3 mm (fig. 16.12).

• *Les blocs linteaux* servent à coffrer les linteaux, ce qui uniformise le support de l'enduit.

## REMARQUES

• Les dimensions indiquées sont soit approximatives, soit « de coordination », c'est-à-dire qu'elles incluent l'épaisseur des joints de mortier horizontaux et verticaux. Les dimensions des éléments sont en réalité plus petites (de 3 à 10 mm de moins, selon l'épaisseur prévue pour le joint).

• Les éléments destinés à être montés sans mortier ou avec des joints minces doivent être « calibrés » : leurs dimensions doivent être ajustées en sortie de fabrication.

1. Entrevois isolant assemblé en usine avec la poutre préfabriquée en béton armé.

2. Armature des poutrelles préfabriquées en béton armé.

3. Semelle béton de la poutrelle préfabriquée.

4. Talon de l'isolant servant à diminuer le pont thermique dû à la poutrelle.

5. Béton coulé sur place formant chape de compression.

6. Armature supérieure de la chape de compression servant également à prévenir les fissurations lors du séchage du béton, fibres d'armature intégrées au béton avant coulage.

7. Plaque de fibres de bois agglomérées en sous-face, nue ou avec enduit de finition en plâtre appliquée directement. Il existe des entrevois sans plaque de ce type.

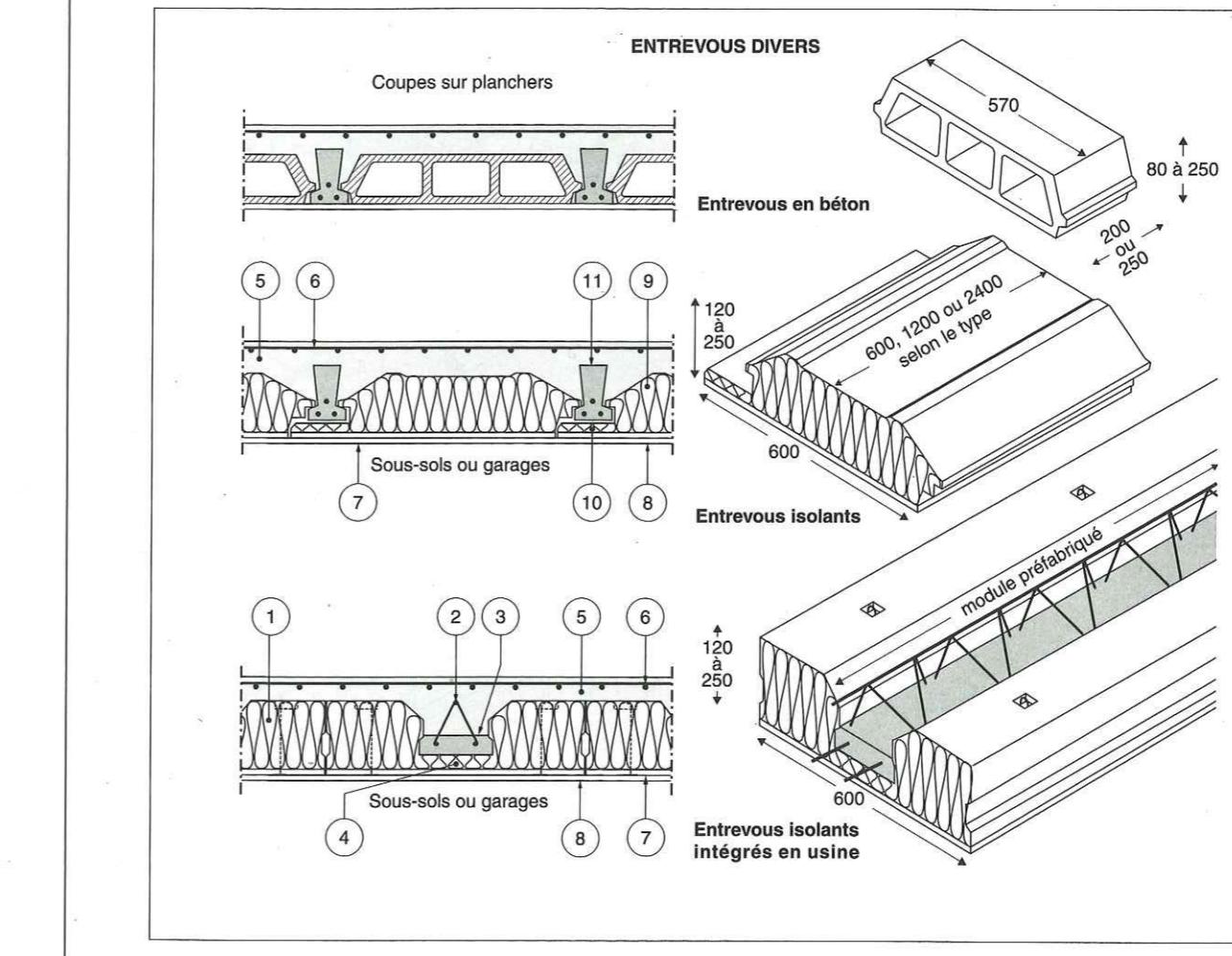
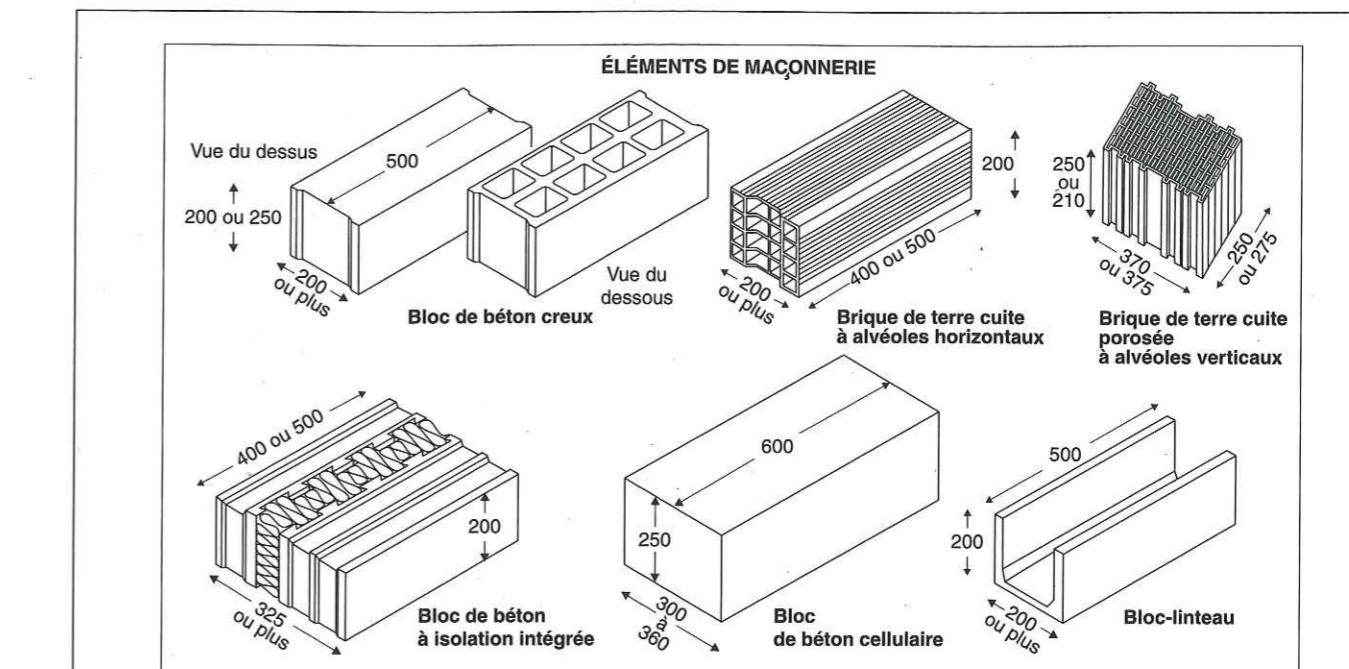
8. Enduit de plâtre ou liant hydraulique. En cas d'application directe sur l'isolant, une armature doit être prévue.

9. Entrevois en polystyrène.

10. Talon de l'entrevois diminuant le pont thermique au droit de la poutrelle.

11. Poutrelle préfabriquée précontrainte (fig. 16.1 (4)).

## Éléments de maçonnerie de la construction du type « maison individuelle »



Les chaînages verticaux jouent deux rôles :

- ils préviennent les désordres provoqués par les mouvements différentiels empêchés entre les toitures en béton et les murs en maçonneries d'éléments creux. Néanmoins, dans le cas d'éléments de maçonnerie pleins et lourds, ils ne sont pas nécessaires ;
- ils renforcent l'ensemble de la construction contre les efforts sismiques.

Ce ne sont pas des poteaux, car ils ne supportent pas de charges verticales particulières. Ils sont constitués d'armatures enrobées de mortier (souvent appelé « microbéton », l'utilisation de granulats de grandes dimensions étant déconseillée à cause de l'exiguité de l'alvéole) et se situent aux angles de la construction. Dans le cas de bâtiments plus importants qu'une maison individuelle, des chaînages verticaux doivent être ajoutés aux jonctions des façades avec les refends. En région sismique, il est prévu un chaînage vertical liaisonné au linteau, de chaque côté des baies.

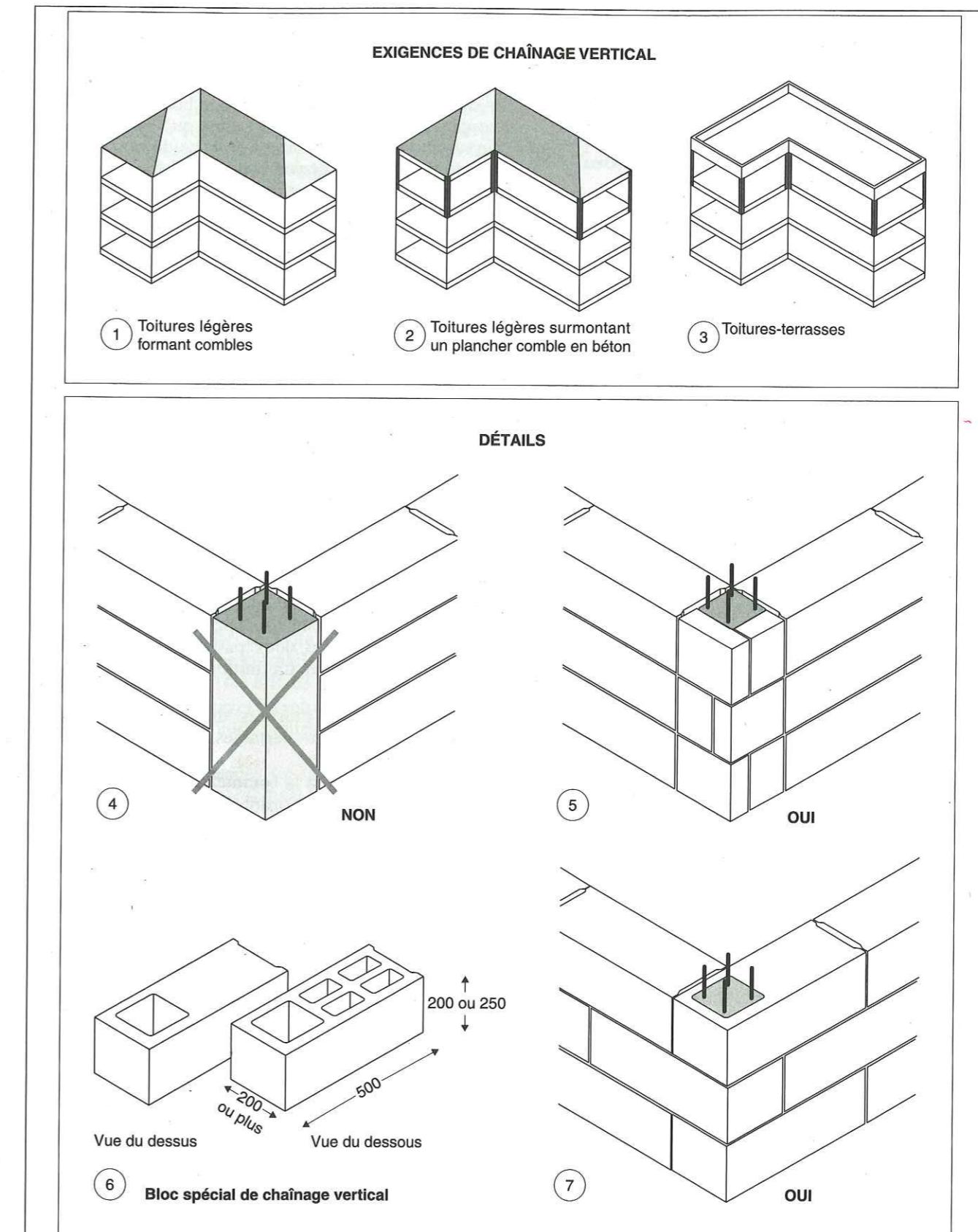
Afin d'éviter la formation de cavités dans la hauteur du chaînage, il convient d'utiliser un coulis de béton à granulats fins (microbéton) et de le couler en deux levées par étage tout en vibrant le béton. Les chaînages verticaux sont coulés dans des briques ou blocs spéciaux de chaînage, qui ont, contrairement aux blocs courants, des alvéoles débouchants plus larges.

Les armatures de chaînage vertical devant présenter une continuité avec celles des chaînages horizontaux, les armatures verticales sont repliées vers l'horizontale.

#### REMARQUE

Sur les maçonneries de remplissage d'une ossature en béton, voir fig. 16.7 à 16.9.

1. Sous les toitures légères formant combles (en bois, en acier), les chaînages verticaux ne sont pas obligatoires.
2. Si ces combles surmontent un plancher en béton, les chaînages verticaux sont obligatoires (dans le cas de combles isolés, ils sont recommandés par le DTU 20.1 moyennant quelques dispositions particulières concernant l'enduit du dernier étage).
3. Les chaînages verticaux sont obligatoires dans la hauteur de l'étage que surmonte une toiture-terrasse en béton (et à tous les étages en zone sismique).
4. Le chaînage vertical ne doit pas être coulé comme un simple poteau de béton armé.
5. Le chaînage vertical mis en œuvre a une section minimale d'armatures égale à  $1,5 \text{ cm}^2$ .
6. Les blocs spéciaux de chaînage vertical ont un alvéole débouchant de  $100 \text{ cm}^2$ .
7. Le chaînage vertical est coulé dans des blocs spéciaux.



La coupe présentée en figure 16.4 est caractéristique de la maison individuelle ou groupée en bande, ayant le plus souvent une toiture en pente avec une couverture de petits éléments.

1. Fermettes en bois assemblées par goussets métalliques. Elles remplacent les chevrons pour porter la couverture.

2. Gouttière pendante (en zinc ou en PVC).

3. Planche de rive en bois ou en panneau dérivé du bois destiné à un usage extérieur, fixée au bout des fermettes.

4. Soffite en planches de bois ou en panneau dérivé du bois destiné à un usage extérieur sur tasseaux (sur les moyens de protéger le personnel d'entretien de la chute, voir fig. 28.3 ; la saillie du toit complique la mise en place de cette protection).

5. Chaînage supérieur de  $3 \text{ cm}^2$  (correspondant à la section minimale des armatures en acier courantes) relié par des cadres (fig. 16.6) et sur lequel reposent les fermettes en bois de la toiture.

6. Joint de mortier traditionnel en ciment + sable + eau (épaisseur de 10 à 20 mm).

7a. Enduit d'imperméabilisation traditionnel ou enduit monocouche. À cet endroit, l'enduit est armé. L'armature de l'enduit est en treillis de fibres de verre ou d'acier galvanisé. Elle est obligatoire au droit des deux derniers planchers.

7b. Enduit non armé (cas général).

8. Linteau en béton armé. L'armature est liée au chaînage horizontal courant du plancher. Il existe un pont thermique important aux liaisons du plancher avec le mur.

9. Bloc linteau spécial.

10. Traverse basse du dormant de la fenêtre ouvrant à la française.

11. Cornière en acier galvanisé soutenant le poids de la fenêtre (pour une autre disposition, voir fig. 19.4 et 21.2).

12. Appui de fenêtre en béton comportant le rejingot recouvert par la traverse basse du dormant de la fenêtre (10). Ce rejingot protège le joint entre fenêtre et appui en arrêtant l'eau de pluie poussée par le vent. La saillie de l'appui par rapport à l'allège sous-jacente protège l'enduit ainsi que le joint entre l'appui et les blocs.

13. Blocs de béton (ou briques de terre cuite LD) destinés à être enduits, généralement creux et d'une épaisseur minimale de 0,20 m (afin d'assurer l'étanchéité). Celle-ci peut être augmentée pour garantir la stabilité et la résistance mécanique du mur.

14. Chaînage horizontal dans l'épaisseur du plancher (fig. 16.6).

15. Planelle servant à homogénéiser le support de l'enduit.

16. Étanchéité contre les remontées capillaires : ruban de polyéthylène noir noyé dans le mortier ou le mortier hydrofugé.

17. Peinture bitumineuse appliquée à froid en deux couches sur l'enduit recouvrant les blocs enterrés dans le cas de locaux admettant des infiltrations occasionnelles (voir § 16.4.2.2).

18. Géotextile (feutre) de filtrage de l'eau du sol, évitant le colmatage du drain.

19. Gravier.

20. Drain (tube perforé en PVC) entouré de gravier.

21. Béton de propreté.

22. Plafond : les plaques de plâtre sont fixées aux suspentes et aux rails métalliques qui les isolent des déformations du bois des fermettes auxquelles ils sont accrochés. L'isolant est posé entre les plaques et les fermettes.

23. Carrelage en pose traditionnelle (avec couche de ciment + sable, d'une épaisseur totale de 60 mm), devenue rare, ou en pose collée (avec moins de 10 mm d'épaisseur), cette dernière nécessitant une finition soignée du béton sous-jacent.

24. Plancher en poutrelles de béton préfabriquées armées ou précontraintes par adhérence et entrevois en béton ou terre cuite, avec dalle de compression coulée sur place. La figure présente une chape de compression épaisse, améliorant l'isolation acoustique.

25. Enduit (projeté) sous poutrelles et entrevois, avec renfort d'armature métallique.

26. Plaque de plâtre (de 10 mm en général) faisant partie du complexe en plaque de plâtre + isolant, fabriqué en usine.

27. Isolant du complexe de doublage en isolant + plâtre collé à la maçonnerie par des plots de colle. En montagne (ou dans des locaux à très forte humidité), ce complexe doit inclure un pare-vapeur (feuille d'aluminium collée entre la plaque de plâtre et l'isolant). Afin d'éviter les infiltrations d'air extérieur, une bande de mousse ou de laine minérale doit être insérée en bas, entre le sol et le doublage. En cas de pièce humide, un joint d'étanchéité doit être ajouté sur la face intérieure.

28. Ébrasement en plaque de plâtre (ou planche de finition en bois).

29. Tablette et couvre-joint en bois (ou plaque de plâtre).

30. Le pont thermique est fortement réduit par l'insertion d'un isolant de 50 mm d'épaisseur entre la chape (32) et le mur.

31. Revêtement de sol souple (moquette, par exemple).

32. Chape de béton, dite « chape flottante » (d'une épaisseur de 40 mm à 60 mm), sur isolant, pouvant intégrer un chauffage par le sol (résistances électriques ou tubes à eau chaude). La disposition présentée évite le pont thermique en nez de plancher.

33. Isolant thermique dont la déformabilité sous dallage est définie en classe de compressibilité I (selon le DTU 26.2).

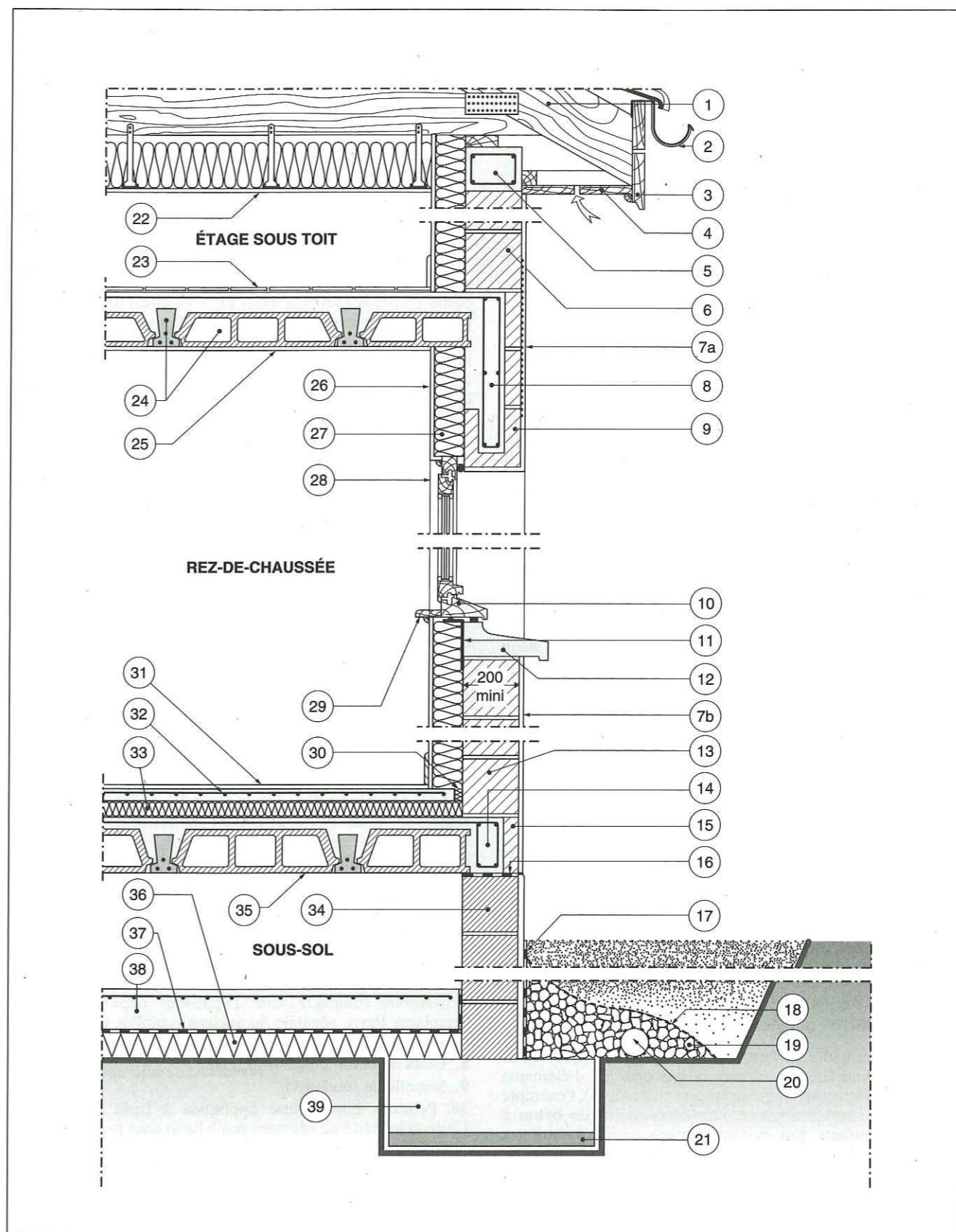
34. Blocs de béton pleins utilisés en cas de forte exposition à la pluie ou de risque de gel (acrotère, sous-sol). L'enduit extérieur sous terre est obligatoire quand les locaux n'admettent pas d'infiltrations.

35. Plancher à entrevois hauts (pas d'exigence acoustique). Si les portées sont limitées à 5 m, un plancher sans dalle de compression peut être envisagé, ce qui compense le surcoût de la chape flottante.

36. Remblai compacté formant une surface de coulage pour le dallage. Les lés de polyéthylène posés sur le remblai compacté servent à éviter la perte de laitance du béton lors du coulage.

37. Dallage sur terre-plein de 0,12 à 0,15 m avec armature en treillis soudé ou fibres intégrées au béton avant le coulage pour prévenir le risque de fissuration.

38. Semelle filante en béton avec armature de chaînage.



Dans le cas d'une toiture-terrasse en béton armé, il existe un pont thermique important, et les mouvements du toit lourd peuvent produire des désordres dans la maçonnerie sous-jacente. Pour pallier ces inconvénients, plusieurs solutions peuvent être envisagées, telles que :

- des acrotères de faible hauteur ;
- un supplément d'armatures, d'acrotère et de chaînage ;
- un fractionnement (joints) des acrotères longs (tous les 6 m) et des murs du dernier étage (tous les 8 à 10 m) – voir fig. 13.4 ;
- des armatures (fig. 16.8) noyées dans les joints de mortier horizontaux des blocs sous-jacents.

Les acrotères hauts en béton (coulé sur place ou préfabriqué) sont interdits quand ils surmontent la maçonnerie d'éléments (sauf s'ils sont entièrement recouverts d'un isolant thermique).

#### Exemple 1 : construction avec toiture terrasse à pente nulle et acrotère bas

1. Cornière en aluminium ou en acier inoxydable (côté extérieur) protégeant l'enduit sous-jacent (voir aussi fig. 20.6).
2. Acrotère bas (par définition, la hauteur maximale au-dessus de la protection est de 0,30 m), obligatoirement en béton armé. Il constitue le support du relevé d'étanchéité.
3. Armature en toile de verre ou en acier galvanisé afin d'éviter une fissuration de l'enduit due à l'hétérogénéité de son support (blocs creux puis béton armé) et à la rotation des derniers planchers.
4. Armatures du type Murfor (fig. 16.8) noyées dans le joint de mortier horizontal, aidant à empêcher les fissurations. Ces armatures ne sont pas obligatoires.
5. Blocs creux de béton (ou briques de terre cuite LD) enduits.
6. Couche pare-vapeur empêchant les condensations dans l'isolant de toiture.
7. Isolant de toiture.
8. Étanchéité indépendante (non collée à l'isolant). Selon le DTU 43.1, elle est formée de trois couches. En pratique, des étanchéités bicouches, de meilleure qualité, sont généralement employées (voir chap. 20).
9. Protection meuble (en gravier sans aspérités). Elle protège l'étanchéité contre les rayonnements ultraviolets et empêche son soulèvement par le vent.
10. Relevé d'étanchéité autoprotégé (par feuilles d'aluminium) contre les ultraviolets. Il est lui-même protégé des infiltrations par le débord (de 30 mm) de l'acrotère.

#### REMARQUE

Pour des exemples de protection contre la chute du personnel d'entretien, voir fig. 28.3 et 17.6 (exemple 1).

#### Exemple 2 : construction avec toiture terrasse à pente nulle et acrotère haut mixte

Les acrotères hauts en béton (coulé ou préfabriqué) étant interdits quand ils surmontent la maçonnerie d'éléments (sauf s'ils sont recouverts d'un isolant thermique), l'exemple proposé est l'acrotère mixte. Des blocs pleins de béton à granulats courants (ou certaines maçonneries apparentes adaptées aux fortes expositions) sont employés au-dessus de l'acrotère en béton bas (inférieur à 0,30 m – voir légende (2) de l'exemple 1), avec des joints horizontaux armés (fig. 16.8). Il faut prévoir des joints de fractionnement verticaux tous les 12 m, armer l'enduit et ajouter un élément de couronnement. Curieusement, le DTU 20.12 n'admet ce type d'acrotère

mixte que pour les terrasses inaccessibles. Cette limitation ne paraît pas justifiée dès lors que la partie maçonnerie satisfait aux exigences de résistance mécanique des garde-corps (norme NF P 06-001), par exemple grâce à l'intégration d'armatures semblables aux chaînages verticaux (fig. 16.3).

2. Partie basse de l'acrotère en béton armé.
11. Blocs de béton pleins pour l'acrotère.
12. Couronnement en béton protégeant la maçonnerie sous-jacente.
13. Enduit traditionnel ou monocouche.

#### Exemples 3 et 4 : construction en terre-plein avec isolation horizontale/verticale

Le plancher du rez-de-chaussée est constitué d'une dalle de béton coulée sur un remblai compacté, dite « dalle sur terre-plein », le vide sanitaire étant plutôt rare. Le pont thermique, dans le cas de la dalle sur terre-plein, est important, car il représente forfaitairement l'ensemble des déperditions superficielles de la dalle vers le sol (voir fig. 1.1). Pour diminuer ces déperditions, un isolant doit être disposé sur le périmètre du rez-de-chaussée, sur une largeur de 1,2 m au moins. Pour les bâtiments qui ont une petite emprise au sol, il est avantageux de disposer l'isolant sur toute la surface du terre-plein. Sa résistance thermique minimale exigée est de  $1,7 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ .

1. Étanchéité contre les remontées capillaires. Elle est placée en continuité avec le polyéthylène en lés sous la dalle (5).
2. Joint entre l'enduit bas et haut, coïncidant avec l'étanchéité contre les remontées capillaires.
3. Bande d'isolant thermique sous la dalle, sur toute la périphérie, préféablement sous toute la surface de la dalle. Si cette surface est inférieure à  $500 \text{ m}^2$ , la largeur minimale de l'isolant est de 1,2 m.

4. Dalle d'une épaisseur de 0,12 à 0,15 m coulée sur le remblai et armée d'un treillis soudé en acier contre les fissurations. Pour une dalle de grande surface ininterrompue, il faut prévoir des joints de fractionnement superficiels délimitant des surfaces de  $25 \text{ m}^2$  au maximum. Cependant, il est possible de diminuer le nombre de ces joints en remplaçant le treillis soudé par des fibres d'acier.

5. Lés de polyéthylène protégeant le plancher contre les remontées d'eau du sol et évitant les pertes de laitance lors du coulage.

6. Bande d'isolant périphérique située au droit du nez-de-dalle, permettant de diminuer le pont thermique. Il est préférable d'isoler la dalle sur toute sa surface quand celle-ci n'est pas très importante. Afin d'éviter les infiltrations d'air extérieur, une bande de mousse ou de laine minérale doit être insérée en bas, entre le sol et le doublage. En cas de pièce humide, un joint d'étanchéité doit être ajouté sur la face intérieure.

7. Remblai compacté dont l'épaisseur dépend du sol à remplacer (terre végétale ou anciens remblais, par exemple) avec un minimum de 0,10 m.

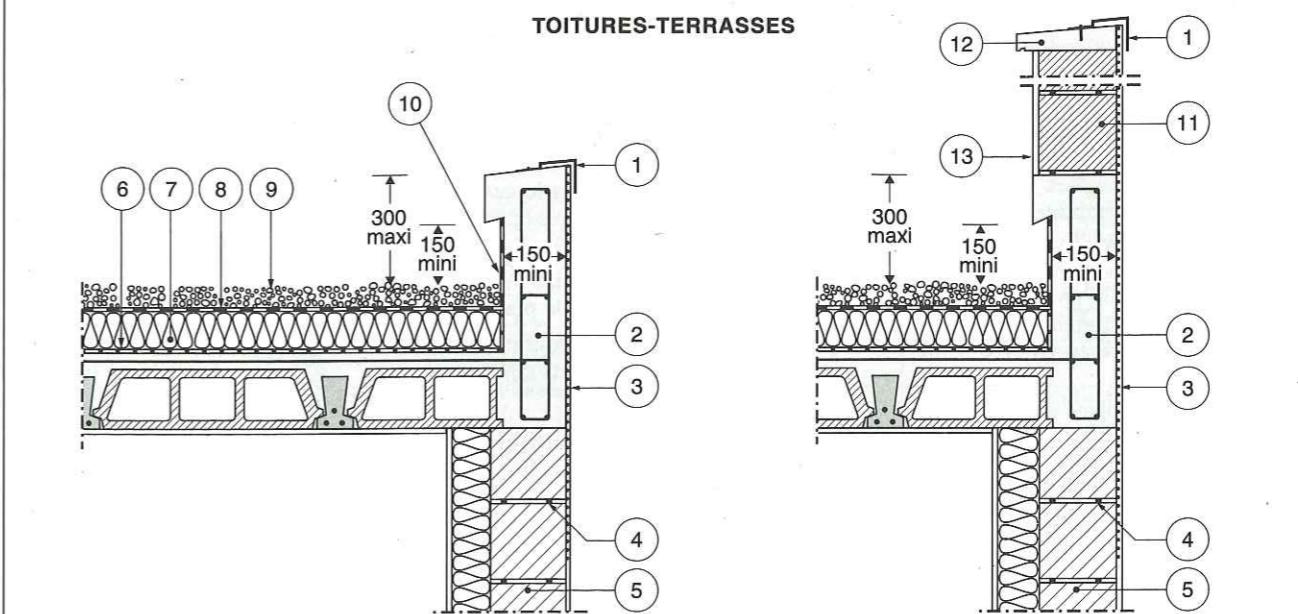
8. Blocs de béton pleins sous terre.

9. Semelle de fondation.

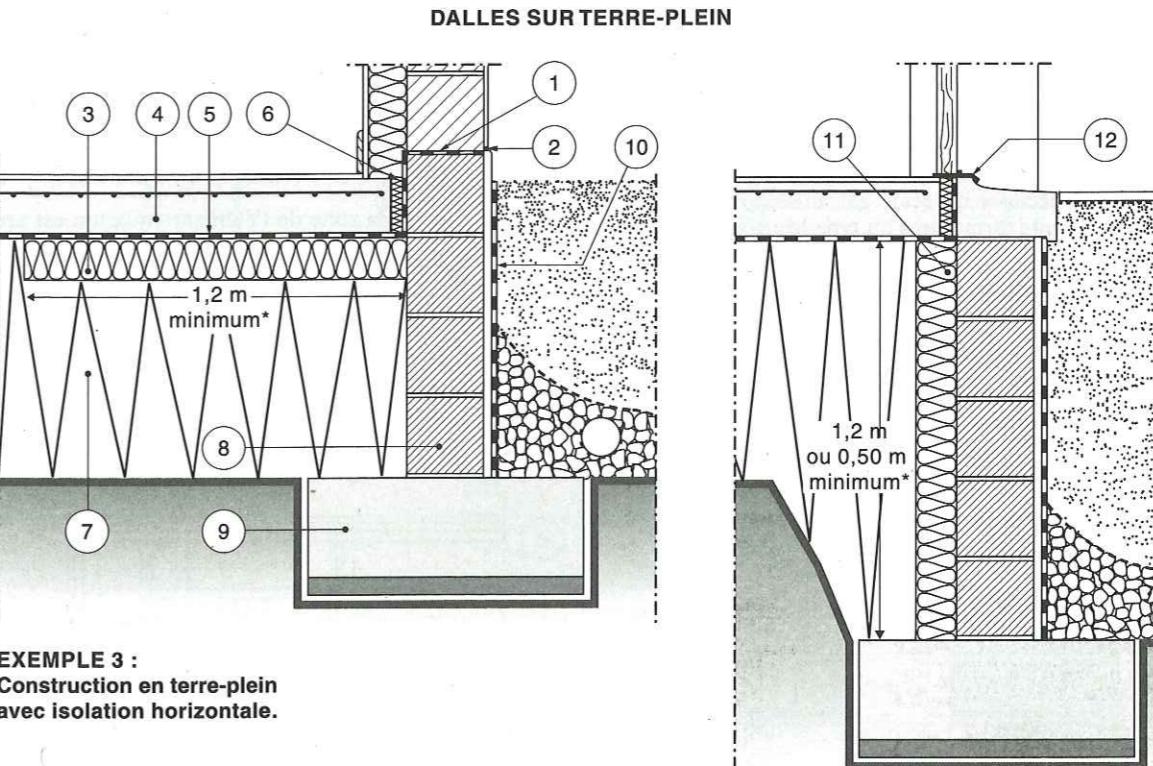
10. Peinture bitumineuse appliquée à froid sur l'enduit. Cette étanchéité ne résiste pas à l'eau sous pression, il faut prévoir un drain en cas de sol peu perméable.

11. Isolant périphérique disposé verticalement. Si la surface du dallage excède  $500 \text{ m}^2$ , la hauteur minimale de l'isolant est de 0,5 m ; dans le cas contraire, elle est de 1,2 m.

12. Au droit des portes, la traverse basse doit couvrir la bande d'isolant en nez de plancher.



**EXEMPLE 1 :**  
Construction avec toiture-terrasse à pente nulle et acrotère bas.



**EXEMPLE 3 :**  
Construction en terre-plein avec isolation horizontale.

\* Voir 10.2.2

**EXEMPLE 4 :**  
Construction en terre-plein avec isolation verticale.

Figure 16.6

**Isolation par l'intérieur : liaisons mur-plancher**

Les liaisons entre murs de maçonnerie d'éléments et planchers en béton (courants et en terrasse) sont souvent des lieux de désordres (fissures, décollements, infiltrations), en raison de :

- l'hétérogénéité des supports de l'enduit (béton-blocs creux) ;
- l'hétérogénéité de la température, due au pont thermique ;
- les mouvements différentiels empêchés entre le plancher lourd et les murs fragiles. Ils peuvent résulter des écarts de température ou d'humidité ainsi que des retraits inhérents à la prise et au séchage du béton ;
- la rotation due à la flexion des extrémités des planchers appuyées sur les façades.

Pour prévenir le risque de désordres (la qualité de la mise en œuvre étant considérée comme acquise), diverses solutions sont envisageables :

- prévoir des chaînages horizontaux en béton armé suffisamment armés et sans discontinuité (en veillant spécialement aux angles) ;
- prévoir des chaînages verticaux en mortier de ciment armé aux angles et au droit de certains refends. Leur armature doit être en continuité avec celle des chaînages horizontaux ;
- assurer l'homogénéité du support de l'enduit par l'habillage des nez de plancher, sinon armer l'enduit dans la zone de la jonction du mur avec le plancher d'un grillage en acier galvanisé ou d'un treillis en fibres de verre résistant aux alcalis ;
- armer l'enduit dans la zone des liaisons plancher-façade des deux derniers niveaux, quelle que soit la situation aux nez de plancher ;
- éviter l'utilisation d'éléments en béton très volumineux (chaînages, acrotères, corniches) dans le plan des murs et perpendiculairement (balcons). De tels éléments en saillie doivent être fractionnés par des joints tous les 6 m ;
- éventuellement, armer les joints horizontaux des lits de blocs situés sous le plancher et sous les fenêtres (allèges) par des armatures spéciales en acier galvanisé, noyées dans le mortier de ces joints (armatures du type Murfor – fig. 16.8).

**Exemples de chaînages horizontaux**

1. Les éléments très volumineux constitués de béton coulé sur place doivent être évités dans le plan des murs (chaînages, acrotères) ou en saillie (les balcons et corniches doivent être fractionnés tous les 6 m).

2. Généralement, le chaînage est situé dans l'épaisseur du plancher en béton. Le chaînage horizontal est constitué de béton coulé sur place et de barres d'armatures longitudinales (de section égale à 0,75 % de la section du béton de chaînage), reliées par des « cadres ». Il doit ceinturer de manière continue toutes les façades et les refends principaux : voir légende (5).

3. Dans le cas d'un plancher en bois, le béton du chaînage est moins épais.

4. Dans le cas de planchers à poutrelles et entrevois, des armatures appelées « chapeaux » surmontent le chaînage reliant le plancher aux murs.

5. La continuité des armatures doit être assurée aux angles rentrants et saillants.

**Exemples de liaisons mur-plancher****Liaison façade-plancher habillé**

6. L'habillage doit être réalisé avec le matériau du mur. Le petit bloc d'habillage obtenu est appelé « planelle ». Aux deux derniers niveaux, l'enduit devant le nez de plancher est armé.

7. Il est interdit d'insérer un isolant devant le nez de plancher.

8. Le bloc linteau habille l'ensemble du linteau et facilite son coulage.

9. L'enduit sur béton non habillé est armé et renforcé aux arêtes par un profilé d'angle spécial en acier galvanisé ou inoxydable.

**Liaison façade-plancher sans habillage**

10. L'enduit de la zone de l'élément en béton est armé avec un grillage d'acier galvanisé ou avec des fibres de verre. C'est aussi le cas du linteau en béton, dont les arêtes sont renforcées par une équerre spéciale. Cette disposition est obligatoire devant les deux derniers planchers sous toiture.

11. Les surfaces en béton coulé sur place sont séparées des zones en maçonnerie d'éléments par des joints calfeutrés avec du mastic de maçonnerie extérieure.

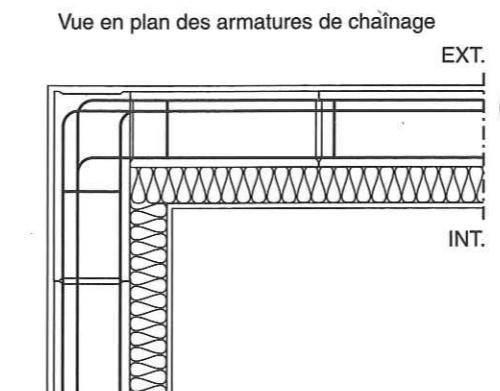
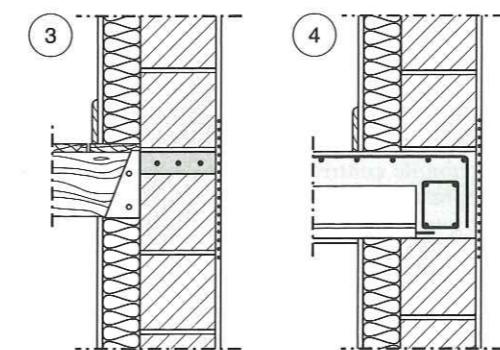
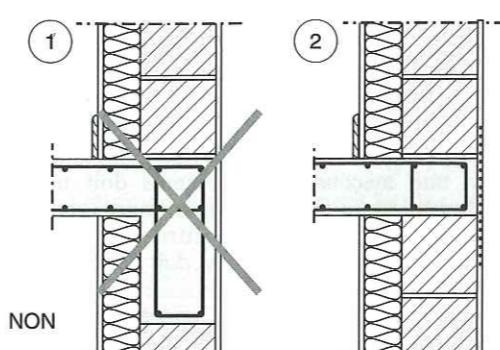
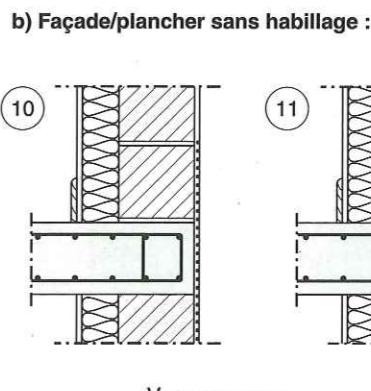
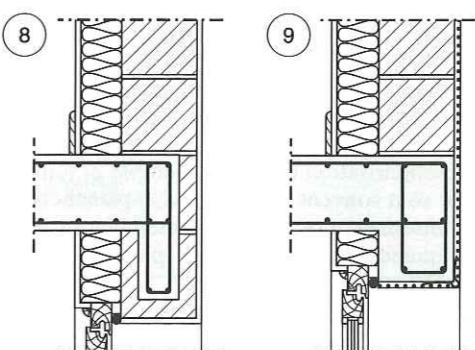
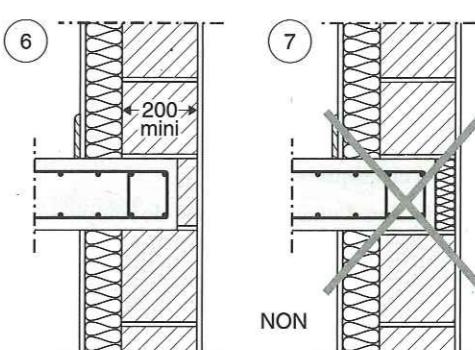
**EXEMPLES DE CHAINAGES HORIZONTAUX****EXEMPLES DE LIAISONS MUR/PLANCHER****a) Façade/plancher habillé :****b) Façade/plancher sans habillage :**

Figure  
16.7

## Maçonnerie de remplissage : principes de comportement

Le cas le plus simple de maçonnerie de remplissage est celui d'une maçonnerie construite à l'intérieur de cadres formés par une ossature poteaux-poutres en béton armé ou en acier. Plus ambigu est celui, très courant en France, d'une maçonnerie construite en façade d'un bâtiment dont les planchers en béton armé sont portés par des refends en béton banché (voir chap. 19). Si les murs de maçonnerie d'éléments étaient montés en même temps, plus ou moins, que les murs banchés, et si ces derniers se comportaient à peu près comme des maçonneries d'éléments, une telle maçonnerie serait porteuse. Néanmoins, ces deux conditions n'étant pas remplies, il est préférable d'aborder ce type de construction en prenant les précautions nécessaires à la construction d'une maçonnerie de remplissage « classique ».

Lors de la conception d'une maçonnerie de remplissage, deux aspects doivent être vérifiés : d'une part, la résistance au vent dans le sens perpendiculaire au plan de la maçonnerie ; d'autre part, le comportement de la maçonnerie de remplissage par rapport à l'ossature.

## Résistance au vent et au feu

Sollicitées par un vent qui leur est perpendiculaire, les maçonneries de remplissage peuvent transmettre ces forces horizontales aux planchers et aux refends. Certains panneaux de maçonnerie sont ainsi appuyés contre le vent sur deux, trois ou quatre côtés. La présence de percements constitue un élément de complexité supplémentaire. Par ailleurs, les besoins de désolidarisation (fig. 16.8, exemple 2) font que les forces du vent sont souvent transmises aux planchers ou aux refends par l'intermédiaire d'attaches métalliques. Pour des cas courants, quand les appuis ne sont pas trop écartés, les règles suivantes peuvent être adoptées :

- l'épaisseur minimale de la maçonnerie (brute) est de 0,10 m (en cas d'isolation par l'extérieur) ;
- la distance maximale entre deux planchers raidisseurs n'excède pas 30 fois l'épaisseur (brute) de la maçonnerie de remplissage, soit 3 m pour des blocs de 0,10 m, par exemple, en cas de maçonnerie apparente de mur double (fig. 17.5) ;
- quand le raidissement se fait par deux refends, cette distance peut être augmentée, mais le DTU ne le précise pas. Sans percements, la distance maximale peut sans doute atteindre jusqu'à 45 fois l'épaisseur.

## Comportement vis-à-vis de l'ossature

L'ossature et la maçonnerie d'éléments sont des éléments peu compatibles :

- la partie horizontale de l'ossature (poutres) est généralement de faible hauteur et supporte des déformations (de l'ordre du 1/500 de la portée) avec peu de fissurations. Les poteaux peuvent subir des déformations à cause des sollicitations du vent ;
- la maçonnerie d'éléments de grande superficie est rigide et fragile en même temps. Elle ne peut se déformer sans se fissurer. Cette fissuration est liée à l'apparition d'un arc de décharge à l'intérieur du panneau de maçonnerie.

Par conséquent, la conception d'une poutre, ou d'un linteau, portant une maçonnerie d'éléments doit non seulement tenir compte de la charge du mur, mais également du peu de déformations qu'il peut admettre sans se fissurer (3). La flèche de la poutre, ou du linteau, doit donc être limitée. Il est également possible de :

- diminuer la fragilité de la maçonnerie par l'introduction d'armatures ; elle devient alors une maçonnerie armée (fig. 16.8) ;
- fractionner les panneaux de maçonnerie et les séparer de l'ossature (tous les 10 à 20 m selon l'amplitude des températures, qui dépend de la région et de l'exposition de la façade – voir partie 1, chap. 13 et fig. 13.3).

Néanmoins, ces dispositifs peuvent empêcher que les panneaux de maçonnerie d'éléments contribuent au contreventement du bâtiment, fonction qu'ils peuvent assumer avantageusement.

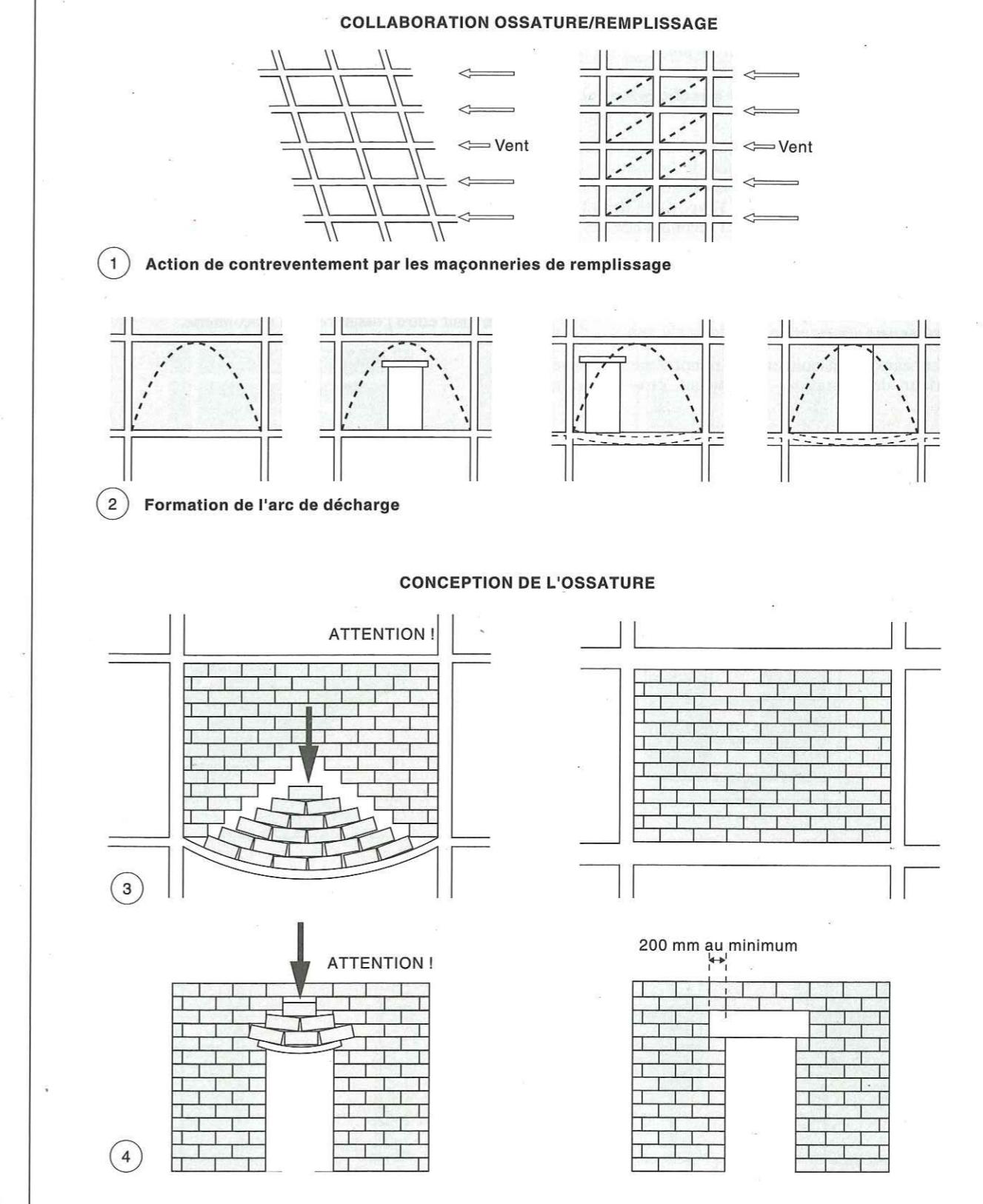
1. L'action de contreventement de la façade en maçonnerie de remplissage n'a lieu que si celle-ci est liaisonnée à l'ossature et que des bielles en compression diagonale peuvent se former à l'intérieur des panneaux de maçonnerie.

2. La formation de l'arc de décharge dans le panneau de maçonnerie de remplissage et les fissurations qui en résultent dépendent des percements et de leur emplacement. Un arc de décharge qui fonctionne bien réduit les charges sur la poutre qui soutient le panneau.

3. Les déformations de l'ossature doivent être limitées afin de prévenir la fissuration des maçonneries.

4. La même logique s'impose pour les linteaux, dans tous les cas (maçonnerie porteuse ou de remplissage). L'appui du linteau sur les trumeaux doit être suffisant (0,20 m au minimum). Les planelles ou blocs linteaux ne sont pas présentés ici.

## Maçonnerie de remplissage : principes de comportement

Figure  
16.7

**Exemple 1 : introduction d'armatures**

L'armature des joints diminue les risques de fissuration autour des percements. Cette armature en acier galvanisé ou inoxydable est noyée dans le mortier du joint.

**Exemple 2 : fractionnement et désolidarisation d'éléments de maçonnerie**

Le fractionnement des maçonneries et leur désolidarisation de l'ossature diminuent le risque de fissuration. Il faut fractionner tous les 10 à 20 m, selon la variation des températures, qui dépend de la région et de l'exposition de la façade (voir partie 1, chap. 13). Le DTU 20.1 recommande des joints espacés de 40 fois l'épaisseur du mur au plus, c'est-à-dire de 8 m pour une façade courante de 0,20 m d'épaisseur brute.

**Exemples de liaisons poteaux-éléments de remplissage**

1. Les panneaux de maçonnerie de remplissage se trouvent à l'extérieur de l'ossature. Ils doivent être fractionnés

judicieusement, car la construction de la maçonnerie devant les poteaux (ou les refends), si elle réduit l'hétérogénéité du support de l'enduit, ne résout pas l'incompatibilité de déformation éventuelle entre la maçonnerie et l'ossature.

2. Les panneaux de maçonnerie sont situés dans le plan de l'ossature. Les joints sont calfeutrés avec un mastic prévu pour cet usage. Dans cet exemple, la désolidarisation n'est toutefois pas complète ; pour désolidariser, il faudrait remplacer les joints de mortier par des rubans en mousse compressible destinée à servir de fond de joint.

3. Certains éléments d'ossature en forme de L ou de T peuvent protéger le joint entre le remplissage et l'ossature. Dans cet exemple, la désolidarisation n'est pas complète non plus ; pour désolidariser, il faudrait remplacer les joints de mortier (entre le poteau et la maçonnerie) par des rubans en mousse compressible destinée à servir de fond de joint.

4. Les planelles et l'armature de l'enduit évitent la fissuration du joint entre l'ossature et la maçonnerie.

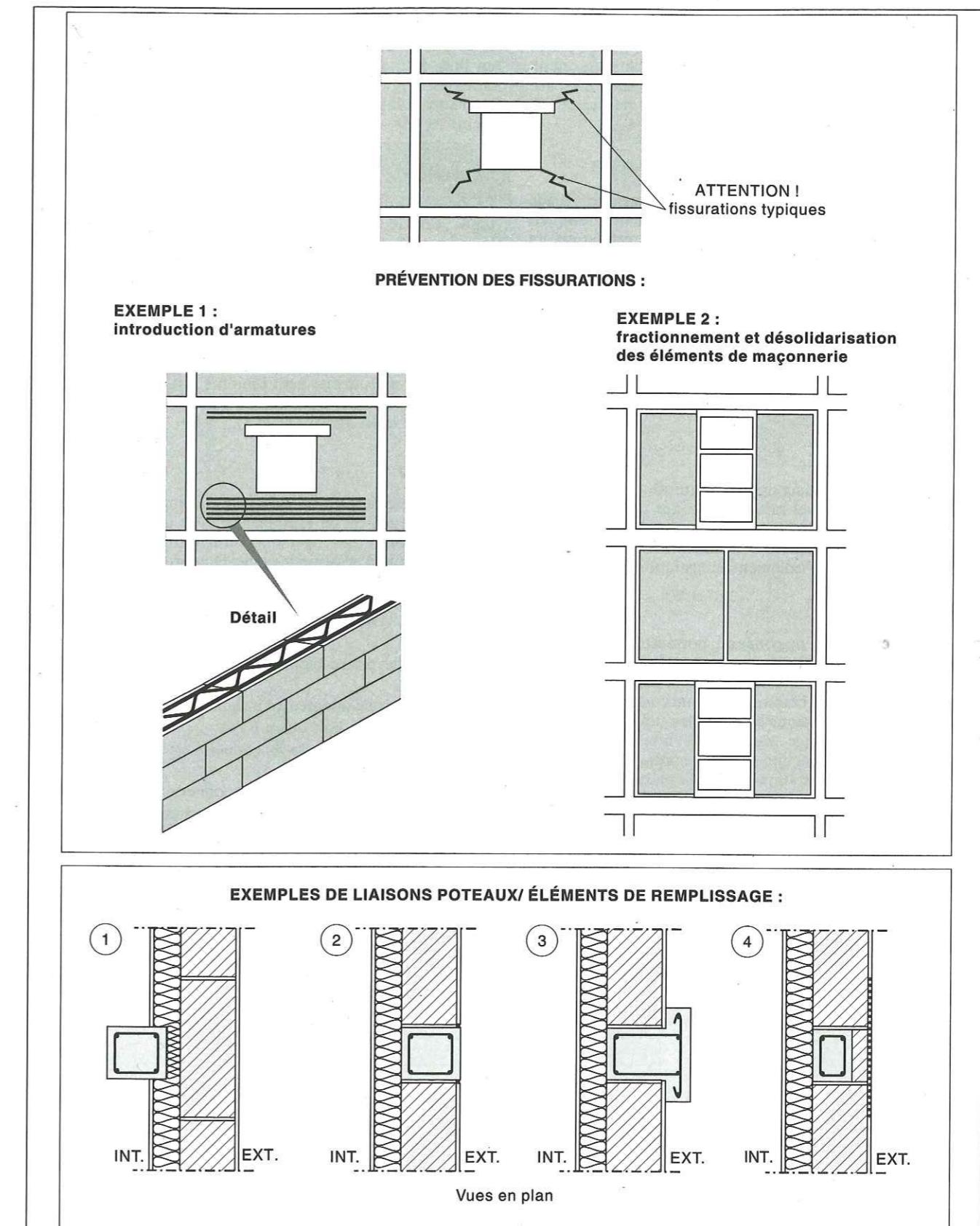


Figure 16.9

**Isolation par l'intérieur – Vues en plan : ponts thermiques ou acoustiques****Exemple 1**

C'est le cas habituel d'une maçonnerie de remplissage située devant les refends en béton banché quand ces derniers ont un rôle de séparation acoustique ou contre l'incendie. L'espace entre les refends en béton et la maçonnerie de façade est rempli de mortier ; il y a pont thermique.

**Exemple 2**

La séparation de la maçonnerie de remplissage de façade et des refends en béton banché est rarement pratiquée. Elle est néanmoins possible, même quand le refend est un séparatif entre logements, ou entre d'autres locaux exigeant un fort isolement acoustique ou une coupure au feu. Cette coupure diminue considérablement le pont thermique décrit à l'exemple 1. Afin d'assurer la fonction coupe-feu et d'éviter un « pont » phonique à cet endroit, il faut remplir de laine minérale de haute densité ( $140 \text{ kg/m}^3$ ) l'espace de 30 mm situé entre le mur de façade et le refend, tout en assurant l'étanchéité à l'air de la jonction par des plaques de plâtre bien collées sur les bords.

**Exemple 3**

C'est le cas d'une maçonnerie porteuse avec jonction habituelle entre façade et refend maçonnisés, quand le refend est un séparatif entre logements. Il est alors en blocs pleins et complété par un complexe en laine minérale + plaque de plâtre afin d'atteindre l'isolement acoustique requis.

**Exemple 4**

Il s'agit du cas d'une maçonnerie porteuse sans exigence d'isolement acoustique ou de coupure au feu. La séparation entre refends et façades en maçonnerie est possible grâce à la rigidité des planchers en béton, qui agissent comme des plaques répartissant les sollicitations horizontales sur l'ensemble des murs. Le lien de harpage traditionnel entre les murs n'est plus nécessaire à la stabilité de l'ensemble. La disposition présentée est souvent pratiquée dans la maison individuelle afin d'éviter le « pont » thermique vertical. En logement collectif, les dispositifs présentés dans les exemples précédents – blocs pleins, doublage en laine minérale (exemple 3) et séparation entre refend et façade (exemple 2) – peuvent être adoptés conjointement.

**Exemple 5**

Ce type de pose – coupe horizontale sur fenêtre sans fermetures (volets) posée contre le mur intérieur de la maçonnerie – est souvent appelée « pose en applique » (fig. 21.2).

**Exemple 6**

C'est une fenêtre posée en applique avec des volets battants en bois, fixés à la maçonnerie. La fixation dans des blocs creux est fragile et exige l'emploi de chevilles adéquates. La meilleure solution consiste à prévoir à cet endroit des blocs pleins.

**Exemple 7**

La fenêtre est posée en applique. Elle a une fourrure, ou tapée extérieure, sorte d'épaisseur du dormant sur lequel sont fixés les volets (fig. 21.2).

**Exemple 8**

Si la maçonnerie de remplissage est montée devant le poteau en béton armé, le pont thermique est éliminé et les risques de fissuration sont réduits. Du fait de la rigidité des planchers en béton, la maçonnerie peut toujours assurer le contreventement, mais des joints de fractionnement doivent alors être prévus (voir aussi fig. 16.7 et 16.8).

**Exemple 9**

C'est le cas de la jonction d'une façade en maçonnerie d'éléments porteuse, ou de remplissage, avec une cloison légère séparatrice entre des logements ou d'autres locaux exigeant un fort isolement acoustique et une coupure au feu. La cloison doit rejoindre la façade. Cette configuration peut atteindre un isolement acoustique supérieur à celui d'un refend en béton banché de 0,25 m et un degré coupe-feu de 2 h ou plus.

1. Plaques de plâtre bien collées, avec joint de mastic en complément.
2. Laine minérale adaptée à l'isolement acoustique requis.
3. Volet battant en bois ou en PVC.
4. Chaînage vertical de la maçonnerie de façade, en cas de maçonnerie porteuse (fig. 16.3).
5. Isolant entre le poteau et la maçonnerie de remplissage.
6. Laine minérale nécessaire à la performance acoustique de la cloison légère.
7. Plaques de plâtre, au nombre de deux ou trois, fixées sur une ossature verticale en acier galvanisé. Les deux ossatures (à gauche et à droite) sont séparées l'une de l'autre, d'où la disposition en quinconce.
8. Montant de l'ossature de la cloison. Il est généralement en tôle d'acier galvanisé, pliée à froid. Les montants des deux rangs ne se touchent pas.

**Isolation par l'intérieur – Vues en plan : ponts thermiques ou acoustiques**

Figure 16.9

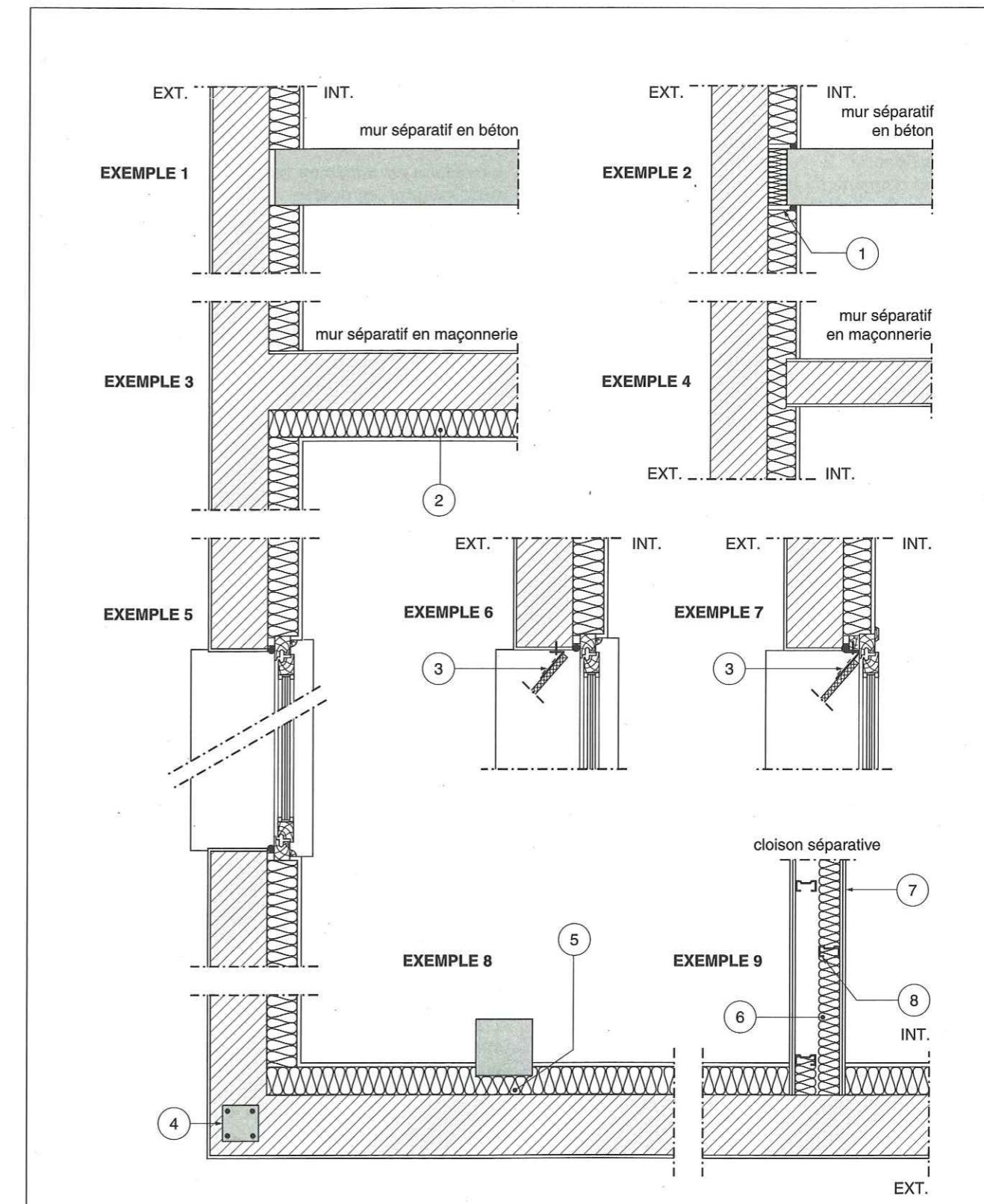


Figure  
16.10

## Isolation par l'extérieur : coupe sur façade

L'exemple présenté ici est celui d'une construction neuve du type « maison individuelle ». Or l'isolation par l'extérieur est une technique très répandue en France en réhabilitation, mais pas en construction neuve. De ce fait, certains accessoires métalliques ne sont pas disponibles sur catalogue. Ils peuvent néanmoins être fournis à la demande, sans délais ni surcoûts importants.

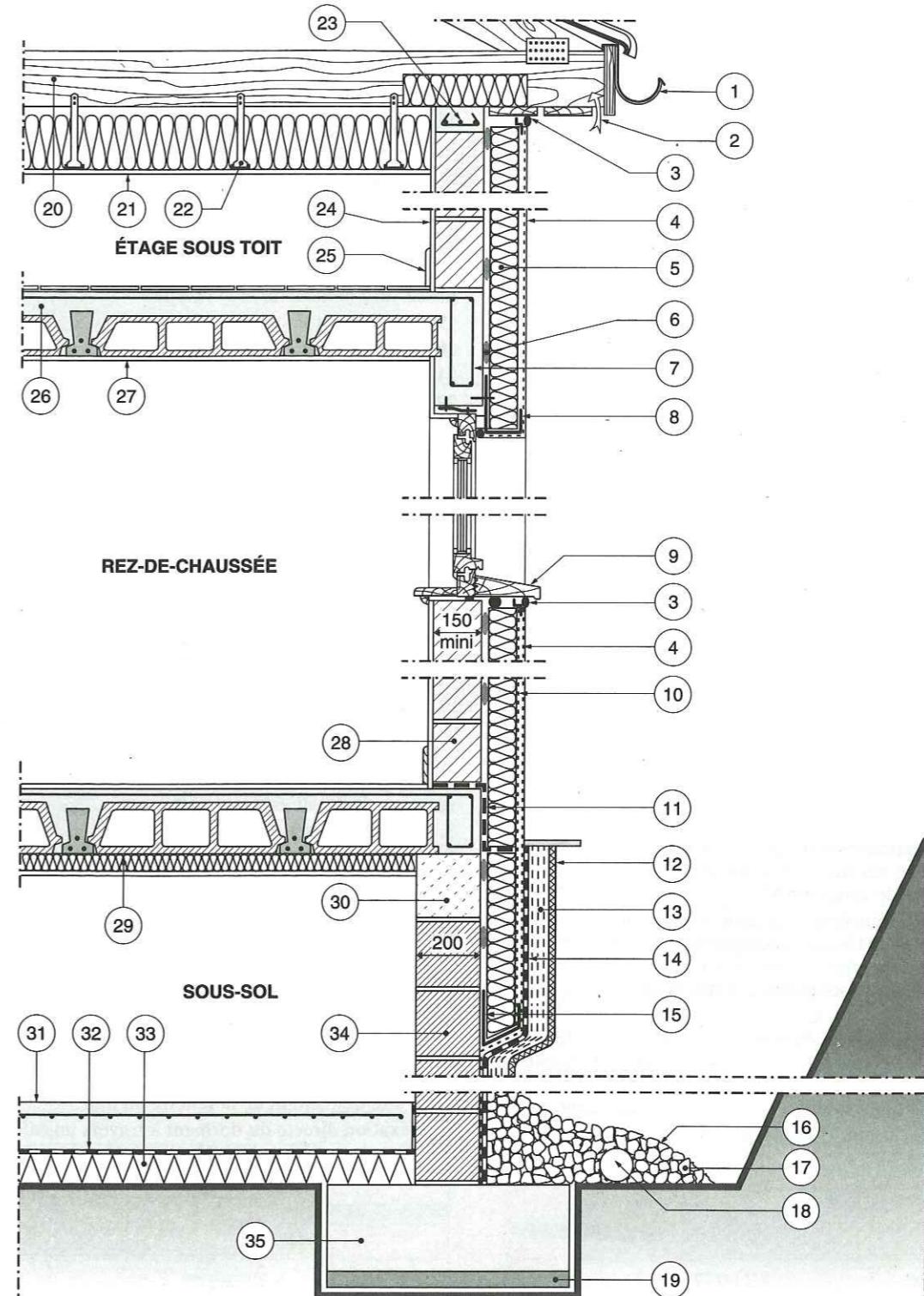
## REMARQUE

La pose d'un garde-corps collectif en vue d'assurer la sécurité des travailleurs de l'entretien peut se révéler difficile du fait de la fragilité de l'isolant extérieur (voir fig. 28.3, à droite).

1. Gouttière pendante en zinc ou en PVC.
2. Soffite en planches de bois ou en panneaux dérivés du bois, avec joints ouverts pour la ventilation de la couverture.
3. Joint en mastic sur profil en aluminium spécial collé en haut des panneaux isolants.
4. Enduit organique (mélangé ou non avec du ciment) mince (de 3 à 5 mm d'épaisseur) appliquée sur l'isolant, armé d'un voile en fibres de verre. Finition en peinture épaisse avec RPE. Les couleurs foncées doivent être évitées sur les façades ensoleillées.
5. Panneaux en PSE de 60 à 120 mm d'épaisseur, dont les dimensions maximales sont spécifiées par les avis techniques. Ils doivent être certifiés  $I \geq 2$ ,  $S4$ ,  $O3$ ,  $L4$ ,  $E \geq 2$  (cette certification caractérise les qualités mécaniques, d'absorption d'eau et de perméance à la vapeur de l'isolant).
6. Collage des panneaux isolants à la maçonnerie. Colle en filets ou étalée.
7. Linteau en béton armé.
8. Profil en aluminium spécial fixé à la maçonnerie, renforçant le tableau et fournissant une feuillure de pose pour la menuiserie.
9. Appui de fenêtre en bois recouvrant l'isolant enduit.
10. Armature supplémentaire de renfort dans la partie basse soumise aux impacts. Dans le cas de façades donnant sur des lieux publics, une solution encore plus résistante aux chocs doit être recherchée.
11. Ruban d'étanchéité contre les remontées capillaires.
12. Feutre géotextile filtrant, pour éviter la contamination du drain.
13. Matelas en fibres de polymère protégeant la partie enterrée de l'isolant enduit des impacts dus au remblai.

14. Peinture d'étanchéité appliquée à froid.
15. Profil en aluminium de renfort du départ, fixé au mur.
16. Feutre géotextile filtrant, évitant l'obturation du drain et de la couche drainante par les particules fines du sol environnant.
17. Gravier drainant autour du drain.
18. Drain, généralement en PVC perforé.
19. Béton de propreté assainissant l'assise de la fondation.
20. Fermettes en bois.
21. Plaques de plâtre fixées aux rails.
22. Suspente en acier galvanisé portant les rails.
23. Chaînage horizontal haut.
24. Enduit (ou plaque) de plâtre à l'intérieur.
25. Plinthe en bois ou en céramique servant de couvre-joint.
26. Plancher en poutrelles de béton précontraintes (ou armées) avec entrevoûts et chape de compression.
27. Enduit (ou plaque) de plâtre.
28. Blocs de béton de 0,15 m d'épaisseur au minimum. Ils doivent être suffisamment lourds ( $180 \text{ kg/m}^2$ ) pour satisfaire à l'exigence minimale d'isolation acoustique par rapport à l'extérieur. Pour une maçonnerie de remplissage, l'épaisseur minimale est de 0,10 m, à condition que la résistance au vent et le raidissement contre le flambement soient vérifiés ; des blocs pleins sont employés dans ce cas.
29. Complex isolant en PSE entre deux panneaux de fibres (sandwich) fixé en sous-face du plancher. L'enduit peut être appliquée directement sur le panneau de fibres extérieur.
30. Rangée de blocs légers en béton cellulaire, afin de diminuer le pont thermique.
31. Dalle en béton de 0,15 m d'épaisseur armée d'un treillis en acier, coulée sur le remblai compacté.
32. Feuille de polyéthylène contre les remontées capillaires, évitant également les pertes de laitance lors du coulage du béton.
33. Remblai compacté dont l'épaisseur dépend du sol à remplacer (terre végétale ou anciens remblais, par exemple) avec un minimum de 0,10 m.
34. Blocs de béton pleins de 0,20 m d'épaisseur sous terre.
35. Semelle filante de fondation en béton avec armature de chaînage minimale.

## Isolation par l'extérieur : coupe sur façade

Figure  
16.10

**Exemple de balcon avec pont thermique diminué**

1. Blocs de béton de 0,15 m d'épaisseur au minimum. Ils doivent être suffisamment lourds (180 kg/m<sup>2</sup>) pour satisfaire à l'exigence minimale d'isolation acoustique par rapport à l'extérieur. Pour une maçonnerie de remplissage, l'épaisseur minimale est de 0,10 m, à condition que la résistance au vent et le raidissement contre le flambement soient vérifiés ; des blocs pleins doivent être employés dans ce cas.
2. Panneaux en PSE de 60 mm à 120 mm d'épaisseur, dont les dimensions maximales sont spécifiées par les avis techniques. Ils doivent être certifiés I ≥ 2, S4, O3, L4, E ≥ 2.
3. Enduit organique (mélangé ou non avec du ciment) mince (de 3 à 5 mm d'épaisseur) appliquée sur l'isolant, armé d'un voile en fibres de verre. Finition en peinture épaisse avec RPE. Les couleurs foncées doivent être évitées sur les façades ensoleillées.
4. Joint en mastic sur profil spécial en aluminium, collé le long des panneaux isolants jouxtant les éléments de la construction en maçonnerie. Cette disposition est obligatoire dans les cas de façade non protégée.
5. Isolant (de 30 mm d'épaisseur) inséré entre le balcon et le plancher.
6. Collage des panneaux isolants à la maçonnerie. Colle en filets ou étalée.
7. Cornière de renfort d'angle en aluminium.

**Exemples 1, 2 et 3**

Ils présentent en coupe les dispositions le long du balcon (à gauche dans le plan).

1. Blocs de béton de 0,15 m d'épaisseur au minimum. Ils doivent être suffisamment lourds (180 kg/m<sup>2</sup>) pour satisfaire à l'exigence minimale d'isolation acoustique par rapport à l'extérieur. Pour une maçonnerie de remplissage, l'épaisseur minimale est de 0,10 m, à condition que la résistance au vent et le raidissement contre le flambement soient vérifiés ; des blocs pleins doivent être employés dans ce cas.
2. Panneaux en PSE de 60 à 120 mm d'épaisseur, dont les dimensions maximales sont spécifiées par des avis techniques. Ils doivent être certifiés I ≥ 2 S4, O3, L4, E ≥ 2, avec une réaction au feu de catégorie M1.
3. Enduit organique (mélangé ou non avec du ciment) mince (de 3 à 5 mm d'épaisseur) appliquée sur l'isolant, armé d'un voile en fibres de verre. Finition en peinture épaisse avec RPE. Les couleurs foncées doivent être évitées sur les façades ensoleillées.
4. Joint en mastic sur profil spécial en aluminium collé le long des panneaux isolants jouxtant les éléments de la construction en maçonnerie. Cette disposition est obligatoire dans le cas de façades non protégées : c'est le cas le plus courant.
5. Isolant (de 30 mm d'épaisseur) inséré entre le balcon et le plancher.

6. Collage des panneaux isolants à la maçonnerie. Colle en filets ou étalée.
12. Étanchéité autocollante pour une protection supplémentaire du bas du mur, qui est une zone sur laquelle l'eau de pluie rejaillit.

13. Profil spécial de départ en aluminium, fixé à la maçonnerie.
14. Plinthe de protection collée.
15. Plancher à poutrelles préfabriquées et entrevois.
16. Étanchéité en continuité avec celle du mur : voir légende (12).
17. Dormant de porte-fenêtre sur joint préformé ou mousse imprégnée.
18. Plaque en contreplaqué CTBX de qualité « marine », posée sur l'étanchéité et le mortier.
19. Appui en aluminium ou en zinc.
20. Joint de mastic.
21. Enduit (ou plaque) en plâtre.
22. Armature supérieure de console pour le balcon.

**Exemple de fenêtre**

Les exemples 4 et 5 présentent deux types de fixation du dormant. La fixation directe à travers le dormant n'est pas facile à réaliser si sa profondeur est faible.

1. Blocs de béton de 0,15 m d'épaisseur au minimum. Ils doivent être suffisamment lourds (180 kg/m<sup>2</sup>) pour satisfaire à l'exigence minimale d'isolation acoustique par rapport à l'extérieur. Pour une maçonnerie de remplissage, l'épaisseur minimale est de 0,10 m, à condition que la résistance au vent et le raidissement contre le flambement soient vérifiés. Des blocs pleins doivent être employés dans ce cas.
2. Panneaux en PSE de 60 à 120 mm d'épaisseur, dont les dimensions maximales sont spécifiées par les avis techniques. Ils doivent être certifiés I ≥ 2, S4, O3, L4, E ≥ 2, avec une réaction au feu de catégorie M1.
3. Enduit organique (mélangé ou non avec du ciment) mince (de 3 à 5 mm d'épaisseur) appliquée sur l'isolant, armé d'un voile en fibres de verre. Finition en peinture épaisse avec RPE. Les couleurs foncées doivent être évitées sur les façades ensoleillées.
6. Collage des panneaux isolants à la maçonnerie. Colle en filets ou étalée.
8. Profil spécial en aluminium fixé à la maçonnerie, renforçant le tableau et fournissant une feuillure de pose pour la menuiserie.
9. Joint de mastic entre l'appui de la fenêtre et le tableau.
10. Patte de fixation de la fenêtre au mur.
11. Fixation directe du dormant à travers un calage.
21. Enduit (ou plaque) en plâtre.

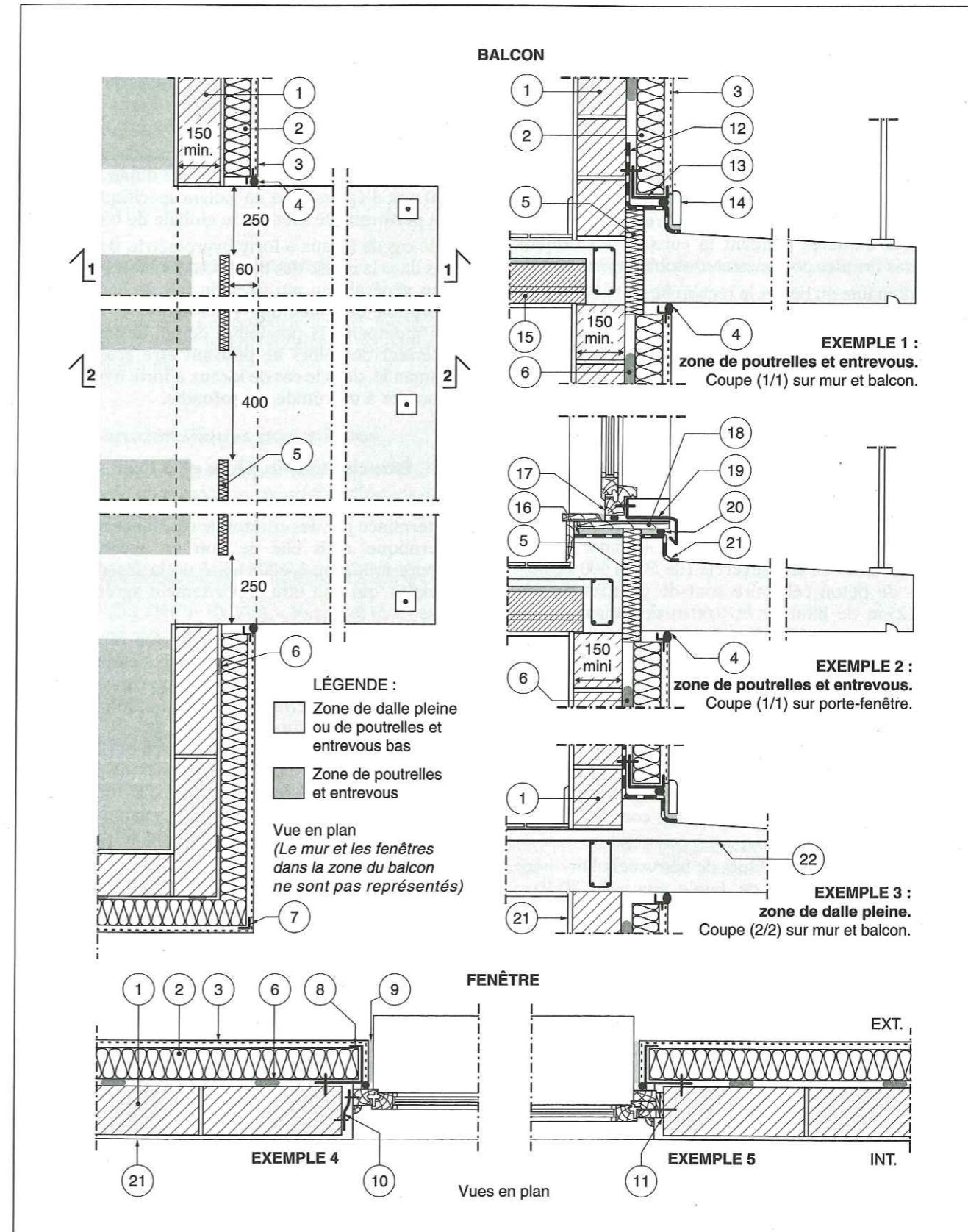


Figure 16.12

## Isolation répartie : coupe sur façade

## Exemple adapté au climat méridional

L'utilisation d'un plancher à poutrelles incliné comme support de couverture est assez fréquente dans le Midi. Son inertie thermique permet de résoudre le problème de la surchauffe des combles habités, qui n'est pas inconnu dans les régions septentrionales.

1. Liteaux en bois fixés sur des contre-liteaux, eux-mêmes fixés à travers l'isolant dans le béton.
2. Isolant en PSE.
3. Gouttière pendante en zinc ou en PVC.
4. Planche de rive écartée du mur afin de laisser une entrée d'air pour la ventilation de la couverture.
5. Enduit monocouche de catégorie CS I ou CS II ou enduit traditionnel appliquée sur des blocs de béton cellulaire humidifiés. Les teintes sombres sont à éviter sur les façades ensoleillées.
6. Premier joint de départ en mortier traditionnel épais pour assurer l'horizontalité du premier lit.
7. Planelle en béton cellulaire (ou en terre cuite porosée) de 70 mm d'épaisseur au minimum en fond de coffrage. Des vis d'ancrage en acier inoxydable assurent la liaison avec le béton coulé après l'introduction de l'isolant.
8. Armature en fibres de verre ou en métal, devant le nez de plancher et autour du linteau.
9. Isolant en PSE de 30 mm d'épaisseur en fond de coffrage.
10. Planelle en béton cellulaire (ou en terre cuite porosée) de 100 mm d'épaisseur collée et fixée de l'extérieur sur le linteau. Elle peut également être placée en fond de coffrage avec des vis d'ancrage dans le béton coulé.
11. Fixations ou ancrages en vis d'acier inoxydable chevillées. Les vis et les chevilles correspondent aux indications des fabricants de blocs.
12. Appui maçonner en béton lourd.
13. Isolant de 30 mm d'épaisseur en PSE.
14. Joint mince (3 mm d'épaisseur) courant en mortier-colle. Le joint mince s'impose pour réduire l'impact des nombreux ponts thermiques produits par l'ensemble des joints du mur, qui diminuent sa résistance thermique moyenne. Plus facile et rapide à réaliser que le joint traditionnel, il exige néanmoins une attention particulière quant à l'usage correct d'outils spéciaux (pelle crantée notamment), afin de garantir un étagement complet et une épaisseur constante du mortier-colle.
15. Blocs de béton cellulaire (ou briques porosées). Du point de vue de l'étanchéité, l'épaisseur minimale est de 0,20 m ; du point de vue des économies d'énergie, de la facilité de montage et de la correction des ponts thermiques, elle est de 0,30 m ou plus ; du point de vue de l'isolation acoustique, une épaisseur minimale de 0,35 m est nécessaire.
16. Chaînage horizontal.
17. Étanchéité contre les remontées capillaires (polyéthylène noir, par exemple).
18. Étanchéité à froid sur enduit de protection.
19. Feutre géotextile filtrant, évitant l'obturation du drain par les particules fines du sol environnant.
20. Gravier drainant autour du drain.
21. Drain, généralement en PVC perforé.

22. Béton de propreté assainissant l'assise de fondation.
23. Enduit de plâtre.
24. Chape de compression du plancher à poutrelles incliné. La pente est limitée par les possibilités de coulage du béton (40 % avec un béton très sec). De ce fait, seules les tuiles canal ou à emboîtement peuvent être employées.
25. Plancher de poutrelles en béton préfabriqué et entre-vous.
26. Revêtement de sol dur.
27. Enduit en plâtre.
28. Linteau en béton armé.
29. Poutrelles de plancher appuyées sur la façade.
30. Enduit de plâtre.
31. Planelle de béton cellulaire (11) formant la feuillure pour la pose de la fenêtre.
32. Joint de mastic sur fond de joint.
33. Ébrasement en plâtre.
34. Appui de fenêtre posé sur un élément en béton cellulaire et sur un appui en béton à granulats lourds protégeant l'allège.
35. Tablette en bois.
36. Élément de béton cellulaire (ou de terre cuite porosée) coupé sur place servant d'appui à la fenêtre.
37. Armature des joints supérieurs de l'allège servant à prévenir la tendance à la fissuration autour des percements. Il existe des armatures plates spéciales pour les joints minces.
38. Plinthe.
39. Chape en mortier pouvant contenir les éléments de chauffage.
40. Isolant en PSE support de la chape de béton. Dans le cas d'une habitation et d'une chape (39) contenant des éléments de chauffage, l'isolant doit être CS1-CH (DTU 26.2)
41. Blocs pleins de béton lourd sous terre. Les blocs de béton cellulaire sont admis moyennant des dispositions de renfort.
42. Remblai compacté de 100 mm d'épaisseur au minimum.
43. Feuille de polyéthylène contre les remontées capillaires, évitant les pertes de laitance du béton.
44. Dalle de béton (de 0,12 m d'épaisseur au minimum).
45. Entrevois bas améliorant le transfert de charges du mur de 0,30 m au mur inférieur de 0,20 m.
46. Semelle de fondation en béton.

## Exemple de toiture en dalles de béton cellulaire armé

Le problème de la pente du béton (voir légende (24)) peut être résolu en utilisant des dalles préfabriquées en béton cellulaire armé.

47. Dalle préfabriquée de béton cellulaire armé.
48. Chaînage horizontal.
49. Liteaux en bois sur contre-liteaux assurant la ventilation.

## Isolation répartie : coupe sur façade

Figure 16.12

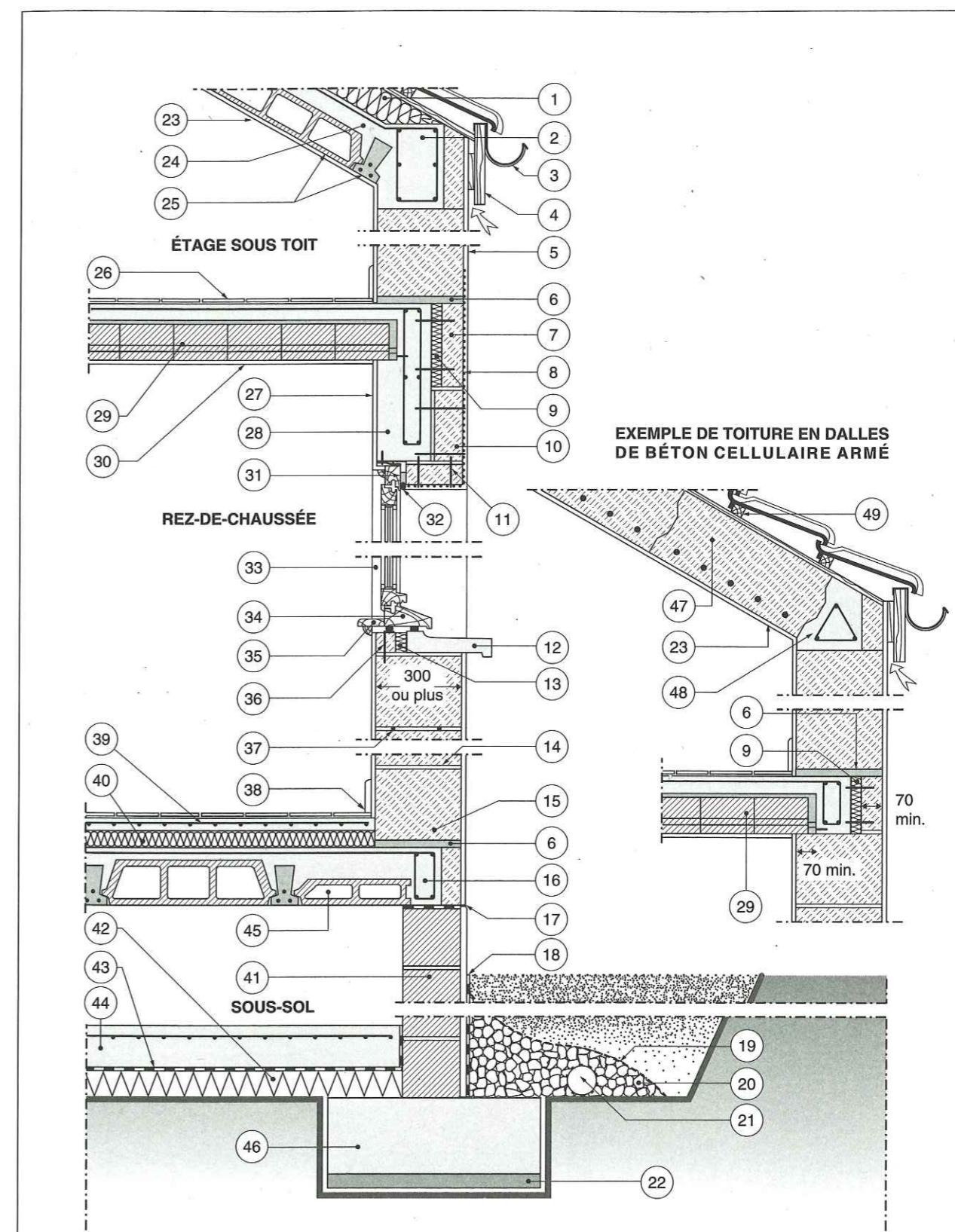
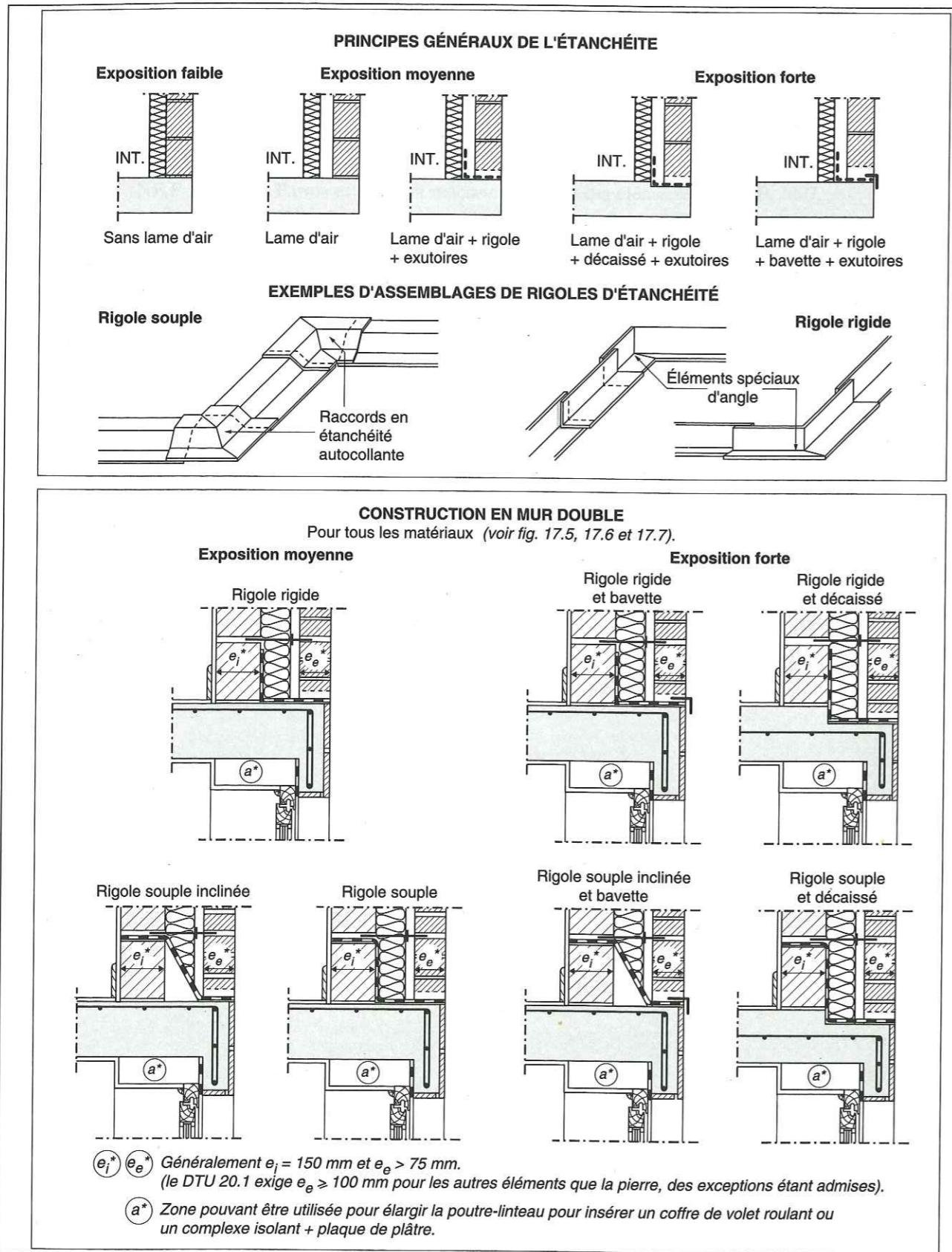


Figure 17.1

## Principes d'étanchéité – Construction en mur double



## Principes d'étanchéité – Construction en mur simple

Figure 17.2

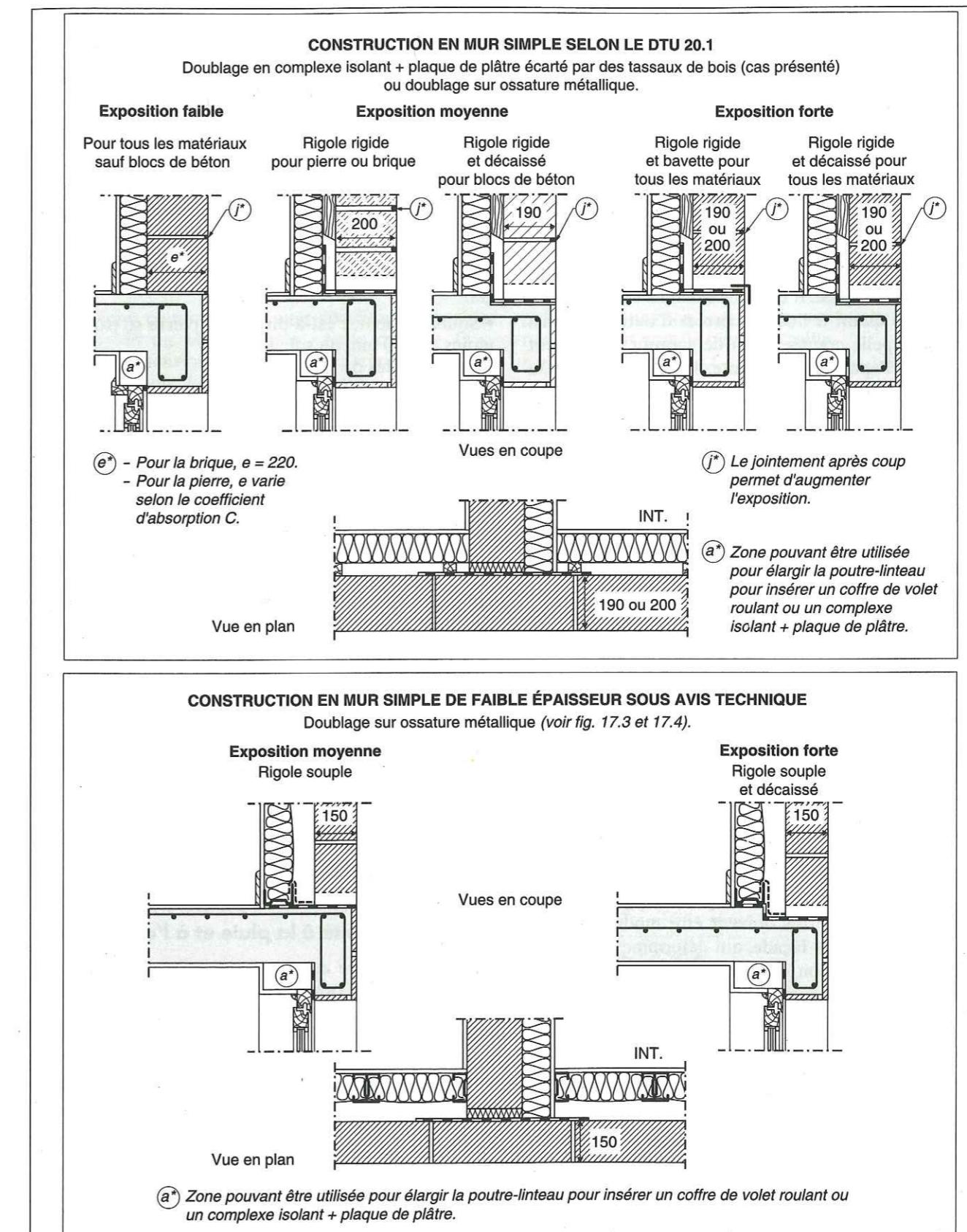


Figure 17.3

**Mur simple en pierre de faible épaisseur : coupe sur façade**

1. Gouttière pendante en zinc.
2. Joint entre planches de rives pour ventiler la couverture.
3. Planches de rives en bois ou en panneau dérivé du bois.
4. Chaînage horizontal en béton armé.
5. Lame d'air.
6. Joint mince de 3 mm d'épaisseur en mortier-colle armé d'une armature plate en acier galvanisé du type Murfor (voir fig. 16.8). Seuls les lits sous fenêtre et au-dessus d'un linteau sont armés. Les joints courants sont en mortier-colle de 3 mm d'épaisseur non armés (12) ; certains joints sont néanmoins plus épais (6a).
- 6a. Joint spécial sous le plancher. Ce joint particulier peut être plus épais et en mortier traditionnel de ciment blanc ; son rôle est alors d'adapter éventuellement la hauteur du mur en pierre aux tolérances dimensionnelles de la construction en béton banché, les joints minces en mortier-colle pouvant difficilement jouer ce rôle.
7. Pierres « manuportables », généralement tendres, de 147 mm d'épaisseur, fabriquées avec une précision permettant l'utilisation d'un joint mince.
8. Exutoire de 100 mm<sup>2</sup> disposé tous les 900 mm, permettant l'évacuation de l'eau infiltrée dans la lame d'air. Il peut être façonné dans la pierre ou dans un joint en le dégarnissant.
9. Plaque de pierre de 10 à 20 mm d'épaisseur, collée au nez de plancher avec un mortier-colle épais permettant de rattraper les tolérances dimensionnelles du béton et d'assurer un meilleur collage des éléments lourds.
10. Ruban d'une étanchéité autocollante sur le pourtour des ouvertures. Dans le cas d'un linteau haut, ce dispositif est complété par une cornière (10a) fixée au-dessus de la fenêtre.
- 10a. Cornière en PVC fixée au-dessus de la fenêtre ou du coffre de volet roulant. Elle rejette vers l'extérieur l'eau infiltrée dans la lame d'air.
11. Voussoirs en pierre formant linteau.
12. Joint horizontal mince courant de 3 à 5 mm d'épaisseur en mortier-colle. Les joints verticaux sont de même nature. La pose au mortier-colle est plus rapide que celle au mortier traditionnel, mais elle exige une attention particulière quant à l'usage correct des outils spéciaux (truelle ou pelle crantée), afin de garantir l'étalement complet et l'épaisseur constante du mortier-colle.
13. Appui extérieur de la fenêtre, en pierre suffisamment résistante au gel. En général, cette pierre est différente de la pierre tendre de l'élévation courante. Les qualités des pierres sont modulées selon leur position (dans la façade), qui détermine leur degré d'exposition à l'action de l'eau et du gel (voir la norme XP B 10-601).
14. Cornière en acier galvanisé ou en aluminium servant d'appui à la fenêtre. Elle est fixée au mur d'allège.
15. Le premier lit au-dessus du sol ou d'un balcon (ou autre zone de rejaillissement) doit être en pierre résistant suffisamment au gel. En général, cette pierre est différente de la pierre tendre de l'élévation courante (voir la norme XP B 10-601).
16. Ruban de 330 mm d'épaisseur en étanchéité de polyéthylène noir ; ce ruban est posé sur un joint de mortier (éventuellement épais et donc traditionnel) qui doit corriger les défauts de planéité de la dalle de béton ; cette disposition

est nécessaire du fait des exigences du montage à joint mince en termes de tolérances. Ce joint est l'équivalent du joint bas de la construction en blocs à isolation répartie montés à joint mince : voir fig. 16.12 (6) et 17.4 (5).

17. Chaînage horizontal.
18. Étanchéité contre les remontées capillaires.
19. Enduit sur les blocs de béton.
20. Peinture à base de bitume.
21. Filtre anticontaminant en feutre géotextile.
22. Gravier drainant.
23. Drain.
24. Béton de propreté pour assainir le sol d'assise de la fondation.
25. Fermettes de toiture de comble inhabité.
26. Suspentes en acier galvanisé.
27. Plaques de plâtre fixées aux suspentes.
28. Plaques de plâtre fixées aux montants métalliques de l'ossature de la cloison de doublage : voir fig. 17.4 (15).
29. Isolant en laine minérale, en rouleaux pour le plafond et en panneaux semi-rigides pour la façade.
30. Lisse basse spéciale en acier galvanisé de l'ossature métallique de la cloison de doublage. Sa forme permet de replier contre elle l'étanchéité autocollante (35).
31. Béton coulé sur place de la chape collaborante du plancher de poutrelles de béton préfabriqué et entrevois.
32. Plâtre projeté sous le plancher.
33. Lisse haute en acier galvanisé de l'ossature métallique de la cloison de doublage.
34. Coffre de volet roulant.
35. Ruban d'une étanchéité autocollante de 150 mm d'épaisseur fixé sur l'étanchéité (16) et relevé sur la lisse basse de la cloison de doublage (30).
36. Isolant sous le plancher.
37. Plaque de plâtre suspendue au plancher ou plâtre projeté sur l'armature fixée au plancher, ou complexe isolant + panneau apparent en fibres de bois longues.
38. Lés de polyéthylène de 0,2 mm d'épaisseur évitant les pertes de laitance lors du coulage du plancher.
39. Dalle de 120 à 150 mm d'épaisseur coulée sur un remblai compacté.
40. Remblai compacté d'une épaisseur minimale de 30 mm, ou selon les besoins de remplacement du déblai.
41. Blocs pleins de béton du mur de sous-sol.
42. Semelle de fondation en béton armé au minimum d'un chaînage.
43. Plaques de pierre suspendues, ou collées après le coulage du linteau. Dans le cas d'un collage, une fixation métallique supplémentaire est nécessaire.

**REMARQUE**

Sur les dispositifs de protection contre la chute du personnel d'entretien, voir partie 3 – Annexes, chap. 28.

**Mur simple en pierre de faible épaisseur : coupe sur façade**

Figure 17.3

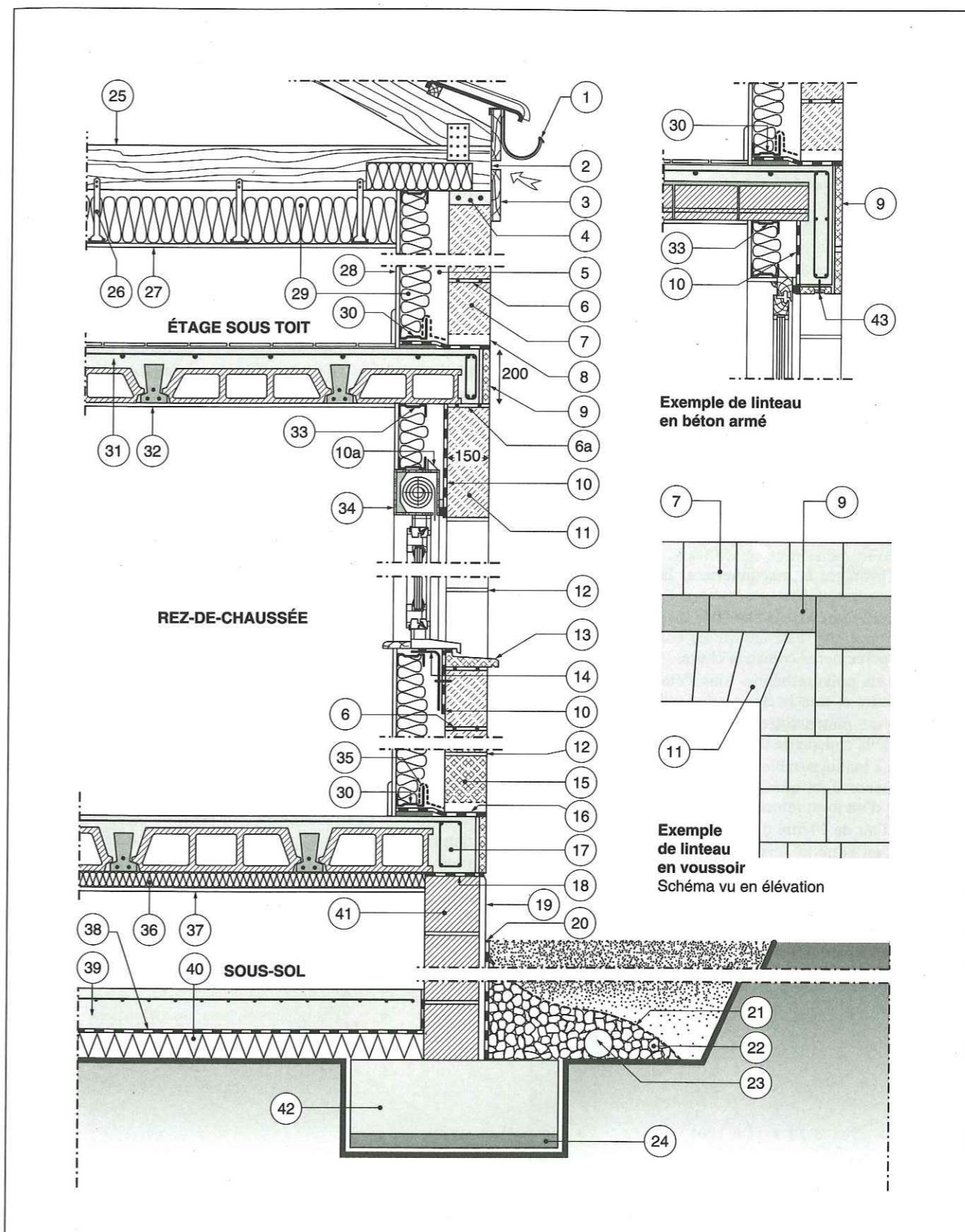


Figure 17.4

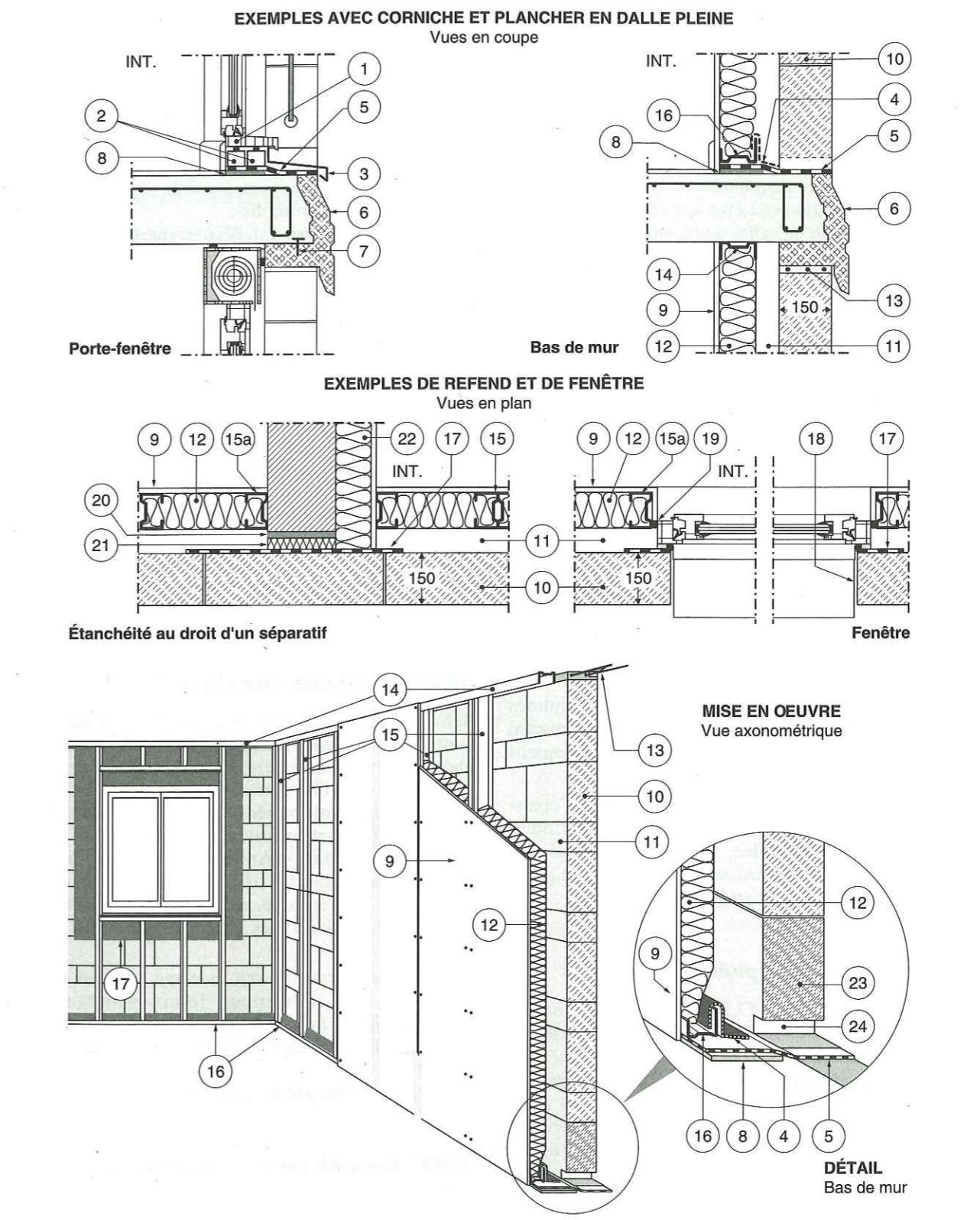
## Mur simple en pierre de faible épaisseur : exemples

La figure 17.4 présente quelques exemples bien adaptés à des constructions plus importantes que la maison individuelle, ayant des planchers en dalles de béton pleines, avec ou sans prédalles.

1. Dormant de fenêtre appuyé sur un tube carré en PVC de 50 mm d'épaisseur, avec joint préformé (mousse imprégnée ou boudin de mastic) interposé.
2. Tube carré de 50 mm en PVC portant la porte-fenêtre. Sa jonction avec les étanchéités basses des trumeaux adjacents doit être assurée.
3. Appui extérieur en aluminium, en zinc ou en acier galvanisé prélaqué.
4. Ruban d'étanchéité autocollante de 150 mm d'épaisseur fixé sur l'étanchéité (5) et relevé sur la lisse basse de la cloison de doublage (16).
5. Ruban de 330 mm d'épaisseur en étanchéité de polyéthylène noir, en continuité avec les trumeaux adjacents ; ce ruban est posé sur un joint de mortier (éventuellement épais et donc traditionnel), qui doit corriger les défauts de planéité de la dalle béton ; cette disposition est nécessaire du fait des exigences du montage à joint mince en termes de tolérances. Ce joint est l'équivalent du joint bas de la construction en blocs à isolation répartie montés à joint mince : voir fig. 16.12, légende (6). Au-dessus de l'étanchéité est étalée une deuxième couche de mortier de joint mince.
6. Corniche en pierre ou en béton préfabriqué destiné à rester apparent. Elle sert de coffrage perdu, et sa forme permet de protéger la maçonnerie et de cacher le joint de mortier épais armé (13).
7. Vis en acier inoxydable chevillée à la corniche et ancrée dans le béton coulé. Elle assure les corniches qui sont au-dessus des perçements contre la chute.
8. Mousse en polyuréthane sous l'étanchéité (5) dans la zone intérieure et sous la cloison de doublage.
9. Plaques de plâtre fixées aux montants métalliques de l'ossature de la cloison de doublage.
10. Pierres « manuportables », généralement tendres, de 147 mm d'épaisseur, fabriquées avec une précision permettant l'utilisation d'un joint mince.
11. Lame d'air de 60 mm d'épaisseur au minimum.
12. Isolant en laine minérale. La spécification I1 S1 O2 L2 (la certification ISOLE caractérise les qualités mécaniques, d'absorption d'eau et de perméance à la vapeur de l'isolant), par exemple, ne semble pas suffisante pour distinguer les panneaux semi-rigides des rouleaux, mais les premiers se sont avérés plus stables après leur insertion entre les montants métalliques que les seconds. Afin d'éviter que l'isolant ne touche le nu intérieur des pierres, il faut utiliser des panneaux semi-rigides.
13. Joint sous le plancher en mortier traditionnel (de ciment blanc). Il est armé et plus épais que le joint mince courant. Son rôle est d'adapter s'il y a lieu la hauteur du mur en pierre aux tolérances dimensionnelles de la construction en béton banché (moins strictes que celles de la maçonnerie), les joints minces courants en mortier-colle pouvant difficilement jouer ce rôle.
14. Lisse haute horizontale de l'ossature de doublage en acier galvanisé.
15. Montants en acier galvanisé de l'ossature de la cloison de doublage. Ils sont normalement fixés dos à dos, sauf en bout de cloison (15a).
- 15a. Montant en bout de cloison ou au droit d'une fenêtre.
16. Lisse basse spéciale en acier galvanisé de l'ossature métallique de la cloison de doublage. Sa forme permet de replier contre elle l'étanchéité autocollante (4).
17. Ruban vertical d'une étanchéité autocollante de 300 mm d'épaisseur au minimum.
18. Joint de mastic entre l'appui métallique extérieur (3) et le tableau en pierre.
19. Joint en mousse expansible entre le dormant de menuiserie et la cloison de doublage afin d'assurer l'étanchéité à l'air.
20. Bourrage de mortier.
21. Laine minérale de haute densité (140 kg/m<sup>3</sup>) fixée ou collée au mur de façade afin d'assurer l'étanchéité au bruit.
22. Doublage en complexe de laine minérale + plaque de plâtre, dont le but est d'améliorer l'isolation acoustique dans le cas d'un séparatif en maçonnerie d'éléments ou de béton.
23. Premier lit situé au-dessus du sol ou d'un balcon, dans une zone de rejaillissement. Il doit être en pierre suffisamment résistante au gel. En général, cette pierre est différente de la pierre tendre de l'élévation courante. Les qualités des pierres doivent être modulées selon leur position dans la façade, qui détermine leur degré d'exposition à l'action de l'eau et du gel (voir partie 1, chap. 13), et selon la fréquence des pluies et des cycles de gel-dégel du lieu. La norme XP B 10-601 décrit les critères de choix.
24. Exutoire de 100 mm<sup>2</sup> disposé tous les 900 mm, permettant l'évacuation de l'eau infiltrée dans la lame d'air.

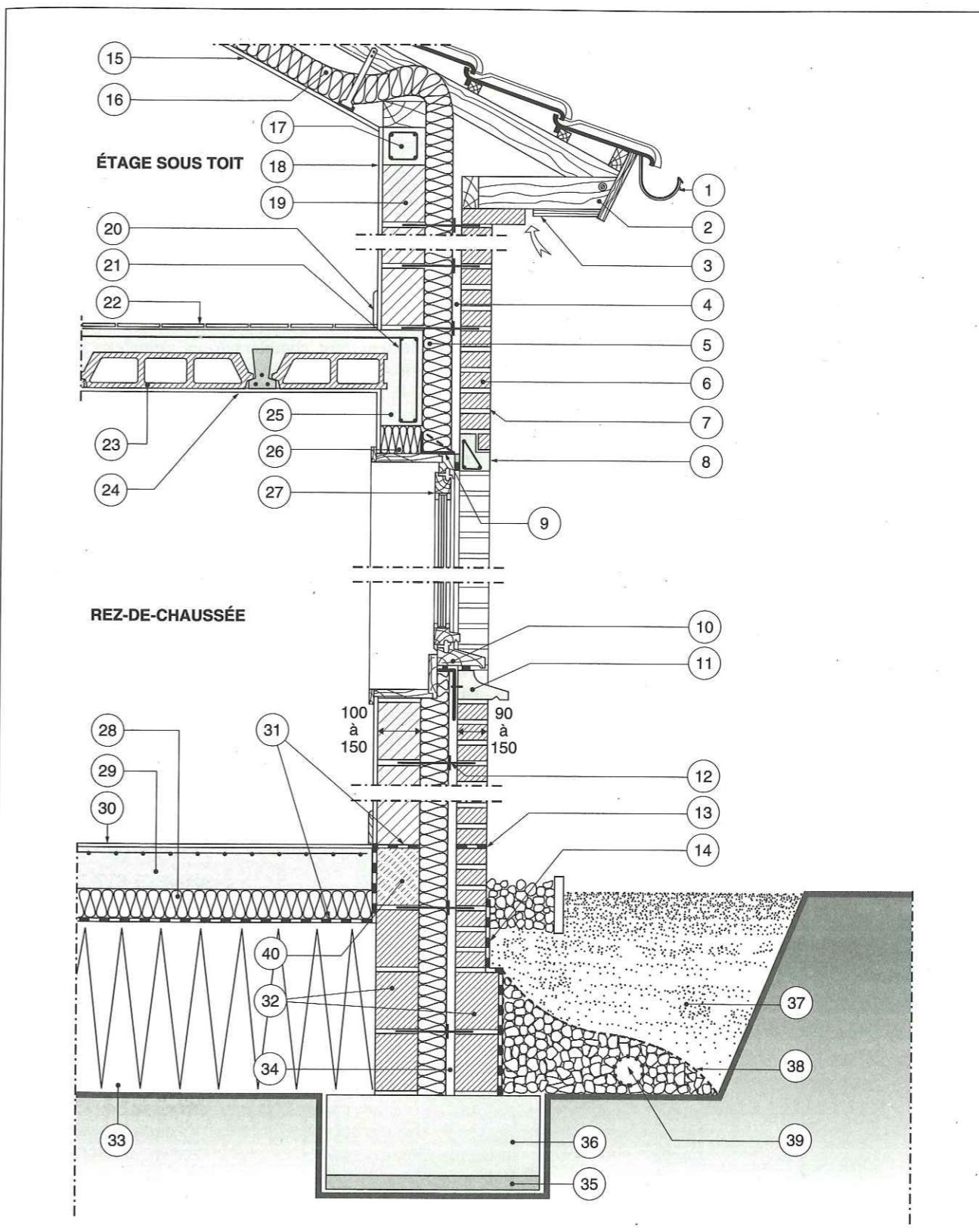
## Mur simple en pierre de faible épaisseur : exemples

Figure 17.4



La particularité de la variante du mur double à paroi extérieure filante présentée ici est que les planchers ne reposent que sur la paroi intérieure, évitant ainsi les ponts thermiques et éliminant les dispositifs d'étanchéité exigés pour le repos de la paroi extérieure sur le plancher (fig. 17.7). Le DTU 20.1 permet de laisser filer ainsi la paroi extérieure sur trois niveaux au maximum. La stabilité des deux parois est assurée par des agrafes en acier qui les relient entre elles (3 agrafes au mètre carré avec des agrafes supplémentaires le long des lignes de plancher). Des rondelles en plastique montées sur les agrafes assurent le maintien de l'isolant et de la lame d'air ; voir fig. 17.7 (8).

1. Gouttière pendante.
  2. Petite ossature bois portant le soffite.
  3. Soffite en bois ou en panneau dérivé du bois (voir fig. 28.3 sur les moyens de protéger le personnel d'entretien de la chute, en particulier dans le cas d'un toit en saillie).
  4. Lame d'air (20 mm d'épaisseur au minimum).
  5. Isolant en PSE ou en fibres minérales.
  6. Briques HD, pierres ou autres éléments de parement (en terre cuite, béton, silico-calcaire). En général, l'épaisseur est de 90 à 105 mm (selon le DTU 20.1, une épaisseur de 80 mm est admise pour la pierre).
  7. Joint de mortier rejointoyé en montant ou après coup.
  8. Linteau spécial préfabriqué ou coulé sur place, portant la paroi extérieure en maçonnerie apparente.
  9. Cornière d'étanchéité en PVC rigide, attachée à la traverse haute du dormant et formant rigole au-dessus de la fenêtre afin d'évacuer l'eau qui s'est infiltrée dans la lame d'air. Pour éviter des infiltrations par les deux extrémités de cette rigole, il faut constituer à chaque bout une joue qui arrête le passage de l'eau vers les côtés de la fenêtre : voir fig. 17.6 (12).
  10. Traverse basse du dormant en bois reposant sur une cornière d'appui en acier galvanisé ou inoxydable fixée à la paroi extérieure.
  11. Appui en béton. Le dispositif montré permet d'insérer plus aisément la fenêtre entre les deux parois de maçonnerie.
  12. Agrafes de liaison entre les deux parois, servant également à maintenir l'isolant. Elles sont en acier galvanisé ou, de préférence, inoxydable, et ont un diamètre de 4 mm au minimum. Il faut prévoir 3 agrafes au mètre carré, avec des agrafes supplémentaires le long des lignes de plancher et des percements : voir fig. 17.7 (8).
  13. Étanchéité en polyéthylène noir contre les remontées capillaires.
  14. Peinture de bitume appliquée à froid sur un enduit, éventuellement associée à un matelas de protection et un drainage.
  15. Plafond rampant en plaques de plâtre suspendues.
  16. Isolant en laine minérale inséré entre les plaques et l'ossature du toit.
  17. Chaînage en haut de la paroi intérieure.
  18. Enduit de plâtre projeté sur les blocs intérieurs. Une finition en plaques de plâtre collées peut le remplacer éventuellement. La paroi intérieure peut aussi rester en maçonnerie apparente.



**Exemple 1 : toiture-terrasse avec dispositions évitant le pont thermique**

La solution proposée au problème du pont thermique repose sur une interprétation du DTU 20.12 qui exige que les acrotères soient en béton mais admet par ailleurs les costières métalliques (le long des joints de dilatation bordant des héberges, par exemple). La paroi extérieure étant maçonnée, c'est par analogie avec le joint contre l'héberge que l'utilisation de la costière est possible à cet endroit.

**1a.** Étanchéité multicouche (selon le DTU 43.1) ou bicouche avec protection meuble en gravillons.

**1b.** Exemple d'une protection collective (permanente ou amovible) contre la chute du personnel d'entretien. Sa stabilité est assurée par le contrepoids de la base en béton préfabriqué et par la liaison entre les montants.

**2.** Isolant du toit.

**3.** Pare-vapeur destiné à éviter les condensations, par temps froid, dans l'isolant.

**4.** Relief d'étanchéité périphérique (autoprotégée des ultraviolets par une feuille d'aluminium, par exemple) fixé à la costière métallique (7).

**5.** Couvertine en acier galvanisé prélaqué ou en aluminium – il y a danger de couple et de corrosion au point de contact entre l'aluminium et l'acier galvanisé –, fixée à la costière et aux briques.

**6.** Fixation de la couvertine.

**7.** Costière en acier galvanisé fixée au béton et portant le relevé d'étanchéité du toit.

**8.** Isolant en PSE ou en laine minérale.

**9.** Briques HD, pierres ou autres éléments de parement (en terre cuite, béton, silico-calcaire). Généralement, l'épaisseur est de 90 à 105 mm (selon le DTU 20.1, une épaisseur de 80 mm est admise pour la pierre).

**10.** Agrafes de liaison entre les deux parois, servant également à maintenir l'isolant. Elles sont en acier galvanisé ou, de préférence, inoxydable, et ont un diamètre de 4 mm au minimum. Il faut prévoir 3 agrafes au mètre carré, avec des

agrafes supplémentaires le long des lignes de plancher et des percements (voir fig. 17.7 (8)).

**Exemple 2 : traitement de l'étanchéité d'une fenêtre**

La figure 17.6 complète la figure 17.5, qui présente la coupe verticale d'une fenêtre en applique sur la paroi extérieure d'un mur double. Cette disposition largement appliquée en Belgique est aussi la mieux adaptée au contexte français.

Pour pouvoir fixer la fenêtre ou la porte à la paroi extérieure (ou à la paroi intérieure, dans le cas d'une fenêtre lourde et de grandes dimensions), après le montage des deux parois du mur double, il faut laisser un espace d'accès libre sur le pourtour. Afin d'éviter un pont thermique, cet espace peut éventuellement être comblé par un complexe plaque de plâtre + isolant ou par des éléments en fibraglio, collés et fixés sur le pourtour, avec finition par ébrasement en bois ou en plaque de plâtre. Des bandes verticales en étanchéité autocollante (15) sont placées de chaque côté du dormant.

**11.** Espace facilitant la pose de la fenêtre, comblé d'isolant ou d'éléments en fibres de bois agglomérés.

**12.** Cornière d'étanchéité en PVC rigide, attachée à la traverse haute du dormant, formant rigole au-dessus de la fenêtre afin d'évacuer l'eau qui s'est infiltrée dans la lame d'air. Pour éviter des infiltrations par les deux extrémités de cette rigole, il faut constituer à chaque bout une joue qui arrête le passage de l'eau vers les côtés de la fenêtre.

**13.** Linteau portant uniquement la maçonnerie apparente.

**14.** Mastic d'étanchéité de maçonnerie sur fond de joint ou bande d'étanchéité en mousse imprégnée précomprimée.

**15.** Rubans verticaux d'étanchéité autocollante, sur toute la hauteur du dormant.

**16.** Blocs de béton intérieurs enduits.

**17.** Joint de mastic de maçonnerie situé entre l'appui de la fenêtre et le tableau de maçonnerie apparente.

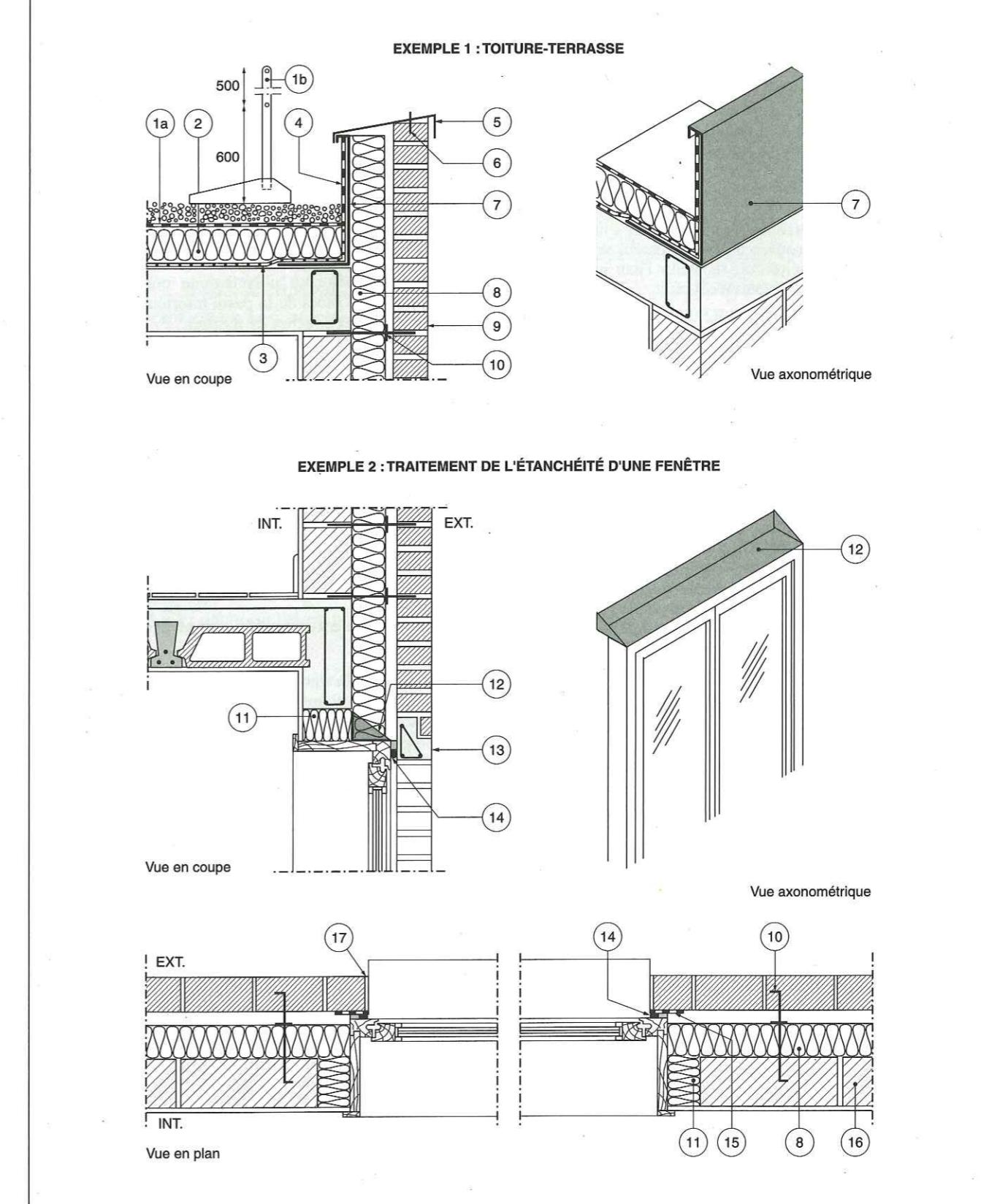


Figure 17.7 Étanchéités au bas du mur

Idéalement, la paroi extérieure file devant tous les planchers, ce qui permet d'éviter les ponts thermiques et les problèmes d'étanchéité en bas du mur. Mais cette configuration n'est pas toujours envisageable, pour deux raisons :

- le DTU 20.1 interdit que la paroi extérieure file sur plus de trois étages. De plus, il limite le nombre d'étages de la paroi filante à deux quand le nez de plancher est revêtu de plaques ou de plaquettes, et à un seul quand le nez de plancher est revêtu de mulots de brique HD ou de pierre (plus épais que les plaques) ;
- les balcons, loggias et terrasses avec retraits d'étage interrompent la lame d'air.

Puisque le plancher interrompt la lame d'air, l'eau infiltrée dans la lame d'air doit trouver un cheminement vers l'extérieur. La rigole d'étanchéité doit recueillir l'eau infiltrée et l'évacuer par les exutoires prévus à cet effet.

#### Exemple 1 : rigole sans décaissé

La façade présentée est du type III, sans décaissé du plancher support, mais avec bavette protégeant le joint contenant la rigole d'étanchéité. Les cas d'exposition très forte ou de hauteur supérieure à 18 m nécessitent un jointement après coup.

1. Rigole d'étanchéité en polyéthylène noir, remontée et repliée sur le lit de blocs de la paroi intérieure. L'étanchéité est posée entre deux couches de mortier.
2. Exutoires pour l'évacuation de l'eau infiltrée dans la lame d'air. Un joint vertical est dégarni tous les mètres.
3. Bavette en métal ou en PVC protégeant le joint sous-jacent contenant l'étanchéité. Grâce à ce dispositif, la façade est du type III, c'est-à-dire apte à une utilisation en forte exposition, à condition toutefois que le jointement soit réalisé après coup.
4. Dans le cas d'un balcon, il ne suffit pas de prévoir une bavette, car il faut éviter que l'eau du balcon soit poussée par le vent vers le premier joint de la maçonnerie. Le rejigot s'impose partout.
10. Voir (10) de l'exemple 1.

#### Exemple 4 : vue axonométrique et écorché d'un angle saillant

1. Partie basse de la rigole d'étanchéité en bas du mur, avec recouvrement des rubans se rencontrant à l'angle. Les recouvrements sont de 200 mm au moins.
4. Paroi extérieure en briques HD ou autre maçonnerie apparente de 90 à 140 mm.
5. Nez de plancher en béton revêtu d'éléments de parement collés. Il est recommandé d'en limiter l'épaisseur.
6. Paroi intérieure en blocs de béton creux.
7. Isolant en PSE ou en laine minérale.
8. Agrafe en acier galvanisé ou en acier inoxydable, de préférence, reliant les deux parois du mur double. L'agrafe est noyée dans le mortier des joints de lit. Elle est munie d'une rondelle en plastique servant à maintenir l'isolant, à garantir la continuité de la lame d'air et à évacuer l'eau qui s'est infiltrée vers le bas de cette lame.
9. L'étanchéité de la rigole recueillant l'eau infiltrée est relevée sur le rang des blocs de béton à l'arrière, et des recouvrements adéquats (200 mm) sont prévus à l'aide de rubans d'une étanchéité autocollante, plus malléables. Pour que le relevé soit mieux tenu, il est possible de le fixer par endroits aux clous recouverts d'étanchéité autocollante.
10. Voir exemple 1, légende (10).

Étanchéités au bas du mur

Figure 17.7

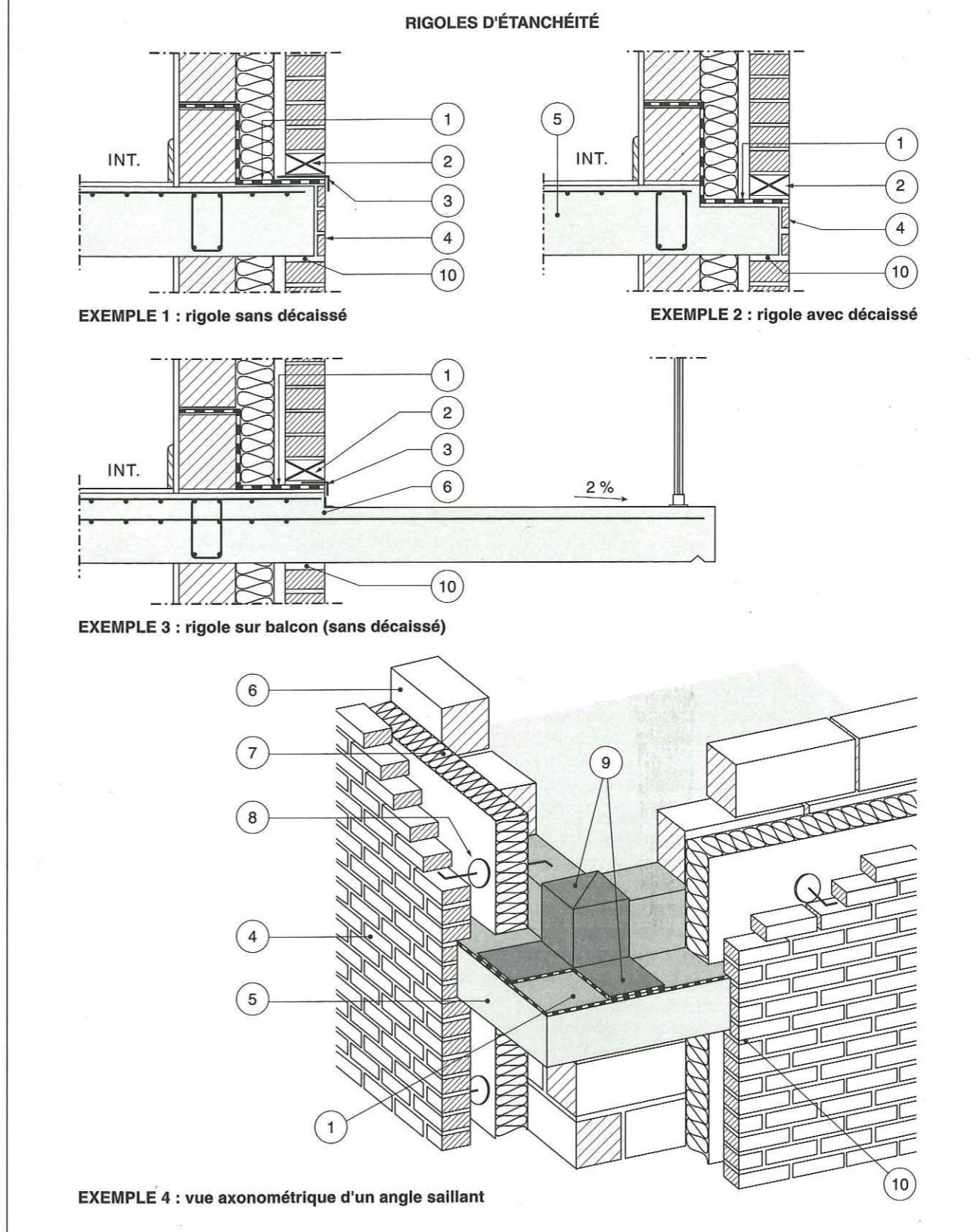


Figure 18.1

## Typologie des petits éléments de couverture

La couverture en petits éléments est très répandue dans le domaine de la construction petite ou moyenne. Elle est le complément de la construction en maçonnerie de petits éléments (voir chap. 16 et 17). Trois types d'éléments sont employés aujourd'hui : les éléments plats, les éléments creux de courant et de couvert, et les éléments à emboîter.

## Éléments plats

Les tuiles, qui dans le passé étaient souvent posées à l'aide de clous ou même de chevilles en bois, sont aujourd'hui appuyées sur des tenons. Le nombre d'éléments reste élevé (de 50 à 70 au mètre carré).

La pose des ardoises s'effectue à l'aide de clous ou de crochets, ou en combinant les deux. Elle est souvent effectuée sur des liteaux, car les surfaces continues, les voliges, sont plus coûteuses. La pose courante est dite « à pureau entier » (en haut à gauche). La pose à pureau développé permet de réduire le nombre de liteaux. La pose losangée, comme son nom l'indique, prend une apparence très particulière. Le nombre d'éléments au mètre carré est traditionnellement élevé (jusqu'à 70), mais des éléments plus grands, telles certaines ardoises en fibres-ciment, permettent de réduire ce nombre (jusqu'à 15).

Les bardes bitumés à base de bitume armé de fibres peuvent également être rattachés au type des éléments plats, quoique leur mise en œuvre les rapproche également des systèmes d'étanchéité en lés. Ils sont cloués et collés.

## Éléments de forme creuse de courant et de couvert

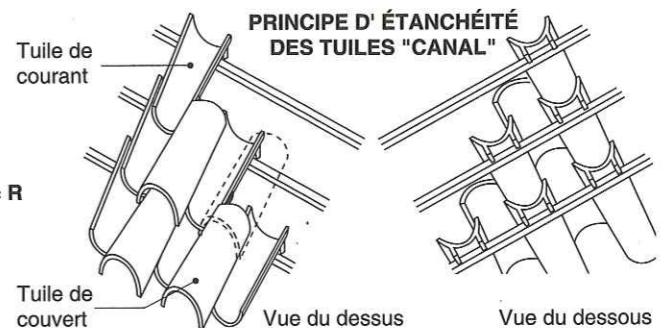
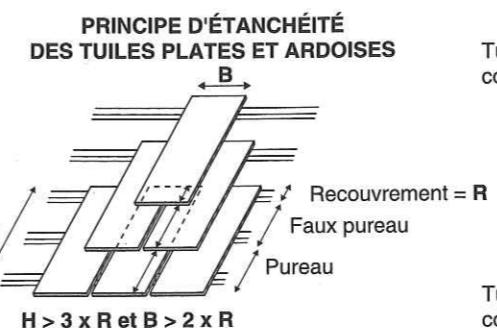
Les tuiles, dites « de courant », posées en premier lit, leur concavité orientée vers le haut, sont recouvertes par un deuxième lit de tuiles « de couvert », posées concavité vers le bas. Le nombre de tuiles varie, selon leurs dimensions et celles du recouvrement, de 20 à 40 au mètre carré. Traditionnellement, ces tuiles étaient posées soit sur des chevrons triangulaires, soit sur des surfaces planes en maçonnerie ou en voligeage de bois (à l'aide de mortier pour les pentes fortes). Le développement des tuiles canal à tenons permet aujourd'hui de les poser comme les autres types de tuile, sur des liteaux, solution généralement moins coûteuse.

## Éléments à emboîter

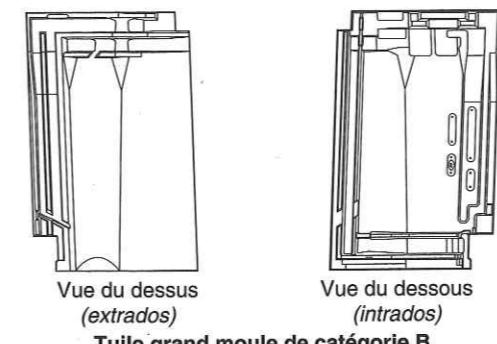
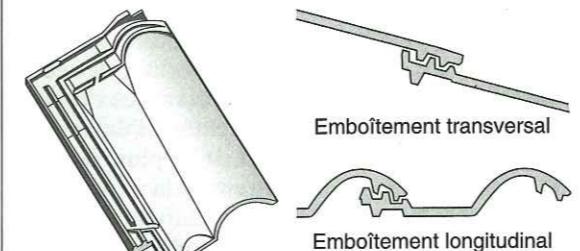
Les tuiles en terre cuite à emboîtement longitudinal et transversal, ou à emboîtement tout court, et les tuiles dites « à emboîtement longitudinal et à glissement », n'ayant pas d'emboîtement transversal, couvrent la majorité des toitures neuves aujourd'hui, car l'emboîtement permet de réduire considérablement le nombre de tuiles au mètre carré, d'utiliser des tuiles de grandes dimensions, de diminuer les pentes et le poids des couvertures. Ce type d'éléments, développé depuis le XIX<sup>e</sup> siècle sur le principe des pannes flamandes traditionnelles, se révèle donc moins coûteux que les types plus anciens évoqués précédemment, et la recherche de variantes de plus en plus performantes se poursuit. Le nombre de tuiles au mètre carré varie selon qu'elles sont du type « petit moule » (20 environ), ou du type « grand moule » (entre 7 et 15).

## Typologie des petits éléments de couverture

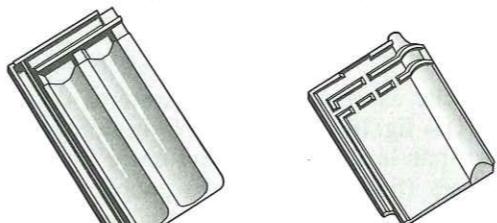
Figure 18.1



## EXEMPLES DE TUILES À EMBOÎTEMENT (longitudinal et transversal)



Tuile grand moule de catégorie B



Tuile grand moule traditionnelle

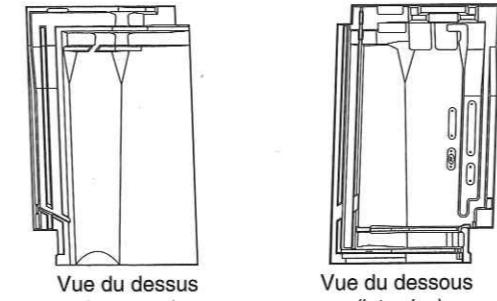
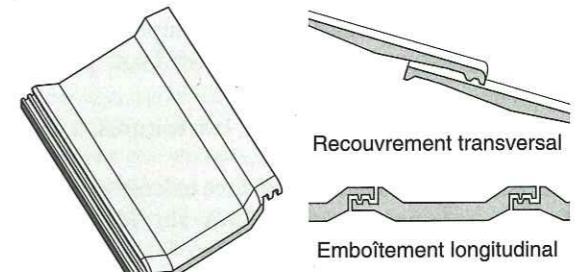
Tuile petit moule traditionnelle



Tuile de rive gauche à faible pente

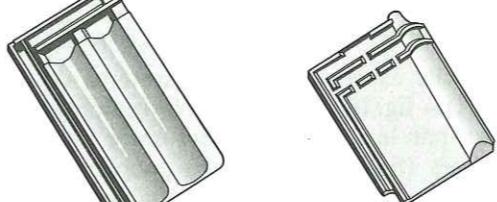
Tuile de rive droite à faible pente

## EXEMPLE DE TUILES À GLISSEMENT (avec emboîtement longitudinal uniquement)



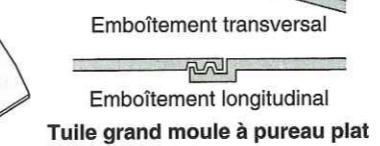
Tuile à douille

Tuile à chatière



Tuile faîtière

Tuile d'about gauche



Tuile grand moule à pureau plat

Le système des fermes en bois, espacées de 3 à 10 m, avec des portées de 5 à 20 m, était, jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, le mode de construction dominant des toits d'immeuble. Il est toujours employé dans les petites et moyennes constructions, quoique d'autres matériaux et structures le concurrencent fortement. En ce qui concerne le bois, ce sont des produits composites, tel le lamellé-collé, de nouveaux organes d'assemblage et l'emploi mixte du bois et de l'acier qui déterminent les nouvelles formes des structures, plus efficaces et plus légères. La ferme présentée ici correspond à l'une des formes les plus courantes. Presque parfaitement triangulée, elle est également adaptée à des sollicitations non symétriques, comme celles de la neige.

L'assemblage traditionnel par embrèvement demandait des coupes complexes, précises et difficiles. Les assemblages modernes ne sont pas toujours optimaux du point de vue des qualités mécaniques du bois, mais ils sont plus rapides et faciles à exécuter.

1. Poinçon de la ferme, normalement tendu.
2. Entrait (tirant, quand il s'agit d'autres matériaux que le bois), normalement tendu.
3. Solives portant plancher et plafond (ou uniquement plafond dans le cas de combles non habités).
4. Contrefiche, normalement comprimée.
5. Arbalétrier, généralement comprimé.
6. Chaînage horizontal en haut du mur.

7. Panne faîtière : poutre appuyée sur deux fermes voisines. Les pannes faîtières présentées ici sont doublées. Il existe une variante avec une seule panne.

8. Arbalétrier de la deuxième ferme voisine.

9. Panne courante.

10. Panne sablière : élément de raccord porté par le mur.

11. Chevron portant entre deux ou trois pannes. Ces éléments ont traditionnellement une section de 60 × 80 mm.

12. Chevêtre porté entre deux éléments d'enchevêtrure, souvent renforcés. Ces dispositions sont nécessaires pour former une trémie pour le passage d'une pénétration (cheminée, par exemple) ou pour une fenêtre.

13. Entrait doublé et moisé à mi-bois.

14. Boulon avec ou sans plaque. Pour renforcer les assemblages à boulons, d'autres organes, crampons ou anneaux peuvent être introduits entre les pièces assemblées.

15. Assemblage en tenon et mortaise en continuité d'un embrèvement.

16. Gousset en plaque d'acier.

17. Entrait retroussé ou faux entrant.

18. Pignon en structure de montants de bois.

19. Chaînage vertical.

20. Plancher en béton armé ou en poutrelles de béton préfabriquées et entrevoues.

21. Poutre de support intermédiaire.

22. Triangulation de la fermette.

23. Connecteur en plaque emboutie en acier galvanisé.

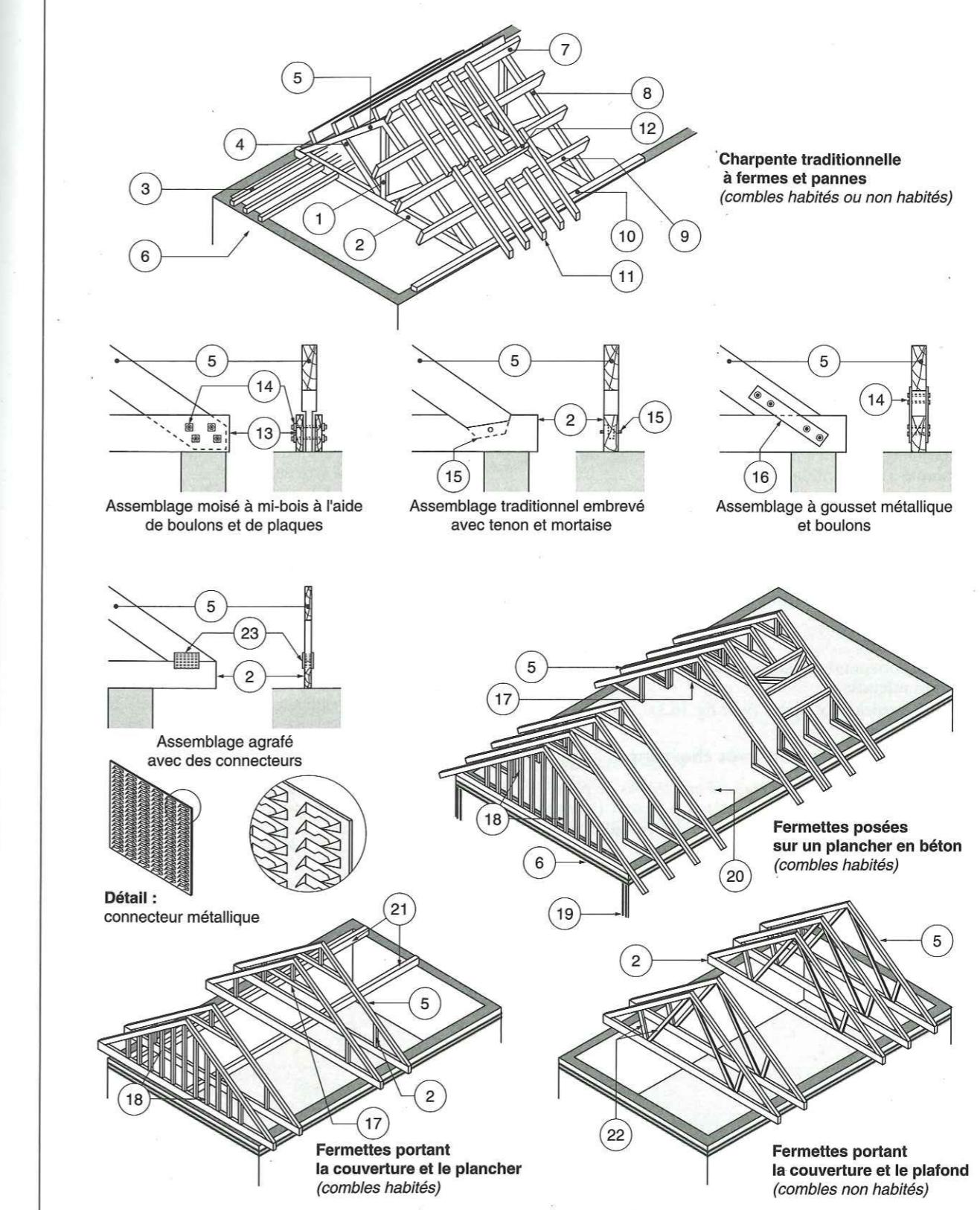


Figure 18.3

## Charpentes et supports de couverture : pannes et chevrons

La figure ci-contre présente une organisation de toiture traditionnelle particulièrement simple (et très répandue pour cette raison), tirant avantage des refends porteurs qui isolent du bruit et du feu et qui portent normalement sur des refends aux niveaux inférieurs.

Dans le cas d'une toiture de forme simple, les pannes posées sur les refends facilitent la réalisation de la charpente, que l'entreprise de maçonnerie peut alors prendre en charge. L'isolation acoustique est mieux assuré si le haut des refends atteint le nu supérieur des chevrons.

Les pannes en éléments composites ou en bois lamellé-collé permettent d'adopter des portées supérieures aux portées de la charpente courante traditionnelle (de 3 à 5 m).

## Charpente de combles habités à pannes sur refends et pignons

- 1a. Panne faîtière.
- 1b. Panne courante. Traditionnellement, les pannes sont écartées de 1,50 à 2 m, mais l'utilisation de sections de chevrons non traditionnelles peut modifier cet écart.
2. Chevrons traditionnellement espacés de 0,40 à 0,60 m. L'utilisation de couvertures plus légères permet de les écarter davantage, jusqu'à 0,90 m. L'augmentation de cet écart implique l'augmentation des sections des liteaux ou des voliges en planches ou en plaques dérivées du bois, sur lesquels est fixée la couverture. Le chevron présenté ici est un chevron d'enchevêtrure, car il est porté par le chevêtre (3).
3. Chevêtre délimitant une trémie de fenêtre, une cheminée ou autre pénétration.
4. Trémie délimitée par d'éventuels chevêtres et chevrons d'enchevêtrure.
5. Refend maçonné.
- 6a. Chaînage horizontal et chaînage incliné selon la pente du pignon et des refends.
- 6b. Chaînage vertical aux angles (voir fig. 16.3).

## Exemple de mise en œuvre avec chevrons

La disposition de l'isolant et du plafond en plaques de plâtre présentée ici est très fréquente. Le détail à l'égout (la rive basse du toit) l'est un peu moins. C'est le détail traditionnel où l'écart entre les chevrons est maçonné.

1b. Panne courante. Traditionnellement, les pannes sont écartées de 1,50 à 2 m, mais l'utilisation de sections de chevrons non traditionnelles peut modifier cet écart.

2. Chevrons espacés traditionnellement de 0,40 à 0,60 m. L'utilisation de couvertures plus légères permet de les écarter davantage, jusqu'à 0,90 m. L'augmentation de cet écart implique généralement l'augmentation des sections des liteaux ou des voliges en planches ou en plaques dérivées du bois, sur lesquels est fixée la couverture.

- 6a. Chaînage horizontal.
7. Liteaux en bois cloués aux chevrons et servant à fixer les éléments de couverture.
8. Deuxième couche d'isolant entre les pannes (le total de l'épaisseur des deux couches atteint souvent 200 mm).
9. Première couche d'isolant sous les pannes.

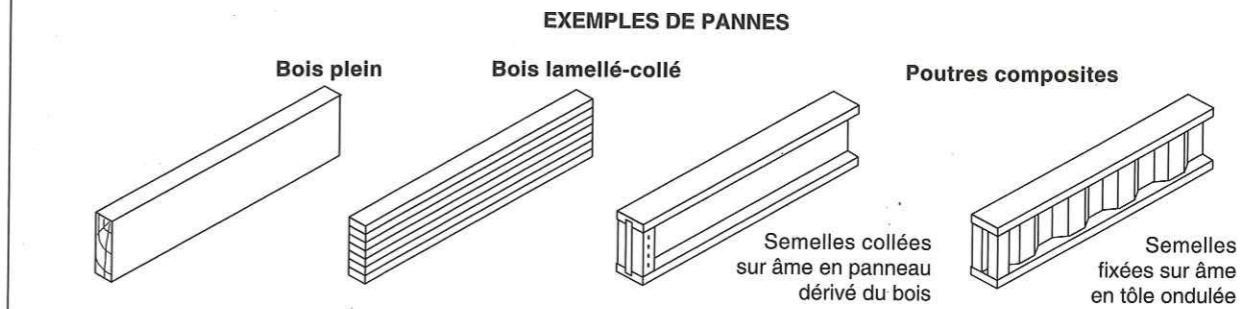
- 10a. Plaque de plâtre suspendue (fig. 18.7).
- 10b. Pare-vapeur, obligatoire dans le cas de rampants de combles habités. Il peut être intégré à la plaque de plâtre en usine.

11. Panne sablière sur le chaînage.
12. Complex en plaque de plâtre + isolant collé au mur de façade en maçonnerie d'éléments.
13. Blocs de béton ou briques de terre cuite LD de 200 mm au minimum destinés à être enduits.
14. Enduit d'imperméabilisation de la façade en maçonnerie d'éléments.
15. Latte servant au remplissage de l'espace entre les chevrons avec du béton.
16. Remplissage maçonné entre les chevrons : cette disposition très traditionnelle est moins courante aujourd'hui (fig. 18.5 à 18.7 pour d'autres solutions « sèches »).
17. Sous-face ou soffite de couverture en saillie. Elle est obligatoirement continue, en planches ou en panneaux. L'écart entre les planches fournit l'entrée d'air basse nécessaire à la ventilation, obligatoire, du dessous de la couverture.

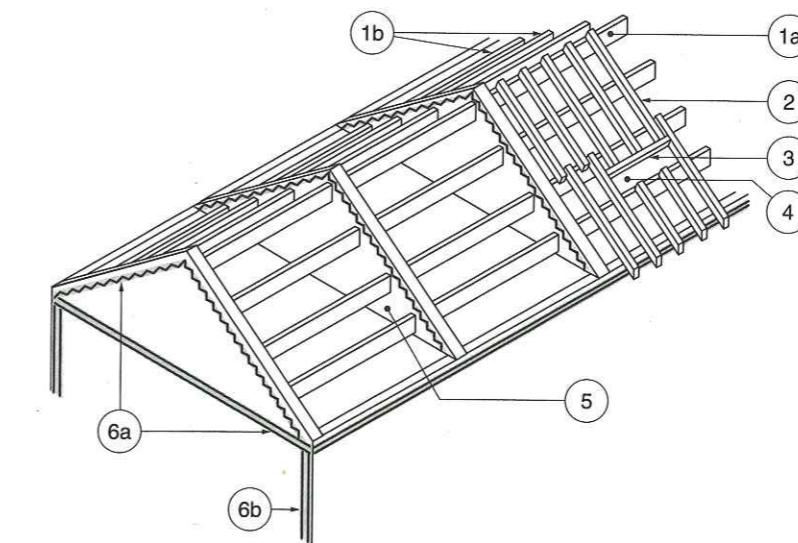
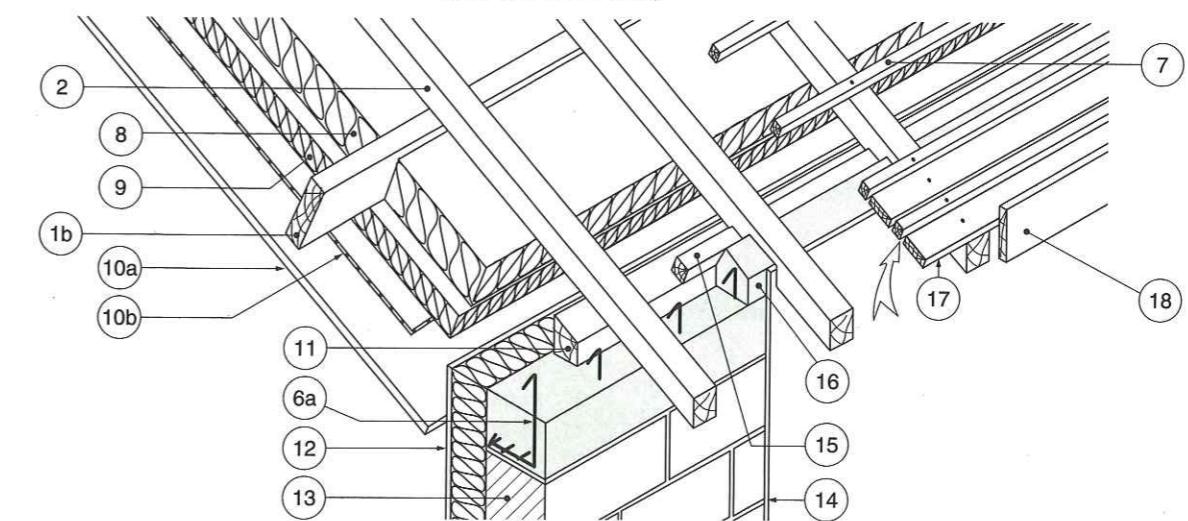
18. Planche de rive cachant les bouts des chevrons et appuyant le dernier rang de tuiles. Cette disposition n'est pas obligatoire et un dernier liteau de plus grande hauteur peut la remplacer. Quand ce dernier prend une section trapézoïdale pour s'adapter aux crochets de suspension de la gouttière ou à une bande de larmier, il est appelé « chanlate ».

## Charpentes et supports de couverture : pannes et chevrons

Figure 18.3



## CHARPENTE DE COMBLES HABITÉS À PANNE SUR REFENDS ET PIGNONS

EXEMPLE DE MISE EN ŒUVRE AVEC CHEVRONS  
(sans écran pare-pluie)

**Supports de couverture non traditionnels sur pannes**

Les supports de couverture non traditionnels en complexe préfabriqué (isolant + plaques) sont apparus dans les années 1970, à la suite de l'introduction de fortes exigences d'isolation. Leur mise en œuvre doit éviter les désafleurs entre les panneaux. La réalisation de toits de forme complexe s'avère plus difficile à cause des découpes de nombreux panneaux et des jonctions malaisées entre panneaux qui ne sont pas dans le même plan. Les petits éléments de couverture sont utilisés en toiture froide, c'est-à-dire qu'ils doivent être ventilés par dessous. Les procédés correspondants relèvent d'avis techniques.

**Exemple 1 : caisson chevronné**

La forme concave de la surface supérieure de l'isolant permet à l'air de circuler sous la couverture. L'hétérogénéité thermique du caisson peut produire des fantômes sur le plafond, au droit des chevrons, dans le cas où l'épaisseur de l'isolant excède les 50 mm.

1. Panne en bois. Un panneau sandwich porte normalement sur trois pannes au moins, afin de réduire les flèches. Il est fixé par des clous. L'écartement des pannes dépend entre autres de l'épaisseur du panneau sandwich, donc de l'isolant.
2. Plaque de plâtre ou panneau dérivé du bois. Certains panneaux dérivés du bois intègrent une finition de plaquage ou fournissent un absorbant acoustique en fibres de matériaux ligneux.
3. Complexe en isolant + plaque de plâtre collé sur le mur de façade en maçonnerie d'éléments.
4. Chaînage horizontal en béton armé.
5. Maçonnerie d'éléments en blocs.
6. Enduit d'imperméabilisation de la façade.
7. Panne sablière fixée au chaînage.
8. Isolant en mousse collé entre les panneaux.
9. Planche de rive servant à cacher l'extrémité des panneaux sandwich.
10. Liteaux en bois auxquels sont fixés les éléments de couverture.
11. Ruban couvre-joint autocollant.
12. Contre-liteaux servant à ménager une lame d'air ventilée sous les liteaux de la couverture. Ils sont fixés en usine ou sur place.
13. Planche couvre-joint dans le cas d'une saillie.
14. Planche devant l'isolant à l'extrémité du panneau.
15. Gouttière pendante en zinc ou en PVC.
16. Crochets de suspension de la gouttière. La modulation de leur position permet d'obtenir la pente nécessaire à la gouttière.

**Exemple 2 : complexe en sandwich isolant entre deux panneaux**

Ce complexe utilise des contre-liteaux à grande section pour augmenter la résistance mécanique.

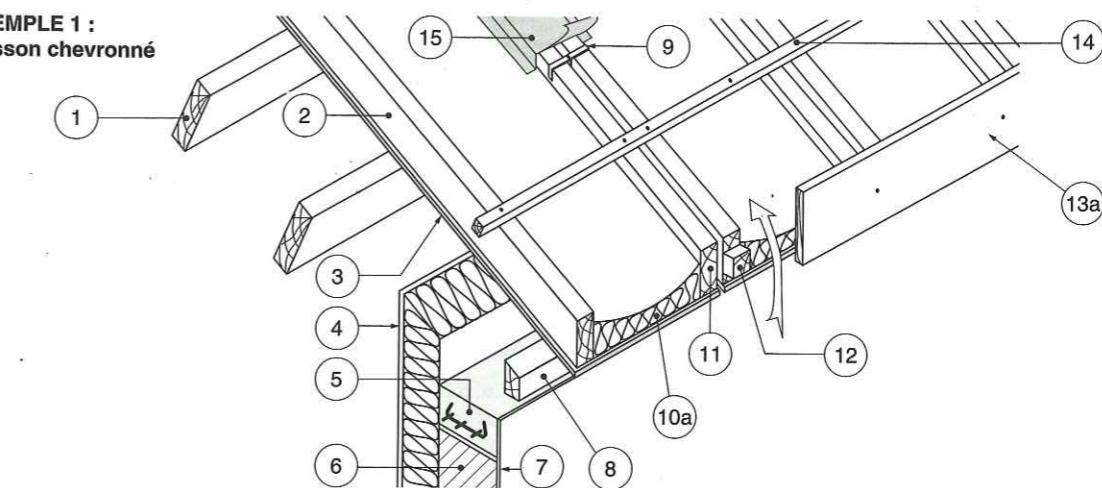
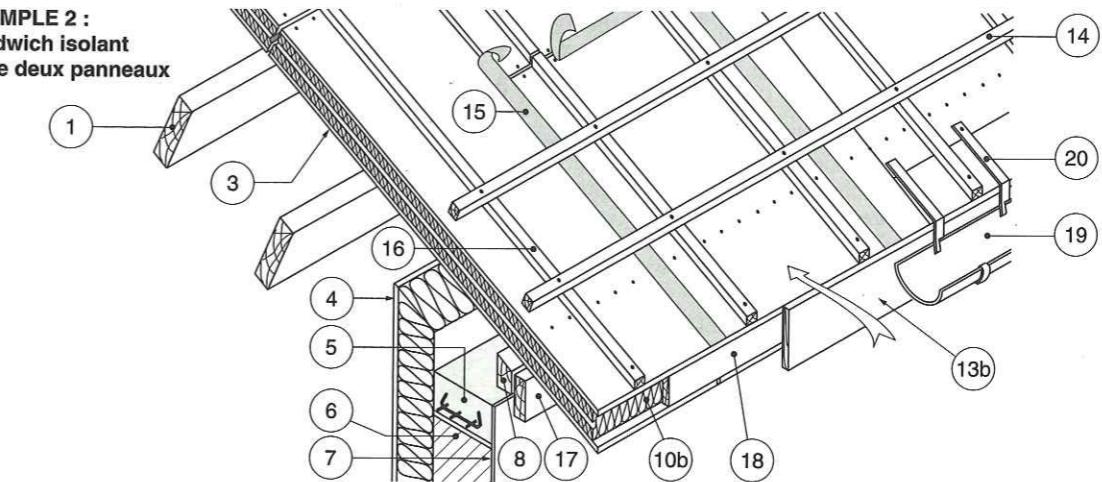
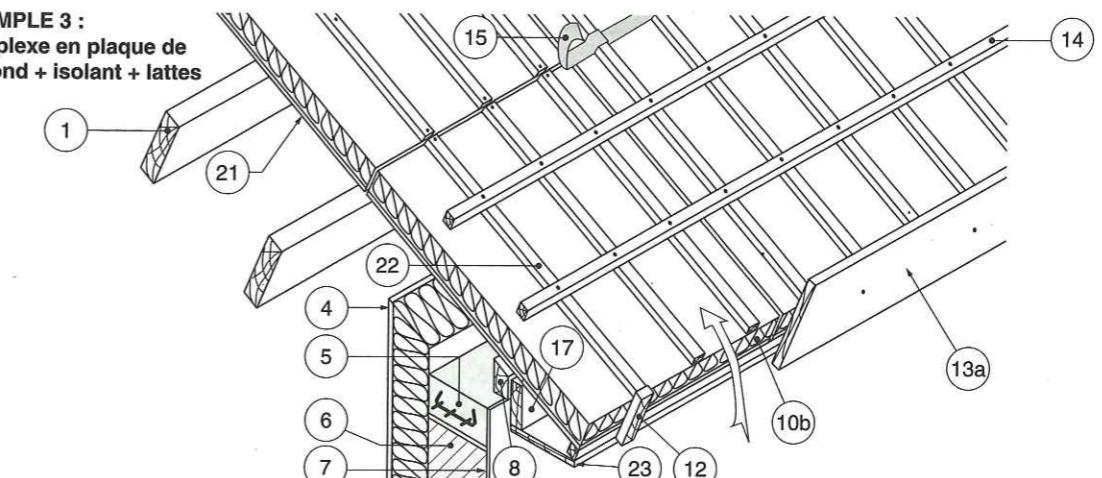
1. Panne en bois. L'écartement reste traditionnel et dépend entre autres du nombre de contre-liteaux.
2. Complexe en isolant + plaque de plâtre collé sur le mur de façade en maçonnerie d'éléments.
3. Chaînage horizontal en béton armé.
4. Maçonnerie d'éléments en blocs.
5. Enduit d'imperméabilisation de façade.
6. Panne sablière fixée au chaînage.
7. Isolant en mousse, collé à la plaque de plâtre.
8. Planche de rive servant à cacher l'extrémité des caissons et à supporter la gouttière pendante, ainsi que le dernier rang de tuiles.
9. Liteaux en bois auxquels sont fixés les éléments de couverture.
10. Ruban couvre-joint autocollant.
11. Fourrure en bois ménageant une entrée d'air basse.
12. Planche de rive servant à cacher l'extrémité des caissons et à supporter la gouttière pendante, ainsi que le dernier rang de tuiles.
13. Planche couvre-joint dans le cas d'une saillie.
14. Fourrure en bois ménageant une entrée d'air basse.
15. Gouttière pendante en zinc ou en PVC.
16. Crochets de suspension de la gouttière. La modulation de leur position permet d'obtenir la pente nécessaire à la gouttière.

**Exemple 3 : complexe en plaque de plafond + isolant + lattes**

Il existe des sandwiches de ce type destinés au support d'étanchéité (voir partie 1, chap. 4). Le risque de condensations interstitielles exige dans ce cas soit la limitation de cet usage aux locaux de faible hygrométrie, soit l'interposition d'un pare-vapeur entre le panneau du plafond et l'isolant, qui

peut être effectuée qu'en usine, au moment de la fabrication des sandwiches.

1. Panne en bois. Un panneau sandwich porte normalement sur trois pannes au moins, afin de réduire les flèches. Il est fixé par des clous. L'écartement des pannes dépend entre autres de l'épaisseur du panneau sandwich, donc de l'isolant.
2. Plaque de plâtre ou panneau dérivé du bois. Certains panneaux dérivés du bois intègrent une finition de plaquage ou fournissent un absorbant acoustique en fibres de matériaux ligneux.
3. Complexe en isolant + plaque de plâtre collé sur le mur de façade en maçonnerie d'éléments.
4. Chaînage horizontal en béton armé.
5. Maçonnerie d'éléments en blocs.
6. Enduit d'imperméabilisation de la façade.
7. Panne sablière fixée au chaînage.
8. Isolant en mousse collé entre les panneaux.
9. Planche de rive servant à cacher l'extrémité des panneaux sandwich.
10. Liteaux en bois auxquels sont fixés les éléments de couverture.
11. Ruban couvre-joint autocollant.
12. Contre-liteaux servant à ménager une lame d'air ventilée sous les liteaux de la couverture. Ils sont fixés en usine ou sur place.
13. Planche couvre-joint dans le cas d'une saillie.
14. Planche devant l'isolant à l'extrémité du panneau.
15. Gouttière pendante en zinc ou en PVC.
16. Crochets de suspension de la gouttière. La modulation de leur position permet d'obtenir la pente nécessaire à la gouttière.

**Supports de couverture non traditionnels sur pannes****EXEMPLE 1 : caisson chevronné****EXEMPLE 2 : sandwich isolant entre deux panneaux****EXEMPLE 3 : complexe en plaque de plafond + isolant + lattes**

**Vocabulaire des toitures**

- Égout droit (cas le plus courant). L'eau du toit est collectée afin qu'elle ne coule pas sur la façade sous-jacente, qu'elle risquerait d'endommager et d'infiltrer (fig. 18.5, 18.6, 18.7 et 18.10).
- Arêtier. Les détails d'arrêtier ressemblent généralement aux détails de faîte (fig. 18.5, 18.6, 18.7 et 18.10).
- Croupe.
- Noue. Les détails de noue ressemblent au petit chéneau représenté à la figure 18.7 (6a) si ce n'est que le dispositif de création de pente (6b) n'est pas nécessaire, car la noue est en pente par définition. En revanche, les éléments bordant la noue sont normalement coupés pour les adapter au biais de la noue.
- Brisis.
- Terrasson. Il est souvent en zinc.
- Faîte (voir exemple 2 et fig. 18.6).
- Ligne de bris. Le raccord se fait habituellement avec une bande métallique recouvrant le premier rang du brisis.
- Rive droite (fig. 18.8).
- Pignon.
- Pénétration continue perpendiculaire à la ligne de la plus grande pente, qui rejette l'eau, ou pénétration de tête (fig. 18.9 – voir aussi fig. 16.10).
- Rive biaise qui reçoit l'eau ( $\alpha_1 > 90^\circ$ ). Le détail en débord (fig. 18.8) est toujours possible avec des éléments plats tranchés. La rive biaise est conçue en fonction du degré d'exposition de la toiture et de la direction des vents de pluie. Elle doit être traitée comme une rive droite jusqu'à  $\alpha_1 = 110^\circ$  environ. Au-delà, il faut prévoir une sorte de bande d'égout ou un couloir métallique. Si  $\alpha_1 > 150^\circ$ , la rive doit être traitée comme un égout biais (13).
- Égout biais. C'est l'équivalent de la rive biaise qui reçoit l'eau. Les éléments peuvent être tranchés en débord, mais, dans ce cas, toute l'eau du toit dégringole vers la façade et le pied de l'immeuble ; il est préférable de prévoir une gouttière. Le détail le plus simple à exécuter est probablement la bande métallique d'égout formant larmier dans une gouttière pendante.
- Pénétration discontinue (fig. 18.9).
- Rive biaise qui rejette l'eau ( $\alpha_2 > 90^\circ$ ). Elle ressemble à la rive droite (9). Si  $\alpha_2 > 150^\circ$ , il s'agit pratiquement d'une rive haute ou d'une rive de tête (16).
- Rive haute : voir exemple de la figure 18.7, légende (5).
- Pénétration continue biaise qui reçoit l'eau. Un chéneau (19) est nécessaire dès que la pente de la pénétration devient faible et la surface du toit en amont importante.
- Pénétration continue selon la plus grande pente (voir exemples de la figure 18.8).
- Pénétration perpendiculaire à la ligne de la plus grande pente, qui reçoit l'eau, ou chéneau (voir figure ci-contre, à droite).

**Exemples de faîtages***• Faîtage monté à sec et ventilé*

Ce faîtage rend superflu le dernier rang de châtières.

- Tuile faîtière universelle ou adaptée aux tuiles utilisées.

- Bande (zinc, acier inoxydable) perforée pour la ventilation.
- Rehausse en bois supportant la bande de zinc et les tuiles faîtières.
- Patte retenant la tuile faîtière.
- Bandes de recouvrement en zinc protégeant le haut des tuiles sous-jacentes.
- *Faîtage hourdé au mortier et non ventilé* (fig. 18.6)
- Tuiles de faîte hourdées au mortier bâtarde et assemblées entre elles par emboîtement (sens du montage contre le vent de pluie) – fig. 18.6, légendes (10) et (11).
- Mortier bâtarde (ciment-chaux-sable).

**Écran hors montagne**

Le schéma ci-contre présente le principe du toit avec écran pare-pluie et pare-neige, et double ventilation (de la sous-face de couverture et de l'écran). Cette dernière ventilation n'est sans doute pas vraiment nécessaire dans le cas d'écrans très perméables ( $\text{Perm} > 0,5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$ ) – voir exemples de chéneau et de gouttière ci-après, et fig. 18.9, exemple 3).

- Contre-liteaux en bois pour créer l'espace de ventilation en sous-face de la couverture.
- Liteaux en bois.
- Écran pare-pluie ou pare-neige poudreuse, souple ou semi-rigide, en dehors de la montagne.
- Chevrons.
- Plafond en plaques de plâtre ou en panneaux dérivés du bois ou en lames de bois ; avec pare-vapeur, surtout dans les cas indiqués dans le tableau 18.3.
- Isolant en laine minérale.

**Exemple de chéneau**

- Contre-lieu menageant l'espace de ventilation.
- Écran pare-pluie ou pare-neige poudreuse.
- Fourrure de rehausse assurant l'entrée de l'air.
- Bandes de solin métallique sur écarteur de 20 mm.
- Solin de mortier armé plus large que de coutume.
- Support continu en bois du chéneau.
- Fourrure d'écartement pour accès de ventilation.
- Chéneau en zinc ou en acier inoxydable étamé.
- Descente d'eaux pluviales.
- Isolant en laine minérale.
- Pare-vapeur sur plaque de plâtre suspendue.

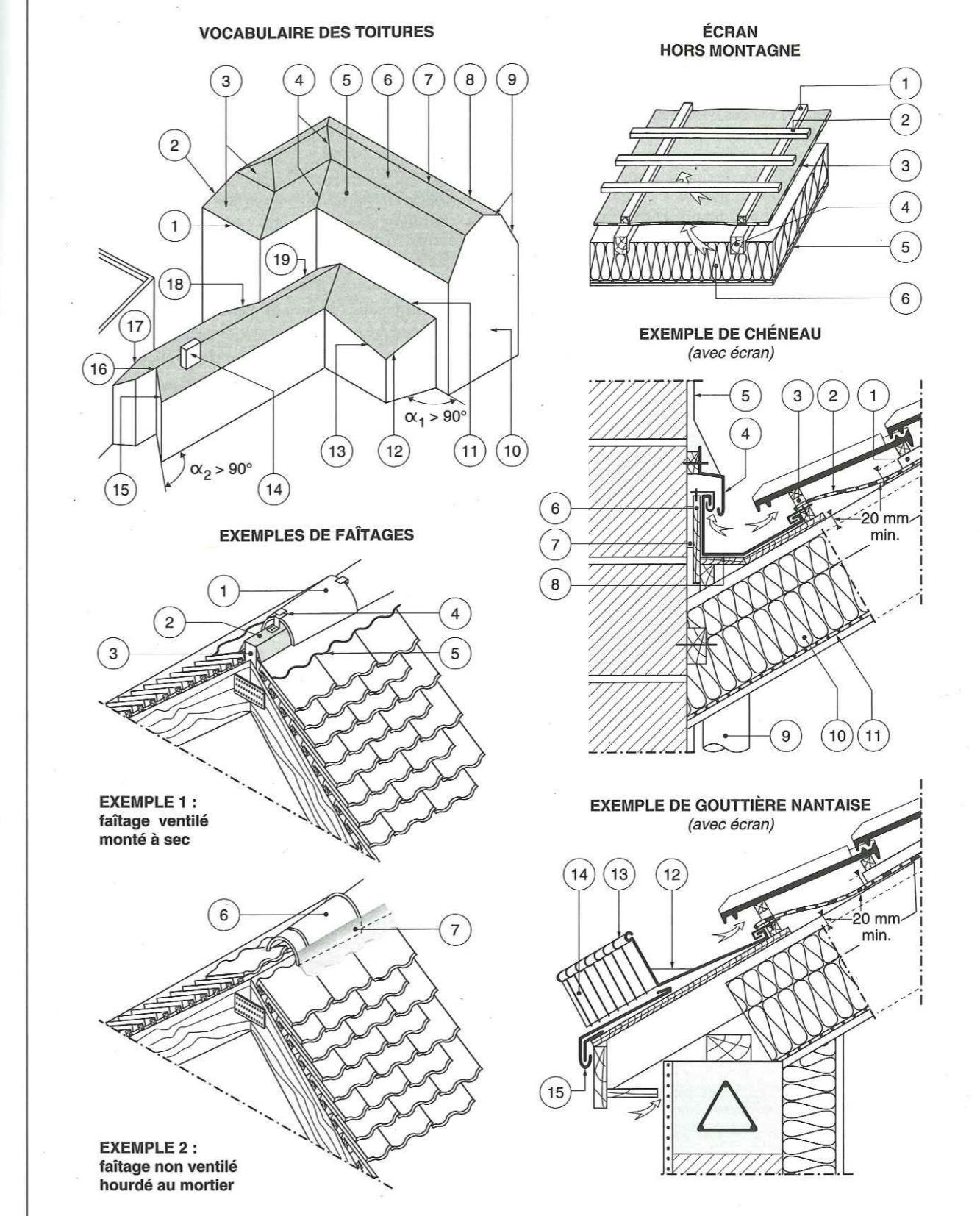
**Exemple de gouttière nantaise**

La havraise est courbe (voir également les légendes précédentes).

- Talon au bout de la gouttière.
- Crochets, supports de la gouttière.
- Gouttière nantaise (ou havraise avec pente).
- Bandes d'égout sous la gouttière.

**REMARQUE**

Sur la protection contre la chute des travailleurs de l'entretien, voir partie 3 – Annexes, chap. 28.



**1.** Gouttière pendante en zinc, en PVC, en acier inoxydable ou en aluminium. Elle est suspendue à des crochets fixés sur les chevrons ou voliges. Il est fortement recommandé, afin d'assurer la durabilité des têtes de chevrons ou de la planche de rive qui se trouverait devant eux, d'ajouter une bande d'égout métallique (en acier inoxydable ou en zinc). Cette bande doit être fixée sur des voliges en bas de pente et repliée sur la partie arrière de la gouttière.

**2.** Premier rang de tuiles ou d'ardoises, appelé « rang de doubles ». Sa longueur ( $H_d$ ) est diminuée d'un pureau par rapport à la tuile courante ( $H_d = 1$  pureau + 1 recouvrement). Il sert à obturer les joints longitudinaux entre les tuiles du rang supérieur.

**3a.** Bande de recouvrement de devant, généralement en plomb, fixée au dormant de la fenêtre du toit (17).

**3b.** Bavettes (ou jets d'eau) métalliques (en aluminium) : celle du dormant jette l'eau au-delà du relief de la bande de recouvrement (3a) ; celle de l'ouvrant recouvre celle du dormant.

**4.** Partie ouvrante de la fenêtre du toit ; le cas présenté ici est celui d'un ouvrant à soufflet, avec rotation autour d'un axe horizontal situé vers le centre.

**5a.** Feuillure supérieure en aluminium du dormant de la fenêtre du toit.

**5b.** Bande de raccord métallique éoulant l'eau du toit vers les côtés de la fenêtre.

**6.** Chatière de ventilation basse formée dans une tuile spéciale. Elle est de préférence munie d'un grillage, empêchant l'entrée d'oiseaux, de petits animaux et même d'insectes.

**7.** Liteau en bois portant les tuiles. Ses dimensions varient selon l'écart entre les fermettes.

**8.** Chatière de ventilation haute, positionnée en quinconce par rapport à la chatière basse, afin d'homogénéiser l'écoulement de l'air.

**9.** Hourdage de tuiles faîtières et filet en mortier bâtarde riche en chaux. C'est le détail traditionnel « façon maçon » (pour les dispositifs de faîte « à sec » : fig. 18.5).

**10.** Filet de mortier bâtarde. Il est possible de remplacer ce dispositif par un emboîtement entre faîtières, qui sert également d'exutoire supérieur à l'air, rendant superflues les chatières supérieures (fig. 18.5).

**11.** Tuile faîtière.

**12a.** Arbalétrier et entrat retroussé des fermettes en bois.

**12b.** Connecteur métallique des arbalétriers (fig. 18.2).

**13a.** Entretoise de bois servant au contreventement et raidissement des membrures des fermettes.

**13b.** Pièce servant en tant que chevêtre au contreventement.

**14a.** Première couche d'isolant en laine minérale. L'isolant se présente souvent en deux couches, la seconde étant située entre les entrats des fermettes.

**14b.** Seconde couche d'isolant.

**15a.** Suspentes métalliques du plafond.

**15b.** Rails de suspension des plaques de plâtre.

**16.** Plaque de plâtre fixée sur les rails clippés aux suspentes (fig. 18.7).

**17.** Dormant de la fenêtre du toit en bois.

**18.** Planches en bois (voliges). Cette disposition est obligatoire sous saillie afin de diminuer le risque de soulèvement des tuiles. Prévoir des moyens d'accès au toit sécurisés malgré sa saillie (voir fig. 28.3).

**19.** Planche de rive.

**20.** Enduit sur maçonnerie d'éléments.

**21.** Armature de l'enduit devant le nez de plancher.

**22.** Chaînage horizontal en béton armé.

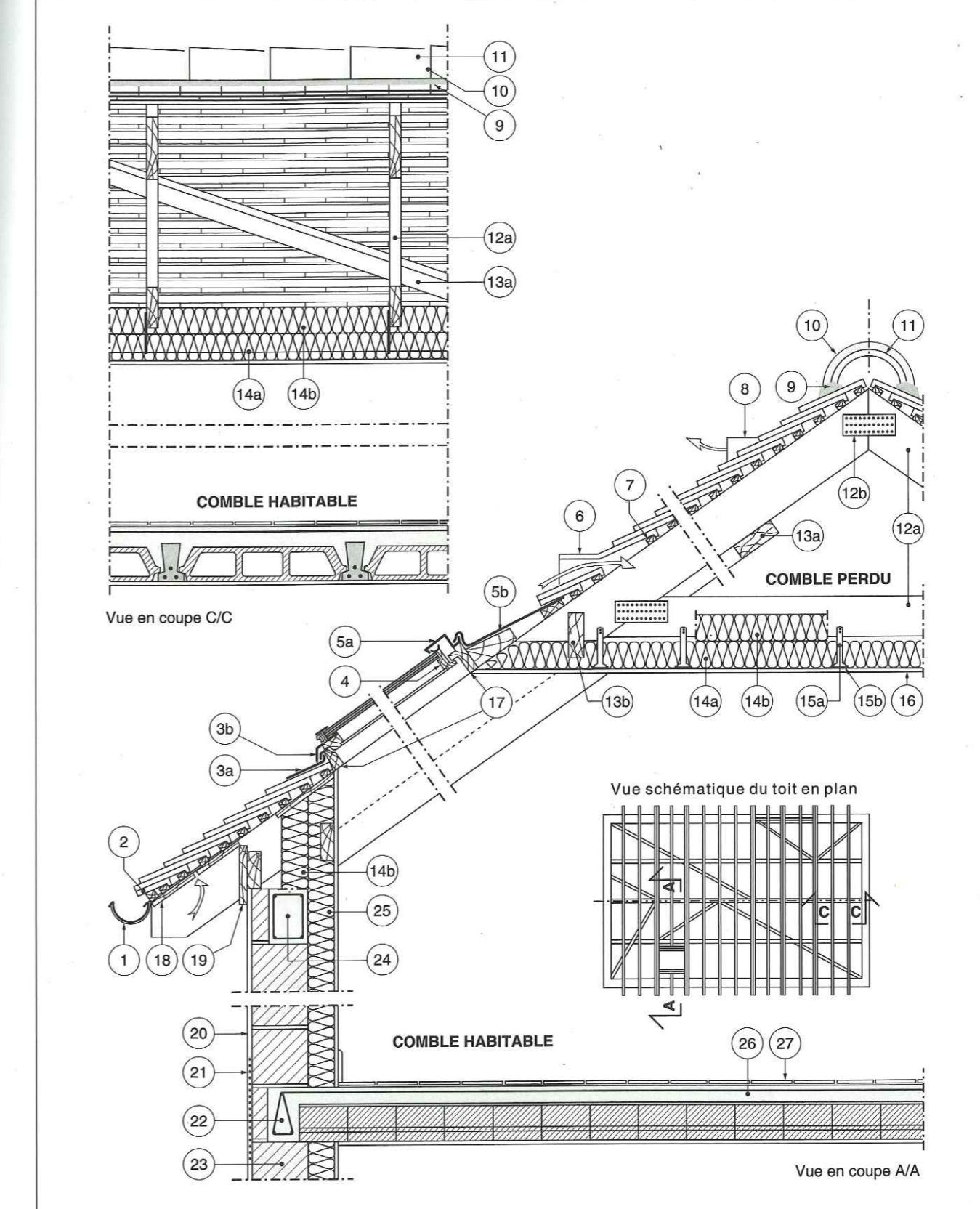
**23.** Blocs de maçonnerie d'éléments destinés à être enduits.

**24.** Chaînage en béton armé situé en haut du mur de maçonnerie des combles surélevés.

**25.** Complex de doublage en isolant + plaque de plâtre, collé aux blocs de maçonnerie.

**26.** Plancher en poutrelles préfabriquées avec entrevois.

**27.** Revêtement de sol en carreaux de terre cuite collés.



1. Gouttière pendante en zinc, en PVC, en acier inoxydable ou en aluminium. Elle est suspendue à des crochets fixés sur les chevrons ou voliges. L'embout en talon est visible.

2a. Premier rang de tuiles ou d'ardoises, appelé « rang de doublis ». Sa longueur (Hd) est diminuée d'un pureau par rapport à la tuile courante (Hd = 1 pureau + 1 recouvrement).

2b. Dernier rang d'ardoises (ou de tuiles) de doublage servant à obturer les joints longitudinaux entre les tuiles du rang inférieur.

3. Revêtement en lames de bois.

4. Ouvrant à la française de la fenêtre en bois (pour les dispositions pare-pluie dans le cas de bardages en bois : fig. 18.8).

5. Bande recouvrant la rive haute (rive de tête). En zinc ou en acier inoxydable étamé, elle est appelée traditionnellement « bande d'astragale » ; elle recouvre les tuiles de doublage de la largeur d'un recouvrement minimal. Traditionnellement ce dispositif peut être fabriqué en deux ou éventuellement en trois pièces (voir chap. 24) :

- l'équerre de la bande d'astragale ;
- la bande de rive ;
- la bande de recouvrement.

Un ensemble de ce type est présenté pour une rive droite en figure 18.8 (à gauche).

6a. Chéneau en zinc ou en acier inoxydable. Le même détail est utilisé pour les noues. En principe, le chéneau requiert une pente minimale de 1 %, mais, pour des longueurs limitées, la pente nulle est acceptable.

6b. Formation de la pente du chéneau.

6c. Crochet de maintien fixé au tasseau. Il fait partie des dispositifs permettant la libre dilatation du zinc, dont le coefficient de dilatation à la chaleur est le double de celui de l'acier et de la plupart des maçonneries et bétons. Sous certaines conditions hygrométriques, d'ailleurs fréquentes, le métal en chauffant peut se dilater tandis que son bois de support rétrécit.

6d. Support du métal de la noue en voligeage (planches) de bois ou en panneaux dérivés du bois destinés à un usage extérieur.

7. Liteau en bois portant les tuiles. Ses dimensions varient selon l'écart entre les fermettes.

8. Chatière de ventilation haute, positionnée en quinconce par rapport à la chatière basse, afin d'homogénéiser l'écoulement de l'air.

9. Hourdage de tuiles faîtières et filet en mortier bâtarde riche en chaux. C'est le détail traditionnel « façon maçon » (pour les dispositifs de faîtage « à sec » : fig. 18.5).

10. Filet de mortier bâtarde. Il est possible de remplacer ce dispositif par un emboîtement entre faîtières, qui sert

également d'exutoire supérieur à l'air, rendant superflues les chatières supérieures (fig. 18.5).

11. Tuile faîtière.

12a. Arbalétrier et entrail retroussé des fermettes en bois.

12b. Connecteur métallique des arbalétriers (fig. 18.2).

13a. Entretoise de bois servant au contreventement et au raidissement des membrures des fermettes.

13b. Pièce servant en tant que chevêtre au contreventement.

14a. Première couche d'isolant en laine minérale. L'isolant se présente souvent en deux couches, la seconde étant située entre les entraits des fermettes.

14b. Seconde couche d'isolant.

15a. Suspentes métalliques du plafond.

15b. Rail métallique clippé aux suspentes, auquel sont fixées les plaques de plâtre.

16a. Plaque de plâtre fixée sur les rails clippés aux suspentes (voir détail).

16b. Pare-vapeur employé dans le cas des rampants de combles habités afin de répondre aux exigences de perméance indiquées dans le tableau 18.3. Il peut être intégré à la plaque de plâtre en usine.

17. Élargissement du dormant de la fenêtre en bois.

18. Planches en bois. Cette disposition est obligatoire sous saillie afin de diminuer le risque de soulèvement des tuiles par le vent.

19. Appui extérieur de fenêtre intégré au dormant et recouvrant entièrement le muret du comble surélevé. Cette disposition fait l'économie de l'appui maçonnerie en béton, mais la pièce en bois ne peut aller au-delà d'une certaine largeur sans risque de déformations excessives.

20. Enduit sur maçonnerie d'éléments.

21. Armature de l'enduit devant le nez de plancher.

22. Chaînage horizontal en béton armé.

23. Blocs de maçonnerie d'éléments destinés à être enduits.

24. Chaînage en béton armé situé en haut du mur de maçonnerie des combles surélevés.

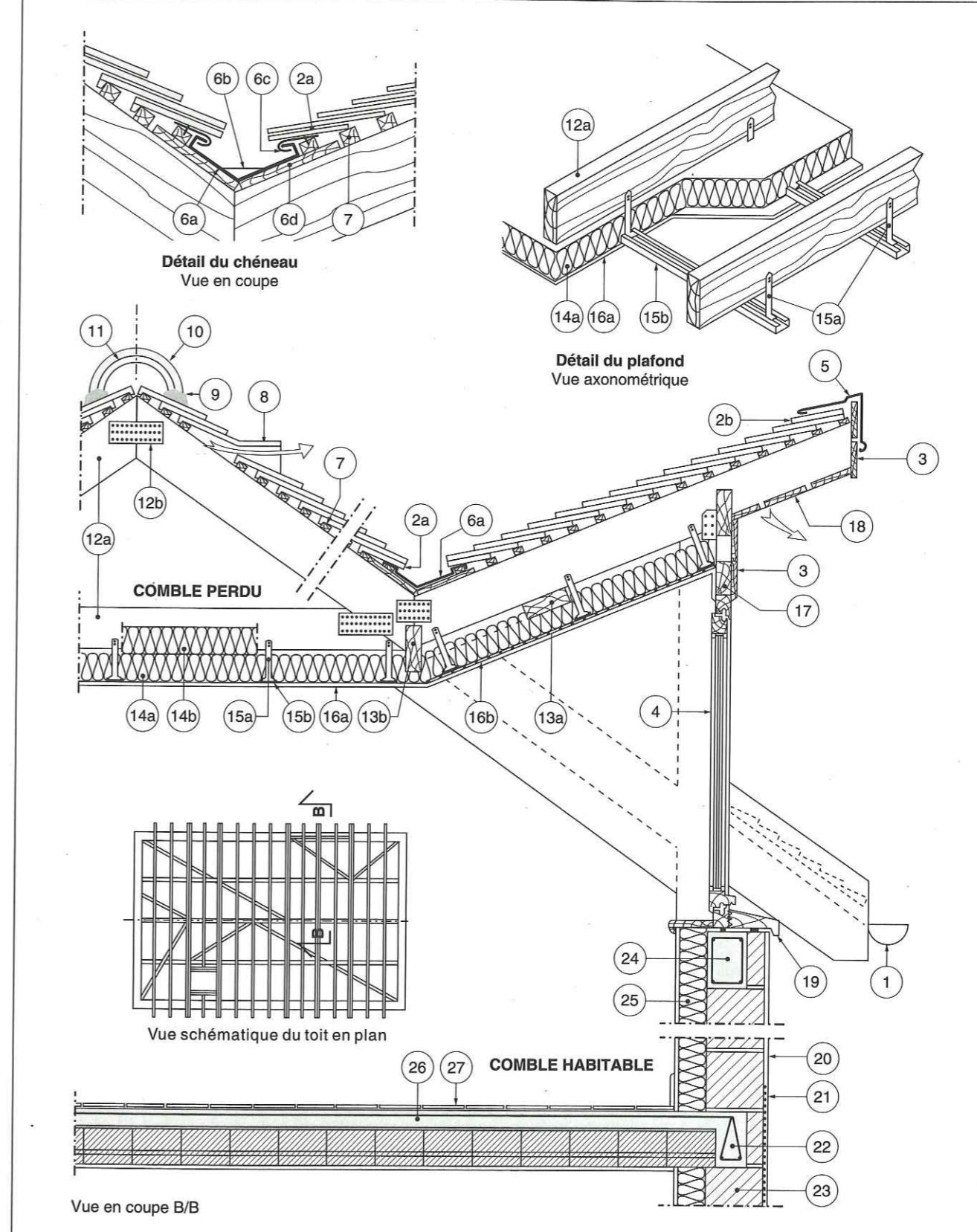
25. Complex de doublage en isolant + plaque de plâtre, collé aux blocs de maçonnerie.

26. Plancher en poutrelles préfabriquées avec entrevois.

27. Revêtement de sol en carreaux de terre cuite collés.

#### REMARQUE

Les éléments permettant d'assurer la sécurité contre la chute des personnes chargées de l'entretien doivent être obligatoirement prévus (voir partie 3 – Annexes, chap. 28).



### Exemples de pénétrations suivant la ligne de plus grande pente

Le premier exemple à gauche est à rattacher à la figure 18.7 : c'est une coupe sur la jouée de la lucarne.

1. Bande de recouvrement en plomb. Très malléable, le plomb est particulièrement adapté aux éléments à relief important (tuiles plates épaisses ou tuiles à emboîtement), car il épouse étroitement leur forme. Néanmoins le recours à ce matériau est aujourd'hui très limité du fait de sa nocivité pour la santé et l'environnement (voir remarque). Pour des pentes supérieures à 60 % ou peu exposées, des bandes en zinc ou en acier inoxydable avec pince ou avec découpage épousant la forme des tuiles (34) sont utilisées.

#### REMARQUE

Le plomb n'est pas interdit, sauf dans les peintures et les conduites d'eau potable. Il pose néanmoins problème quand il est travaillé (chauffé par exemple). Les travailleurs doivent être protégés afin de ne pas respirer de vapeurs de plomb. Pour cette raison, l'acier inoxydable plombé a été remplacé par l'acier étamé. D'un point de vue écologique plus large, les toitures en plomb risquent de polluer le réseau hydrologique (l'eau potable est contrôlée).

2. Couvre-joint en zinc. Il existe des éléments préassemblés avec la bande de plomb (1).

3. Pattes retenant la bande de rive (4).

4. Bande de rive en zinc ou acier inoxydable. Il est évidemment possible de laisser une partie de la planche de rive apparente.

5. Planche de rive en bois ou en contreplaqué.

6. Ourlet rechassé rigidifiant le bord inférieur de la bande de rive et écartant l'eau.

7. Fourrure d'écartement de la bande de rive.

8. Bardage en bois en lames verticales de 15 à 22 mm fixées sur des tasseaux (10).

9. Contre-lattes verticales en bois de 15 mm d'épaisseur, clouées aux montants de structure. Elles assurent un espace de ventilation derrière les tasseaux (10).

10. Tasseaux ou lattes, support du bardage vertical.

11. Isolant en laine minérale.

12. Pare-vapeur.

13. Écran pare-pluie. Il est replié vers l'extérieur, en bas, derrière la bavette (14).

14. Bavette en zinc recouvrant les noquets (15).

15. Partie relevée des noquets (au minimum 90 mm d'épaisseur).

16. Partie cachée du noquet (voir aussi les noquets et le dispositif pouvant remplacer les noquets en bande de plomb (fig. 18.9, exemple 2).

17. Membrures de fermettes (ou chevrons).

18. Couverture en tuiles ou en ardoises.

19. Liteaux.

20. Plaques de plâtre avec pare-vapeur incorporé, permettant de satisfaire aux exigences indiquées dans le tableau 18.4.

21. Tuiles en déviroure, légèrement inclinées vers la rive.

22. Ruellée en mortier bâtarde (ciment-chaux-sable) : ce détail est moins courant aujourd'hui.

23. Blocs de maçonnerie à enduire.

24. Enduit.

25. Bande de solin recevant l'enduit et recouvrant la bande de recouvrement (26).

26. Bande en zinc recouvrant le solin de mortier bâtarde, pour plus de sécurité, car il existe un risque de mouvement différentiel entre la pénétration et la couverture.

27. Complex en isolant + plaque de plâtre collé à la maçonnerie.

28. Chevrons.

### Exemples de rives droites

19. Liteau.

29. Débord des éléments de couverture plats (de 50 mm d'épaisseur au maximum).

30. Tuiles à rabat.

35. Tuile de rive à emboîtement.

36. Fixation à tête large de la tuile de rive.

37. Planche de rive recouvrant l'enduit et permettant de régler l'écart des tolérances dimensionnelles avec le mur.

38. Enduit.

39. Maçonnerie d'éléments du pignon, par exemple.

40. Support des liteaux et de la planche de rive.

### Exemple d'engravure

31. Mastic de maçonnerie de première catégorie.

32. Bande de solin recevant l'enduit et recouvrant la bande de recouvrement (34).

33. Pince améliorant l'étanchéité et rigidifiant la bande de recouvrement.

34. Bande de recouvrement des pentes moyennement ou peu exposées. Elle est en zinc ou en acier inoxydable avec pince, ou avec découpage épousant la forme des tuiles. Le plomb, plus malléable, est mieux adapté à cet usage, surtout quand les éléments sont épais ou à relief important (tuiles à emboîtement). Il est néanmoins préférable de ne pas utiliser ce matériau nocif pour la santé et l'environnement.

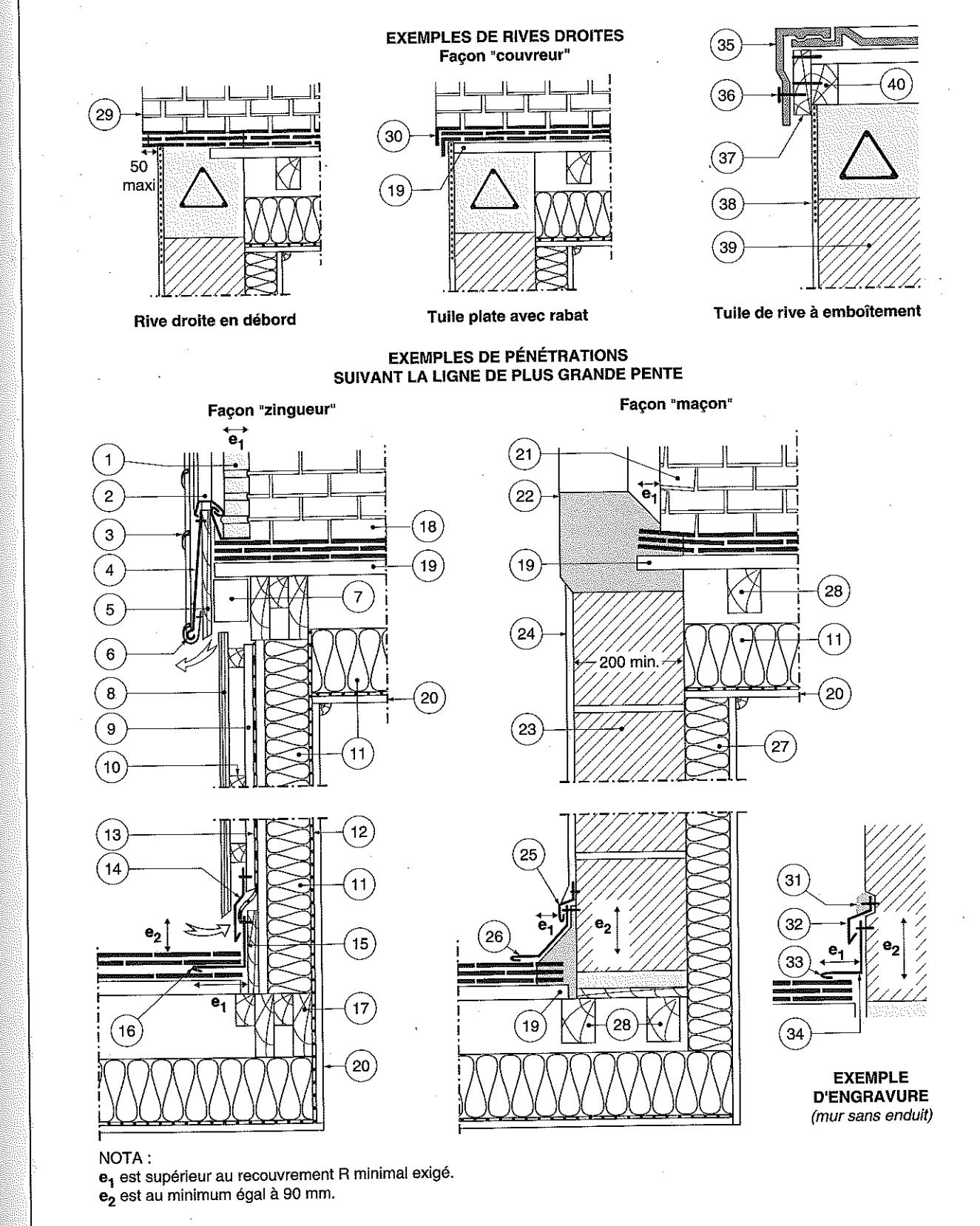


Figure 18.9 Pénétrations et séparatifs

## Exemples de pénétrations

## Exemple 1 : pénétration discontinue avec besace

Cette méthode traditionnelle consistant à faire s'écouler l'eau de derrière la pénétration vers les côtés est à peine plus compliquée que la méthode qui consiste à donner une pente (de 1 % au minimum) au chéneau – fig. 18.7 (6a) et (6b). Le métal (souvent du zinc) est découpé et plié afin de former la besace et les retours d'angle. Des pièces soudées relient les pièces découpées et forment les angles. Le recouvrement R entre les noquets est celui exigé pour les éléments de couverture.

1. Couverture en tuiles plates ou ardoises.
2. Bande de devant recouvrant les éléments.
3. Face relevée et vue du noquet, qui est une sorte de tuile (ou d'ardoise) métallique repliée.
4. Bande de solin recevant l'enduit et recouvrant le noquet – voir exemple 3 (1).
5. Bande de derrière recouverte par les éléments de couverture.
6. Triangle découpé dans la bande de derrière et relevé pour former la besace. Il est appuyé sur une forme en bois, ou en plâtre dans le cas où le bois doit être écarté d'une cheminée. Les deux triangles de la besace sont reliés par une troisième pièce triangulaire soudée appelée « fer de lance ».
7. Partie cachée du noquet insérée entre les éléments plats de couverture.
8. Support de la bande de derrière.
9. Gousset soudé de raccord entre la face avant (ou amère) et la face latérale.

## Exemple 2 : pénétration discontinue dans les tuiles à emboîtement (avec relevé sans besace)

Cette disposition, plus simple à exécuter mais sans pente à l'arrière, est adaptée à des pénétrations ayant une face arrière courte, et spécialement dans le cas des tuiles à emboîtement, car le dispositif présenté ici fait s'écouler l'eau de l'arrière vers une « rigole » (dans la forme de la tuile) éloignée des côtés de la pénétration. Les tuiles jouxtant les côtés de la pénétration sont recouvertes d'une bande de plomb jusqu'à la première « rigole » des tuiles à emboîtement. L'utilisation des noquets est alors impossible.

1. Bande de derrière (en zinc ou en acier inoxydable).
2. Relevé de la bande de derrière.
3. Bande de plomb recouvrant les tuiles adjacentes jusqu'à la première « rigole » de la tuile (8).
4. Partie cachée de la bande arrière, recouverte par les tuiles adjacentes.
5. Tracé géométrique du relevé de la bande arrière (2). Ainsi l'eau venant de l'arrière est rejetée au-delà de la première « rigole » (8) ; la jonction entre ce relevé et la bande de plomb latérale s'en trouve protégée.
6. Enduit et solin de mortier de la pénétration.
7. Bande de solin en zinc intégrée en usine à la bande de plomb. Sa forme permet la libre dilatation, absorbant les mouvements entre le toit et la pénétration.

8. « Rigole » produite par la forme de la tuile à emboîtement. Elle est la première jouxtant la pénétration.

## Exemple 3 : pénétrations continues en tête

Il n'est pas facile de prévoir les ventilations du dessus et du dessous de l'écran de sous-toiture (pour l'entrée basse, voir les exemples de chéneau et de gouttière nantaise en figure 18.5). La double ventilation en milieu de rampant est particulièrement difficile à assurer, aussi vaut-il mieux l'éviter.

1. Enduit et solin sur la maçonnerie du mur.
2. Bande de solin habituelle.
3. Bande de recouvrement (ou d'astragale) protégeant les tuiles sous-jacentes.
4. Chatière de sortie d'air de ventilation.
5. Lame d'air ventilée sous l'écran de sous-toiture (6).
6. Écran de sous-toiture pare-pluie et pare-neige arrêté près des chatières.
7. Lame d'air au-dessus de l'écran formée par le contre-lieu.
8. Solin de mortier.
9. Bande de solin intégrée – voir exemple 2 (7).
10. Bande de recouvrement en plomb.

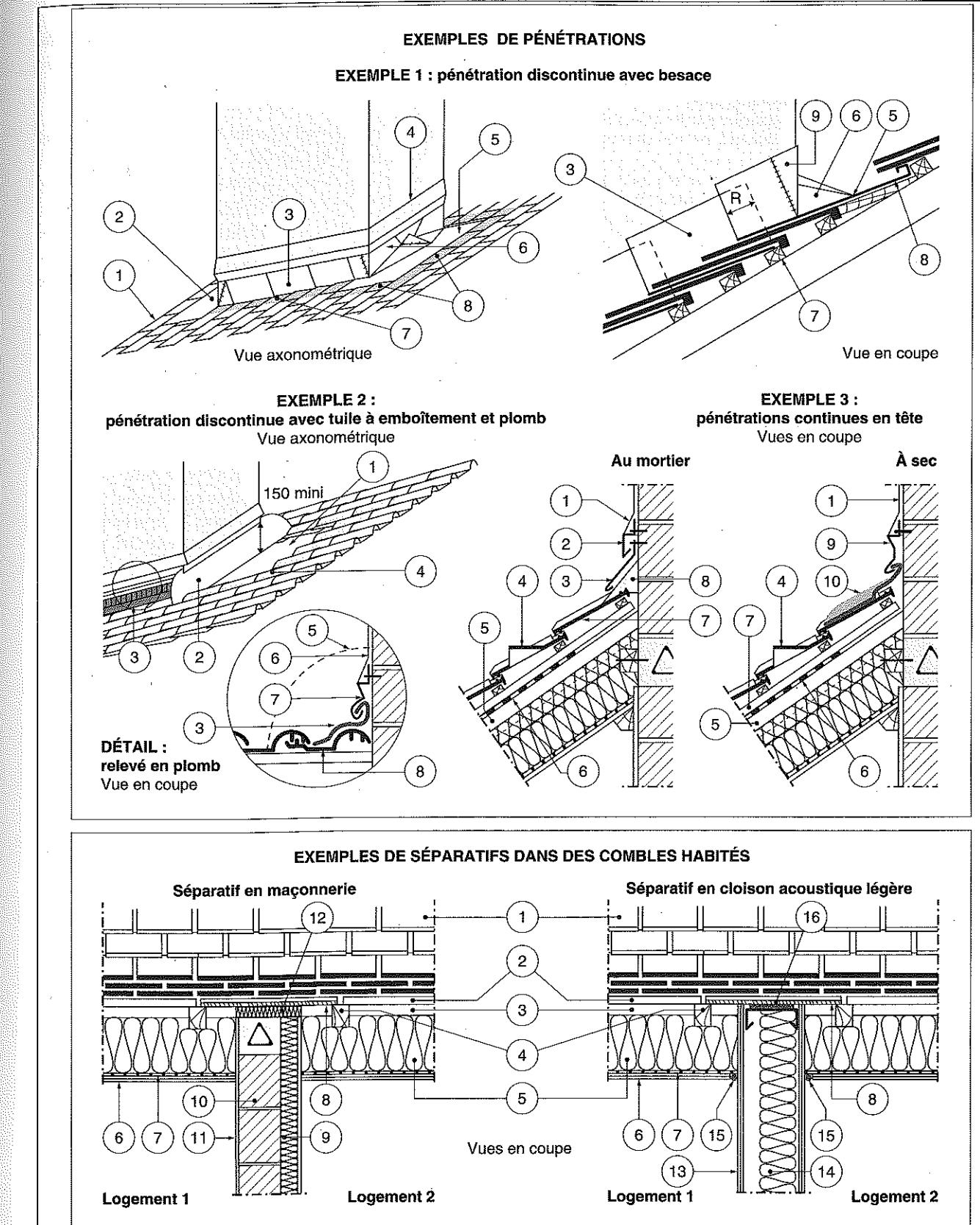
## Exemples de séparatifs dans des combles habités

Les séparatifs entre logements adjacents ou autres locaux nécessitant un isolement acoustique important doivent pénétrer le plus loin possible vers les éléments de couverture, afin d'éviter la transmission du bruit à travers les plafonds. Il faut assurer l'étanchéité des jonctions des plaques de plâtre, en leur appliquant soigneusement un joint de mastic.

1. Éléments de couverture.
2. Liteau.
3. Lame d'air ventilée.
4. Chevrons ou fermettes.
5. Isolant de 200 mm d'épaisseur minimale.
6. Deux plaques de plâtre de 12 mm d'épaisseur au plafond des locaux séparés.
7. Pare-vapeur.
8. Panneau de contreplaqué.
9. Complexé en laine minérale + plaque de plâtre collé au séparatif en complément d'isolement acoustique.
10. Blocs de béton pleins ou allégés (petites perforations).
11. Plaque de plâtre collée ou enduit en plâtre.
12. Espace de 30 mm rempli de laine minérale de haute densité.
13. Deux plaques de plâtre de 12 mm d'épaisseur sur chacun des parements de la cloison isolante acoustique légère (voir fig. 16.9).
14. Laine minérale de la cloison isolante acoustique.
15. Mastic appliqué partout à la jonction des plaques pour assurer leur étanchéité à l'air.
16. Mousse coincée entre la lisse haute de la cloison légère et le contreplaqué, assurant l'étanchéité à l'air.

Pénétrations et séparatifs

Figure 18.9



**Principe d'étanchéité en montagne**

L'écran de sous-toiture, souple ou rigide, convient s'il est utilisé comme pare-pluie ou comme pare-neige poudreuse, en dehors de la montagne. En montagne (altitude > 900 m), il doit être remplacé par une véritable étanchéité complémentaire, en une ou deux couches posées sur les panneaux et les chanlattes trapézoïdales. Le dessous de ces panneaux doit être ventilé.

1. Contre-lieu (de 27 mm de hauteur minimale) servant à fixer la couche supérieure de l'étanchéité et à assurer une lame d'air de ventilation du dessous de la couverture.
2. Liteaux portant les éléments de couverture plats.
3. Étanchéité complémentaire en une ou deux couches recouvrant les chanlattes (8). En cas de couche unique, la fixation s'effectue à l'aide de clous ou de vis à travers les contre-liteaux. En présence de deux couches, seule la seconde est fixée ainsi ; la première est clouée directement au panneau support (7).
4. Chevron.
5. Plaque de plâtre et pare-vapeur.
6. Isolant en laine minérale.
7. Panneau support de l'étanchéité complémentaire, en bois ou en panneau dérivé du bois (contreplaqué ou panneau de particules), destiné à un usage extérieur.
8. Chanlette en bois de forme trapézoïdale, mesurant 80 mm à la base et d'une hauteur de 27 mm au minimum.

**Exemples 1 et 2 : maçonneries et isolations par l'extérieur et par l'intérieur**

En montagne, l'isolation par l'extérieur des murs en maçonnerie avec bardage en bois a l'avantage d'éliminer les ponts thermiques et de protéger davantage le gros œuvre. L'isolation par l'intérieur peut être intéressante s'il s'agit d'une occupation intermittente (résidence secondaire). Les deux cas sont présentés ici. (Pour la fenêtre dans le cas du bardage en bois, voir fig. 21.3. Pour une terrasse accessible sur façade en bardage en bois, voir fig. 20.3.)

**BIBLIOGRAPHIE**

Voir aussi le DTU 41.2, « Revêtements extérieurs en bois », CSTB, Paris, 1996, et le Cahier du CSTB n° 2545.

1. Ardoises ou bardaues.
2. Liteaux en bois, supports des éléments. Pour le choix des dimensions, il faut prendre en compte les effets du poids de la neige.
3. Contre-lieu (de 27 mm de hauteur minimale). Il fixe l'étanchéité complémentaire à la chanlette et assure la ventilation sous la couverture.
4. Étanchéité complémentaire relevée sur la chanlette.
5. Étanchéité complémentaire sur son support surfacique.
6. Support de l'étanchéité en panneaux contreplaqués ou en panneaux de particules destinés à un usage extérieur et assemblés entre eux par rainure et languette.
7. Rang de doublis.
8. Bande d'égout métallique. Les fixations doivent résister aux effets de reptation de la neige.

9. Planche de rive en bois.

10. Fourrure d'écartement pour la ventilation du dessous de la couverture. C'est également l'exutoire de l'eau infiltrée s'écoulant sur l'étanchéité.

11. Chevron.

12. Soffite en lames de bois écartées afin de ventiler la lame d'air sous le support d'étanchéité.

13. Pare-pluie perméable à la vapeur fixé aux chevrons (29).

14. Tasseaux, ou lattes, de 15 mm d'épaisseur servant à constituer une lame d'air ventilée derrière le bardage en bois horizontal.

15. Lames de bardage en bois horizontal (de 15 à 22 mm d'épaisseur).

16. Relevé (de 500 mm) de l'étanchéité complémentaire du toit.

17. Bavette métallique en bas du bardage en bois. Elle écoule l'eau infiltrée vers l'extérieur et raccorde le bardage à la bande de recouvrement ou d'astragale.

18. Support en bois de la bande d'astragale.

19. Bande d'astragale recouvrant le dernier rang.

20. Crochets de maintien des ardoises (clous pour les autres types d'éléments) – pour plus de clarté, les crochets ne sont pas dessinés ici. Les arrêts de neige peuvent être fixés aux crochets.

21. Soffite en lames de bois, support de l'étanchéité.

22. Chevron vu.

23. Isolant en laine minérale.

24. Pare-vapeur sur plafond en plaques de plâtre, panneaux ou lambris de bois.

25. Chaînage horizontal.

26. Blocs de maçonnerie d'éléments.

27. Fixation à rondelle retenant l'isolant.

28. Patte de fixation des chevrons au mur (voir détail à gauche).

29. Chevrons en bois de 50 × 50 mm à 63 × 63 mm. Ils portent le bardage.

30. Panneau support du relevé d'étanchéité (16).

31. Chevrons en bois supportant le panneau (30), lui-même support du relevé de l'étanchéité.

32. Enduit ou autre revêtement intérieur.

33. Complex de doublage en isolant + plaque de plâtre.

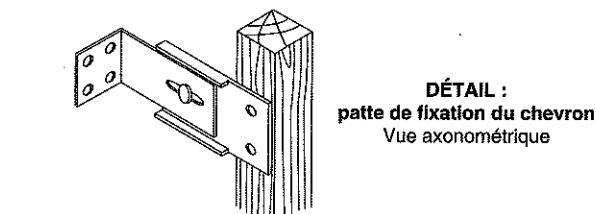
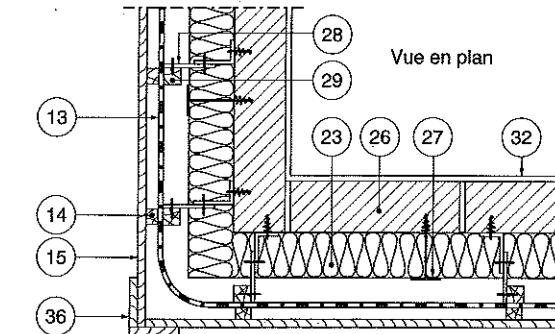
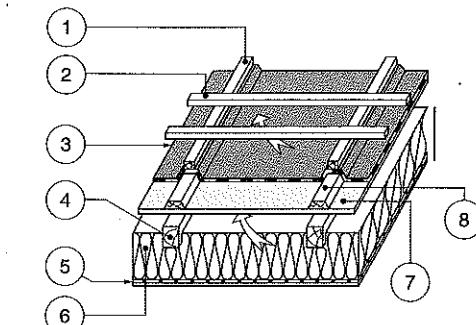
34. Pare-vapeur intégré en usine au complexe de doublage (33).

35. Enduit extérieur d'imperméabilisation.

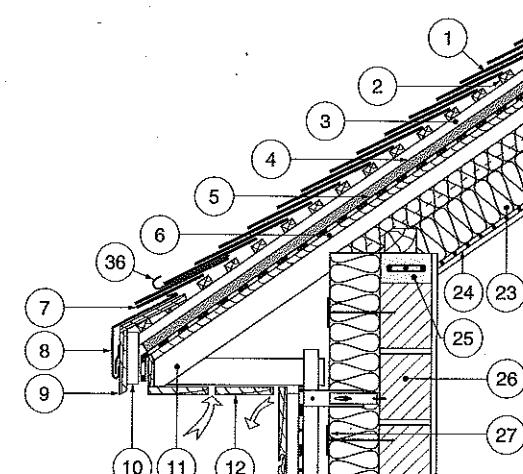
36. Crochets destinés à empêcher le glissement de la neige et à permettre aux travailleurs de s'assurer.

**REMARQUE**

Voir aussi fig. 21.3 et 20.3.

**PRINCIPE D'ÉTANCHÉITÉ EN MONTAGNE****EXEMPLE 1 :  
maçonnerie et isolation  
par l'extérieur avec bardage bois**

Vue en coupe

**EXEMPLE 2 :  
maçonnerie et isolation par l'intérieur**

Vue en coupe

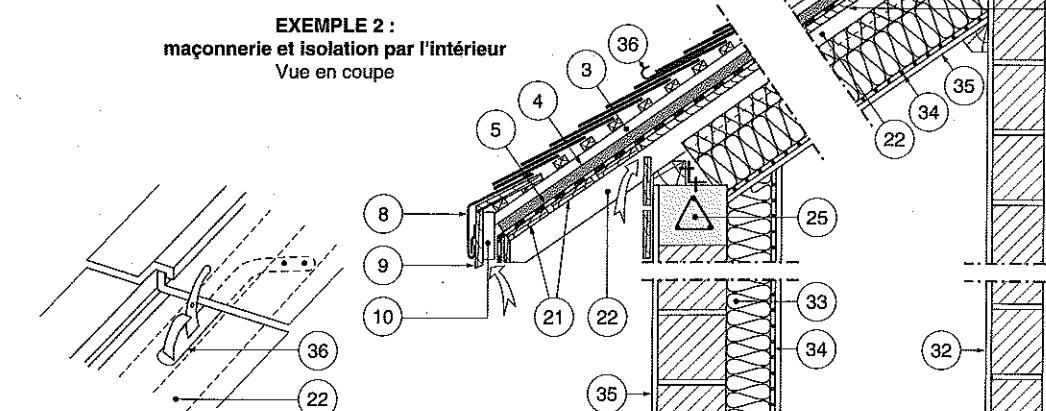
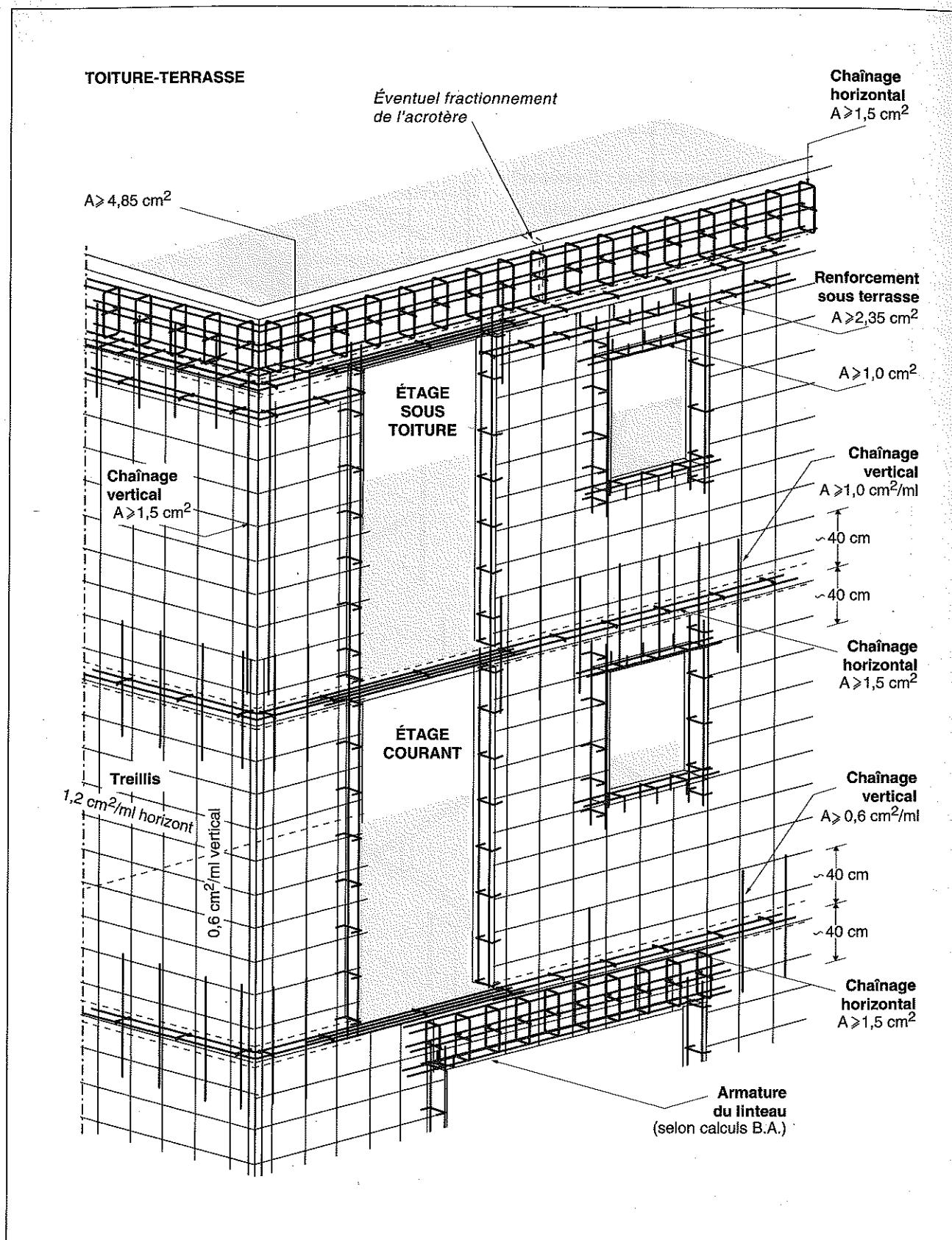


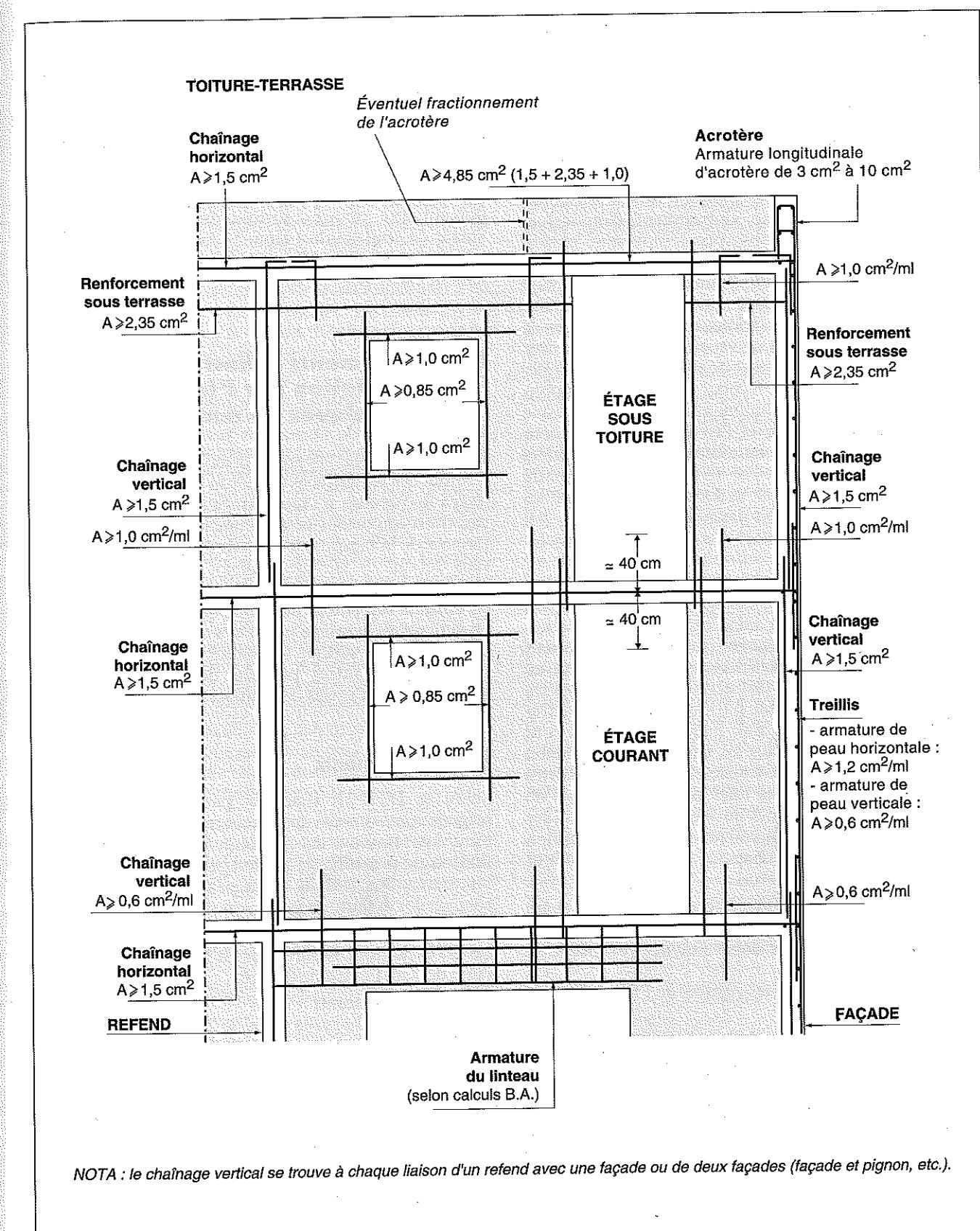
Figure 19.2

## Procédés de mise en œuvre : vue axonométrique de la façade



## Procédés de mise en œuvre : vue intérieure en élévation

Figure 19.3



NOTA : le chaînage vertical se trouve à chaque liaison d'un refend avec une façade ou de deux façades (façade et pignon, etc.).

Figure 19.4

## Logements collectifs – Isolation par l'intérieur : coupe sur façade

1. Paroi en béton banché. Généralement, il ne s'agit pas d'un béton brut de décoffrage, mais d'un béton râgréé (terme emprunté au vocabulaire de la pierre) avec des produits spéciaux de râgrage à base de ciment, afin de lui donner la planéité nécessaire pour une finition en peinture. Cette surface est de qualité « courante » ou « soignée » (selon les termes du DTU 21).
2. Saillie de la traverse basse du dormant de la fenêtre. Elle protège de la pluie battante le joint entre la maçonnerie et le dormant.
3. Saillie de l'appui en béton protégeant le mur situé en dessous.
4. Prédalle en béton armé ou précontraint (généralement de 50 à 60 mm d'épaisseur). Elle peut être fabriquée avec le panneau d'isolant, déjà accroché en usine.
5. Feutre géotextile évitant le colmatage du drain par les particules du sol environnant.
6. Drain permettant de prévenir un excès d'eau dans le sol lors de grandes pluies, surtout dans le cas de constructions en pente dans un sol peu perméable.
7. Béton de propreté préparant le sol de la fondation.
8. Pare-vapeur.
9. Isolant.
10. Étanchéité bicouche ou monocouche (plus rare en France) indépendante de l'isolant, lestée par le gravier.
11. Gravier lestant l'étanchéité et la protégeant contre les rayonnements ultraviolets.
12. Relevé d'étanchéité avec autoprotection (en général, une feuille d'aluminium collée sur l'étanchéité en usine) contre les rayonnements ultraviolets.
13. Isolant, souvent en mousse (PSE, PUR) ou en fibres minérales (dont les qualités acoustiques sont supérieures). L'isolant fait partie d'un complexe (sandwich) en isolant + plâtre collé en usine. Ce complexe est collé au mur en béton sur place (voir fig. 16.1).
14. Plaque de plâtre collée à l'isolant en usine pour former un complexe (sandwich). Certains complexes comprennent un pare-vapeur entre la plaque et l'isolant.
15. Béton coulé sur place, sur les prédalles étayées. L'épaisseur totale du béton détermine les qualités acoustiques du plancher.
16. Prédalle en béton armé (avec des portées pouvant aller jusqu'à 6,50 m pour une épaisseur de plancher courante, de l'ordre de 0,20 m) ou en béton précontraint (avec des portées pouvant aller jusqu'à 7,50 m). Les prédalles ont une largeur maximale de l'ordre de 2,50 m, ce qui implique la présence de nombreux joints, qu'il faut escamoter lors du peintrage des plafonds.
17. Sous-face des prédalles. La finition permet l'application directe d'une peinture, mais il faut traiter soigneusement les joints entre les prédalles afin de pouvoir les escamoter. Pour éviter un désaffleur au droit du joint entre les dalles, il est nécessaire d'assurer un étaiement correct avant le coulage.
18. Coffre de volet roulant isolé afin de réduire les infiltrations d'air et les déperditions par conduction.

19. Ouvrant de fenêtre à la française. Le dormant est fixé à la paroi en béton banché.
20. Saillie intérieure de l'appui en béton, servant à porter la fenêtre (voir fig. 21.2).
21. Plinthe cachant le joint de mastic et le bourrage en laine minérale qui assurent l'étanchéité à l'air.
22. Revêtement de sol en carrelage collé, généralement posé sur une couche résiliente afin de diminuer la transmission des bruits d'impact.
23. Couche inférieure du complexe isolant (panneau de fibres ou de copeaux de bois – fibraglio par exemple). Elle améliore la performance acoustique et la réaction au feu du complexe, et permet l'application d'une peinture ou d'un enduit.
24. Complexé d'isolant thermique et acoustique, séparant en général les parkings des habitations.
25. Dalle dite « sur terre-plein », d'une épaisseur de l'ordre de 150 mm, coulée sur une couche compactée. Cette dalle est armée d'un treillis en acier et fractionnée par des joints scis délimitant des surfaces de 25 m<sup>2</sup> au maximum afin d'éviter les fissurations dues au retrait du béton. À terme, l'armature en fibres d'acier (ou polymères) est probablement destinée à remplacer le treillis dans le cas de faibles surcharges.
26. Lés en polyéthylène de 0,2 mm d'épaisseur, sur lesquels est coulé le béton. Ils empêchent le contact avec l'eau du sol et la perte de laitance lors du coulage de la dalle.
27. Remblai compacté dont l'épaisseur varie avec la profondeur de la fouille du sous-sol.
28. Semelle filante, dans le cas d'un sol suffisamment résistant pour accueillir des fondations, au niveau du sous-sol d'un bâtiment.

**Exemple 1 : acrotère diminué**

L'acrotère peut être diminué quand l'étanchéité remonte et le recouvre complètement (fig. 20.5 et tab. 20.2).

29. Profil en aluminium (en zinc ou autre métal), qui cache l'extrémité de l'étanchéité et protège le béton sous-jacent (fig. 20.7, en haut à gauche).

**Exemple 2 : acrotère préfabriqué**

Ce type d'acrotère diminue le risque de fissuration.

30. Acrotère en béton armé préfabriqué par tranches. Les règles relatives au béton armé (règles « BAEL 91 ») indiquent le pourcentage d'armatures à incorporer dans les éléments saillants en fonction du climat du lieu. Il est prudent d'en limiter les longueurs à 8 m dans les régions à fortes variations de température, et à 12 m ailleurs. Les joints doivent être obturés par un dispositif souple (mastic ou couvre-joint).

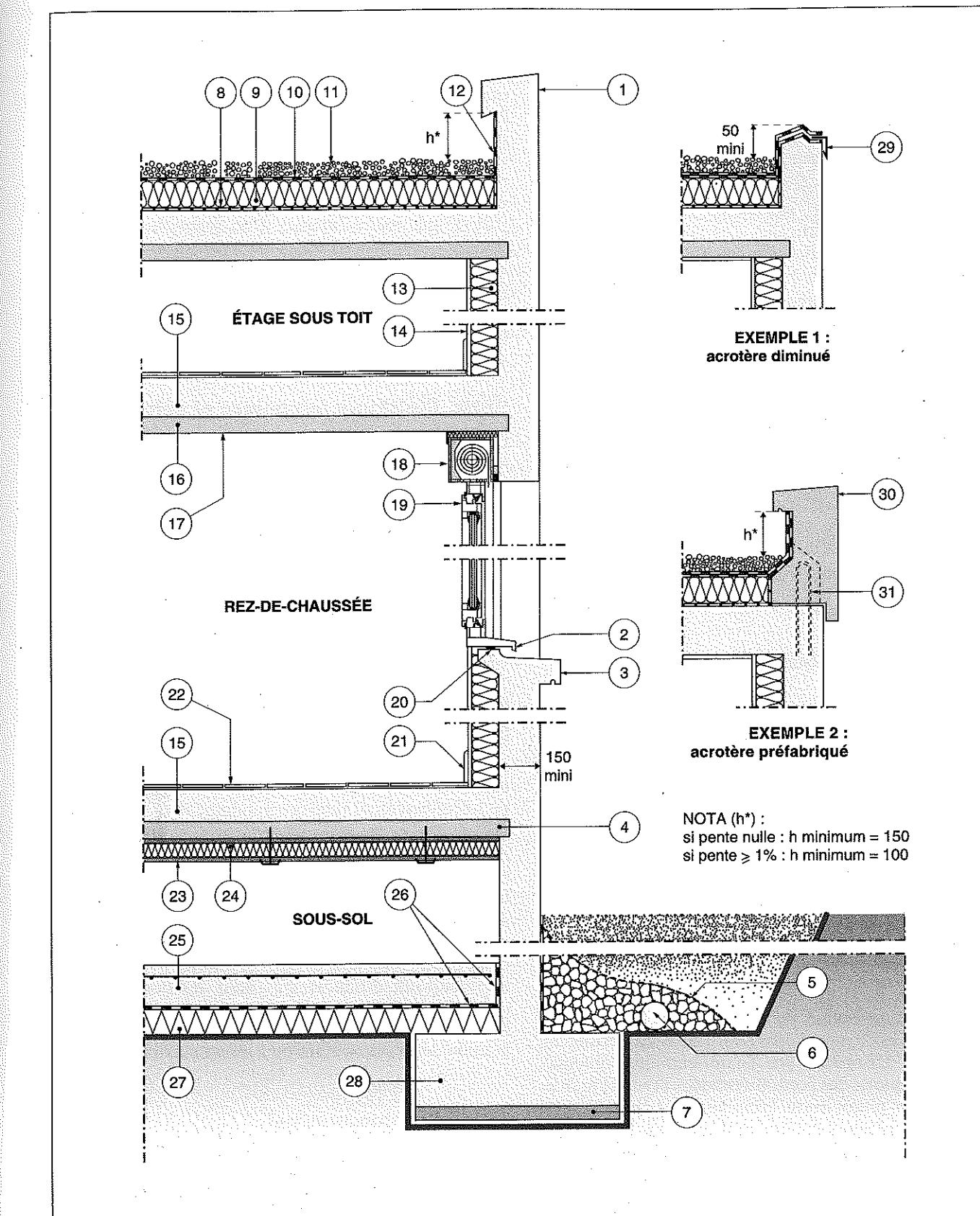
31. Accrochage de l'acrotère à la dalle du toit.

**REMARQUE**

Sur la protection contre la chute des travailleurs chargés de l'entretien, voir partie 3 – Annexes, chap. 28.

## Logements collectifs – Isolation par l'intérieur : coupe sur façade

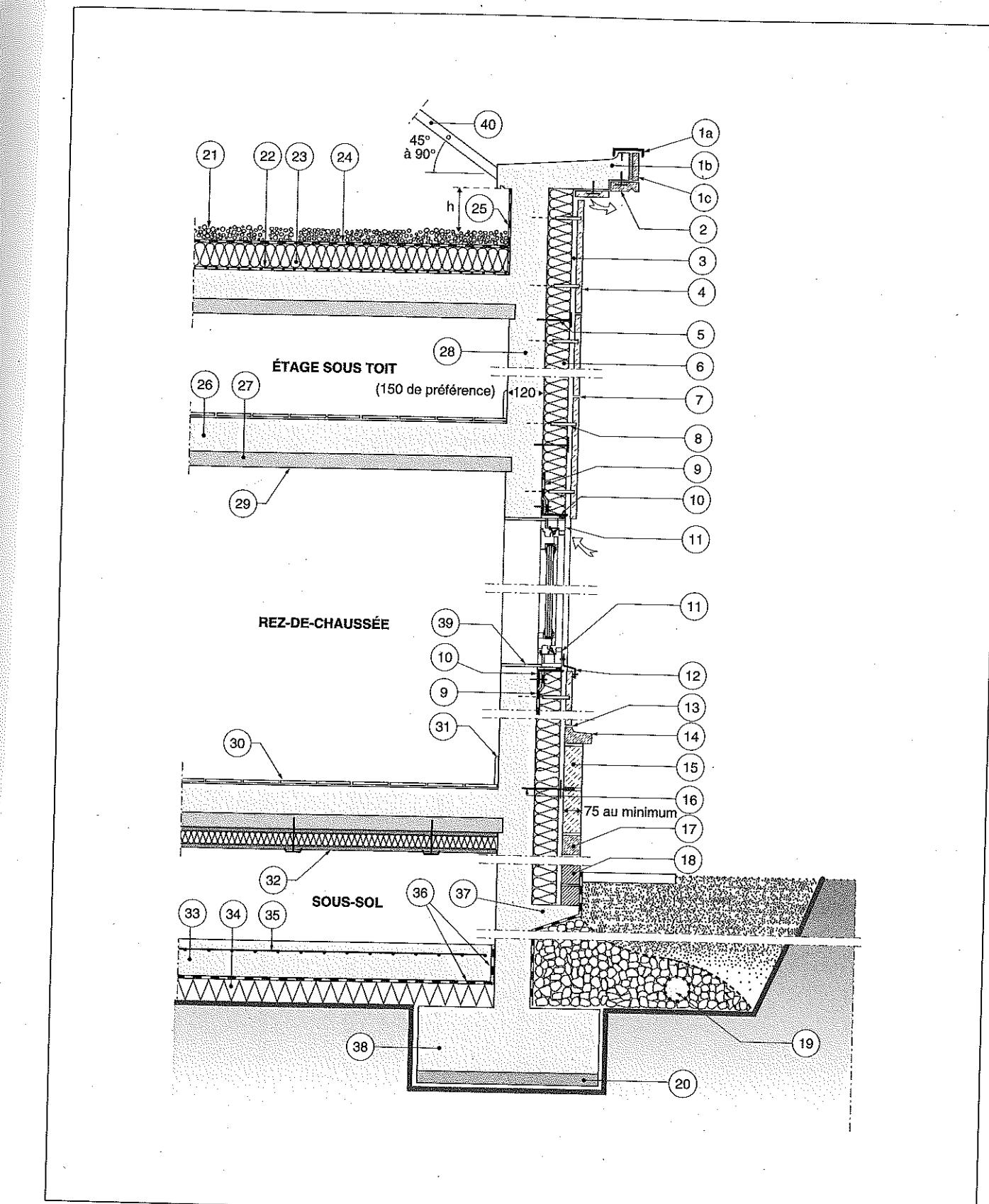
Figure 19.4



- 1a. Couvertine protégeant le haut de la corniche et ses pierres (voir exemple à la figure 20.6).
- 1b. Acrotère en béton armé avec bandeau saillant protégeant le relevé d'étanchéité, du côté intérieur, et saillie de corniche, du côté extérieur. Les saillies importantes de ce type doivent être spécialement armées et fractionnées par des joints de diapason. Les règles relatives au béton armé (règles « BAEL 91 ») indiquent le pourcentage d'armatures à incorporer dans les éléments saillants en fonction du climat du lieu. Il est prudent de limiter les longueurs entre les joints de diapason à 4 m dans les régions à fortes variations de température et à 6 m dans les autres régions. La face verticale de la corniche présentée ici est revêtue d'une pierre scellée au mortier-colle, la face horizontale est revêtue de pierres suspendues à des attaches. Le pont thermique à cet endroit est très important - voir fig. 17.6 pour un dispositif qui diminue considérablement le pont thermique en acrotère.
- 1c. Revêtement en pierres attachées collées sur la face en béton. Le collage est effectué à l'aide d'un mortier-colle épais (sous avis technique) adapté à la taille des plaques. Ces dernières étant très exposées, leur résistance au gel doit être supérieure à celle des plaques en élévation courante (voir § 17.3).
2. Revêtement en pierres attachées, suspendues au soffite de la corniche (voir fig. 21.3 et 21.4). Ces plaques étant très exposées, leur résistance au gel doit être supérieure à celle des plaques en élévation courante.
3. Lame d'air de 20 mm d'épaisseur au minimum. Des joints ouverts en haut et en bas encouragent sa ventilation.
4. Plaque de revêtement de 30 mm d'épaisseur, en pierre ou en béton, portée par les attaches.
5. Attache de fixation de l'isolant thermique.
6. Isolant thermique, généralement en laine minérale non hydrophile, semi-rigide, fixé mécaniquement au mur banché.
7. Joint horizontal entre plaques (d'une épaisseur de l'ordre de 5 mm). Les joints peuvent être ouverts ou obturés. S'ils sont obturés avec un matériau rigide, des joints souples horizontaux doivent être prévus à chaque étage (ou tous les 3 m) et des joints souples verticaux tous les 8 m.
8. Attache en acier inoxydable, munie d'un ergot inséré dans un trou de la tranche verticale de la plaque. Elle porte une partie du poids d'une ou de deux plaques.
9. Ruban d'étanchéité autocollante sur le pourtour de la fenêtre.
10. Précadre en acier galvanisé ou en aluminium de 2 à 3 mm d'épaisseur, faisant le tour de la fenêtre (voir fig. 21.4).
11. Dormant de fenêtre fixé au précadre.
12. Jet d'eau de la fenêtre protégeant la tranche supérieure des plaques.
13. Ventilation basse de 0,01 m<sup>2</sup> par mètre linéaire de façade.
14. Couronnement protégeant la pierre autoporteuse de la zone basse de la façade. La résistance au gel des pierres se trouvant dans cette position doit être supérieure à celle des pierres courantes en élévation (voir § 17.3).
15. Pierre autoporteuse de 75 mm d'épaisseur au minimum, montée avec des joints de 7 mm au minimum en mortier traditionnel de ciment blanc.
16. Agrafe en fil d'acier inoxydable fixée mécaniquement au béton banché et noyée dans le mortier du lit horizontal. Elle est munie d'une disquette en plastique pour le maintien de l'isolant. Il faut compter 2 agrafes au mètre carré, ou 5 agrafes si la paroi en pierre file sur plus d'un niveau (fig. 19.8).
17. Pierre exposée au rejaillissement de l'eau (du sol). Elle doit être plus résistante au gel que les autres pierres en élévation (voir § 17.3).
18. Blocs béton pleins sous terre.
19. Drain.
20. Béton de propreté de l'assise de la semelle de fondation.
21. Protection meuble (50 mm de gravier).
22. Pare-vapeur.
23. Isolant thermique.
24. Étanchéité indépendante, lestée et protégée par du gravier.
25. Relevé d'étanchéité autoprotégée. Hauteur minimale : - toiture-terrasse de pente nulle : 150 mm ; - toiture-terrasse de pente > 1 % : 100 mm.
26. Béton coulé sur place, sur prédelles.
27. Prédelles en béton armé ou précontraint.
28. Mur en béton banché.
29. Peinture après pontage des joints entre les prédelles.
30. Revêtement de sol sur sous-couche résiliente pour l'isolation contre les bruits d'impact.
31. Plinthe.
32. Complex d'isolant acoustique et thermique au-dessus des parkings. La couche inférieure du complexe isolant (panneau de fibres ou de copeaux de bois - fibraggio par exemple) améliore sa performance acoustique et sa réaction au feu, et permet l'application d'une peinture ou d'un enduit.
33. Dalle dite « sur terre-plein », coulée sur une couche compactée. Elle est fractionnée et des joints de retrait sciés délimitent des surfaces de 25 m<sup>2</sup> au maximum.
34. Couche compactée, support de dalle.
35. Treillis d'armature contre la fissuration de la dalle.
36. Lés de polyéthylène évitant le contact avec le sol humide et empêchant les fuites de laitance lors du coulage du béton de la dalle.
37. Corbeau en béton armé. Sa position sera aussi basse que possible afin de diminuer le pont thermique du plancher haut du sous-sol.
38. Semelle de fondation superficielle.
39. Revêtement de l'ébrasement (voir fig. 21.3).
40. Protection collective permanente contre la chute du personnel d'entretien (voir partie 3 - Annexes, chap. 28).

**REMARQUE**

Voir aussi fig. 19.7 et 21.4.



**Façade en plaques attachées de pierre ou de béton préfabriqué**  
- Isolation par l'intérieur : attaches à polochons

L'attache des plaques de pierre par des polochons est toujours très pratiquée, malgré les défauts de cette méthode qui n'admet pas l'isolation par l'extérieur et dont l'utilisation est limitée aux constructions inférieures à 28 m de hauteur. Le fractionnement par des joints souples est obligatoire afin d'éviter les dégâts dus aux mouvements limités du revêtement rigide et du support en béton banché. Il faut envisager l'épaissement des plaques dans les zones exposées aux chocs (au rez-de-chaussée, par exemple).

1. Complex en isolant + plaque de plâtre, collé au mur banché du côté intérieur.
2. Mur de façade en béton banché.
3. Lame d'air de 40 à 50 mm d'épaisseur (le minimum étant de 20 mm, le maximum de 60 mm).
4. Plaque de pierre (ou de béton) de 30 mm d'épaisseur (27 mm au minimum), la surface étant limitée à 1 m<sup>2</sup> et la plus grande dimension à 1,40 m. Dans la partie basse de l'immeuble (jusqu'à une hauteur de 6 m au-dessus du sol ou d'une coursive), il est possible d'utiliser des pierres d'une épaisseur supérieure en raison du risque de chocs.
5. Polochon en mortier de ciment blanc entourant les fils inoxydables.
6. Joint courant, horizontal ou vertical, de 5 à 8 mm d'épaisseur, généralement garni de mortier.
7. Fil d'acier inoxydable ou de zintane, de 4 mm de diamètre minimal.
8. Organe d'ancrage des deux fils inoxydables.
9. Fixation chevillée de l'organe d'ancrage.

10. Joints de fractionnement du revêtement rigide à polochons. Les joints horizontaux ont une épaisseur minimale de 10 mm, les joints verticaux de 8 mm. Ils sont garnis de mastic élastomère ou plastique, adapté à la maçonnerie extérieure, ou d'une mousse imprégnée précomprimée.

11a. De part et d'autre d'un joint souple vertical, les attaches de support soutiennent les arêtes horizontales des plaques, qui se trouvent par conséquent dans le joint horizontal. La disposition des attaches jouxtant les joints souples ressemble à celle devant être respectée autour d'une fenêtre.

11b. Afin de garantir le libre mouvement des joints souples, il est toujours préférable d'utiliser des attaches sans polochons au droit de ces joints (voir détail (2)). Le DTU admet le fractionnement par le corps des polochons, mais uniquement dans le cas d'un joint souple vertical.

12. Ergot en acier inoxydable passant dans la tige aplatie et inséré dans les chants horizontaux des plaques.

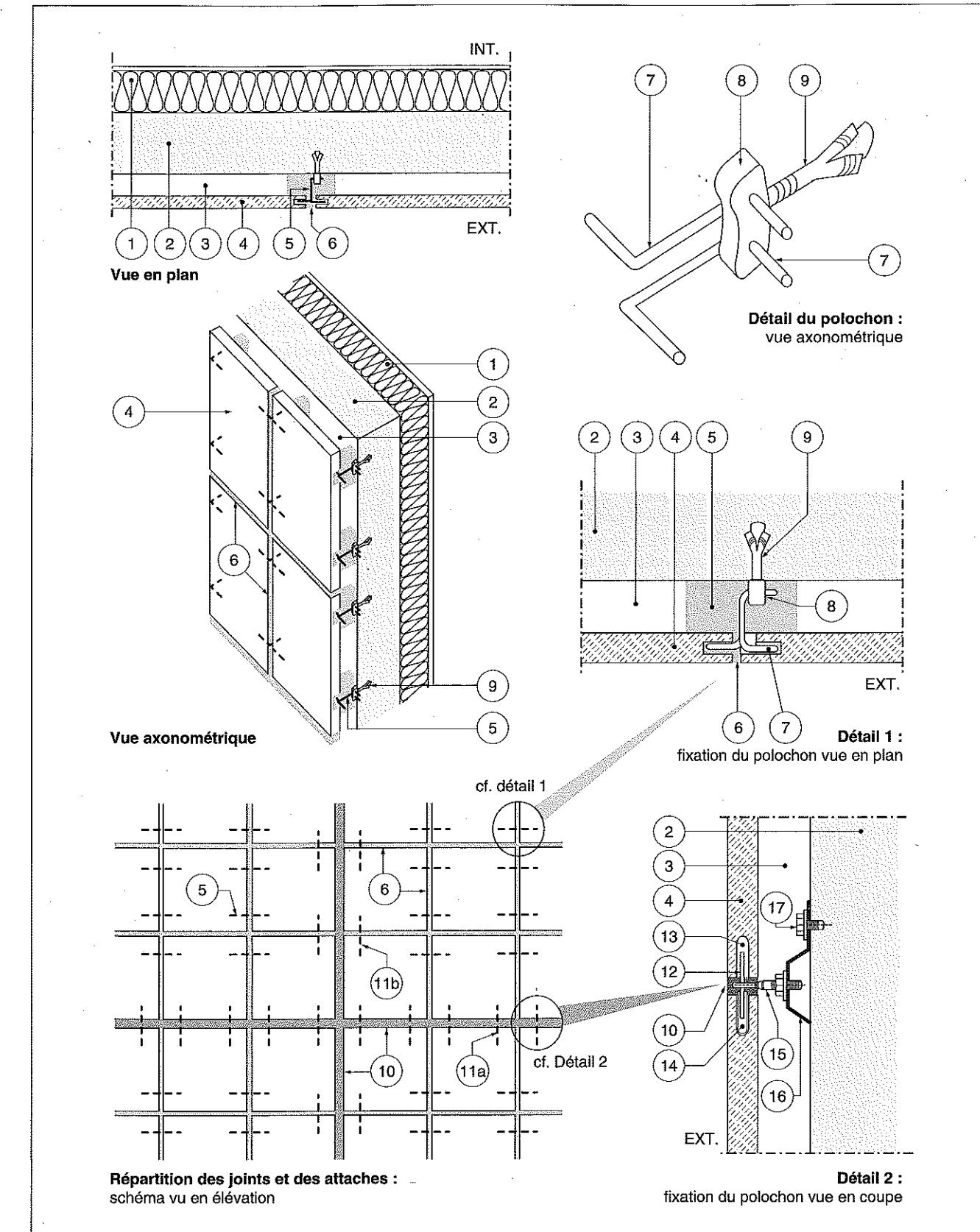
13. Mastic de calage rigide de l'ergot dans la plaque supérieure.

14. Manchon de plastique souple gainant l'ergot qui retient la plaque inférieure.

15. Tige aplatie en acier inoxydable portant la plaque supérieure et retenant la plaque inférieure. Dans le cas exposé ici, la position de l'ergot est réglée à l'aide du filetage de la tige. Il existe également des modèles de serrage par cône.

16. Attache en plat d'acier inoxydable recevant la tige porteuse et fixée au mur banché (fig. 19.7).

17. Fixation de l'attache dans le béton.

**Façade en plaques attachées de pierre ou de béton préfabriqué**  
- Isolation par l'intérieur : attaches à polochons

Divers systèmes d'attaches sans polochons ont été développés. Ils peuvent être utilisés de diverses manières. L'isolation est située à l'extérieur et l'ensemble des joints reste ouvert, ce qui donne une façade entièrement souple, toujours du type III du point de vue de l'étanchéité à l'eau (voir partie 1, chap. 13). Mais il est également envisageable de remplir les joints de mortier rigide ou d'utiliser une isolation à l'intérieur. Sur la figure 19.6 sont présentées des attaches employées dans le cadre d'un système à polochons.

Dans le cas d'une isolation par l'extérieur, une lame d'air ventilée entre l'isolant et les plaques est obligatoire. Pour que cette obligation soit remplie, des bouches d'air de  $0,01 \text{ m}^2$  par mètre linéaire doivent être prévues en haut et en bas de la façade.

La figure ci-contre présente :

- à gauche, des plaques attachées contre un mur de maçonnerie d'éléments non enduit pouvant difficilement servir à la fixation d'attaches. La solution est de suspendre les plaques à des rails portés par des consoles fixées aux planchers en béton. Ce mur fonctionne comme les murs doubles (voir chap. 17), et il faut donc traiter les points singuliers (fenêtres, bas du mur) selon les mêmes principes ;
  - à droite, des plaques attachées par des attaches ponctuelles à un mur de béton banché, où la fixation est facile. Ce système de fixation peut se révéler moins onéreux que le précédent.
1. Blocs de béton ou briques de terre cuite LD non enduits. L'étanchéité à l'air dépend principalement du bon remplissage des joints horizontaux et verticaux de la maçonnerie et de l'enduit intérieur, ainsi que des assemblages de la menuiserie extérieure avec la maçonnerie.
2. Isolant thermique, souvent en laine minérale.

**REMARQUE**

Voir aussi fig. 21.4.

3. Plaque de pierre ou de béton de 30 mm d'épaisseur (27 mm au minimum).

4. Lame d'air ventilée de 20 mm d'épaisseur.

5. Console en acier inoxydable portant le rail sur lequel sont suspendues les plaques de pierre. La console est fixée au nez de plancher.

6. Écarteur en acier inoxydable fixé à la maçonnerie d'éléments. Il assure l'aplomb et la stabilité du rail.

7. Tige aplatie portant les plaques soit par leur chant horizontal, soit par leur chant vertical. Le filetage permet de régler l'aplomb.

8. Ergot passant par la tige aplatie et par des trous percés dans les chants verticaux (ou horizontaux) des plaques.

9. Rail vertical en acier inoxydable portant les tiges aplatis qui soutiennent les plaques de pierre.

10. Nez de plancher en béton armé.

11. Fixation de l'isolant à la maçonnerie d'éléments.

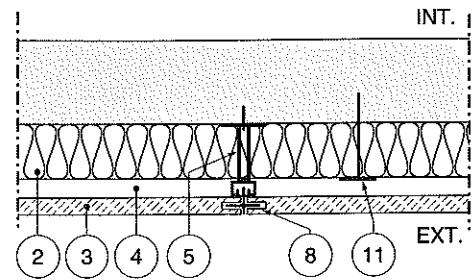
12. Joints horizontaux ou verticaux entre les plaques de pierre. Ils peuvent rester vides (pour un maximum de souplesse et de flexibilité), ou être garnis de mastic souple ou de mortier rigide (à base de ciment blanc). Dans ce dernier cas, un fractionnement par des joints souples horizontaux doit être prévu à chaque étage (ou tous les 3 m) et par des joints souples verticaux tous les 8 m (fig. 19.6).

13. Manchon en plastique souple sur un côté de l'ergot.

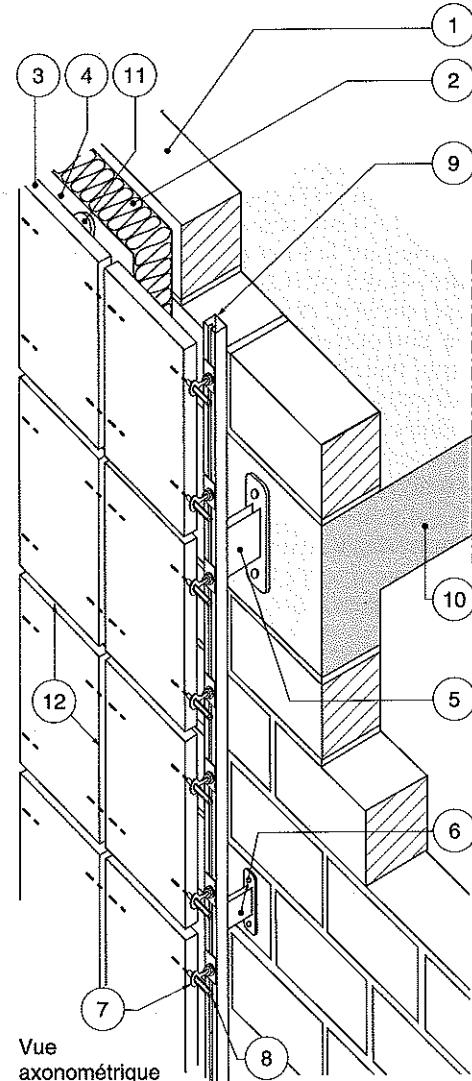
14. Mur en béton banché.

15. Organe de fixation ponctuelle en acier inoxydable. Il est fixé au mur banché. Le trou ovalisé permet de régler sa position.

**EXEMPLE 1 :**  
pièces attachées avec isolation extérieure  
sur maçonnerie d'éléments ou ossature

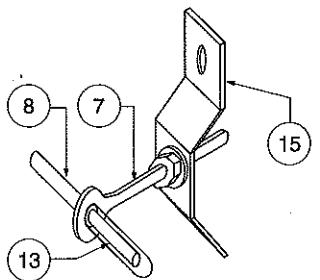


Vue en plan

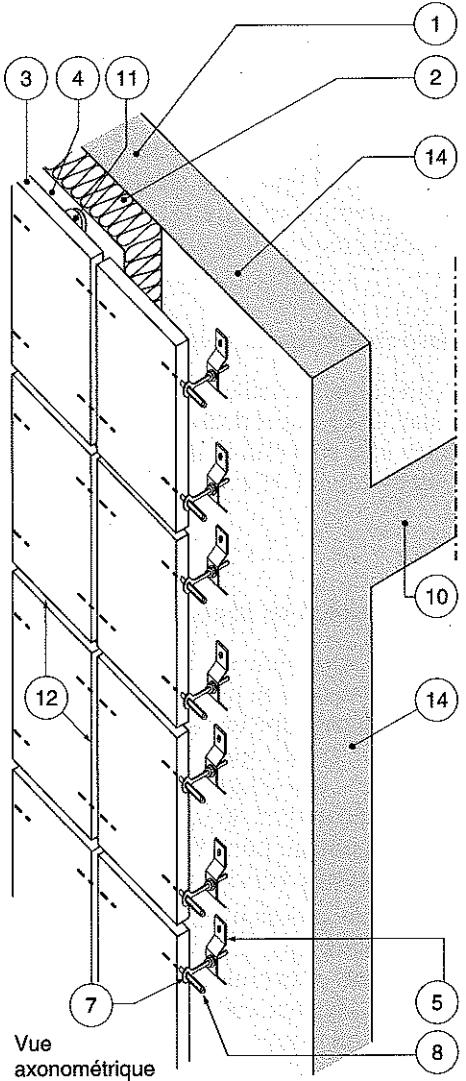


Vue  
axonométrique

**EXEMPLE 2 :**  
pièces attachées avec isolation extérieure  
sur béton banché



Détail d'attache



Vue  
axonométrique

1. Garde-corps devant respecter la norme NF P 01-012 en ce qui concerne la géométrie, et la norme NF P 08-302 en ce qui concerne la résistance aux chocs (voir partie 3 – Annexes, chap. 28).
  2. Couvertine en acier prélaqué, en aluminium ou en zinc, protégeant la brique HD.
  3. Attache de liaison stabilisant le haut du mur en briques HD apparentes.
  4. Isolant placé dans la lame d'air pour diminuer le pont thermique.
  5. Paroi extérieure en briques ou autre maçonnerie apparente, de 90 à 150 mm d'épaisseur.
  6. Attache de fixation de l'isolant et de la paroi extérieure, en fil d'acier inoxydable de 4 mm de diamètre minimal (voir détail ci-contre).
  7. Armatures du type « Murfor » (voir fig. 16.8) situées dans les joints horizontaux de la maçonnerie apparente. Elles relient les lignes d'attache verticales constituées par les liaisons de la façade aux refends.
  8. Rigole d'étanchéité rigide en PVC ou en aluminium posée sur un lit de mortier en bas de chaque étage. Elle recueille l'eau de pluie qui s'est infiltrée dans la lame d'air et la rejette vers l'extérieur par des exutoires placés dans la façade. Divers moyens de liaison sont prévus pour assurer la continuité de ce dispositif à chaque jonction des deux éléments de la rigole.
  9. Bavette incorporée à la rigole. Elle doit couvrir le joint de mortier sous-jacent afin d'éviter l'infiltration à cet endroit.
  10. Étanchéité autocollante à froid séparant le nez de plancher de la maçonnerie apparente. Elle est étendue sur le pourtour de la fenêtre, y compris sur toute la hauteur du linteau. Sans elle, il y a transfert d'humidité de la façade vers l'intérieur, par capillarité.
  11. Linteau apparent (ou revêtu), en béton armé ou précontraint, ou bien caché, en métal.
  12. Lame d'air dont l'épaisseur varie, selon le procédé, de 60 à 100 mm.
  13. Étanchéité contre les remontées capillaires (par exemple en ruban de polyéthylène noir inséré dans le mortier du lit).
  - 13b. Blocs béton pleins sous terre.
  14. Béton de propreté préparant le sol de fondation.
  15. Drain.
  16. Dalles en béton posées sur une couche de désolidarisation en sable (ou en gravillons).
  17. Couche de 30 mm d'épaisseur de sable.
  18. Étanchéité de toiture-terrasse accessible. Une pente minimale de 1 % est obligatoire. Elle peut être obtenue avec une forme de pente en mortier ou en coupant les plaques d'isolant selon des formes prismatiques aptes à produire la pente.
  19. Bandeau en béton armé faisant saillie afin de protéger le relevé d'étanchéité et l'enduit qui le recouvre. Ce détail produira un pont thermique très important. Voir fig. 17.6 le détail avec costière métallique qui permet de diminuer ce pont. Attention : si l'on souhaite accrocher la protection contre la chute du personnel d'entretien (voir partie 3 – Annexes, chap. 28), il faudra considérablement renforcer cette costière.
  20. Enduit grillagé de protection de l'étanchéité. D'autres moyens de protection existent (tablier en acier, éléments en béton préfabriqué).
  21. Platine de fixation du garde-corps.
  22. Pare-vapeur.
  23. Isolant.
  24. Dalle de toiture en béton.
  25. Revêtement de sol en carrelage. Pour obtenir l'isolation aux bruits d'impact requis, il faut prévoir une sous-couche résiliente ou un revêtement souple plus performant.
  26. Dalle de plancher en béton.
  27. Finition soignée du béton en prévision d'une peinture appliquée directement.
  28. Attache de liaison en acier inoxydable, fixée au plancher et à la paroi extérieure.
  29. Écart entre le plancher et la paroi extérieure, rempli d'un mortier léger à base de vermiculite et de liège.
  30. Dormant de fenêtre à la française, fixé à la paroi extérieure.
  31. Ébrasement intérieur en bois ou en plâtre.
  32. Ossature en bois renforçant l'allège et la cloison de doublage. Elle peut éventuellement porter les fenêtres.
  33. Cloison de doublage isolante et autoportante sur la hauteur de l'étage, en complexe de deux plaques de plâtre + isolant en mousse (PUR, PSE).
  34. Lisse basse (ou haute) en bois servant à la fixation de la cloison de doublage. Du fait des imperfections dans la fabrication de cette dernière, l'épaisseur de l'isolant est variable ; il faut donc que la lisse soit d'une dimension plus petite, pour éviter d'endommager les plaques de plâtre.
  35. Complexé d'isolant thermique et acoustique séparant généralement les parkings des habitations.
  36. Paroi extérieure en béton banché dans le sous-sol.
  37. Corbeau portant la paroi extérieure.
  38. Dalle « sur terre-plein », coulée sur le remblai compacté.
  39. Lés en polyéthylène faisant barrière à l'humidité du sol et évitant la fuite de laitance.
  40. Remblai compacté et couche de gravillons portant la dalle « sur terre-plein ».
  41. Semelle de fondation superficielle.
- Exemple : étanchéité refend-façade
- Il montre la liaison entre un refend en béton banché et la façade. Il est important de les séparer par une étanchéité pour éviter la migration de l'humidité par capillarité.
42. Refend en béton banché ayant un rôle d'isolant acoustique. Il est complété, si nécessaire, par un complexe isolant en laine minérale + plâtre.
43. Rondelle de maintien de l'isolant. Elle glisse sur la tige de l'agrafe.
44. Écart entre le refend et la façade, rempli d'un mortier léger.
45. Ruban d'étanchéité vertical, séparant le refend de la façade.

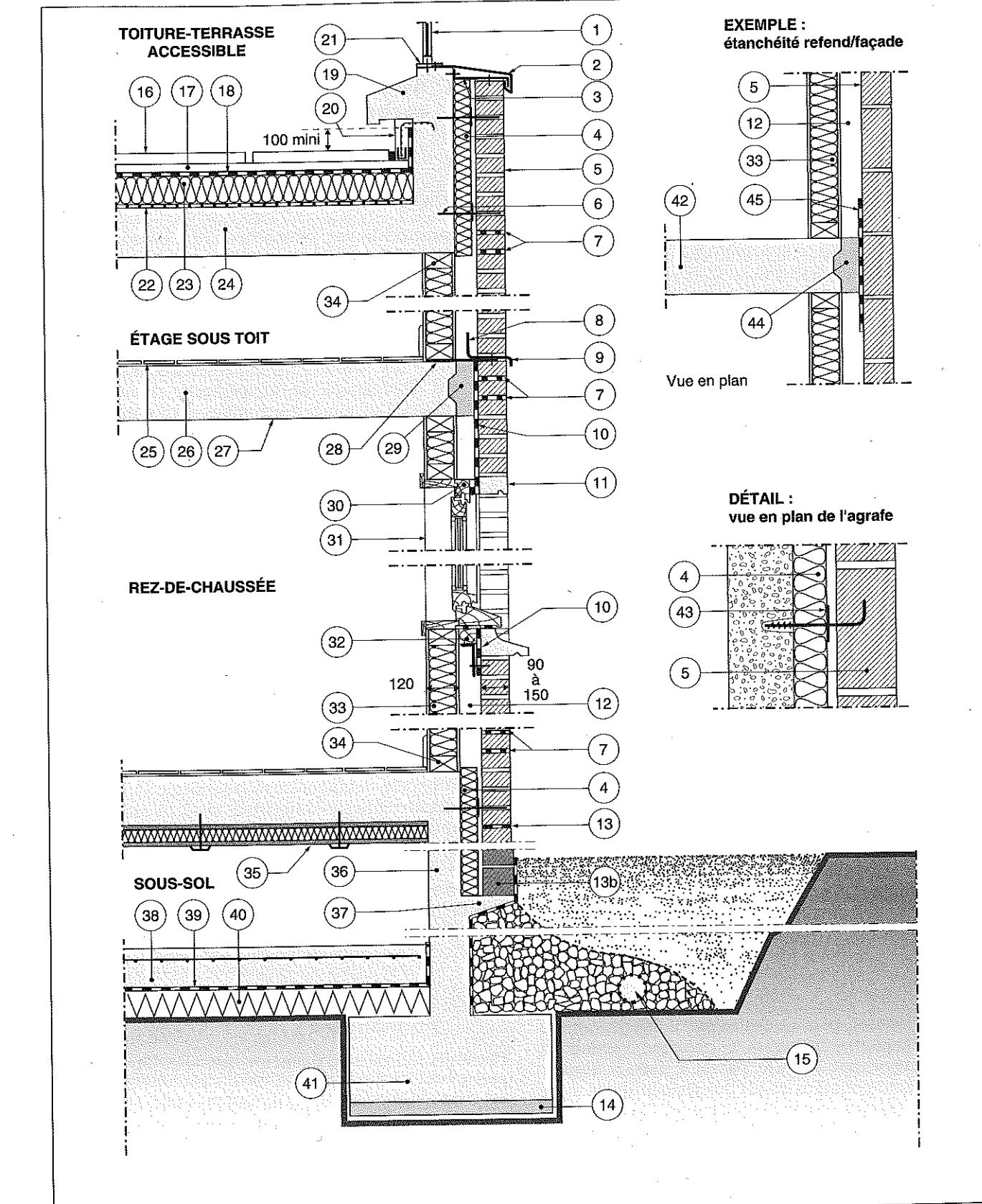


Figure 19.9

## Construction en grands éléments porteurs en béton préfabriqué – Isolation par l'intérieur

## Exemple de coupe sur façade

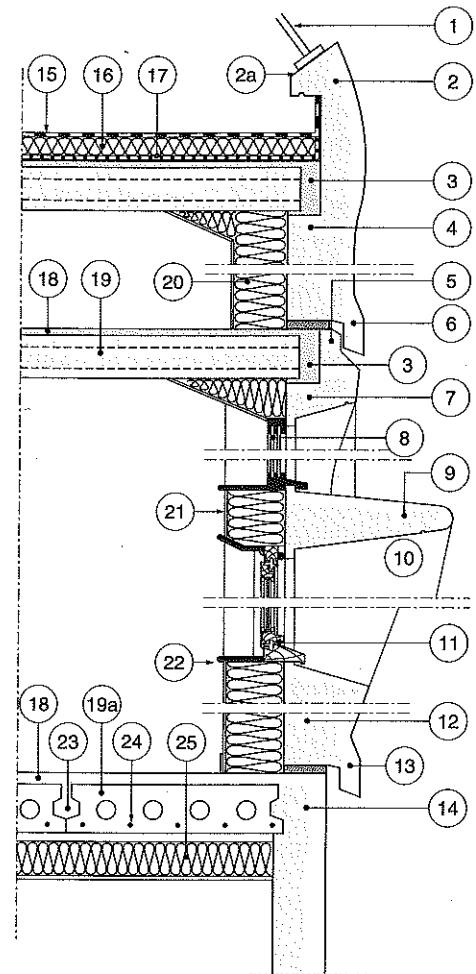
1. Garde-corps de sécurité collective, pour le personnel assurant l'entretien courant du toit (voir partie 3 – Annexes, chap. 28). Chaque portion correspond à la longueur d'un élément de façade préfabriqué.
2. Acrotère intégré à l'élément en béton préfabriqué du dernier étage. Comme tout acrotère, il est très exposé et subit de fortes fluctuations de température. Des armatures longitudinales et de chaînage adéquates sont nécessaires pour éviter des fissurations importantes dues aux mouvements de dilatation et de retrait empêchés. Par ailleurs, il faut éviter les pentes trop importantes (au-delà de 25°, même si le DTU ne se prononce pas sur ce point) au droit du joint vertical. Dans le cas contraire (2a), un couvre-joint supplémentaire – ruban d'étanchéité autocollante tel que (41) par exemple – doit être ajouté au droit du joint vertical entre éléments préfabriqués.
- 2a. Dispositif d'étanchéité supplémentaire devant protéger le joint vertical entre éléments préfabriqués, à cause de la pente.
3. Liaison bétonnée continue entre les éléments préfabriqués de façade et le plancher. Elle contient les armatures de chaînage et de liaison (31) et (31a).
4. Élément préfabriqué du dernier étage. Dans cet exemple, il s'agit de la partie « poteau » du panneau (voir schéma à droite).
5. Rejingot du panneau bas (ici dans la partie « poutre » du panneau – voir schéma à droite). L'étanchéité du joint horizontal entre panneaux est assurée par un recouvrement entre la retombée (6) du panneau supérieur et le rejingot. Il faut s'assurer lors du dimensionnement des panneaux que la retombée et le rejingot ne se touchent pas en prévoyant un espacement minimal de 10 mm entre eux.
6. Retombée du panneau supérieur qui recouvre le rejingot (5). Sa hauteur minimale est de 50 mm.
7. Partie « poutre » du panneau bas.
8. Imposte de la fenêtre.
9. Élément horizontal intermédiaire du panneau de façade. Il peut protéger du soleil en été et réfléchir la lumière vers le plafond du local.
10. Partie « poteau intermédiaire » du panneau (voir schéma à droite).
11. Fenêtre ouvrant vers l'intérieur, munie d'un store extérieur.
12. Partie basse du panneau servant d'allège.
13. Retombée du panneau bas recouvrant le mur en béton banché in situ (14).
14. Mur en béton banché d'un étage bas ou d'un sous-sol.
15. Étanchéité autoprotégée (voir chap. 20).
16. Isolant thermique de toiture-terrasse.
17. Pare-vapeur de la toiture-terrasse.
18. Chape de béton coulé in situ, collaborant avec les planches de béton préfabriqué précontraint (19).
19. Planches alvéolaires en béton préfabriqué précontraint : vue en coupe longitudinale.
- 19a. Planches alvéolaires en béton préfabriqué précontraint : vue en coupe perpendiculaire montrant les alvéoles.
20. Doublage de façade en sandwich plaque de plâtre + isolant thermique.

SUITE DE LA LÉGENDE CHAPTRÉS

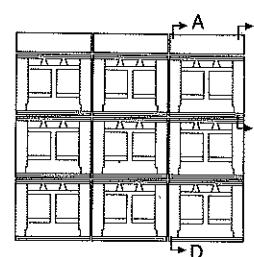
Figure 19.9

## Construction en grands éléments porteurs en béton préfabriqué – Isolation par l'intérieur

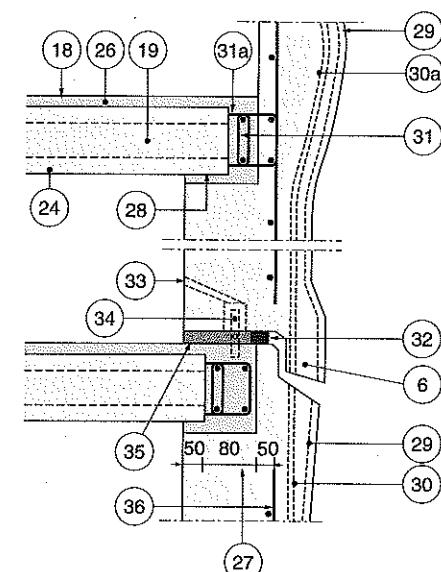
## Exemple de coupe sur façade (selon A-D)



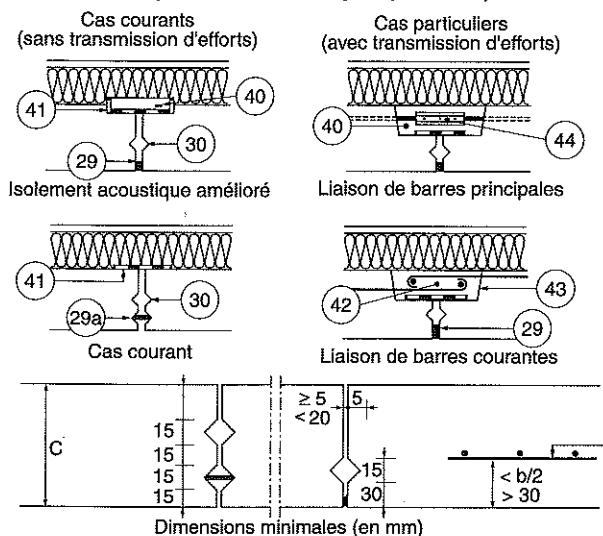
## Exemple de schéma de façade



Détails du joint horizontal vue en coupe (selon B-B)



## Détails du joint vertical vue en plan (selon C-C)



Vue en axonométrie du haut d'un joint vertical

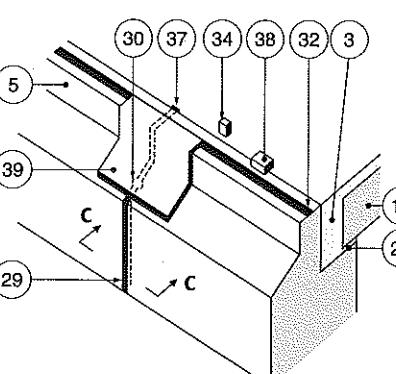


Figure 18.8 Coupe sur lucarne et rives

### Exemples de pénétrations suivant la ligne de plus grande pente

Le premier exemple à gauche est à rattacher à la figure 18.7 : c'est une coupe sur la jouée de la lucarne.

1. Bande de recouvrement en plomb. Très malléable, le plomb est particulièrement adapté aux éléments à relief important (tuiles plates épaisses ou tuiles à emboîtement), car il épouse étroitement leur forme. Néanmoins le recours à ce matériau est aujourd'hui très limité du fait de sa nocivité pour la santé et l'environnement (voir remarque). Pour des pentes supérieures à 60 % ou peu exposées, des bandes en zinc ou en acier inoxydable avec pince ou avec découpage épousant la forme des tuiles (34) sont utilisées.

#### REMARQUE

Le plomb n'est pas interdit, sauf dans les peintures et les conduites d'eau potable. Il pose néanmoins problème quand il est travaillé (chauffé par exemple). Les travailleurs doivent être protégés afin de ne pas respirer de vapeurs de plomb. Pour cette raison, l'acier inoxydable plombé a été remplacé par l'acier étamé. D'un point de vue écologique plus large, les toitures en plomb risquent de polluer le réseau hydrologique (l'eau potable est contrôlée).

2. Couvre-joint en zinc. Il existe des éléments préassemblés avec la bande de plomb (1).
3. Pattes retenant la bande de rive (4).
4. Bande de rive en zinc ou acier inoxydable. Il est évidemment possible de laisser une partie de la planche de rive apparente.
5. Planche de rive en bois ou en contreplaqué.
6. Ourlet rechassé rigidifiant le bord inférieur de la bande de rive et écartant l'eau.
7. Fourrure d'écartement de la bande de rive.
8. Bardage en bois en lames verticales de 15 à 22 mm fixées sur des tasseaux (10).
9. Contre-lattes verticales en bois de 15 mm d'épaisseur, clouées aux montants de structure. Elles assurent un espace de ventilation derrière les tasseaux (10).
10. Tasseaux ou lattes, support du bardage vertical.
11. Isolant en laine minérale.
12. Pare-vapeur.
13. Écran pare-pluie. Il est replié vers l'extérieur, en bas, derrière la bavette (14).
14. Bavette en zinc recouvrant les noquets (15).
15. Partie relevée des noquets (au minimum 90 mm d'épaisseur).
16. Partie cachée du noquet (voir aussi les noquets et le dispositif pouvant remplacer les noquets en bande de plomb (fig. 18.9, exemple 2).

17. Membrures de fermettes (ou chevrons).
18. Couverture en tuiles ou en ardoises.
19. Liteaux.
20. Plaques de plâtre avec pare-vapeur incorporé, permettant de satisfaire aux exigences indiquées dans le tableau 18.4.
21. Tuiles en déviroure, légèrement inclinées vers la rive.
22. Ruellée en mortier bâtarde (ciment-chaux-sable) : ce détail est moins courant aujourd'hui.
23. Blocs de maçonnerie à enduire.
24. Enduit.
25. Bande de solin recevant l'enduit et recouvrant la bande de recouvrement (26).
26. Bande en zinc recouvrant le solin de mortier bâtarde, pour plus de sécurité, car il existe un risque de mouvement différentiel entre la pénétration et la couverture.
27. Complexé en isolant + plaque de plâtre collé à la maçonnerie.
28. Chevrons.

### Exemples de rives droites

19. Liteau.
29. Débord des éléments de couverture plats (de 50 mm d'épaisseur au maximum).
30. Tuiles à rabat.
35. Tuile de rive à emboîtement.
36. Fixation à tête large de la tuile de rive.
37. Planche de rive recouvrant l'enduit et permettant de régler l'écart des tolérances dimensionnelles avec le mur.
38. Enduit.
39. Maçonnerie d'éléments du pignon, par exemple.
40. Support des liteaux et de la planche de rive.

### Exemple d'engravure

31. Mastic de maçonnerie de première catégorie.
32. Bande de solin recevant l'enduit et recouvrant la bande de recouvrement (34).
33. Pince améliorant l'étanchéité et rigidifiant la bande de recouvrement.
34. Bande de recouvrement des pentes moyennement ou peu exposées. Elle est en zinc ou en acier inoxydable avec pince, ou avec découpage épousant la forme des tuiles. Le plomb, plus malléable, est mieux adapté à cet usage, surtout quand les éléments sont épais ou à relief important (tuiles à emboîtement). Il est néanmoins préférable de ne pas utiliser ce matériau nocif pour la santé et l'environnement.

Figure 18.8 Coupe sur lucarne et rives

Figure 18.8

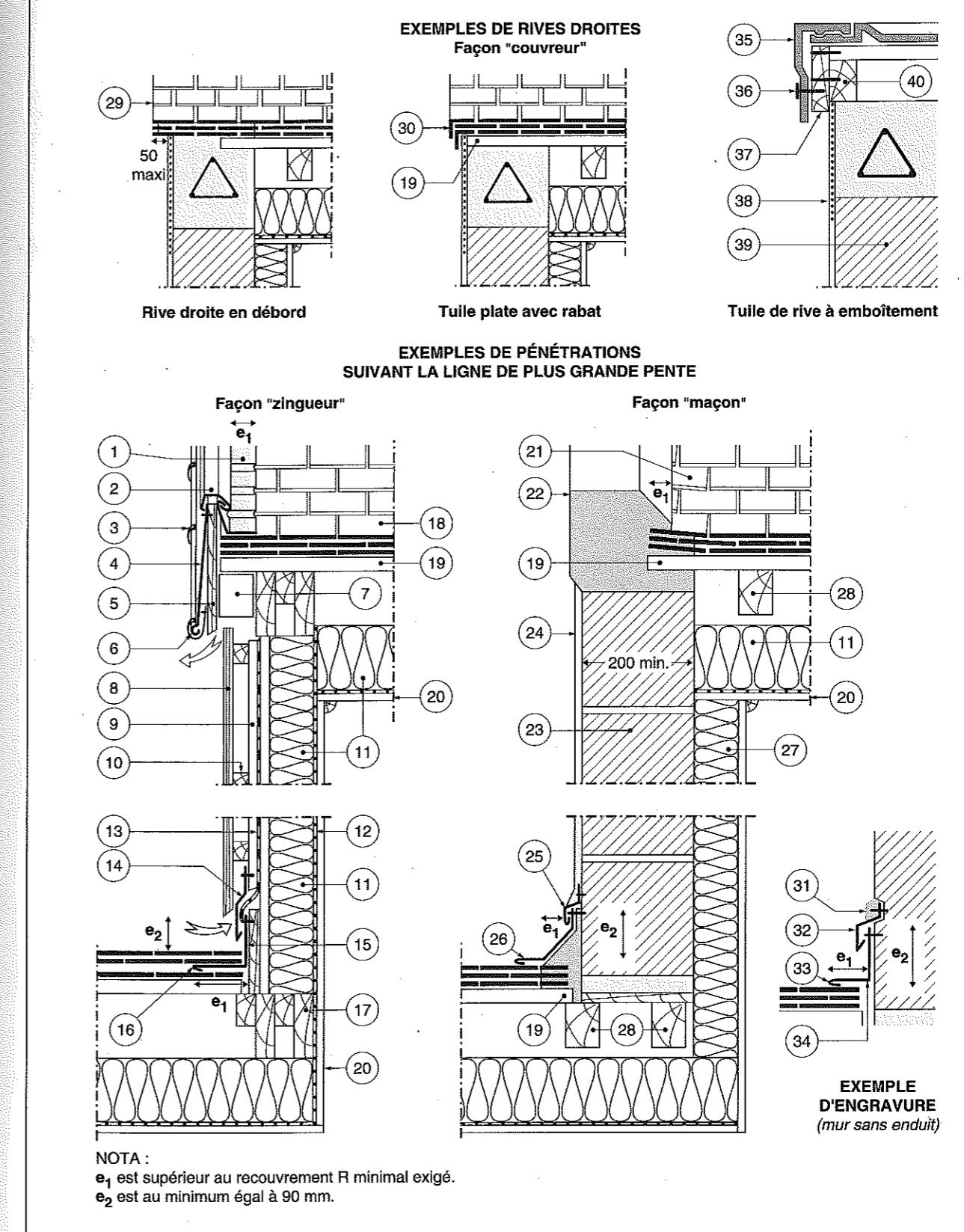


Figure 18.9 Pénétrations et séparatifs

**Exemples de pénétrations****Exemple 1 : pénétration discontinue avec besace**

Cette méthode traditionnelle consistant à faire s'écouler l'eau de derrière la pénétration vers les côtés est à peine plus compliquée que la méthode qui consiste à donner une pente (de 1 % au minimum) au chéneau – fig. 18.7 (6a) et (6b). Le métal (souvent du zinc) est découpé et plié afin de former la besace et les retours d'angle. Des pièces soudées relient les pièces découpées et forment les angles. Le recouvrement R entre les noquets est celui exigé pour les éléments de couverture.

1. Couverture en tuiles plates ou ardoises.
2. Bande de devant recouvrant les éléments.
3. Face relevée et vue du noquet, qui est une sorte de tuile (ou d'ardoise) métallique repliée.
4. Bande de solin recevant l'enduit et recouvrant le noquet – voir exemple 3 (1).
5. Bande de derrière recouverte par les éléments de couverture.
6. Triangle découpé dans la bande de derrière et relevé pour former la besace. Il est appuyé sur une forme en bois, ou en plâtre dans le cas où le bois doit être écarté d'une cheminée. Les deux triangles de la besace sont reliés par une troisième pièce triangulaire soudée appelée « fer de lance ».
7. Partie cachée du noquet insérée entre les éléments plats de couverture.
8. Support de la bande de derrière.
9. Gousset soudé de raccord entre la face avant (ou amère) et la face latérale.

**Exemple 2 : pénétration discontinue dans les tuiles à emboîtement (avec relevé sans besace)**

Cette disposition, plus simple à exécuter mais sans pente à l'arrière, est adaptée à des pénétrations ayant une face arrière courte, et spécialement dans le cas des tuiles à emboîtement, car le dispositif présenté ici fait s'écouler l'eau de l'arrière vers une « rigole » (dans la forme de la tuile) éloignée des côtés de la pénétration. Les tuiles jouxtant les côtés de la pénétration sont recouvertes d'une bande de plomb jusqu'à la première « rigole » des tuiles à emboîtement. L'utilisation des noquets est alors impossible.

1. Bande de derrière (en zinc ou en acier inoxydable).
2. Relevé de la bande de derrière.
3. Bande de plomb recouvrant les tuiles adjacentes jusqu'à la première « rigole » de la tuile (8).
4. Partie cachée de la bande arrière, recouverte par les tuiles adjacentes.
5. Tracé géométrique du relevé de la bande arrière (2). Ainsi l'eau venant de l'arrière est rejetée au-delà de la première « rigole » (8) ; la jonction entre ce relevé et la bande de plomb latérale s'en trouve protégée.
6. Enduit et solin de mortier de la pénétration.
7. Bande de solin en zinc intégrée en usine à la bande de plomb. Sa forme permet la libre dilatation, absorbant les mouvements entre le toit et la pénétration.

8. « Rigole » produite par la forme de la tuile à emboîtement. Elle est la première jouxtant la pénétration.

**Exemple 3 : pénétrations continues en tête**

Il n'est pas facile de prévoir les ventilations du dessus et du dessous de l'écran de sous-toiture (pour l'entrée basse, voir les exemples de chéneau et de gouttière nantaise en figure 18.5). La double ventilation en milieu de rampant est particulièrement difficile à assurer, aussi vaut-il mieux l'éviter.

1. Enduit et solin sur la maçonnerie du mur.
2. Bande de solin habituelle.
3. Bande de recouvrement (ou d'astragale) protégeant les tuiles sous-jacentes.
4. Chatière de sortie d'air de ventilation.
5. Lame d'air ventilée sous l'écran de sous-toiture (6).
6. Écran de sous-toiture pare-pluie et pare-neige arrêté près des chatières.
7. Lame d'air au-dessus de l'écran formée par le contre-lieu.
8. Solin de mortier.
9. Bande de solin intégrée – voir exemple 2 (7).
10. Bande de recouvrement en plomb.

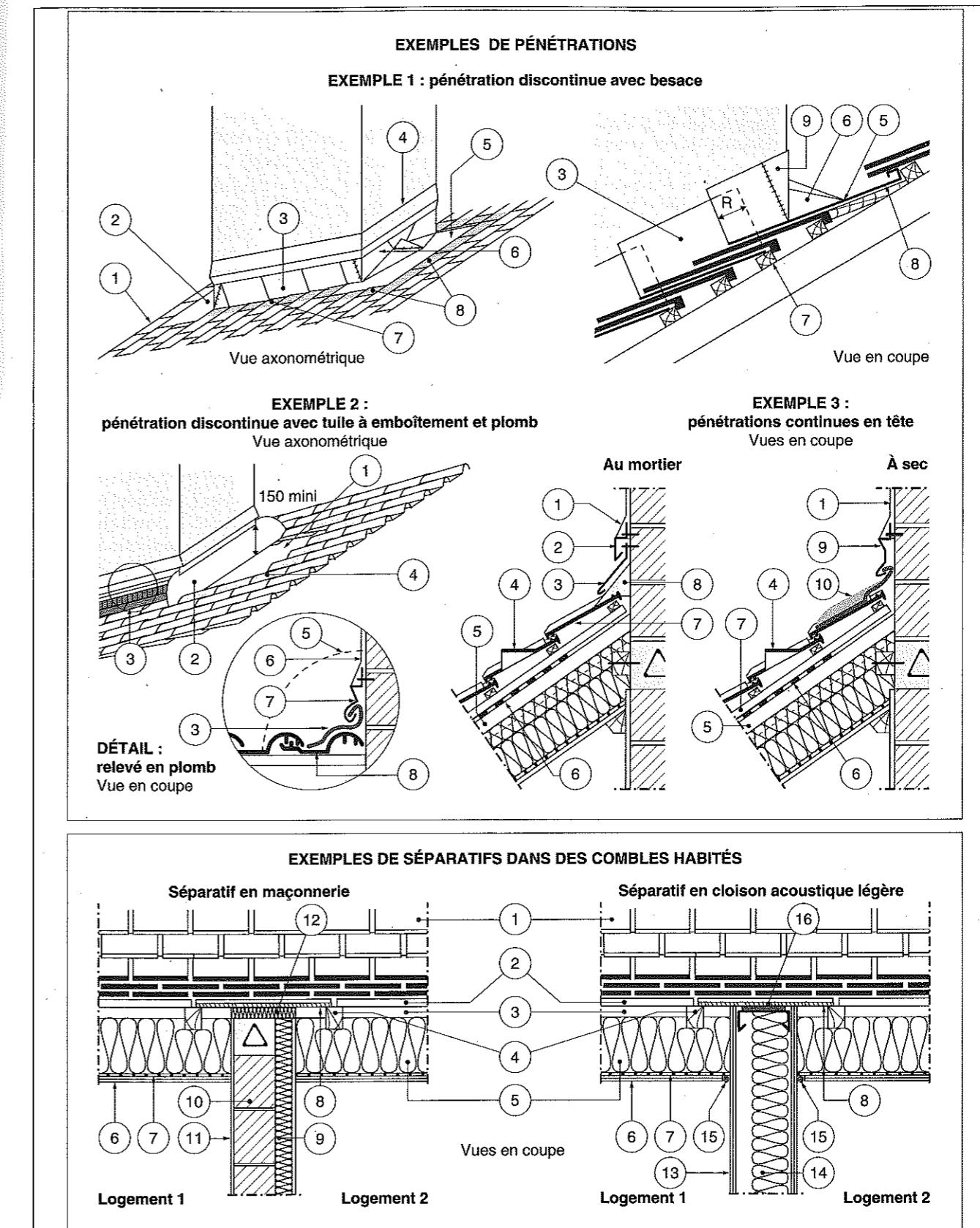
**Exemples de séparatifs dans des combles habités**

Les séparatifs entre logements adjacents ou autres locaux nécessitant un isolement acoustique important doivent pénétrer le plus loin possible vers les éléments de couverture, afin d'éviter la transmission du bruit à travers les plafonds. Il faut assurer l'étanchéité des jonctions des plaques de plâtre, en leur appliquant soigneusement un joint de mastic.

1. Éléments de couverture.
2. Liteau.
3. Lame d'air ventilée.
4. Chevrons ou fermettes.
5. Isolant de 200 mm d'épaisseur minimale.
6. Deux plaques de plâtre de 12 mm d'épaisseur au plafond des locaux séparés.
7. Pare-vapeur.
8. Panneau de contreplaqué.
9. Complexé en laine minérale + plaque de plâtre collé au séparatif en complément d'isolement acoustique.
10. Blocs de béton pleins ou allégés (petites perforations).
11. Plaque de plâtre collée ou enduit en plâtre.
12. Espace de 30 mm rempli de laine minérale de haute densité.
13. Deux plaques de plâtre de 12 mm d'épaisseur sur chacun des parements de la cloison isolante acoustique légère (voir fig. 16.9).
14. Laine minérale de la cloison isolante acoustique.
15. Mastic appliqué partout à la jonction des plaques pour assurer leur étanchéité à l'air.
16. Mousse coincée entre la lisse haute de la cloison légère et le contreplaqué, assurant l'étanchéité à l'air.

Pénétrations et séparatifs

Figure 18.9



**Principe d'étanchéité en montagne**

L'écran de sous-toiture, souple ou rigide, convient s'il est utilisé comme pare-pluie ou comme pare-neige poudreuse, en dehors de la montagne. En montagne (altitude > 900 m), il doit être remplacé par une véritable étanchéité complémentaire, en une ou deux couches posées sur les panneaux et les chanlattes trapézoïdales. Le dessous de ces panneaux doit être ventilé.

1. Contre-lieu (de 27 mm de hauteur minimale) servant à fixer la couche supérieure de l'étanchéité et à assurer une lame d'air de ventilation du dessous de la couverture.

2. Liteaux portant les éléments de couverture plats.

3. Étanchéité complémentaire en une ou deux couches recouvrant les chanlattes (8). En cas de couche unique, la fixation s'effectue à l'aide de clous ou de vis à travers les contre-liteaux. En présence de deux couches, seule la seconde est fixée ainsi ; la première est clouée directement au panneau support (7).

4. Chevron.

5. Plaque de plâtre et pare-vapeur.

6. Isolant en laine minérale.

7. Panneau support de l'étanchéité complémentaire, en bois ou en panneau dérivé du bois (contreplaqué ou panneau de particules), destiné à un usage extérieur.

8. Chanlatte en bois de forme trapézoïdale, mesurant 80 mm à la base et d'une hauteur de 27 mm au minimum.

**Exemples 1 et 2 : maçonneries et isolations par l'extérieur et par l'intérieur**

En montagne, l'isolation par l'extérieur des murs en maçonnerie avec bardage en bois a l'avantage d'éliminer les ponts thermiques et de protéger davantage le gros œuvre. L'isolation par l'intérieur peut être intéressante s'il s'agit d'une occupation intermittente (résidence secondaire). Les deux cas sont présentés ici. (Pour la fenêtre dans le cas du bardage en bois, voir fig. 21.3. Pour une terrasse accessible sur façade en bardage en bois, voir fig. 20.3.)

**BIBLIOGRAPHIE**

Voir aussi le DTU 41.2, « Revêtements extérieurs en bois », CSTB, Paris, 1996, et le Cahier du CSTB n° 2545.

1. Ardoises ou bardéaux.

2. Liteaux en bois, supports des éléments. Pour le choix des dimensions, il faut prendre en compte les effets du poids de la neige.

3. Contre-lieu (de 27 mm de hauteur minimale). Il fixe l'étanchéité complémentaire à la chanlatte et assure la ventilation sous la couverture.

4. Étanchéité complémentaire relevée sur la chanlatte.

5. Étanchéité complémentaire sur son support surfacique.

6. Support de l'étanchéité en panneaux contreplaqués ou en panneaux de particules destinés à un usage extérieur et assemblés entre eux par rainure et languette.

7. Rang de doublis.

8. Bande d'égout métallique. Les fixations doivent résister aux effets de reptation de la neige.

9. Planche de rive en bois.

10. Fourrure d'écartement pour la ventilation du dessous de la couverture. C'est également l'exutoire de l'eau infiltrée s'écoulant sur l'étanchéité.

11. Chevron.

12. Soffite en lames de bois écartées afin de ventiler la lame d'air sous le support d'étanchéité.

13. Pare-pluie perméable à la vapeur fixé aux chevrons (29).

14. Tasseaux, ou lattes, de 15 mm d'épaisseur servant à constituer une lame d'air ventilée derrière le bardage en bois horizontal.

15. Lames de bardage en bois horizontal (de 15 à 22 mm d'épaisseur).

16. Relevé (de 500 mm) de l'étanchéité complémentaire du toit.

17. Bavette métallique en bas du bardage en bois. Elle écoule l'eau infiltrée vers l'extérieur et raccorde le bardage à la bande de recouvrement ou d'astragale.

18. Support en bois de la bande d'astragale.

19. Bande d'astragale recouvrant le dernier rang.

20. Crochets de maintien des ardoises (clous pour les autres types d'éléments) – pour plus de clarté, les crochets ne sont pas dessinés ici. Les arrêts de neige peuvent être fixés aux crochets.

21. Soffite en lames de bois, support de l'étanchéité.

22. Chevron vu.

23. Isolant en laine minérale.

24. Pare-vapeur sur plafond en plaques de plâtre, panneaux ou lambris de bois.

25. Chaînage horizontal.

26. Blocs de maçonnerie d'éléments.

27. Fixation à rondelle retenant l'isolant.

28. Patte de fixation des chevrons au mur (voir détail à gauche).

29. Chevrons en bois de 50 × 50 mm à 63 × 63 mm. Ils portent le bardage.

30. Panneau support du relevé d'étanchéité (16).

31. Chevrons en bois supportant le panneau (30), lui-même support du relevé de l'étanchéité.

32. Enduit ou autre revêtement intérieur.

33. Complex de doublage en isolant + plaque de plâtre.

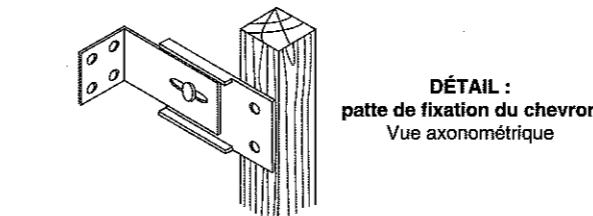
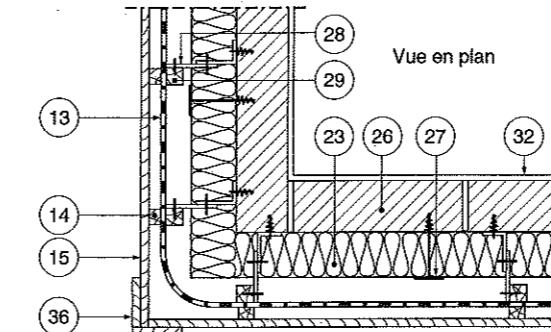
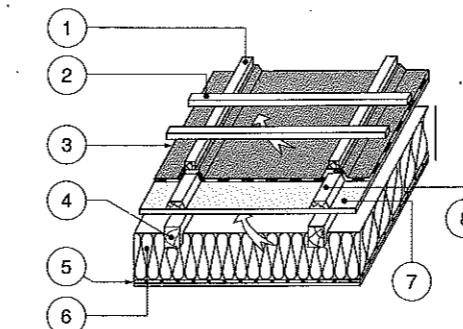
34. Pare-vapeur intégré en usine au complexe de doublage (33).

35. Enduit extérieur d'imperméabilisation.

36. Crochets destinés à empêcher le glissement de la neige et à permettre aux travailleurs de s'assurer.

**REMARQUE**

Voir aussi fig. 21.3 et 20.3.

**PRINCIPE D'ÉTANCHÉITÉ EN MONTAGNE****EXEMPLE 1 : maçonnerie et isolation par l'extérieur avec bardage bois**

Vue en coupe

**EXEMPLE 2 : maçonnerie et isolation par l'intérieur**

Vue en coupe

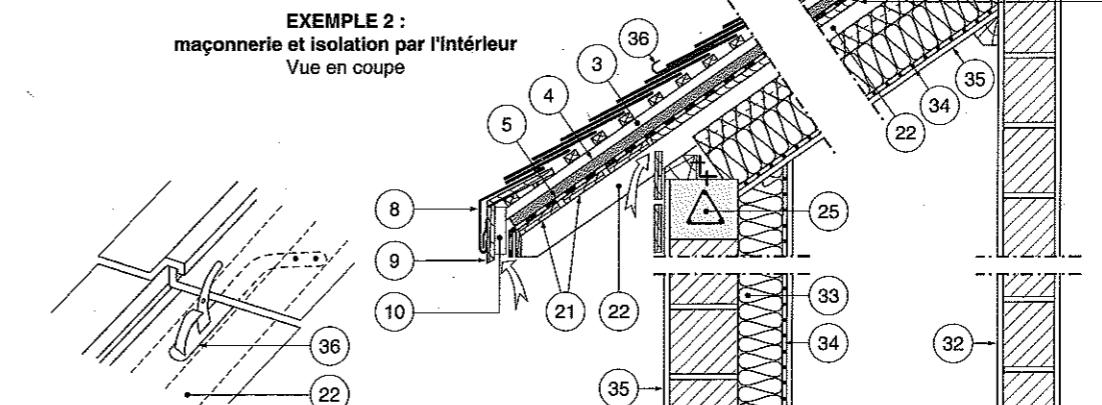
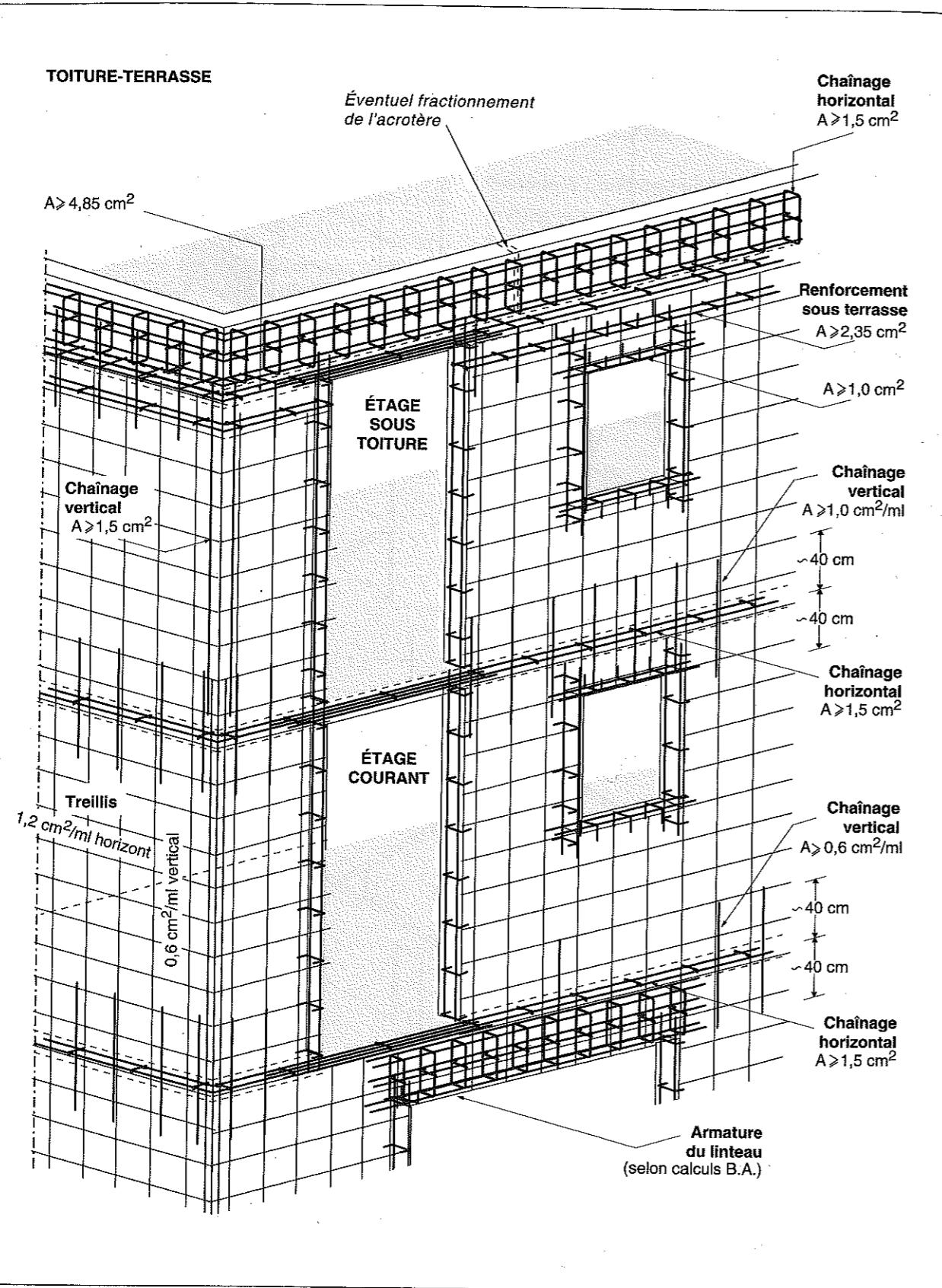


Figure 19.2

## Procédés de mise en œuvre : vue axonométrique de la façade



## Procédés de mise en œuvre : vue intérieure en élévation

**Figure 19.3**

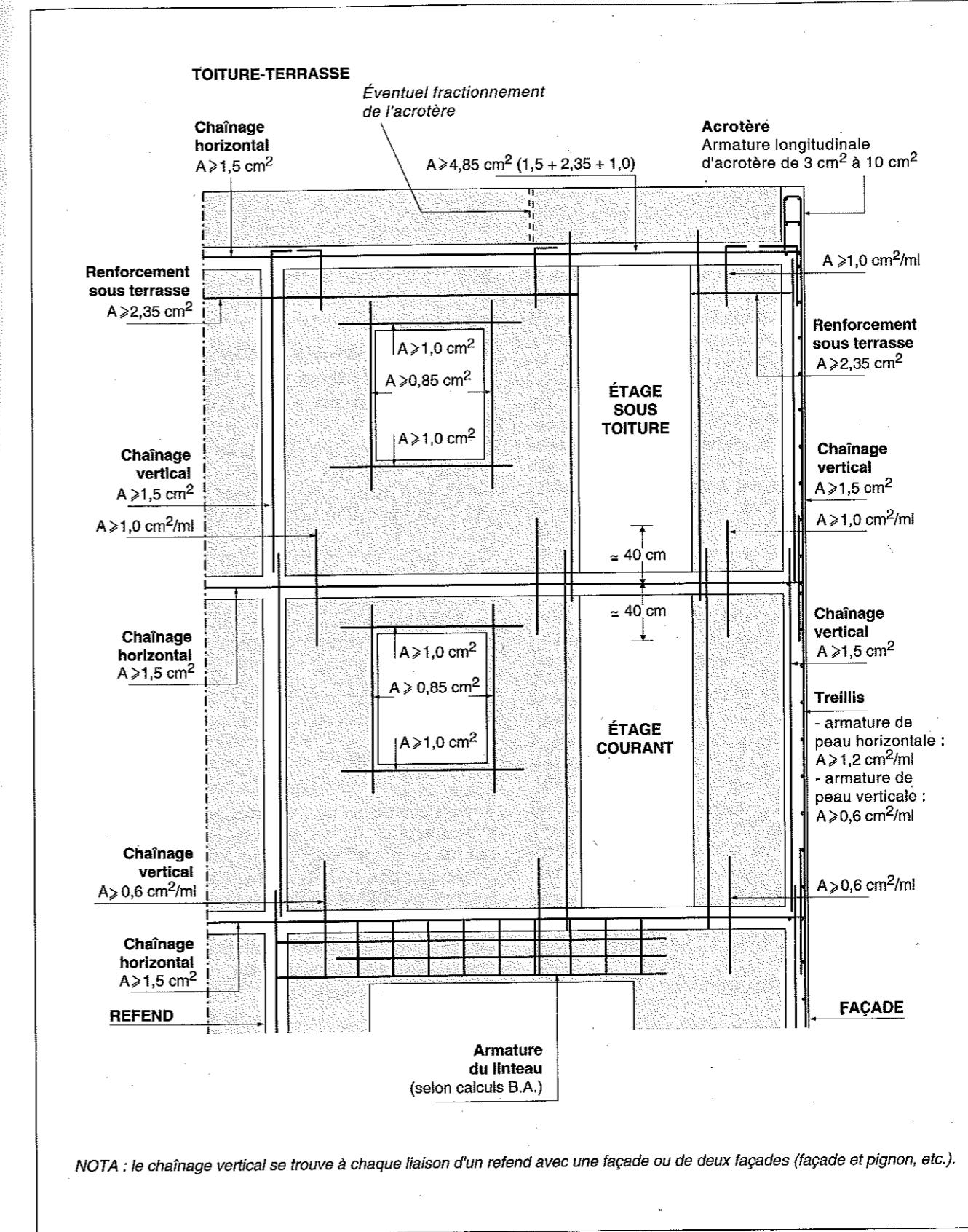


Figure 19.4

## Logements collectifs – Isolation par l'intérieur : coupe sur façade

1. Paroi en béton banché. Généralement, il ne s'agit pas d'un béton brut de décoffrage, mais d'un béton râgréé (terme emprunté au vocabulaire de la pierre) avec des produits spéciaux de râgrage à base de ciment, afin de lui donner la planéité nécessaire pour une finition en peinture. Cette surface est de qualité « courante » ou « soignée » (selon les termes du DTU 21).
2. Saillie de la traverse basse du dormant de la fenêtre. Elle protège de la pluie battante le joint entre la maçonnerie et le dormant.
3. Saillie de l'appui en béton protégeant le mur situé en dessous.
4. Prédalle en béton armé ou précontraint (généralement de 50 à 60 mm d'épaisseur). Elle peut être fabriquée avec le panneau d'isolant, déjà accroché en usine.
5. Feutre géotextile évitant le colmatage du drain par les particules du sol environnant.
6. Drain permettant de prévenir un excès d'eau dans le sol lors de grandes pluies, surtout dans le cas de constructions en pente dans un sol peu perméable.
7. Béton de propreté préparant le sol de la fondation.
8. Pare-vapeur.
9. Isolant.
10. Étanchéité bicouche ou monocouche (plus rare en France) indépendante de l'isolant, lestée par le gravier.
11. Gravier lestant l'étanchéité et la protégeant contre les rayonnements ultraviolets.
12. Relevé d'étanchéité avec autoprotection (en général, une feuille d'aluminium collée sur l'étanchéité en usine) contre les rayonnements ultraviolets.
13. Isolant, souvent en mousse (PSE, PUR) ou en fibres minérales (dont les qualités acoustiques sont supérieures). L'isolant fait partie d'un complexe (sandwich) en isolant + plâtre collé en usine. Ce complexe est collé au mur en béton sur place (voir fig. 16.1).
14. Plaque de plâtre collée à l'isolant en usine pour former un complexe (sandwich). Certains complexes comprennent un pare-vapeur entre la plaque et l'isolant.
15. Béton coulé sur place, sur les prédalles étayées. L'épaisseur totale du béton détermine les qualités acoustiques du plancher.
16. Prédalle en béton armé (avec des portées pouvant aller jusqu'à 6,50 m pour une épaisseur de plancher courante, de l'ordre de 0,20 m) ou en béton précontraint (avec des portées pouvant aller jusqu'à 7,50 m). Les prédalles ont une largeur maximale de l'ordre de 2,50 m, ce qui implique la présence de nombreux joints, qu'il faut escamoter lors du peinturage des plafonds.
17. Sous-face des prédalles. La finition permet l'application directe d'une peinture, mais il faut traiter soigneusement les joints entre les prédalles afin de pouvoir les escamoter. Pour éviter un désaffleur au droit du joint entre les dalles, il est nécessaire d'assurer un étalement correct avant le coulage.
18. Coffre de volet roulant isolé afin de réduire les infiltrations d'air et les déperditions par conduction.

19. Ouvrant de fenêtre à la française. Le dormant est fixé à la paroi en béton banché.
20. Saillie intérieure de l'appui en béton, servant à porter la fenêtre (voir fig. 21.2).
21. Plinthe cachant le joint de mastic et le bourrage en laine minérale qui assurent l'étanchéité à l'air.
22. Revêtement de sol en carrelage collé, généralement posé sur une couche résiliente afin de diminuer la transmission des bruits d'impact.
23. Couche inférieure du complexe isolant (panneau de fibres ou de copeaux de bois – fibraggio par exemple). Elle améliore la performance acoustique et la réaction au feu du complexe, et permet l'application d'une peinture ou d'un enduit.
24. Complexes d'isolant thermique et acoustique, séparant en général les parkings des habitations.
25. Dalle dite « sur terre-plein », d'une épaisseur de l'ordre de 150 mm, coulée sur une couche compactée. Cette dalle est armée d'un treillis en acier et fractionnée par des joints sciés délimitant des surfaces de 25 m<sup>2</sup> au maximum afin d'éviter les fissurations dues au retrait du béton. À terme, l'armature en fibres d'acier (ou polymères) est probablement destinée à remplacer le treillis dans le cas de faibles surcharges.
26. Lés en polyéthylène de 0,2 mm d'épaisseur, sur lesquels est coulé le béton. Ils empêchent le contact avec l'eau du sol et la perte de laitance lors du coulage de la dalle.
27. Remblai compacté dont l'épaisseur varie avec la profondeur de la fouille du sous-sol.
28. Semelle filante, dans le cas d'un sol suffisamment résistant pour accueillir des fondations, au niveau du sous-sol d'un bâtiment.

**Exemple 1 : acrotère diminué**

L'acrotère peut être diminué quand l'étanchéité remonte et le recouvre complètement (fig. 20.5 et tab. 20.2).

29. Profil en aluminium (en zinc ou autre métal), qui cache l'extrémité de l'étanchéité et protège le béton sous-jacent (fig. 20.7, en haut à gauche).

**Exemple 2 : acrotère préfabriqué**

Ce type d'acrotère diminue le risque de fissuration.

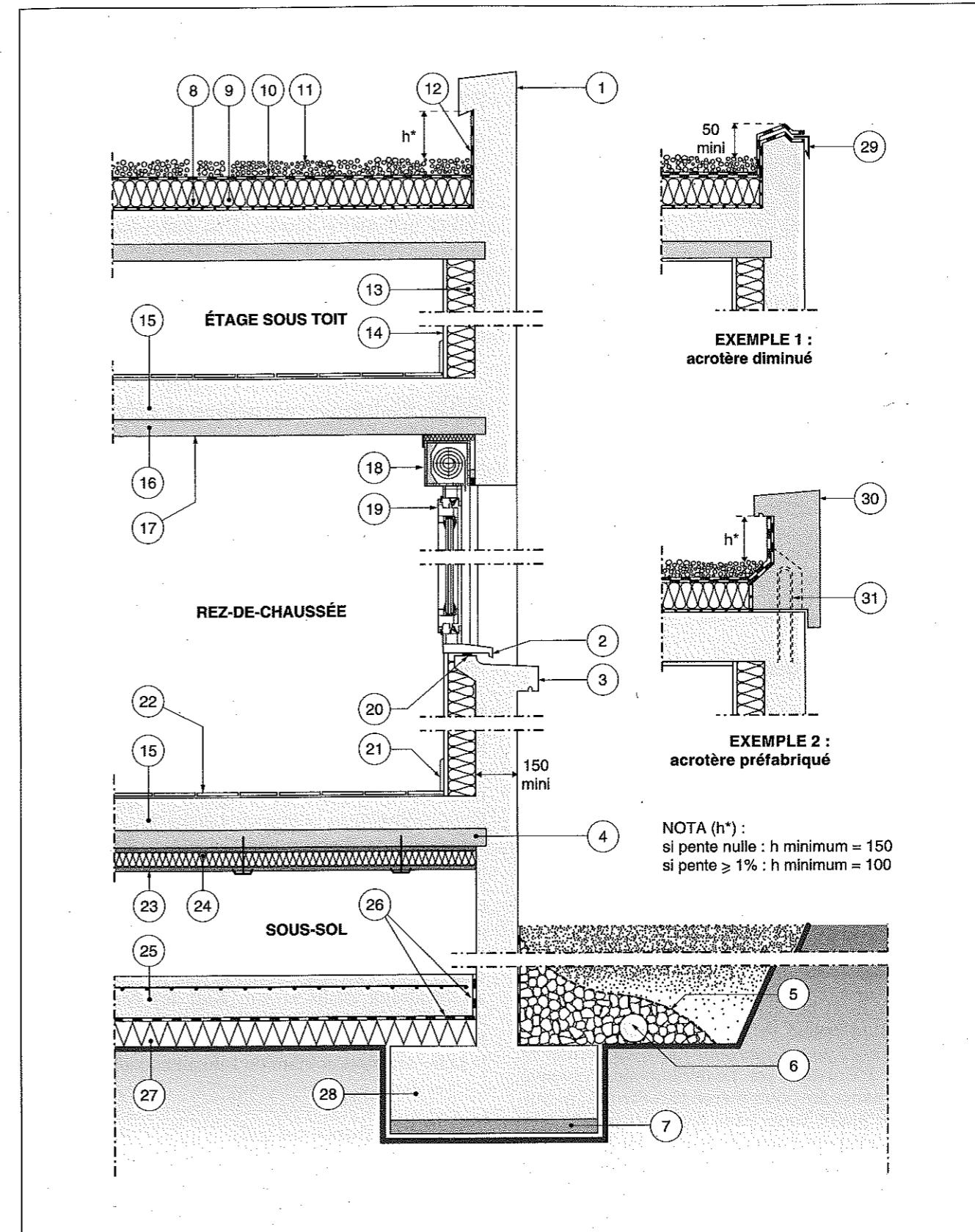
30. Acrotère en béton armé préfabriqué par tranches. Les règles relatives au béton armé (règles « BAEL 91 ») indiquent le pourcentage d'armatures à incorporer dans les éléments saillants en fonction du climat du lieu. Il est prudent d'en limiter les longueurs à 8 m dans les régions à fortes variations de température, et à 12 m ailleurs. Les joints doivent être obturés par un dispositif souple (mastic ou couvre-joint).
31. Accrochage de l'acrotère à la dalle du toit.

**REMARQUE**

Sur la protection contre la chute des travailleurs chargés de l'entretien, voir partie 3 – Annexes, chap. 28.

## Logements collectifs – Isolation par l'intérieur : coupe sur façade

Figure 19.4



- 1a. Couvertine protégeant le haut de la corniche et ses pierres (voir exemple à la figure 20.6).
- 1b. Acrotère en béton armé avec bandeau saillant protégeant le relevé d'étanchéité, du côté intérieur, et saillie de corniche, du côté extérieur. Les saillies importantes de ce type doivent être spécialement armées et fractionnées par des joints de diapason. Les règles relatives au béton armé (règles « BAEL 91 ») indiquent le pourcentage d'armatures à incorporer dans les éléments saillants en fonction du climat du lieu. Il est prudent de limiter les longueurs entre les joints de diapason à 4 m dans les régions à fortes variations de température et à 6 m dans les autres régions. La face verticale de la corniche présentée ici est revêtue d'une pierre scellée au mortier-colle, la face horizontale est revêtue de pierres suspendues à des attaches. Le pont thermique à cet endroit est très important – voir fig. 17.6 pour un dispositif qui diminue considérablement le pont thermique en acrotère.
- 1c. Revêtement en pierres attachées collées sur la face en béton. Le collage est effectué à l'aide d'un mortier-colle épais (sous avis technique) adapté à la taille des plaques. Ces dernières étant très exposées, leur résistance au gel doit être supérieure à celle des plaques en élévation courante (voir § 17.3).
2. Revêtement en pierres attachées, suspendues au soffite de la corniche (voir fig. 21.3 et 21.4). Ces plaques étant très exposées, leur résistance au gel doit être supérieure à celle des plaques en élévation courante.
3. Lame d'air de 20 mm d'épaisseur au minimum. Des joints ouverts en haut et en bas encouragent sa ventilation.
4. Plaque de revêtement de 30 mm d'épaisseur, en pierre ou en béton, portée par les attaches.
5. Attache de fixation de l'isolant thermique.
6. Isolant thermique, généralement en laine minérale non hydrophile, semi-rigide, fixé mécaniquement au mur banché.
7. Joint horizontal entre plaques (d'une épaisseur de l'ordre de 5 mm). Les joints peuvent être ouverts ou obturés. S'ils sont obturés avec un matériau rigide, des joints souples horizontaux doivent être prévus à chaque étage (ou tous les 3 m) et des joints souples verticaux tous les 8 m.
8. Attache en acier inoxydable, munie d'un ergot inséré dans un trou de la tranche verticale de la plaque. Elle porte une partie du poids d'une ou de deux plaques.
9. Ruban d'étanchéité autocollante sur le pourtour de la fenêtre.
10. Précadre en acier galvanisé ou en aluminium de 2 à 3 mm d'épaisseur, faisant le tour de la fenêtre (voir fig. 21.4).
11. Dormant de fenêtre fixé au précadre.
12. Jet d'eau de la fenêtre protégeant la tranche supérieure des plaques.
13. Ventilation basse de 0,01 m<sup>2</sup> par mètre linéaire de façade.
14. Couronnement protégeant la pierre autoporteuse de la zone basse de la façade. La résistance au gel des pierres se trouvant dans cette position doit être supérieure à celle des pierres courantes en élévation (voir § 17.3).

**REMARQUE**

Voir aussi fig. 19.7 et 21.4.

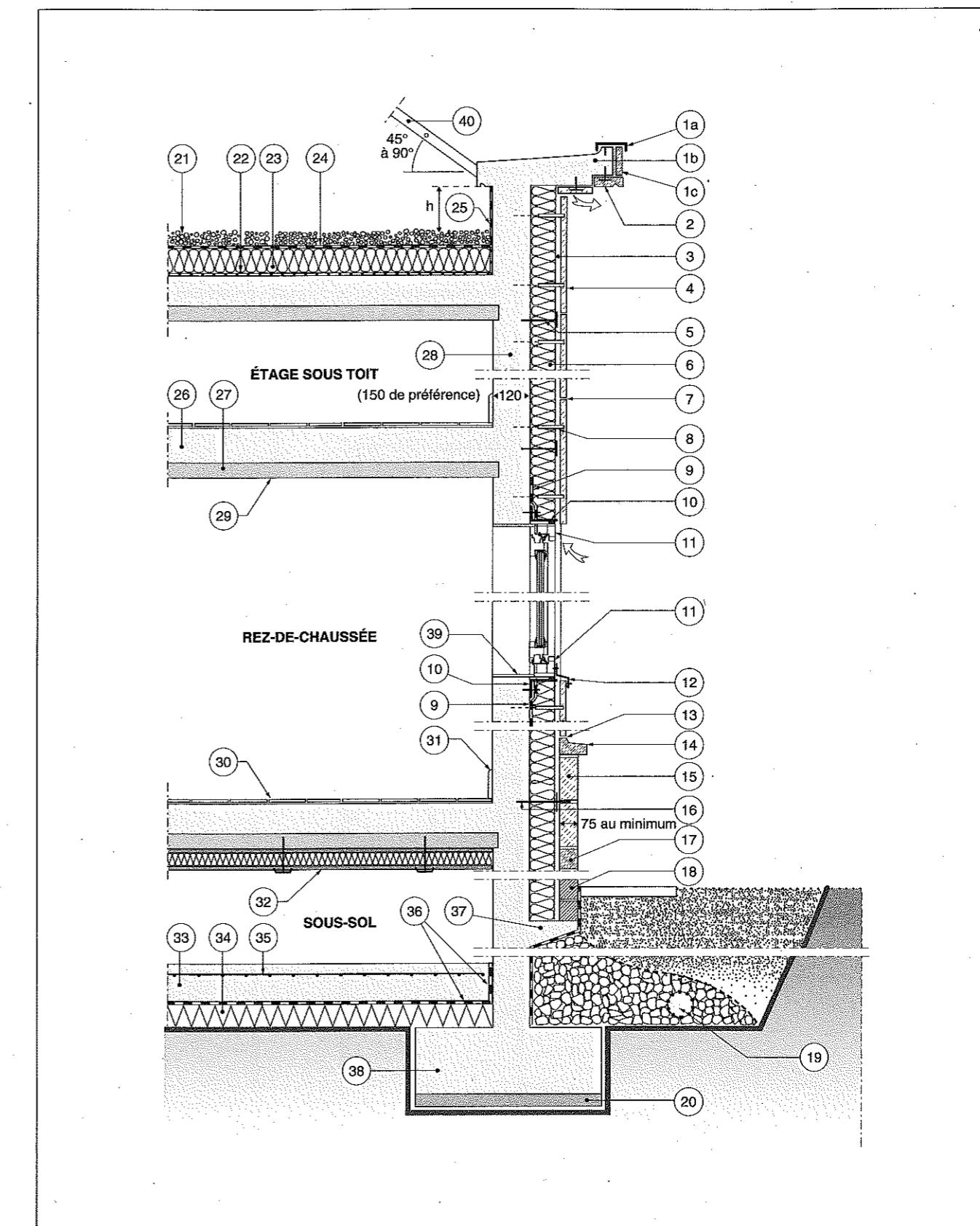


Figure  
19.6**Façade en plaques attachées de pierre ou de béton préfabriqué  
– Isolation par l'intérieur : attaches à polochons**

L'attache des plaques de pierre par des polochons est toujours très pratiquée, malgré les défauts de cette méthode qui n'admet pas l'isolation par l'extérieur et dont l'utilisation est limitée aux constructions inférieures à 28 m de hauteur. Le fractionnement par des joints souples est obligatoire afin d'éviter les dégâts dus aux mouvements limités du revêtement rigide et du support en béton banché. Il faut envisager l'épaisseur des plaques dans les zones exposées aux chocs (au rez-de-chaussée, par exemple).

1. Complex en isolant + plaque de plâtre, collé au mur banché du côté intérieur.
2. Mur de façade en béton banché.
3. Lame d'air de 40 à 50 mm d'épaisseur (le minimum étant de 20 mm, le maximum de 60 mm).
4. Plaque de pierre (ou de béton) de 30 mm d'épaisseur (27 mm au minimum), la surface étant limitée à 1 m<sup>2</sup> et la plus grande dimension à 1,40 m. Dans la partie basse de l'immeuble (jusqu'à une hauteur de 6 m au-dessus du sol ou d'une coursive), il est possible d'utiliser des pierres d'une épaisseur supérieure en raison du risque de chocs.
5. Polochon en mortier de ciment blanc entourant les fils inoxydables.
6. Joint courant, horizontal ou vertical, de 5 à 8 mm d'épaisseur, généralement garni de mortier.
7. Fil d'acier inoxydable ou de zintane, de 4 mm de diamètre minimal.
8. Organe d'ancre des deux fils inoxydables.
9. Fixation chevillée de l'organe d'ancre.

10. Joints de fractionnement du revêtement rigide à polochons. Les joints horizontaux ont une épaisseur minimale de 10 mm, les joints verticaux de 8 mm. Ils sont garnis de mastic élastomère ou plastique, adapté à la maçonnerie extérieure, ou d'une mousse imprégnée précomprimée.

11a. De part et d'autre d'un joint souple vertical, les attaches de support soutiennent les arêtes horizontales des plaques, qui se trouvent par conséquent dans le joint horizontal. La disposition des attaches jouxtant les joints souples ressemble à celle devant être respectée autour d'une fenêtre.

11b. Afin de garantir le libre mouvement des joints souples, il est toujours préférable d'utiliser des attaches sans polochons au droit de ces joints (voir détail (2)). Le DTU admet le fractionnement par le corps des polochons, mais uniquement dans le cas d'un joint souple vertical.

12. Ergot en acier inoxydable passant dans la tige aplatie et inséré dans les chants horizontaux des plaques.

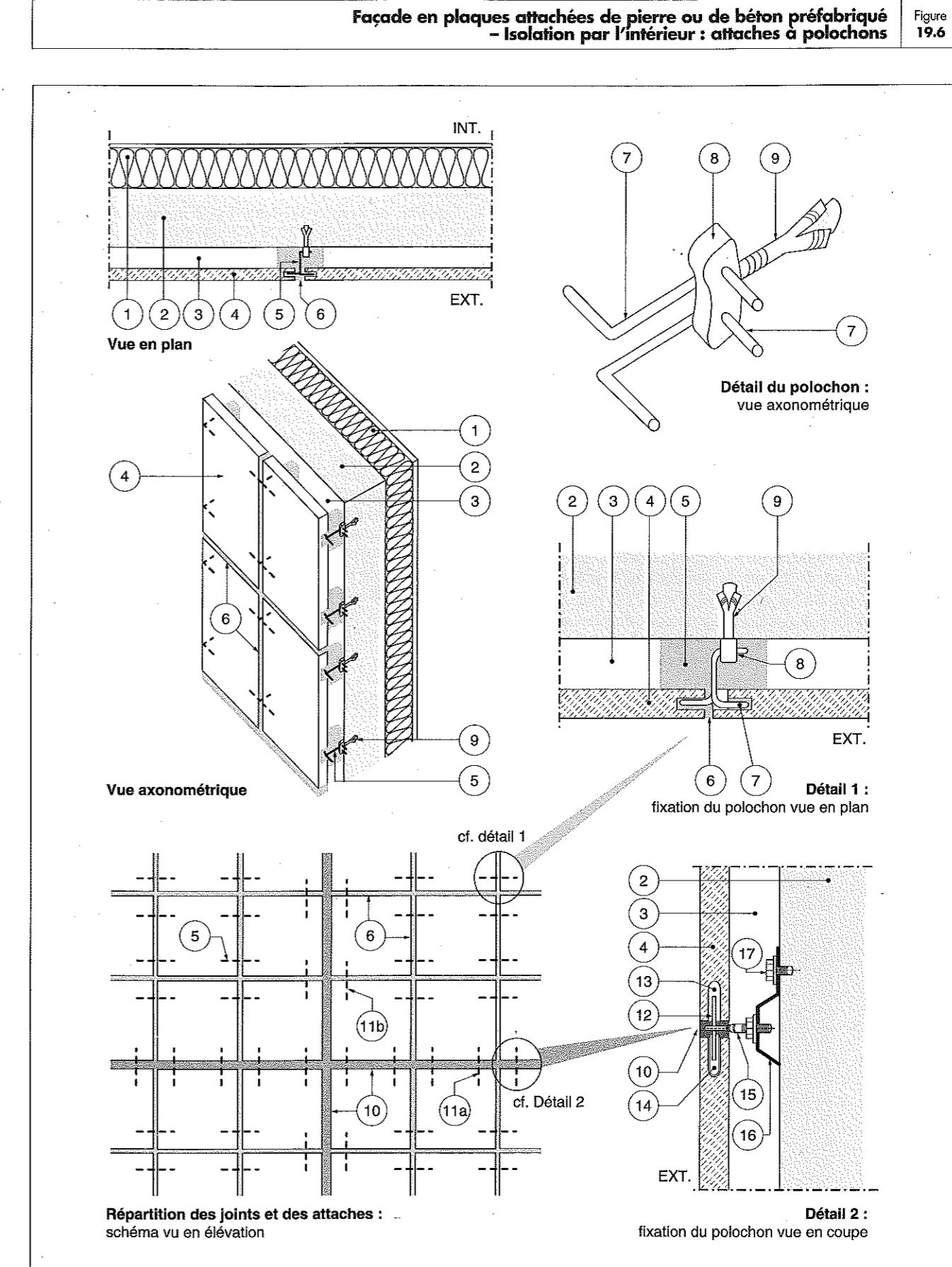
13. Mastic de calage rigide de l'ergot dans la plaque supérieure.

14. Manchon de plastique souple gainant l'ergot qui retient la plaque inférieure.

15. Tige aplatie en acier inoxydable portant la plaque supérieure et retenant la plaque inférieure. Dans le cas exposé ici, la position de l'ergot est réglée à l'aide du filetage de la tige. Il existe également des modèles de serrage par cône.

16. Attache en plat d'acier inoxydable recevant la tige porteuse et fixée au mur banché (fig. 19.7).

17. Fixation de l'attache dans le béton.



Divers systèmes d'attaches sans polochons ont été développés. Ils peuvent être utilisés de diverses manières. L'isolation est située à l'extérieur et l'ensemble des joints reste ouvert, ce qui donne une façade entièrement souple, toujours du type III du point de vue de l'étanchéité à l'eau (voir partie 1, chap. 13). Mais il est également envisageable de remplir les joints de mortier rigide ou d'utiliser une isolation à l'intérieur. Sur la figure 19.6 sont présentées des attaches employées dans le cadre d'un système à polochons.

Dans le cas d'une isolation par l'extérieur, une lame d'air ventilée entre l'isolant et les plaques est obligatoire. Pour que cette obligation soit remplie, des bouches d'air de  $0,01 \text{ m}^2$  par mètre linéaire doivent être prévues en haut et en bas de la façade.

La figure ci-contre présente :

- à gauche, des plaques attachées contre un mur de maçonnerie d'éléments non enduit pouvant difficilement servir à la fixation d'attaches. La solution est de suspendre les plaques à des rails portés par des consoles fixées aux planchers en béton. Ce mur fonctionne comme les murs doubles (voir chap. 17), et il faut donc traiter les points singuliers (fenêtres, bas du mur) selon les mêmes principes ;
  - à droite, des plaques attachées par des attaches ponctuelles à un mur de béton banché, où la fixation est facile. Ce système de fixation peut se révéler moins onéreux que le précédent.
1. Blocs de béton ou briques de terre cuite LD non enduits. L'étanchéité à l'air dépend principalement du bon remplissage des joints horizontaux et verticaux de la maçonnerie et de l'enduit intérieur, ainsi que des assemblages de la menuiserie extérieure avec la maçonnerie.
2. Isolant thermique, souvent en laine minérale.

**REMARQUE**

Voir aussi fig. 21.4.

3. Plaque de pierre ou de béton de 30 mm d'épaisseur (27 mm au minimum).

4. Lame d'air ventilée de 20 mm d'épaisseur.

5. Console en acier inoxydable portant le rail sur lequel sont suspendues les plaques de pierre. La console est fixée au nez de plancher.

6. Écarteur en acier inoxydable fixé à la maçonnerie d'éléments. Il assure l'aplomb et la stabilité du rail.

7. Tige aplatie portant les plaques soit par leur chant horizontal, soit par leur chant vertical. Le filetage permet de régler l'aplomb.

8. Ergot passant par la tige aplatie et par des trous percés dans les chants verticaux (ou horizontaux) des plaques.

9. Rail vertical en acier inoxydable portant les tiges aplatis qui soutiennent les plaques de pierre.

10. Nez de plancher en béton armé.

11. Fixation de l'isolant à la maçonnerie d'éléments.

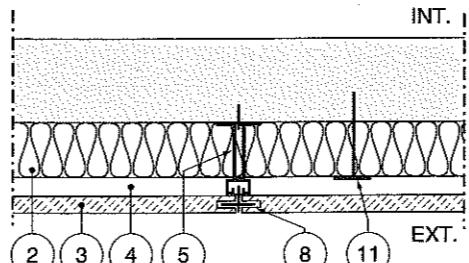
12. Joints horizontaux ou verticaux entre les plaques de pierre. Ils peuvent rester vides (pour un maximum de souplesse et de flexibilité), ou être garnis de mastic souple ou de mortier rigide (à base de ciment blanc). Dans ce dernier cas, un fractionnement par des joints souples horizontaux doit être prévu à chaque étage (ou tous les 3 m) et par des joints souples verticaux tous les 8 m (fig. 19.6).

13. Manchon en plastique souple sur un côté de l'ergot.

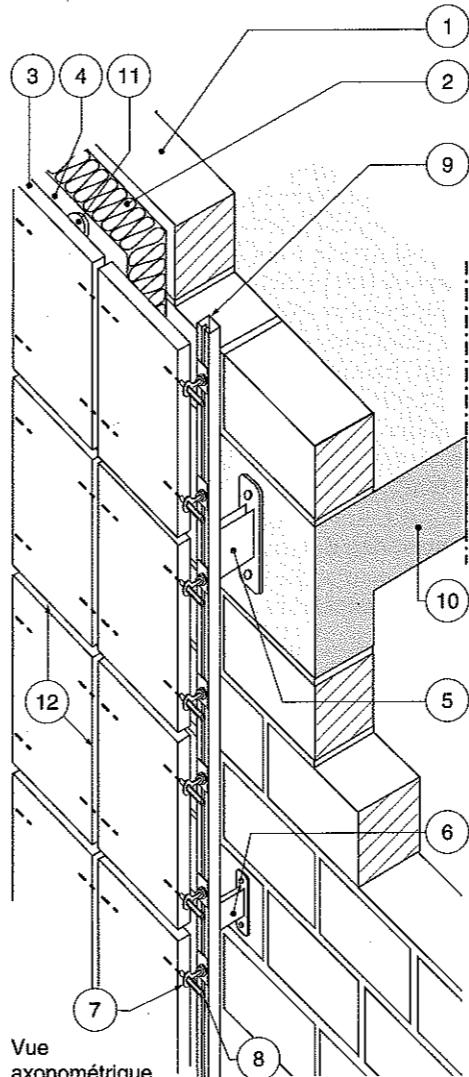
14. Mur en béton banché.

15. Organe de fixation ponctuelle en acier inoxydable. Il est fixé au mur banché. Le trou ovalisé permet de régler sa position.

**EXEMPLE 1 :**  
pièces attachées avec isolation extérieure  
sur maçonnerie d'éléments ou ossature

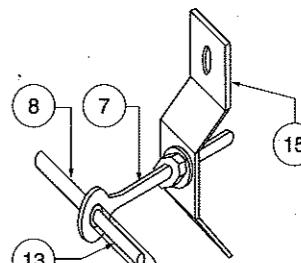


Vue en plan

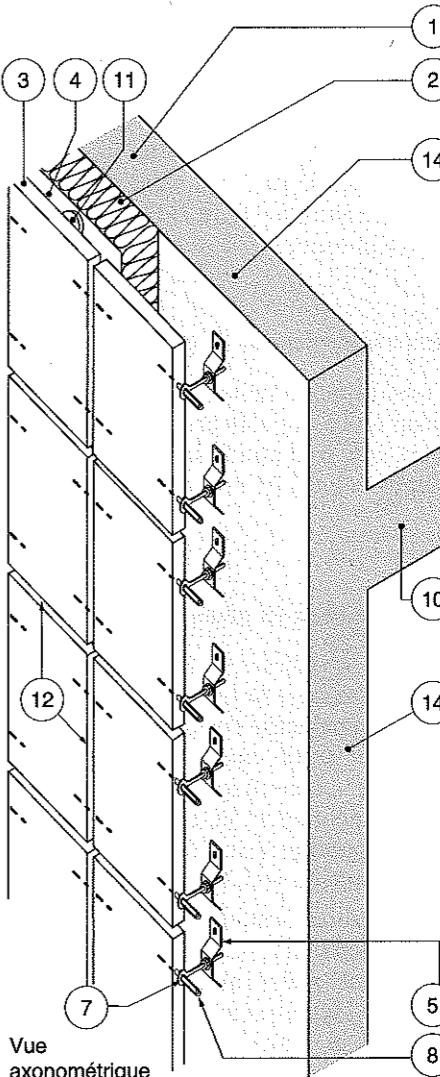


Vue  
axonométrique

**EXEMPLE 2 :**  
pièces attachées avec isolation extérieure  
sur béton banché

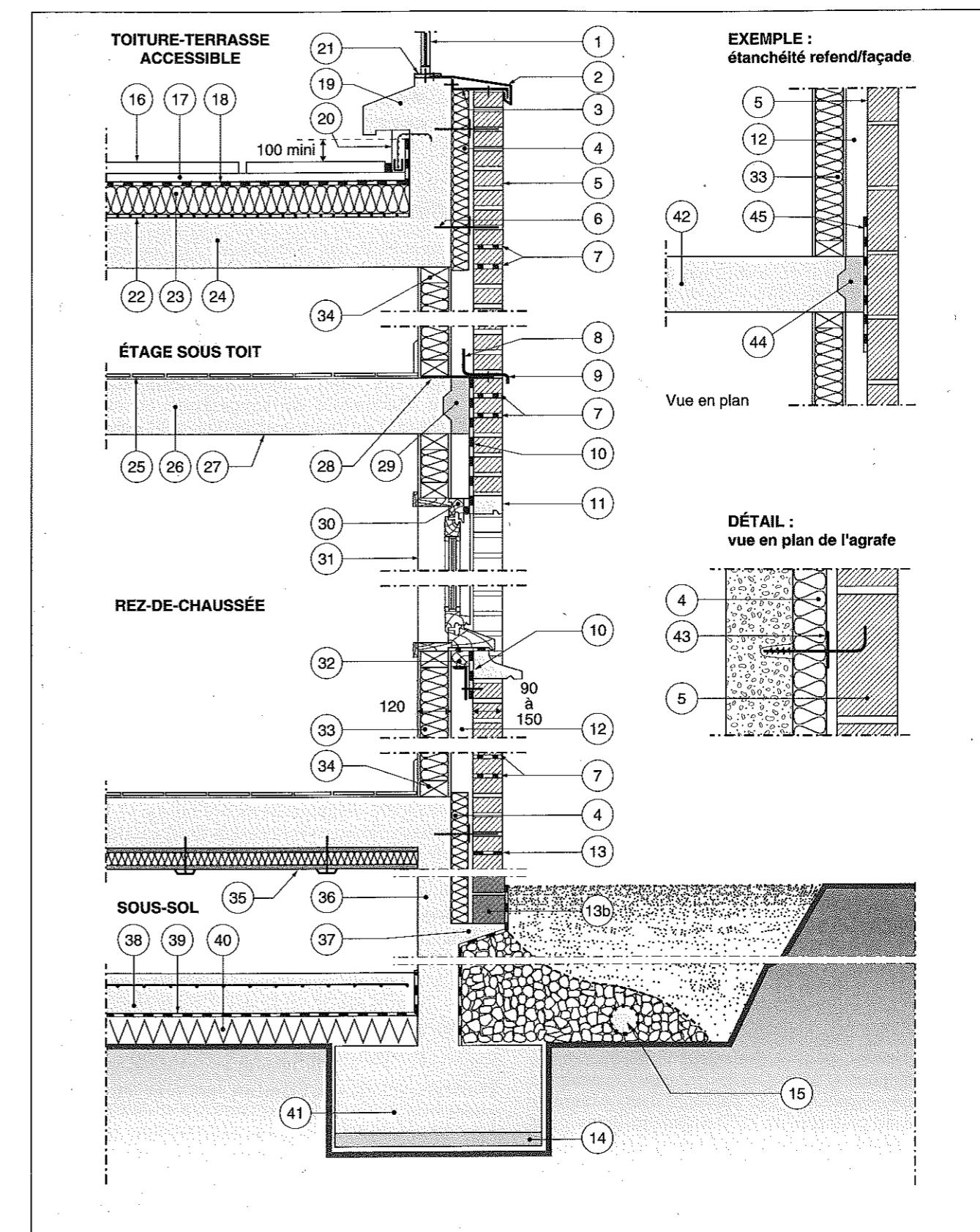


Détail d'attache



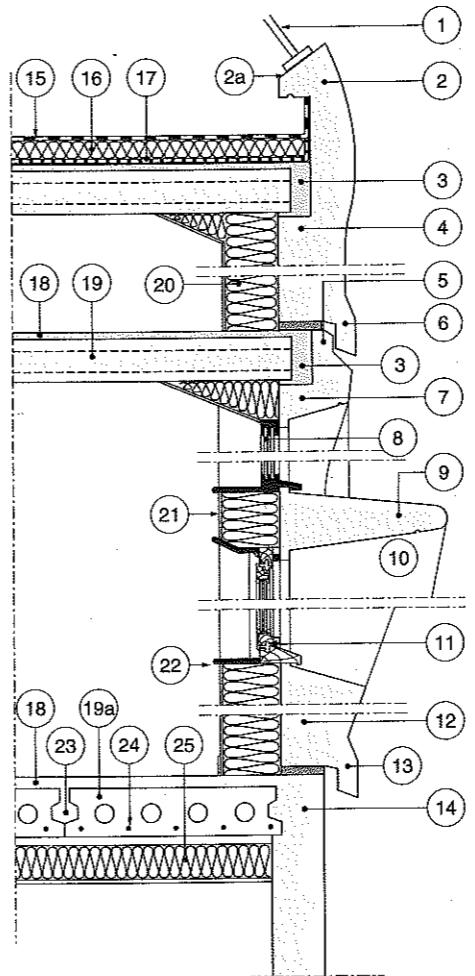
Vue  
axonométrique

1. Garde-corps devant respecter la norme NF P 01-012 en ce qui concerne la géométrie, et la norme NF P 08-302 en ce qui concerne la résistance aux chocs (voir partie 3 – Annexes, chap. 28).
  2. Couverte en acier prélaqué, en aluminium ou en zinc, protégeant la brique HD.
  3. Attache de liaison stabilisant le haut du mur en briques HD apparentes.
  4. Isolant placé dans la lame d'air pour diminuer le pont thermique.
  5. Paroi extérieure en briques ou autre maçonnerie apparente, de 90 à 150 mm d'épaisseur.
  6. Attache de fixation de l'isolant et de la paroi extérieure, en fil d'acier inoxydable de 4 mm de diamètre minimal (voir détail ci-contre).
  7. Armatures du type « Murfor » (voir fig. 16.8) situées dans les joints horizontaux de la maçonnerie apparente. Elles relient les lignes d'attache verticales constituées par les liaisons de la façade aux refends.
  8. Rigole d'étanchéité rigide en PVC ou en aluminium posée sur un lit de mortier en bas de chaque étage. Elle recueille l'eau de pluie qui s'est infiltrée dans la lame d'air et la rejette vers l'extérieur par des exutoires placés dans la façade. Divers moyens de liaison sont prévus pour assurer la continuité de ce dispositif à chaque jonction des deux éléments de la rigole.
  9. Bavette incorporée à la rigole. Elle doit couvrir le joint de mortier sous-jacent afin d'éviter l'infiltration à cet endroit.
  10. Étanchéité autocollante à froid séparant le nez de plancher de la maçonnerie apparente. Elle est étendue sur le pourtour de la fenêtre, y compris sur toute la hauteur du linteau. Sans elle, il y a transfert d'humidité de la façade vers l'intérieur, par capillarité.
  11. Linteau apparent (ou revêtu), en béton armé ou précontraint, ou bien caché, en métal.
  12. Lame d'air dont l'épaisseur varie, selon le procédé, de 60 à 100 mm.
  13. Étanchéité contre les remontées capillaires (par exemple en ruban de polyéthylène noir inséré dans le mortier du lit).
  - 13b. Blocs béton pleins sous terre.
  14. Béton de propreté préparant le sol de fondation.
  15. Drain.
  16. Dalles en béton posées sur une couche de désolidarisation en sable (ou en gravillons).
  17. Couche de 30 mm d'épaisseur de sable.
  18. Étanchéité de toiture-terrasse accessible. Une pente minimale de 1 % est obligatoire. Elle peut être obtenue avec une forme de pente en mortier ou en coupant les plaques d'isolant selon des formes prismatiques aptes à produire la pente.
  19. Bandeau en béton armé faisant saillie afin de protéger le relevé d'étanchéité et l'enduit qui le recouvre. Ce détail produira un pont thermique très important. Voir fig. 17.6 le détail avec costière métallique qui permet de diminuer ce pont. Attention : si l'on souhaite accrocher la protection contre la chute du personnel d'entretien (voir partie 3 – Annexes, chap. 28), il faudra considérablement renforcer cette costière.
  20. Enduit grillagé de protection de l'étanchéité. D'autres moyens de protection existent (tablier en acier, éléments en béton préfabriqué).
  21. Platine de fixation du garde-corps.
  22. Pare-vapeur.
  23. Isolant.
  24. Dalle de toiture en béton.
  25. Revêtement de sol en carrelage. Pour obtenir l'isolation aux bruits d'impact requis, il faut prévoir une sous-couche résiliente ou un revêtement souple plus performant.
  26. Dalle de plancher en béton.
  27. Finition soignée du béton en prévision d'une peinture appliquée directement.
  28. Attache de liaison en acier inoxydable, fixée au plancher et à la paroi extérieure.
  29. Ecart entre le plancher et la paroi extérieure, rempli d'un mortier léger à base de vermiculite et de liège.
  30. Dormant de fenêtre à la française, fixé à la paroi extérieure.
  31. Ébrasement intérieur en bois ou en plâtre.
  32. Ossature en bois renforçant l'allège et la cloison de doublage. Elle peut éventuellement porter les fenêtres.
  33. Cloison de doublage isolante et autoportante sur la hauteur de l'étage, en complexe de deux plaques de plâtre + isolant en mousse (PUR, PSE).
  34. Lisse basse (ou haute) en bois servant à la fixation de la cloison de doublage. Du fait des imperfections dans la fabrication de cette dernière, l'épaisseur de l'isolant est variable ; il faut donc que la lisse soit d'une dimension plus petite, pour éviter d'endommager les plaques de plâtre.
  35. Complexe d'isolant thermique et acoustique séparant généralement les parkings des habitations.
  36. Paroi extérieure en béton banché dans le sous-sol.
  37. Corbeau portant la paroi extérieure.
  38. Dalle « sur terre-plein », coulée sur le remblai compacté.
  39. Lés en polyéthylène faisant barrière à l'humidité du sol et évitant la fuite de laitance.
  40. Remblai compacté et couche de gravillons portant la dalle « sur terre-plein ».
  41. Semelle de fondation superficielle.
- Exemple : étanchéité refend-façade
- Il montre la liaison entre un refend en béton banché et la façade. Il est important de les séparer par une étanchéité pour éviter la migration de l'humidité par capillarité.
42. Refend en béton banché ayant un rôle d'isolant acoustique. Il est complété, si nécessaire, par un complexe isolant en laine minérale + plâtre.
43. Rondelle de maintien de l'isolant. Elle glisse sur la tige de l'agrafe.
44. Ecart entre le refend et la façade, rempli d'un mortier léger.
45. Ruban d'étanchéité vertical, séparant le refend de la façade.



**Exemple de coupe sur façade**

1. Garde-corps de sécurité collective, pour le personnel assurant l'entretien courant du toit (voir partie 3 – Annexes, chap. 28). Chaque portion correspond à la longueur d'un élément de façade préfabriqué.
2. Acrotère intégré à l'élément en béton préfabriqué du dernier étage. Comme tout acrotère, il est très exposé et subit de fortes fluctuations de température. Des armatures longitudinales et de chaînage adéquates sont nécessaires pour éviter des fissurations importantes dues aux mouvements de dilatation et de retrait empêchés. Par ailleurs, il faut éviter les pentes trop importantes (au-delà de 25°, même si le DTU ne se prononce pas sur ce point) au droit du joint vertical. Dans le cas contraire (2a), un couvre-joint supplémentaire – ruban d'étanchéité autocollante tel que (41) par exemple – doit être ajouté au droit du joint vertical entre éléments préfabriqués.
- 2a. Dispositif d'étanchéité supplémentaire devant protéger le joint vertical entre éléments préfabriqués, à cause de la pente.
3. Liaison bétonnée continue entre les éléments préfabriqués de façade et le plancher, avec chaînage et continuité d'armatures entre le panneau et le plancher (31 et 31a). Cette disposition est importante quand les planchers sont eux-mêmes préfabriqués (comme dans cet exemple), et obligatoire en zone sismique.
4. Élément préfabriqué du dernier étage. Dans cet exemple, il s'agit de la partie « poteau » du panneau (voir schéma à droite).
5. Rejingot du panneau bas (ici dans la partie « poutre » du panneau – voir schéma à droite). L'étanchéité du joint horizontal entre panneaux est assurée par un recouvrement entre la retombée (6) du panneau supérieur et le rejingot. Il faut s'assurer lors du dimensionnement des panneaux que la retombée et le rejingot ne se touchent pas en prévoyant un espacement minimal de 10 mm entre eux.
6. Retombée du panneau supérieur qui recouvre le rejingot (5). Sa hauteur minimale est de 50 mm.
7. Partie « poutre » du panneau bas.
8. Imposte de la fenêtre.
9. Élément horizontal intermédiaire du panneau de façade. Il peut protéger du soleil en été et réfléchir la lumière vers le plafond du local.
10. Partie « poteau intermédiaire » du panneau (voir schéma à droite).
11. Fenêtre ouvrant vers l'intérieur, munie d'un store extérieur.
12. Partie basse du panneau servant d'allège.
13. Retombée du panneau bas recouvrant le mur en béton banché in situ (14).
14. Mur en béton banché d'un étage bas ou d'un sous-sol.
15. Étanchéité autoprotégée (voir chap. 20).
16. Isolant thermique de toiture-terrasse.
17. Pare-vapeur de la toiture-terrasse.
18. Chape de béton coulé in situ, collaborant avec les planches de béton préfabriqué précontraint (19).
19. Planches alvéolaires en béton préfabriqué précontraint : vue en coupe longitudinale.
- 19a. Planches alvéolaires en béton préfabriqué précontraint : vue en coupe perpendiculaire montrant les alvéoles.
20. Doublage de façade en sandwich plaque de plâtre + isolant thermique.
21. Finition en bois du doublage du linteau sous imposte.
22. Appui en bois couvrant le doublage de l'allège.
23. Joint en béton coulé sur place entre les planches (19). Le désaffleur entre les planches est évité grâce à la forme de leurs bords.
24. Armature en fil de précontrainte par adhérence.
25. Isolant thermique (et éventuellement acoustique) en plafond d'un local non chauffé (garage par exemple).

**Exemple de coupe sur façade (selon A-D)**

SUITE DE LA LÉGENDE

35. Mortier introduit sous l'élément préfabriqué de façade après sa pose sur cales (38).

36. Armature anti-fissuration. Des treillis soudés sont utilisés pour les grandes surfaces de béton.

37. Papier autocollant (dit « Scotch ») évitant qu'une partie du béton ne s'échappe vers le joint vertical au moment du coulage de la liaison bétonnée (3a) et de la chape collaboreante (18).

38. Cales de pose du panneau.

39. Pièce d'étanchéité autocollante (en polyéthylène noir par exemple) servant à obturer le haut du joint vertical entre éléments préfabriqués et à renvoyer vers l'extérieur l'eau qui s'est infiltrée dans le joint de l'élément préfabriqué situé au-dessus (celui-ci n'est pas présenté dans l'axonométrie).

#### Détails du joint vertical

29. Étanchéité à la pluie battante, en mousse imprégnée ou en mastic sur fond de joint. Ces joints sont irréguliers et se dégradent du fait de leur exposition aux UV.

29a. Pare-pluie en polymère élastique faisant une première barrière contre la pluie battante, en forme de lame insérée dans une rainure. Il ne doit pas dévier excessivement de la verticale (pas de plus de 25°, même si le DTU 22.1 ne fixe pas de valeur maximale). Cette disposition évite les inconvénients de la précédente – voir légende (29).

30. Chambre de décompression. Elle annule l'effet du vent et évacue vers le bas l'eau qui s'est infiltrée à travers la première barrière d'étanchéité (29) ou (29a). Le DTU 22.1 interdit les pentes excédant 10° par rapport à la verticale.

40. Béton (ou mortier) coulé sur place du côté intérieur du joint vertical entre éléments préfabriqués. Si l'épaisseur de ce mortier est supérieure à 10 cm, la chambre de décompression est superflue.

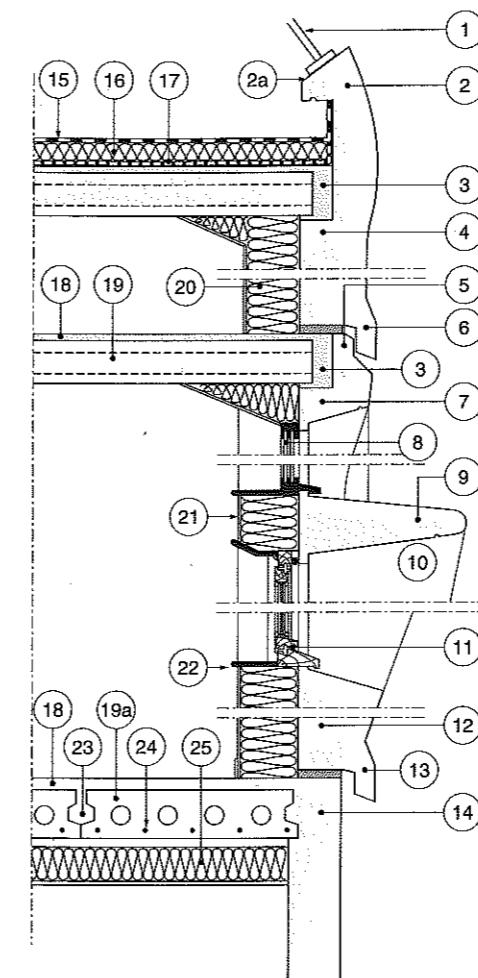
41. Ruban d'étanchéité autocollante (en polyéthylène noir par exemple) appliqué sur le côté intérieur du joint vertical. Il assure l'étanchéité à l'air et empêche le béton éventuellement coulé sur place (40) de pénétrer dans la zone du joint vertical entre éléments préfabriqués.

42. Recouvrement entre armatures d'éléments préfabriqués adjacents. Ces armatures établissent la continuité et fournissent une capacité de résistance aux efforts tranchants.

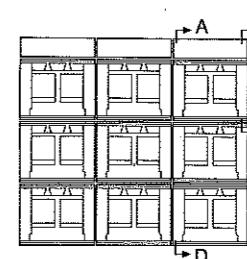
43. Bord vertical de l'élément préfabriqué, dont la rugosité améliore l'adhérence du béton coulé et sa résistance à l'effort tranchant.

44. Au lieu du dispositif (42) : manchon de liaison entre barres d'armature. Ce dispositif fonctionne soit par vissage (les armatures ayant un filetage à leurs bouts), soit par pression appliquée par des crans sur les tiges. Il n'est possible que si les armatures sont alignées, ce que les tolérances d'exécution rendent difficiles.

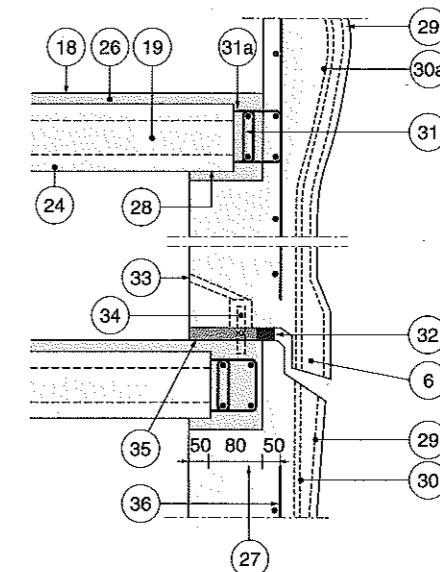
Exemple de coupe sur façade (selon A-D)



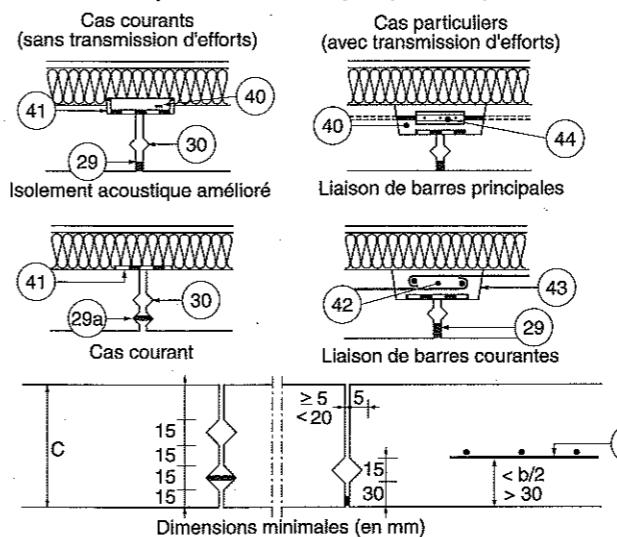
Exemple de schéma de façade



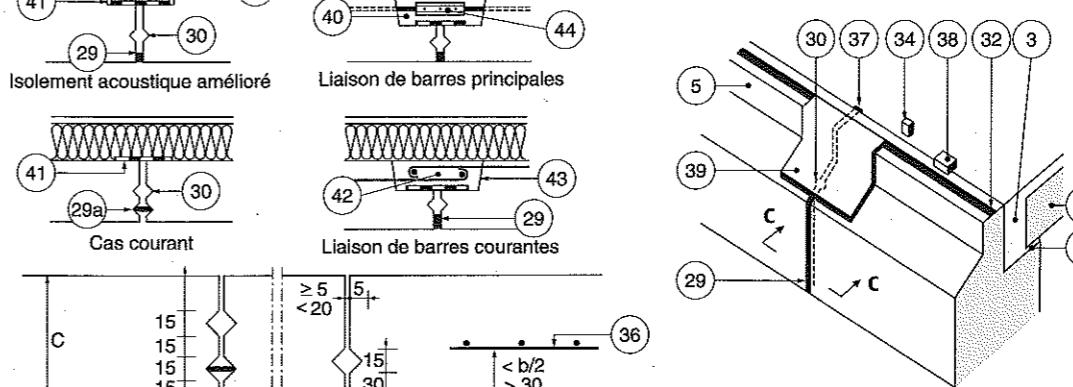
Détails du joint horizontal vue en coupe (selon B-B)



Détails du joint vertical vue en plan (selon C-C)



Vue en axonométrie du haut d'un joint vertical



- les protections lourdes meubles (le gravier) ;
- les protections lourdes dures ;
- les protections en asphalte.

Les membranes autoprotégées exposées ne sont admises que dans les cas de toitures-terrasses inaccessibles ou techniques.

#### 20.3.3.1 Protections meubles

Même dans le cas d'une toiture inaccessible, il est préférable d'employer une protection lourde en gravier (dite « protection meuble »), qui permet, en lestant l'étanchéité, de réaliser une pose en indépendance (§ 20.4.2.1). Cette pose n'est possible que si la pente de toiture est inférieure à 5 %.

#### 20.3.3.2 Protections lourdes dures (ou rigides)

Dans le cas de toitures accessibles ou nécessitant un accès fréquent du personnel d'entretien et de maintenance (toitures dites « techniques »), une protection lourde plus rigide est nécessaire. Sa conception dépend de l'affectation de la terrasse.

##### • Éléments constitutifs

Les toitures destinées au séjour des piétons ont souvent une protection en dalles de béton préfabriquées, en dalles en pierre ou en pavés autobloquants, posés sur une couche de désolidarisation dont le rôle est d'amortir la pression localisée et les points durs. Elle est, selon le mode de pose, en sable ou en gravillons (de 3 à 15 mm de diamètre).

Des protections en chape ou en dalle de mortier ou de béton, coulées sur une couche de désolidarisation, sont également utilisées. Les chapes de mortier ou de béton peuvent recevoir une couche de finition en carreaux.

Une autre technique, qui s'est imposée ces dernières années, est celle des dalles préfabriquées (en béton, en pierre ou en bois) sur plots. Elle admet la pente nulle et une réduction des relevés d'étanchéité (§ 20.3.4.3 et tab. 20.2 et 20.3). Il existe également des caillebotis sur plots.

Dans le cas de toitures destinées à la circulation des véhicules, légers ou lourds, les protections sont plus résistantes : dalles en béton armé coulé sur une couche de désolidarisation en gravillons.

Les relevés d'étanchéité (§ 20.3.4.3) étant également exposés aux chocs, leur protection mécanique demande une attention particulière. Elle est souvent réalisée en mortier armé.

##### REMARQUES

- Les dalles en pierre et celles préfabriquées en béton doivent correspondre à l'intensité du trafic envisagé. Elles sont classées comme suit : dalles sur plots  $T_7$  (accès privatif) ou  $T_{11}$  (accès public), dalles préfabriquées sur couche de désolidarisation  $S_4$ .
- Les relevés autoprotégés apparents ne sont admis que dans les cas de toitures inaccessibles ou techniques.

##### • Fractionnement

Les chapes et les dalles de protection coulées doivent être fractionnées par des joints souples tous les 4 m, afin d'éviter leur fissuration éventuelle. Dans le cas de terrasses accessibles aux véhicules légers, le fractionnement se fait tous les 4 à 5 m.

Pour les surfaces en dalles de pierre ou de béton préfabriqué posées à sec (joints entre dalles serrés et non remplis), des joints souples sont à prévoir tous les 6 m. Cette règle ne s'applique pas aux pavés autobloquants en béton posés sur un lit de sable de 60 mm d'épaisseur.

Toutes les surfaces de protection lourde dure sont séparées des émergences et des reliefs par des joints souples. La protection en mortier armé des relevés d'étanchéité est fractionnée tous les 2 m.

#### 20.3.3.3 Protections lourdes en asphalte gravillonné

Dans le cas d'un parc de stationnement de véhicules légers sur maçonnerie (sans isolant), l'asphalte gravillonné peut constituer la protection d'un système d'asphalte du type P, tel que défini par le DTU 43.1 (voir un procédé identique à la figure 19.5), ou d'autres systèmes équivalents proposés par l'Office des asphalte (tab. 20.3).

#### 20.3.4 Étanchéité à la pluie et à l'air

Les toitures en béton que nous étudions ici sont, par définition, protégées de l'eau par les étanchéités. Le problème de la protection contre la pluie peut être résumé par deux questions :

- est-ce que la toiture et tous les éléments qui la jouxtent, tels les émergences, les façades sous-jacentes, les noues ou chéneaux, sont bien protégés de la pluie ?
- est-ce que la durabilité des dispositifs employés en réponse à la première question est suffisante ?

L'essentiel de la réponse à la première question est donné par les principes suivants :

- la continuité de l'étanchéité doit être sans faille ;
- les dispositifs de relevé d'étanchéité doivent éviter que l'eau abondante cumulant sur le toit lors d'un orage n'atteigne des ouvrages qui ne sont pas recouverts d'une étanchéité (tab. 20.2) ;
- les bords de l'étanchéité (en haut des relevés, notamment) doivent être protégés contre l'infiltration de l'eau entre l'étanchéité et son support (l'isolant ou le béton, par exemple) ;

• les pentes doivent permettre un écoulement rapide de l'eau vers les bouches d'évacuation des eaux pluviales, diminuant ainsi la hauteur de l'eau pendant l'orage, et empêcher le cumul de l'eau sur une longue durée, car le risque d'infiltration par les points faibles de l'étanchéité et le risque de gel sont alors accrus (§ 20.3.5). La

Tableau 20.2 – Pentes et hauteurs minimales des reliefs

Pente <sup>1)</sup>	Admissibilité de la pente		Relevé minimal d'un acrotère recouvert d'une étanchéité et autres relevés d'étanchéité <sup>(1)</sup>		Relevé minimal d'un acrotère non recouvert d'une étanchéité et autres relevés d'étanchéité <sup>(1)</sup>	
	Hors montagne	En montagne	Hors montagne	En montagne	Hors montagne	En montagne
Nulle	Toits inaccessibles ou avec dalles sur plots ou toits-jardins (interdite pour les monocouches)	Non	Acrotère : 50 mm Murs et autres émergences : 150 mm Avec dalles sur plots : 100 mm	Non (pente nulle interdite)	Acrotère : 150 mm Murs et autres émergences : 150 mm (avec dalles sur plots : 100 mm)	Non (pente nulle interdite)
De 1 % à 5 %	Oui	Oui	Acrotère : 50 mm Murs en retrait et autres émergences : 100 mm (sauf traversées de dimensions réduites et costières métalliques : 150 mm) Avec dalles sur plots : 200 mm Seuil de porte : 200 mm <sup>(2)</sup> Murs émergeant sans porte-neige ou terrasse inaccessible : 500 mm	Acrotère : 50 mm Relevé de mur émergeant au-dessus d'un porte-neige ou terrasse accessible : 200 mm <sup>(2)</sup> Avec dalles sur plots : 200 mm Seuil de porte : 200 mm <sup>(3)</sup> Murs émergeant sans porte-neige ou terrasse inaccessible : 500 mm	Acrotère : 100 mm Murs en retrait et autres émergences (et dalles sur plots) : 100 mm (sauf traversées de dimensions réduites et costières métalliques : 150 mm) Seuil de porte : 200 mm Murs émergeant sans porte-neige ou terrasse inaccessible : 500 mm	Acrotère : 200 mm Relevé de mur émergeant au-dessus d'un porte-neige ou terrasse accessible : 200 mm <sup>(2)</sup> Avec dalles sur plots : 200 mm Seuil de porte : 200 mm <sup>(3)</sup> Murs émergeant sans porte-neige ou terrasse inaccessible : 500 mm
De 5 % à 20 %	Rampes et toits inaccessibles	Rampes et toits inaccessibles	Acrotère : 50 mm, sauf noues de rive : 150 mm <sup>(4)</sup> Émergences : 100 mm, ou 150 mm, ou plus (selon l'emplacement et la dimension) Supports ponctuels du porte-neige (obligatoire) : 150 mm <sup>(5)</sup>	Acrotère : 50 mm, sauf noues de rive : 150 mm <sup>(4)</sup> Émergences : 200 mm Supports ponctuels du porte-neige (obligatoire) : 150 mm <sup>(5)</sup>	Acrotère : 100 mm, sauf noues de rive : 150 mm <sup>(4)</sup>	Acrotère et noue de rive : 200 mm <sup>(4)</sup> Émergences : 200 mm Supports ponctuels du porte-neige (obligatoire) : 150 mm <sup>(5)</sup>
> 20 %	Toits inaccessibles	Toits inaccessibles	Acrotère : 50 mm (sauf noues de rive : 250 mm) <sup>(4)</sup> Émergences : 100 mm, ou 150 mm, ou plus (selon l'emplacement et la dimension)	Acrotère : 50 mm (sauf noues de rive : 250 mm) <sup>(4)</sup> Émergences : 200 mm Supports ponctuels du porte-neige (obligatoire) : 100 mm <sup>(5)</sup>	Acrotère : 100 mm (sauf noues de rive : 250 mm) <sup>(4)</sup>	Acrotère : 200 mm (sauf noues de rive : 250 mm) <sup>(4)</sup> Émergences : 200 mm Supports ponctuels du porte-neige (obligatoire) : 100 mm <sup>(5)</sup>

(1) La hauteur est mesurée à partir de la face supérieure de la protection ou de l'étanchéité nue et non du porte-neige (fig. 20.1 et 20.7).

(2) Les relevés sur les supports ponctuels du porte-neige peuvent être de hauteur réduite (150 mm – voir note 5).

(3) Le relevé d'étanchéité du seuil de porte est toujours plus haut (de 100 mm) que les acrotères qui bordent la zone de toit concernée.

(4) Cette hauteur du relevé de la noue de rive n'est suffisante que si la surface de toit collectée par la noue de rive est inférieure à 700 m<sup>2</sup> (en projection horizontale), si la noue a une pente d'au moins 1 % et si les pentes du toit sont inférieures à 70 % (fig. 20.6).

(5) Le domaine des toitures en béton en pente en zone de montagne n'étant pas entièrement clarifié par les DTU, certaines indications relèvent d'autres documents (voir bibliographie).

Tableau 20.3 – Pentes et protections d'étanchéité

Types de protections		Pente nulle <sup>(1)</sup>		Pente comprise entre 1 % à 5 % (toiture plate)			Pente > 5 %		
		Toiture accessible aux piétons	Jardin (pente de 1 % à 5 % également)	Toiture inaccessible (pente de 1,5 % au minimum)	Toiture accessible aux piétons	Toiture accessible aux véhicules légers (pente de 2 % au minimum)	Toiture inaccessible aux véhicules lourds (pente de 2 % au minimum)	Toiture inaccessible	Rampe (pente inférieure à 20 %)
Autoprotection	Sur isolant	Non	<sup>(2)</sup>	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Non
	Sans isolant	Non	<sup>(2)</sup>	Oui (ou protection en asphalte) <sup>(3)</sup>	Non <sup>(4)</sup>	Non <sup>(4)</sup>	Oui	Oui	Non <sup>(4)</sup>
Gravier roulé ou galets	Sur isolant	Non	Non	Oui (recommandé)	Non	Non	Oui (recommandé) 60 mm en montagne	Non	Non
	Sans isolant	Non	Non	Oui (recommandé)	Non	Non	Oui (recommandé) 60 mm en montagne	Non	Non
Dalle ou chape en béton ou en mortier coulées sur une couche de désolidarisation	Sur isolant	Pente nulle interdite	<sup>(5)</sup>	Seulement en zone technique	Oui	Oui (dallage en béton armé) Isolant de classe D	Rare (éventuellement dallage en béton armé après vérifications et isolant de classe D)	<sup>(6)</sup>	Oui (dallage en béton armé)
	Sans isolant	Pente nulle interdite	<sup>(5)</sup>	Seulement en zone technique	Oui	Oui (dallage en béton armé)	Oui (dallage en béton armé)	<sup>(6)</sup>	Oui (dallage en béton armé)
Dallettes préfabriquées sur une couche de désolidarisation <sup>(7)</sup>	Sur isolant	Pente nulle interdite	<sup>(5)</sup>	Seulement en zone technique	Oui	Non	Seulement en zone technique	<sup>(6)</sup>	Non
	Sans isolant	Pente nulle interdite	<sup>(5)</sup>	Seulement en zone technique	Oui	Non	Seulement en zone technique	<sup>(6)</sup>	Non
Dallettes préfabriquées sur plots	Sur isolant	Oui Isolant de classe C ou D	<sup>(5)</sup>	<sup>(6)</sup>	Oui	Non	Non	<sup>(6)</sup>	Non
	Sans isolant	Oui	<sup>(5)</sup>	<sup>(6)</sup>	Oui	Non	Non	<sup>(6)</sup>	Non
Asphalte gravillonné (pente maximale de 3 %)	Sur isolant	Non	Oui	Interdit	Non	Non	Non	Non	Non
	Sans isolant	Pente nulle interdite	Oui	Oui	Oui (en formulation du type parkings) <sup>(8)</sup>	Oui (en formulation du type parkings) <sup>(8)</sup>	Non	Oui	Oui (en formulation du type rampe ; pente maximale de 15 %)

(1) Dans tous les cas où la pente nulle est interdite, la pente minimale des noues doit être de 0,5 %.  
 (2) L'étanchéité des terrasses-jardins est posée avec autoprotection soit sur le béton, soit sur l'isolant. C'est la couche drainante et la terre qui fournissent la protection effective.  
 (3) Dans le cas de la toiture inaccessible, l'asphalte doit être protégé dans les régions à fortes variations de température (voir tab. 13.10).  
 (4) L'option de l'autoprotection par asphalte gravillonné est possible si la formulation et la pente sont adéquates.  
 (5) Dans les zones circulables éventuellement.  
 (6) L'option est possible mais rare car généralement superflue.  
 (7) Ou dallettes de pierre, ou pavés autobloquants sur une couche de 60 mm de sable.  
 (8) Les formulations des couches d'asphalte sont prévues par le DTU 43.1 ou par l'Office des asphalte (voir exemple à la figure 20.2).

pente nulle est cependant admise dans de nombreux cas (tab. 20.2) ;

- les descentes d'eaux pluviales doivent être en nombre suffisant et du diamètre adéquat pour pouvoir assurer l'écoulement de l'eau même si l'une des descentes est engorgée et bloquée. Elles doivent être judicieusement réparties sur la surface du toit, et chaque descente doit être dimensionnée selon l'aire qu'elle draine, et toujours disposée au point le plus bas de celle-ci.

#### 20.3.4.1 Pentes et écoulement

La pente nulle n'est admise qu'en dehors de la zone de montagne (altitude > 900 m ou neige abondante) et lorsque le gel dû à la stagnation de l'eau ne peut causer de dommages, c'est-à-dire en cas de :

- toiture inaccessible avec étanchéité autoprotégée ou protection en gravier ;
- toiture accessible aux piétons avec protection en dallettes sur plots.

Malgré des inconvénients évidents (dégâts causés par l'eau qui stagne, difficultés de séchage après la pluie lors de la mise en œuvre), cette disposition est généralement privilégiée, car la création de pentes se révèle compliquée et coûteuse.

##### • Crédit de pentes

Les pentes nécessaires pour mener l'eau soit vers des chéneaux ou des noues (dont la pente peut être nulle), soit directement aux bouches d'évacuation des eaux pluviales peuvent être créées :

- lors du coulage du béton ;
- avec une forme en mortier de forte adhérence (épaisseur minimale de 10 mm) ou en béton de gravillons (épaisseur minimale de 30 mm) ;
- par les deux méthodes précédentes employées ensemble ;

à l'aide de panneaux isolants prétaillés (cette technique n'est pas encore admise par le DTU 43.1).

Differentes méthodes peuvent être combinées sur un même toit.

##### • Évacuation de l'eau

L'eau de pluie est parfois menée vers les bouches d'évacuation des eaux pluviales par des éléments d'écoulement linéaire, les chéneaux et les noues. La possibilité de gel détermine alors la pente : quand il n'y a aucun risque, la pente nulle est admise ; quand le risque existe, la pente minimale est de 0,5 %. Les tableaux 20.2 et 20.3 indiquent les diverses règles relatives à la pente.

L'eau du toit s'écoule vers le réseau de drainage et d'assainissement par des bouches (ou entrées) d'évacuation des eaux pluviales menant aux descentes d'eaux pluviales. Afin d'éviter la surcharge et le débordement, qui risquent de provoquer des infiltrations, les bouches d'évacuation ou les trop-pleins doivent être prévus en nombre suffisant. Pour prévenir le risque d'engorgement

d'une des évacuations, il est nécessaire que chaque toit, noue ou chéneau ait soit deux bouches d'évacuation des eaux pluviales, soit une bouche et un trop-plein (fig. 20.4). Selon cette règle, le toit est défini comme une zone délimitée par un ensemble d'acrotères et d'héberges. Le nombre et la section des descentes d'eaux pluviales dépendent de la forme du tuyau et des données climatiques (voir partie 1, chap. 13 et tab. 13.8).

En France, il a été édicté que 1 m<sup>2</sup> de toiture est évacué :

- soit par des tuyaux de 100 mm<sup>2</sup> de section, la descente ayant une bouche d'évacuation d'eau avec un moignon cylindrique ;
- soit par des tuyaux de 70 mm<sup>2</sup> de section, la descente ayant une bouche d'évacuation d'eau avec un moignon tronconique.

Dans le cas d'une toiture inaccessible dont la surface est inférieure à 287 m<sup>2</sup>, le recours à la seconde solution est envisageable même si un moignon cylindrique est en place.

Les autres règles applicables sont les suivantes :

- chaque bouche d'évacuation collecte une surface maximale de 700 m<sup>2</sup>, mais de seulement 200 m<sup>2</sup> dans le cas de toits accessibles aux piétons avec protection et dallettes sur plots ;
- la distance maximale entre deux bouches d'un toit, d'une noue ou d'un chéneau est de 30 m ;
- la distance maximale entre une bouche et l'extrémité d'une noue (ou d'un chéneau) qu'elle collecte est de 30 m ;
- le parcours maximal de l'eau de tout point vers une bouche d'évacuation ou vers une noue (ou un chéneau) est de 30 m.

Le tableau 13.8 (partie 1, chap. 13) indique la section minimale des gouttières et chéneaux en fonction de leur pente et de la surface collectée.

Il est néanmoins possible de concevoir des toitures qui retiennent l'eau temporairement, afin de réduire le réseau d'assainissement, privé ou public. Il faut alors prendre en compte une augmentation éventuelle des charges climatiques (poids) sur l'élément porteur en béton. Le DTU 43.1 fournit diverses indications à ce sujet.

#### 20.3.4.2 Autres approches de la gestion de l'eau

Il est possible de concevoir des toitures-terrasses qui retiennent l'eau temporairement. Le DTU 43.1 indique la possibilité de dimensionner le réseau d'évacuation et la toiture du bâtiment (vouée à porter des charges d'eau plus importantes) selon plusieurs types d'orage (orage court et violent ou orage long moins violent, par exemple). Il existe en fait des statistiques définissant de tels types d'orage pour chaque zone climatique. Il est clair que le dispositif de toiture à retenue d'eau temporaire devient intéressant pour la gestion de l'eau s'il est appliqué d'une manière concertée sur une aire

Les exemples 1 et 2 concernent la terrasse inaccessible et présentent deux types d'acrotère. En dehors du climat de montagne, la pente nulle est admise.

Les exemples 3 et 4 présentent une terrasse accessible avec dalles sur plots. Le revêtement d'étanchéité est spécifié dans un avis technique ou un document d'application. La pente nulle est admise (en dehors de la montagne), ce qui constitue un avantage des dalles sur plots (tab. 20.2 et 20.3).

#### Exemple 1 – Terrasse inaccessible : acrotère bas recouvert d'une étanchéité

1. Cornière en aluminium (ou en acier inoxydable, ou en acier galvanisé prélaqué, ou en zinc). Elle cache le bord de l'étanchéité, empêche l'infiltration de l'eau sous ce bord et protège l'enduit sous-jacent (voir détail aux figures 20.6 et 20.7).

2. Acrotère bas (par définition, sa hauteur au-dessus de la protection de l'étanchéité est inférieure à 0,30 m), obligatoirement en béton armé coulé sur place ou préfabriqué. Ici l'acrotère est entièrement recouvert par l'étanchéité, ce qui permet de diminuer sa hauteur. Les ancrages des dispositifs de sécurité contre la chute des personnes assurant l'entretien du toit (voir partie 3 – Annexes, chap. 28) doivent être situés côté façade.

3. Relevé d'étanchéité autoprotégé.

4. Isolant thermique support d'étanchéité.

5. Pare-vapeur empêchant la migration de la vapeur de l'intérieur vers l'isolant, où elle risque de condenser en raison des températures plus basses qui y règnent (voir partie 1, chap. 4).

6. Maçonnerie d'éléments enduits (blocs de béton ou briques de terre cuite LD de 0,20 m). Seul l'acrotère bas, dont la hauteur au-dessus de la protection de l'étanchéité est inférieure à 0,30 m, est admis.

7. Enduit armé dans la zone de l'acrotère.

8. Étanchéité indépendante du support isolant, protégée et lestée par le gravier ou par les dalles sur plots.

9. Protection dite « meuble », en gravier (de 50 mm d'épaisseur). Elle doit être de forme arrondie afin de ne pas perforer l'étanchéité. Elle leste cette dernière en indépendance (contre le vent) et la protège contre les ultraviolets et les variations de température excessives. Certains complexes d'étanchéité (sous avis technique) peuvent rester autoprotégés.

10. Relevé d'étanchéité autoprotégée (souvent par une feuille d'aluminium) recouvrant entièrement l'acrotère, ce qui permet de réduire à 50 mm la saillie de l'acrotère au-dessus de la protection en gravier de l'étanchéité.

11. Dalle pleine en béton armé ou précontraint.

#### Exemple 2 – Terrasse inaccessible : acrotère bas non recouvert d'une étanchéité

12. Acrotère bas (par définition, sa hauteur au-dessus de la protection est inférieure à 0,30 m), obligatoirement en

béton armé coulé sur place ou préfabriqué (voir exemple à la figure 19.4). Ici, l'acrotère n'est pas recouvert par l'étanchéité.

13. Béquet protégeant le haut du relevé d'étanchéité et empêchant l'infiltration de l'eau derrière l'étanchéité.

14. Saillie de corniche, du côté extérieur. Les saillies importantes de ce type doivent être armées et fractionnées par des joints de diapason transversaux. Les règles relatives au béton armé indiquent le pourcentage d'armatures à incorporer dans les éléments saillants en fonction du climat du lieu. Il est prudent de limiter leur longueur entre les joints de diapason à 4 m dans les régions à fortes variations de température, à 6 m dans les autres.

15. Mur en béton banché (épaisseur minimale de 0,15 m).

#### Exemple 3 – Terrasse accessible aux piétons avec protection en dalles sur plots

16. Enduit sur maçonnerie d'éléments, la façade étant en retrait.

17. Joint de mastic entre le profilé spécial (18) et l'enduit. Une autre solution consiste à mettre en œuvre un profil du type bande de solin recueillant l'enduit.

18. Profilé en aluminium portant les bords de dalles (fig. 20.3, pour un dispositif plus robuste).

19. Relevé d'étanchéité. Il est protégé par les dalles sur plots, l'autoprotection n'est donc pas nécessaire.

20. Joint ouvert entre les dalles.

21. Dalles en pierre ou en béton préfabriqué de 40 ou 50 mm d'épaisseur (400 x 400 mm ou 500 x 500 mm en surface). Il existe également des caillebotis en bois.

22. Plot, généralement en polypropylène, portant une ou plusieurs dalles (4 au maximum). La hauteur des plots peut varier afin de s'adapter aux pentes et aux tolérances dimensionnelles du support en béton, et afin d'assurer la planéité des dalles. Le principal défaut de ce système réside dans une tendance au désaffleurement.

23. Porte-fenêtre coulissante en aluminium.

24. Cornière de support de la porte-fenêtre.

25. Zone pouvant éventuellement être en maçonnerie d'éléments (blocs pleins de préférence).

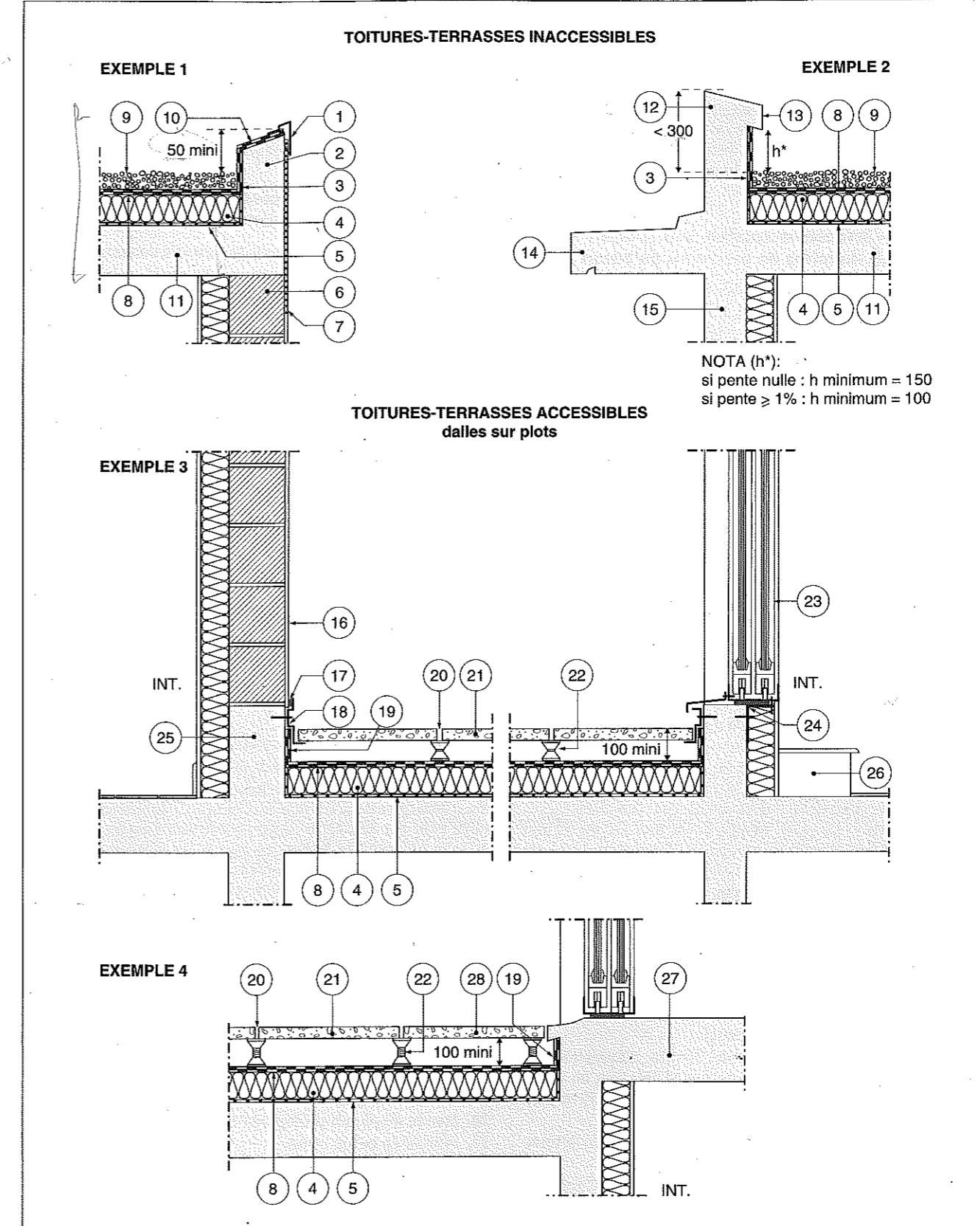
26. Marche d'accès à la terrasse.

#### Exemple 4 – Terrasse accessible de plain-pied avec dalles sur plots

Pour que la terrasse soit accessible de plain-pied (accès des handicapés), il faut élever le plancher intérieur, solution qui risque d'être complexe et coûteuse. Un plancher technique – qui est en fait un système de dalles sur plots à l'intérieur – peut éventuellement être utilisé pour combler l'écart.

27. Plancher élevé par rapport à la terrasse.

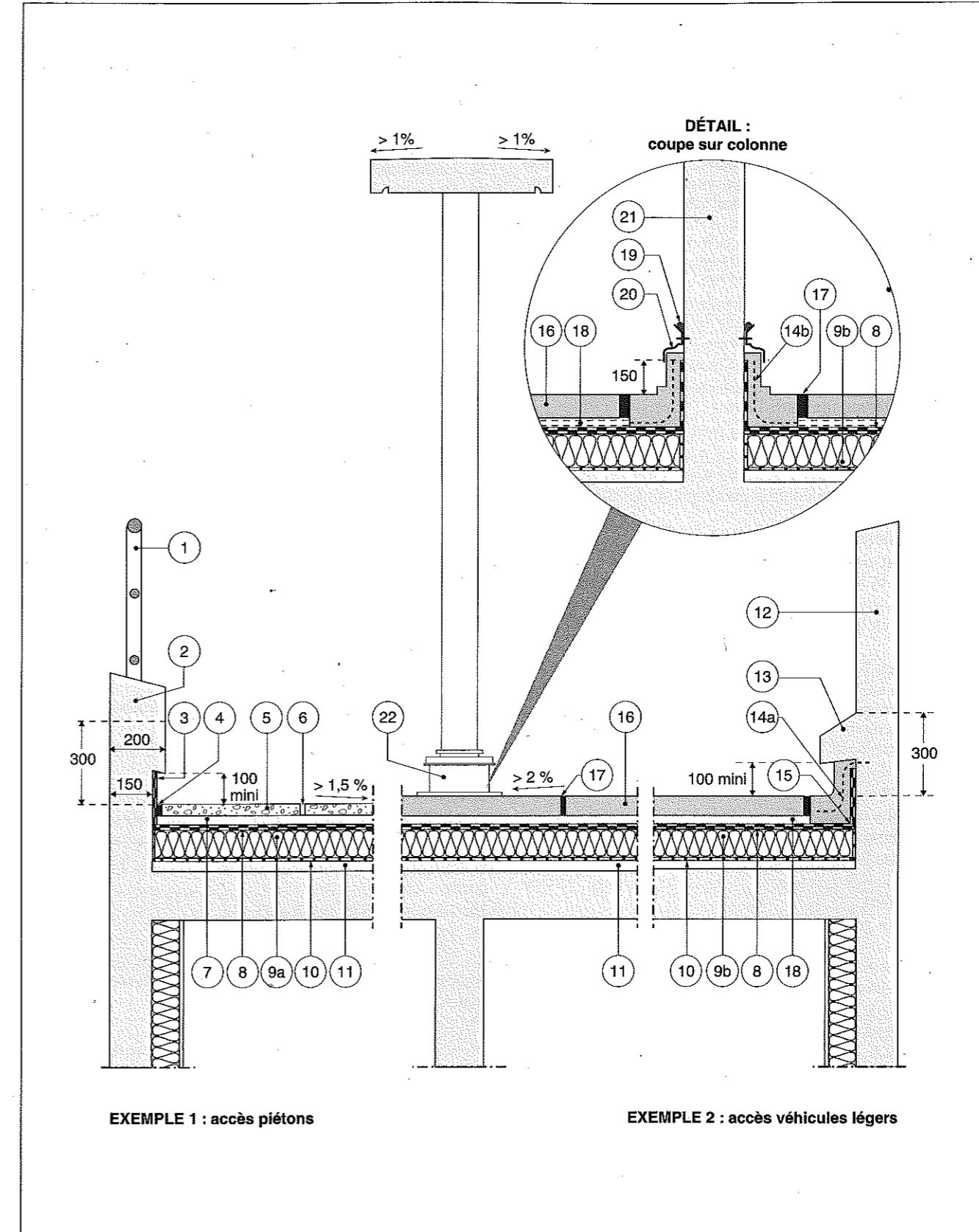
28. Dalle en béton. Ici un caillebotis est néanmoins préférable (en métal, en bois), afin de diminuer le rejaillissement de l'eau sur la façade adjacente.



La protection dure de ce type de terrasse est réalisée soit en dalles ou en chapes de béton ou mortier coulées sur place, soit en dallettes préfabriquées de petites dimensions. Les dalles sont posées sur une couche de désolidarisation d'une épaisseur de 30 mm. Les toitures-terrasses accessibles aux piétons avec protection lourde sur couche de désolidarisation doivent avoir une pente minimale de 1,5 %, car l'eau stagnante dans la fine couche de désolidarisation risque de provoquer des dégâts en cas de gel. Dans le cas des toitures-terrasses accessibles aux véhicules, la pente minimale est de 2 %.

#### Exemple 1 – Terrasse accessible aux piétons : protection en dallettes de pierre ou de béton

1. Garde-corps métallique surmontant l'acrotère.
2. Acrotère coulé sur place. Il a normalement une hauteur minimale de 0,45 m au-dessus de la protection du toit, afin de satisfaire aux exigences de sécurité des garde-corps (voir partie 3 – Annexes, chap. 28) : c'est donc un acrotère haut (par définition, car sa hauteur est supérieure à 300 mm au-dessus de la protection). Il est interdit dans le cas de maçonnerie d'éléments. Il doit être fractionné dans la partie supérieure (au-delà de 300 mm) par des joints transversaux espacés de 6 m à 12 m : voir légende (12).
3. Relevé de 100 mm au minimum (toiture de 1,5 % de pente minimale). Il a une étanchéité doublement autoprotégée contre les rayonnements ultraviolets, d'une part, contre les heurts des pieds et objets, d'autre part. La protection métallique est alors plus robuste que dans le cas d'une toiture non accessible (plus épaisse ou en acier). Cette solution sous avis technique remplace éventuellement la solution traditionnelle en mortier armé : voir légendes (14a) et (14b).
4. Joint de 20 mm d'épaisseur obturé avec du mastic souple acceptant les mouvements alternés. Il faut prévoir un tel joint autour de toutes les émergences et tous les 6 m (délimitant ainsi des surfaces de dallage de 36 m<sup>2</sup>).
5. Dallettes de pierre ou de béton préfabriqué (de classe S<sub>4</sub>) de 400 ou 500 mm de largeur, et de 40 à 50 mm d'épaisseur. Elles sont posées à sec sur la couche de désolidarisation, serrées les unes contre les autres ou liées par des joints larges garnis de mortier. La pose sur un lit de mortier de 30 mm d'épaisseur (au-dessus de la couche de désolidarisation) est également possible.
6. Joint entre les dallettes de béton. Si les dalles sont serrées les unes contre les autres, il peut être d'une largeur limitée. Dans le cas contraire, sa largeur est comprise entre 10 et 20 mm, et il est garni d'un mortier riche en ciment, rendu aussi imperméable que possible (à l'aide d'adjuvants plastifiants) car il existe un danger de colmatage des descentes d'eau et de la couche de désolidarisation par des concrétions de calcaire en provenance du mortier.
7. Couche de désolidarisation de 30 mm d'épaisseur en gravillons (d'une granulométrie de 3 à 15 mm) ou en sable. Pour les petits ouvrages (d'une surface inférieure à 30 m<sup>2</sup>), un feutre de 170 g/m<sup>2</sup> suffit.
8. Étanchéité, fréquemment en bicouche à base de bitume modifié SBS (sous avis technique).
- 9a. Isolant thermique de classe de compressibilité C ou D.
10. Pare-vapeur empêchant la migration de la vapeur vers l'isolant, où elle risque de condenser en raison des températures basses qui y règnent (voir partie 1, chap. 4).
11. Forme de pente en mortier ou en béton, créée lors du coulage du plancher ou rapportée après coup. Les deux options étant difficiles à réaliser dans de bonnes conditions, il est préférable de créer les pentes avec des plaques d'isolant prétaillées (cette option n'est pas issue du DTU 43.1).
12. Acrotère haut en béton armé coulé sur place. Sa hauteur est déterminée d'après la norme NF P01-012 (voir partie 3 – Annexes, chap. 28). Il doit être fractionné tous les 6 à 12 m dans sa partie supérieure (au-delà de 300 mm). Les joints doivent être calfeutrés sur tout leur développé par un mastic élastomère de 1<sup>re</sup> catégorie (la solution de l'acrotère mixte est décrite à la figure 16.5).
13. Bandeau saillant protégeant le haut du relevé d'étanchéité. Il est en béton coulé sur place ou bien préfabriqué, collé et fixé par des vis à l'acrotère. La saillie horizontale par rapport au nu du mortier de protection verticale est de 40 mm au minimum.
- 14a. Enduit grillagé de 30 ou 40 mm d'épaisseur. Le grillage est ancré dans l'acrotère ; il n'y a pas de limitation de la hauteur du relief protégeant le relevé d'étanchéité contre les heurts d'objets et les ultraviolets. Il est fractionné par un joint souple tous les 2 m.
- 14b. Enduit grillagé protégeant le relevé d'étanchéité de 150 mm. Cette hauteur (minimale) est nécessaire car il s'agit d'une émergence ou d'une traversée de petites dimensions. Dans cet exemple, le grillage n'est pas ancré dans le poteau. La hauteur maximale de la protection grillagée est de 200 mm.
15. Relevé d'étanchéité de 100 mm au minimum (toiture à pente minimale de 1,5 % – tab. 20.2).
16. Dalle coulée sur la couche de désolidarisation. Dans le cas d'une terrasse accessible aux piétons, l'épaisseur minimale de la dalle est de 40 mm ; pour les véhicules légers, elle est de 60 mm, et pour les véhicules lourds de 120 mm ; elle doit alors être conçue selon les DTU 20.12 et 13.3. Une couche de finition en carreaux de terre cuite ou de pierre, scellés ou collés, peut compléter la dalle.
17. Joint souple de 20 mm d'épaisseur placé autour des émergences et tous les 4 m (il délimite des surfaces de dalle de 16 m<sup>2</sup>).
18. Couche de désolidarisation en granulats. Cette couche de 30 mm d'épaisseur est placée entre deux géotextiles de 170 g/m<sup>2</sup> au minimum en cas d'accès aux véhicules ; dans le cas contraire, le géotextile supérieur suffit.
19. Joint empêchant l'eau de s'infiltrer derrière la bande de protection (20).
20. Bande de plomb protégeant le relevé d'étanchéité.
21. Poteau en béton armé.
22. Relevé d'émergence isolée de 150 mm au minimum : voir détail ci-contre et légende (14b).



**Exemple 1 : toiture-terrasse accessible avec façade à isolation par l’extérieur et à bardage en bois**

Cet exemple est proche de celui de la figure 18.10 (même type de façade), fréquent en zone de montagne (voir également fig. 21.3 sur les fenêtres dans ce type de construction). Ses avantages et ses inconvénients sont ceux d’une inertie d’absorption lourde (voir partie 1, chap. 2). La terrasse présentée ici est située en montagne (fig. 20.7), car l’étanchéité recouvre complètement l’acrotère, dont la petite hauteur facilite l’évacuation de la neige à travers le garde-corps ajouré. Les dalles sur plots font porte-neige et la hauteur du relevé d’étanchéité de la façade en retrait est celle exigée en montagne. La pente indiquée (2 %) est supérieure à celle exigée pour compenser les déformations et les tolérances de mise en œuvre. La même terrasse hors montagne pourrait avoir une pente nulle et un relevé de 100 mm.

1. Isolant en laine minérale fixé à la maçonnerie.
- 2a. Lames de bardage horizontal en bois (de 15 à 22 mm d’épaisseur) fixées aux contre-lattes (16).
- 2b. Lames de bardage vertical en bois.
- 3a. Patte en acier galvanisé servant à accrocher les chevrons en bois (19) à la maçonnerie de la façade (voir fig. 18.10).
- 3b. Pattes et chevrons doublés pour soutenir les montants du garde-corps (14).
4. Fixation de l’isolant au mur (voir fig. 19.8).
5. Scellement de l’étanchéité dans le béton. En montagne, les becquets et les bandeaux saillants ne sont généralement pas utilisés.
6. Dallettes en bois servant de support à la circulation et de porte-neige.
7. Plots supportant les dallettes.
8. Fourrures en bois portant le panneau de contreplaqué (9) support de l’étanchéité. Cette disposition permet de compenser les tolérances de mise en œuvre du béton et de ventiler la sous-face du contreplaqué.
9. Panneau de contreplaqué d’une qualité suffisante pour une utilisation à l’extérieur : il est le support de l’étanchéité.
10. Étanchéité recouvrant l’acrotère.
11. Main courante du garde-corps.
12. Barreaudage du garde-corps.
13. Pièce d’appui protégeant le haut du bardage vertical sous-jacent (2b).
14. Montants du garde-corps fixés aux chevrons du bardage (19).
15. Fourrures ménageant un espace de ventilation du bardage vertical sous-jacent (2b).
16. Contre-lattes servant à ménager un espace de ventilation derrière le bardage horizontal (2a).
17. Panneau de contreplaqué.
18. Pare-pluie, de préférence perméable à la vapeur (voir partie 1, chap. 4 et partie 2, chap. 25).

19. Chevron en bois de 50 × 50 à 63 × 63 mm.
20. Étanchéité avec pente de 2 % (sur plan).
21. Isolant de toiture support de l’étanchéité. Il est prétaillé, afin de créer les pentes, et de classe de compressibilité C ou D.
22. Pare-vapeur évitant les condensations dans l’isolant.
23. Dalle de béton armé.
24. Enduit intérieur en plâtre.
25. Blocs de béton de façade. Ils sont de préférence « pleins allégés » (les alvéoles sont de dimensions réduites), afin de faciliter la fixation des attaches et d’améliorer l’isolation acoustique par rapport aux bruits extérieurs.

**Exemple 2 : toiture-terrasse accessible mais d’une fréquentation limitée**

Il s’agit d’une toiture-terrasse accessible aux piétons, privée ou semi-privée, située hors zone de montagne.

Le coulage du béton sur l’isolant recouvert d’un feutre de séparation incliné est une opération délicate. Le dimensionnement de la gorge de l’escalier et de son armature doit prendre en compte le transfert des charges verticales et une tendance éventuelle au glissement. Le béton doit être judicieusement dosé (ratio eau-ciment) pour tenir sur la pente lors du coulage et être d’une perméabilité réduite par la suite, afin d’éviter le cumul du calcaire en bas de la pente. Une peinture imperméabilisante est appliquée sur les marches dans le même but. Des marches préfabriquées peuvent éventuellement être utilisées.

1. Relevé d’étanchéité sous les dalles sur plots.
2. Dalles préfabriquées en béton posées sur plots.
3. Plots, généralement en polypropylène.
4. Becquet de protection du relevé d’étanchéité bordant l’escalier.
5. Relevé d’étanchéité. Grâce à lui, l’eau du toit ne s’écoule pas vers l’escalier.
6. Escalier porté par l’isolant.
7. Protection du relevé d’étanchéité en mortier grillagé.
8. Garde-corps en béton à fractionner (tous les 6 à 12 m).
9. Pare-vapeur évitant les condensations dans l’isolant (voir partie 1, chap. 4).
10. Isolant support de l’étanchéité.
11. Étanchéité horizontale et en pente.
12. Isolant en pente, support de l’escalier, de classe de compressibilité C ou D. Il nécessite une butée en bas de pente.
13. Couche de désolidarisation en feutre.
14. Complex de doublage en isolant + plaque de plâtre.
15. Relevé d’étanchéité bordant l’escalier.
16. Joint souple de 20 mm d’épaisseur.

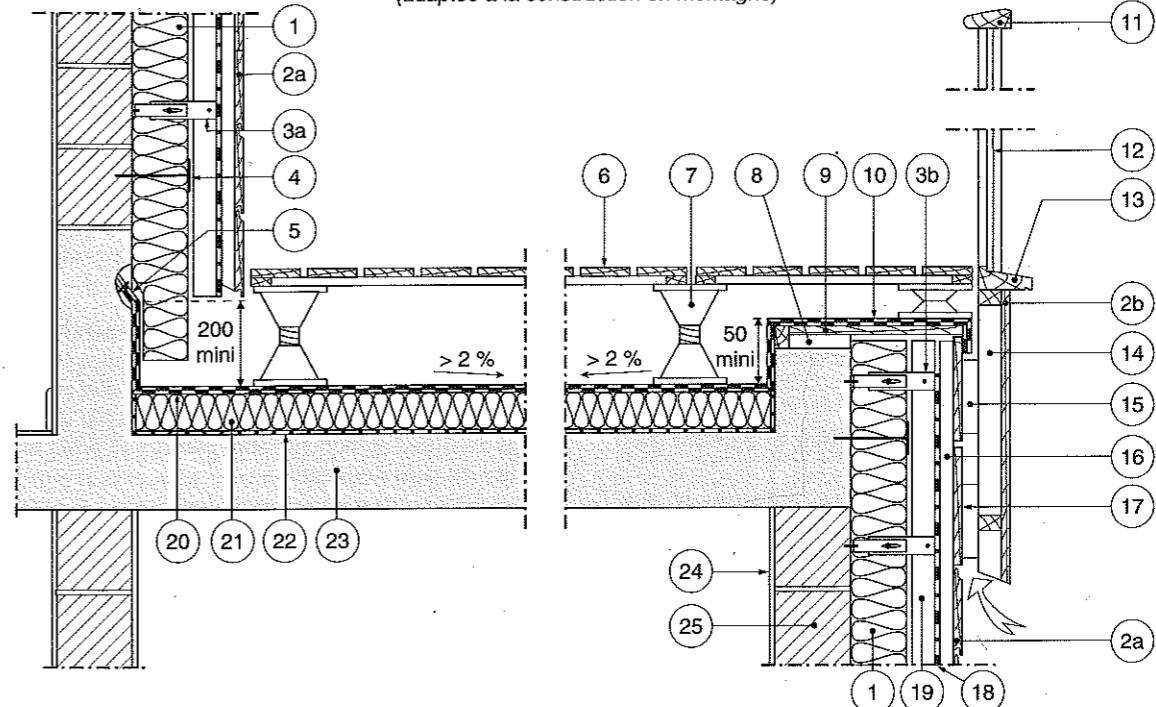
**EXEMPLE 1 : toiture-terrasse accessible avec façade à isolation par l’extérieur (adaptée à la construction en montagne)**


Figure 20.4

## Détails de lanterneau, d'évacuations d'eau et de joints de dilatation

## Règles d'écartement des émergences et exemple de lanterneau ouvrant

Les écartements donnés ci-contre sont nécessaires pour pouvoir exécuter correctement les étanchéités et leurs relevés, et assurer le passage pour l'entretien. L'écoulement de l'eau doit être facile, et les relevés des émergences doivent être traitées comme des noues par rapport aux surfaces du toit situées en amont. Si l'écartement est impossible, l'émergence peut être accolée à l'acrotère.

## Exemple d'un lanterneau ouvrant

1. Cadre ouvrant en tube métallique.
2. Parclose métallique de maintien de la coque. Elle protège également la jonction entre dormant et ouvrant.
3. Coque ou voûte en une ou deux couches de polymère transparent ou translucide.
4. Charnière de rotation.
5. Costière en acier galvanisé de 2 à 3 mm d'épaisseur : voir légende (14).
6. Isolant de 20 ou 30 mm d'épaisseur, réduisant le pont thermique considérable de la costière et servant de support au relevé d'étanchéité.
7. Étanchéité autoprotégée.
8. Isolant thermique.
9. Pare-vapeur.
10. Dalle en béton armé ou précontraint.
11. Fixation de la costière en acier au béton.

## Joints de dilatation

Les joints de dilatation de la structure sont habituellement surélevés par rapport à la surface adjacente du toit afin de les mettre à l'abri de l'eau. Ils sont appelés « joints sur costière ». La costière d'une terrasse accessible est en béton, celle d'une terrasse inaccessible peut être en acier (exemple 3) ou en isolant (exemple 2). Certaines situations exigent néanmoins des joints plats (parc de véhicules). L'avis technique (obligatoire) du joint « continu » des exemples 1 et 2 permet d'éviter les chanfreins et feuillures normalement exigés.

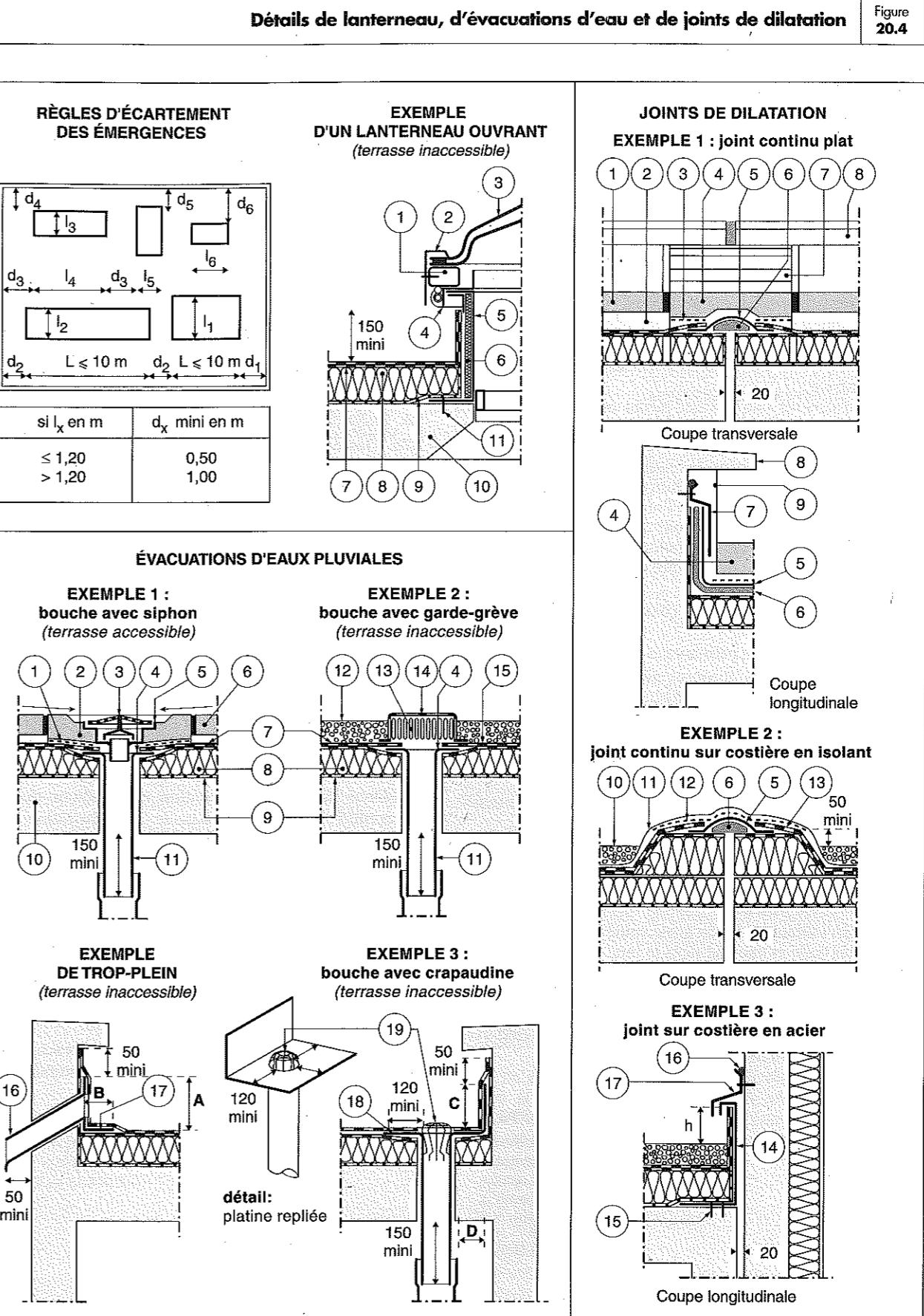
1. Dallage coulé sur place, en partie courante.
2. Couche de désolidarisation en sable.
3. Couche de désolidarisation en feutre sous les dalles préfabriquées qui protègent le joint plat.
4. Dalles préfabriquées en béton posées sur le joint.
5. Bande d'étanchéité spéciale pour joint.
6. Matériau résilient et déformable (en laine minérale, par exemple) recouvrant le joint du gros œuvre.
7. Bandes métalliques souples recouvrant le relevé du joint.
8. Bandeau saillant de l'acrotère en béton.
9. Protection du relevé courant de l'étanchéité sur l'acrotère (enduit grillagé par exemple).
10. Gravier de protection de la terrasse inaccessible.
11. Bande de protection du joint contre la poussière.

12. Feutre de désolidarisation sous la bande (11).
13. La bande spéciale du joint (5) est prise entre deux membranes d'étanchéité courante.
14. Costière en acier galvanisé au droit du joint :
  - hauteur d'une costière non recouverte d'isolant : minimum 150 mm, maximum 200 mm ;
  - hauteur d'une costière recouverte d'isolant : minimum 150 mm, maximum 350 mm.
15. Fixation de l'aile horizontale de la costière au béton.
16. Joint souple.
17. Bande recouvrant le haut de la costière.

## Évacuations d'eaux pluviales

Les bouches d'évacuation sont généralement constituées d'un moignon en plomb (vertical) soudé à une platine insérée dans l'étanchéité (fig. 20.6). S'y ajoutent divers accessoires évitant que les descentes ne soient obturées par des gravillons ou des détritus. Les bouches sont placées au point le plus bas de l'aire qu'elles drainent.

1. Couche de désolidarisation en feutre protégé d'une membrane qui arrête la fuite de laitance lors du coulage du béton (2).
2. Béton coulé recevant le cadre scellé du siphon.
3. Couvercle métallique amovible ajouré mais robuste (en fonte par exemple), faisant siphon.
4. Platine insérée entre deux membranes d'étanchéité.
5. Cadre métallique scellé dans le béton.
6. Protection courante de la terrasse en dalles préfabriquées ou en béton ou mortier coulé sur place.
7. Étanchéité courante.
8. Isolant thermique. L'épaisseur de l'isolant entourant la bague d'évacuation est réduite afin que la bague se trouve en dessous des surfaces adjacentes.
9. Pare-vapeur.
10. Dalle en béton armé ou précontraint.
11. Moignon cylindrique. La réservation dans le béton doit être supérieure de 50 mm au diamètre du moignon.
12. Gravier de protection de l'étanchéité.
13. Boîte garde-grève perforée qui laisse pénétrer l'eau mais pas les gravillons.
14. Couvercle ajouré protégeant la bague des détritus.
15. Étanchéité collée à la platine.
16. Saillie du trop-plein avec bavette écartant l'eau de la façade.
17. Platine repliée du trop-plein. Ce trop-plein est placé à mi-hauteur du relevé correspondant au point le plus bas de la ligne de sommet des relevés.  $(A + B) = 120$  mm (au minimum).
18. Platine repliée d'une bague à proximité d'un relevé d'étanchéité.  $(C + D) = 120$  mm (au minimum).
19. Crapaudine protégeant la bague.



## Terrasses-jardins sur étanchéité en asphalte ou en membrane : vues en coupe

L'annexe B du DTU 43.1 donne des indications très utiles sur les différents types de végétation et sur les essences courantes, en précisant la profondeur de terre et le type de drainage qui conviennent dans chaque cas (tab. 20.5).

## Exemple 1 : terrasse-jardin sur étanchéité d'asphalte

Ici l'étanchéité est en asphalte, en conformité avec le DTU 43.1 – d'autres compositions sont cependant possibles. La pente maximale est de 3 %, excepté les rampes, à cause du flUAGE de l'asphalte. L'autre type d'étanchéité, plus courant dans les terrasses-jardins, est présenté à l'exemple 2. La pente nulle est admise hors climat de montagne.

Le schéma présente :

- en haut à gauche, une terrasse inaccessible avec une protection en gravier ;
- en bas à gauche, une terrasse-jardin pour des plantations importantes ou une fosse d'arbre. La couche drainante en galets est protégée par un fort dispositif antiracines et anticontamination (contre le colmatage). S'il existe une liaison entre une telle zone et d'autres zones du jardin, l'étanchéité doit recouvrir totalement l'ouvrage ;
- à droite, une terrasse-jardin pour de petites plantations ;
- au milieu, une zone de circulation sans jardin (une pente minimale de 1,5 % y est obligatoire si sa superficie est importante).

1. Couronnement d'acrotère (bas) protégeant le relevé d'étanchéité et le mur.  
1b. Protection collective permanente du personnel d'entretien.

2. Relevé d'étanchéité autoprotégée contre les ultraviolets (généralement par une feuille en aluminium collée en usine) : cas de toiture inaccessible.

3. Protection meuble en gravier de 50 mm d'épaisseur. Elle est protégée des poinçonnements, des ultraviolets et du soulèvement de l'étanchéité par le vent.

4. Panneau d'isolant thermique, généralement en mousse, support de l'étanchéité courante.

5. Pare-vapeur empêchant la migration de la vapeur vers l'isolant où elle risque de provoquer des condensations en raison des températures plus basses qui y règnent (voir partie 1, chap. 4).

6. Mur en béton banché.  
7. Bandeau saillant en béton armé coulé sur place, ou préfabriqué, puis collé et chevillé dans le mur. Il protège le relevé d'étanchéité.

8. Enduit grillagé protégeant le relevé d'étanchéité contre les rayonnements ultraviolets et contre les heurts d'objets lourds ou coupants. Si sa hauteur totale dépasse 0,40 m, il doit avoir une épaisseur de 50 mm.

9. Couche d'asphalte pur sur lequel sont appliquées, en partie courante, la couche d'asphalte sablé (14), puis la couche d'asphalte gravillonné servant de protection (15). Pour les relevés, des membranes de bitume armé sont employées, seules

ou sur asphalte pur. Ce système d'étanchéité est également adapté à des parkings de véhicules légers, mais uniquement sur une toiture en béton sans isolant. D'autres compositions, éventuellement moins coûteuses, en deux couches par exemple, sont également proposées par l'Office des asphalte.

10. Relevé d'étanchéité en membranes de bitume armé, employées seules ou sur asphalte pur.

11. Feutre décontaminant évitant le colmatage de la couche drainante (13) et l'extension des racines vers le relevé d'étanchéité.

12. Terre végétale de 0,30 m d'épaisseur minimale.

13. Couche drainante de gravier sous le géotextile.

14. Asphalte sablé de 15 mm d'épaisseur.

15. Asphalte gravillonné de 20 mm d'épaisseur.

16. Dalle de plancher en béton armé.

17a. Descente d'eaux pluviales : crapaudine, platine de liaison avec l'étanchéité et moignon métallique inséré dans le tuyau de descente. Quelle que soit la zone (jardin ou zone de circulation), la descente d'eaux doit être visitable.

17b. Regard de visite de la bouche d'évacuation. Il est en maçonnerie ajourée et sa plaque d'accès est idéalement placée au niveau du sol (à défaut, le plus haut possible).

18. Colerette du tuyau de descente d'eaux pluviales.

19. Élément préfabriqué retenant la terre et séparant le jardin de la zone de circulation sans jardin. Il est posé sur la couche d'asphalte gravillonné. Cette méthode est celle employée pour la pose des bacs à fleurs isolés.

20. Feutre anticontaminant, pour de petites plantations.

21. Éléments préfabriqués en mousse (PSE, par exemple) servant de couche drainante.

22. Dans la zone de circulation et de séjour des piétons, protection dure sur une couche de désolidarisation au-dessus de l'asphalte. Elle peut être en dalles préfabriquées, ou en dalles ou chapes coulées sur place, avec éventuellement un revêtement en carreaux de terre cuite ou de pierre, scellés au mortier ou collés (cas courant).

23. Couche de désolidarisation en granulats (de 30 mm d'épaisseur) entre deux feutres (de 170 g/m<sup>2</sup>).

24. Protection en mortier grillagé de 30 mm d'épaisseur (si la hauteur est inférieure à 0,40 m) en partie verticale. Elle est à fractionner par un joint souple tous les 2 m.

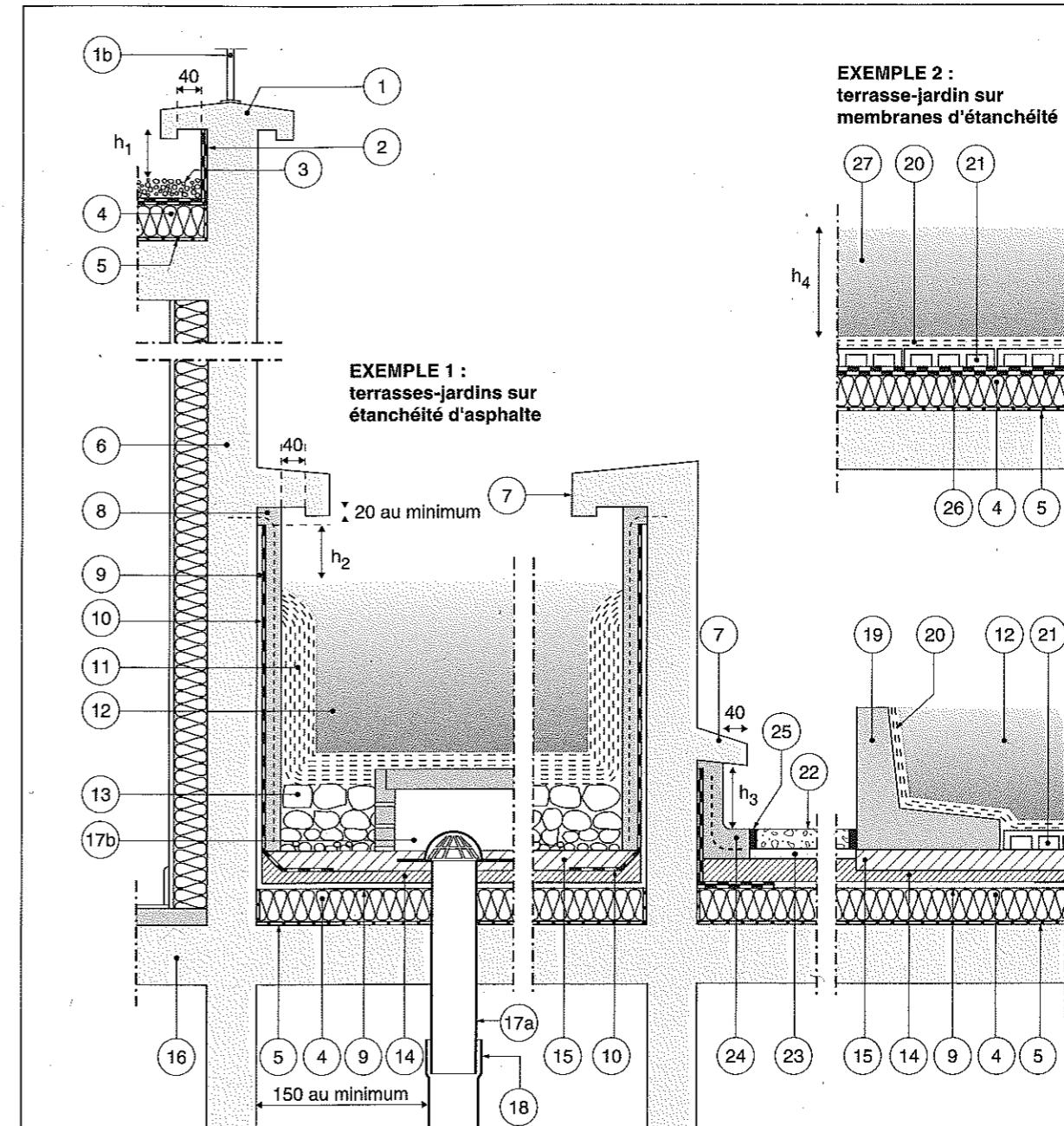
25. Joint souple de 20 mm au droit des émergences, disposé :

– pour les pierres ou les dalles en béton préfabriqué, tous les 6 m (délimitant des surfaces de 36 m<sup>2</sup>) ;

– pour les chapes ou les dalles coulées, tous les 4 m (délimitant des surfaces de 16 m<sup>2</sup>).

SUITE DE LA LÉGENDE CI-APRÈS

## Terrasses-jardins sur étanchéité en asphalte ou en membrane : vues en coupe



## HAUTEURS MINIMALES ET MAXIMALES DES RELIEFS (en mm) :

## Toiture inaccessible :

- si pente nulle :  $h_1$  mini = 150
- si pente  $\geq 1\%$  :  $h_1$  mini = 100

## Terrasse-jardin :

- $h_2$  mini = 150

## Toiture accessible (sauf dalles sur plots) :

- si armature du mortier de protection ancrée dans le mur :  $h_3$  mini = 100
- si armature du mortier de protection non ancrée dans le mur :  $h_3$  mini = 100 et  $h_3$  maxi = 200

## HAUTEURS DE TERRE VÉGÉTALE (en mm) :

## Terrasse-jardin accessible :

- $h_4$  mini = 300

## Terrasse végétalisée inaccessible :

- $h_4$  mini = 60

SUITE DE LA LÉGENDE

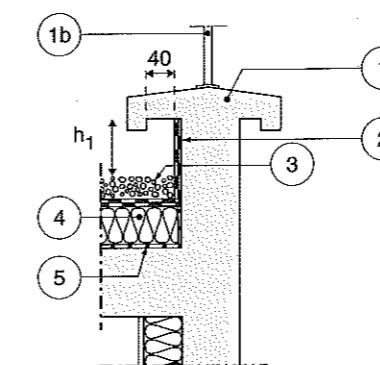
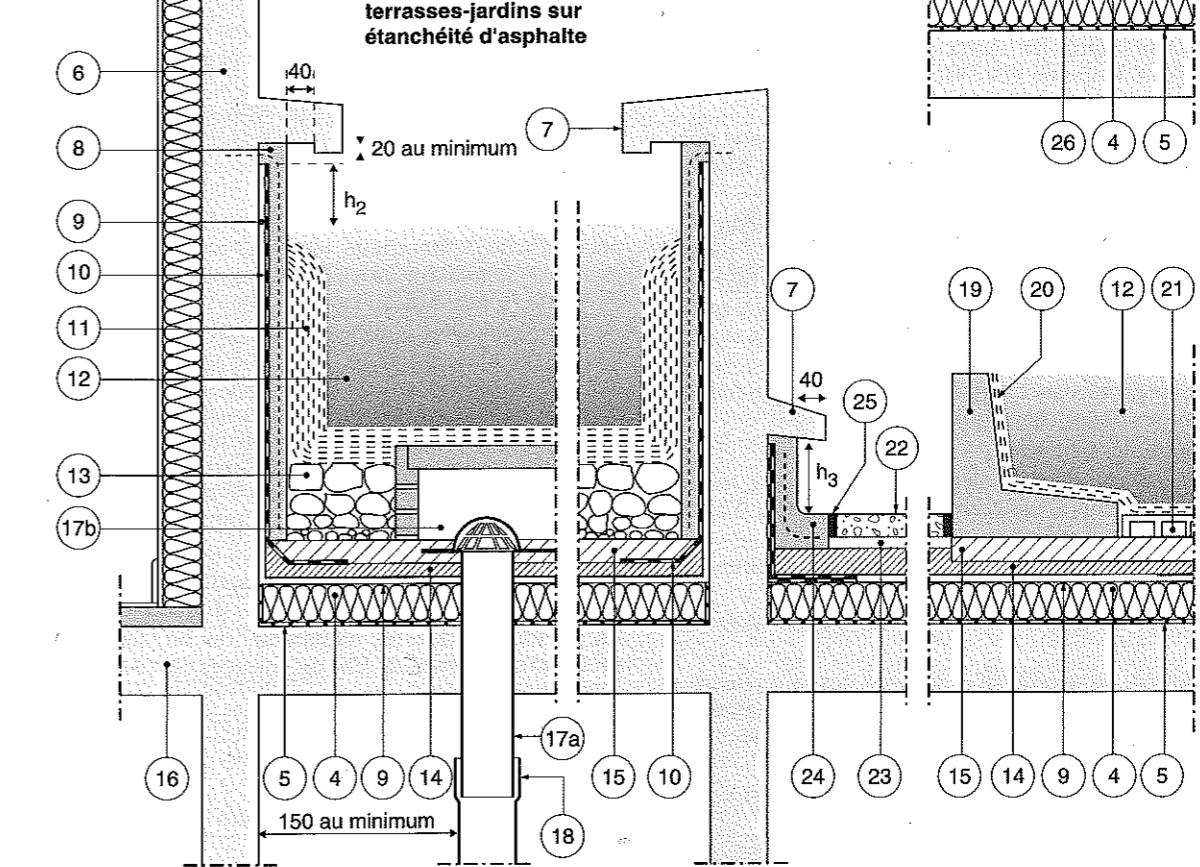
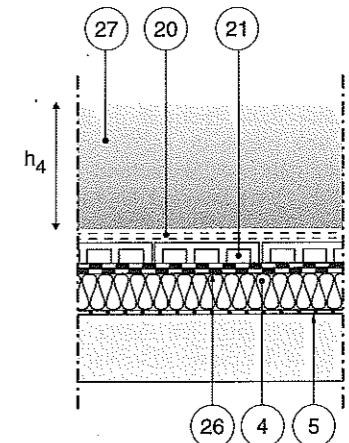
**Exemple 2 : terrasse-jardin sur membrane d'étanchéité**

26. Membrane d'étanchéité : c'est le dispositif courant des terrasses-jardins.

27. L'épaisseur minimale de la terre végétale présentée ici peut être réduite jusqu'à 60 mm pour les toitures végétalisées à but décoratif, où ne peuvent pousser que certaines plantes (sedum, par exemple). Il existe des systèmes particuliers où les couches de drainage et de filtrage sont fournies par un seul feutre de faible épaisseur.

Tableau 20.5 – Épaisseurs de la terre et de la couche de drainage selon le type de végétation (en m)

Type de végétation	Gazon et arbustes rampants de hauteur inférieure à 0,60 m	Fleurs vivaces, rosiers	Arbustes	Arbres	Gros arbres
Épaisseur minimale de la couche de drainage en plaques de polystyrène	0,035	0,035	0,035	0,035	Non prévu
Épaisseur minimale de la couche de drainage en granulats	0,10	0,10	0,10	0,15	0,30
Épaisseur habituelle de la terre	0,30	0,40	0,40	0,60	1,00

**EXEMPLE 1 : terrasses-jardins sur étanchéité d'asphalte****EXEMPLE 2 : terrasse-jardin sur membranes d'étanchéité****HAUTEURS MINIMALES ET MAXIMALES DES RELIEFS (en mm) :**

**Toiture inaccessible :**  
 - si pente nulle :  $h_1$  mini = 150  
 - si pente  $\geq 1\%$  :  $h_1$  mini = 100

**Terrasse-jardin :**  
 $h_2$  mini = 150

**Toiture accessible (sauf dalles sur plots) :**  
 - si armature du mortier de protection ancrée dans le mur :  $h_3$  mini = 100  
 - si armature du mortier de protection non ancrée dans le mur :  $h_3$  mini = 100 et  $h_3$  maxi = 200

**HAUTEURS DE TERRE VÉGÉTALE (en mm) :**

**Terrasse-jardin accessible :**  
 $h_4$  mini = 300

**Terrasse végétalisée inaccessible :**  
 $h_4$  mini = 60

**Toiture inversée**

Dans la toiture inversée, l'étanchéité est directement appliquée sur le béton, puis recouverte par des panneaux isolants peu perméables qui sont protégés et lestés par du gravier ou des dalles. Ce procédé a l'avantage d'éliminer le pare-vapeur, de mettre l'étanchéité à l'abri des variations thermiques et de permettre l'utilisation d'isolants performants en PSX sur lesquels il n'est pas possible d'appliquer des étanchéités, car ils sont trop instables. Le défaut principal de la toiture inversée réside dans le risque de mouillage de l'isolant, qui perd alors une partie de sa résistance thermique. Il existe également un risque de flottement (effet d'Archimède), d'où la nécessité de lester l'isolant en fonction de son épaisseur.

**Exemple 1 : toiture-terrasse accessible à faible circulation**

Dans le cas présenté, les dalles sur plots fournissent un lestage suffisant. La pente nulle est admise.

1. Garde-corps.
2. Dallette en béton préfabriqué ou en pierre sur plots pour la circulation et le lestage des panneaux d'isolant en PSX.
3. Joint entre les dallettes.
4. Panier posé sur l'isolant, dont l'épaisseur est réduite à cet endroit afin d'assurer l'écoulement de l'eau. Le panier recueille l'eau qui coule sur les panneaux d'isolant ou entre ces panneaux, tout en barrant l'entrée aux feuilles, papiers, mégots et autres détritus ; sa fonction est semblable à celle du siphon (fig. 20.4).
5. Crapaudine protégeant la bouche d'évacuation des feuilles mortes et autres objets charriés par l'eau.
6. Plot support des dallettes.
7. Panneau isolant en PSX destiné à la pose en toiture inversée. Il est soumis à avis technique ou document d'application.
- 8a. Relevé d'étanchéité de 100 mm d'épaisseur au minimum.
- 8b. Étanchéité en partie courante. La pente nulle est admise.
9. Platine soudée au moignon d'évacuation des eaux pluviales. Généralement en plomb ou, dans le cas de l'étanchéité monocouche, en polymère. Une gravure dans le béton compense les épaisseurs des membranes.
10. Moignon de l'évacuation de l'eau. Sa platine horizontale est prise dans les membranes de l'étanchéité.
11. Membranes liées à la platine, assurant l'étanchéité du raccord avec le reste du toit.
12. Tuyau de descente des eaux pluviales.

**Exemple 2 : escalier d'accès à forte circulation**

Il s'agit d'une variante du panneau isolant de l'exemple 1. Ce panneau est recouvert d'une couche de mortier de 10 mm d'épaisseur, qui le protège et le leste. Des éléments risquent néanmoins, et malgré leur solidarisation par des joints en rainure et languette, d'être soulevés par le vent, notamment en bordure du toit, où il faut éventuellement les lester avec

des dalles en béton préfabriquées. La pente nulle est interdite. Les panneaux présentés ici sont employés dans le contexte des espaces publics. Les dalles, qui sont lourdes, sont portées par des dés en béton, et l'isolant reste à l'abri du vent.

13. Dalles de circulation en béton préfabriqué.
14. Marche préfabriquée.
15. Cales de support.
16. Poutre inclinée portant les marches.
- 17a. Dé recouvert d'étanchéité, portant la poutre.
- 17b. Dé portant les dalles de circulation horizontale.
- 18a. Panneaux de PSX posés sur l'étanchéité horizontale.
- 18b. Panneaux de PSX posés sur l'étanchéité en pente.
19. Plot de soutien de la poutre inclinée.
20. Étanchéité horizontale et en pente.
21. Structure en béton, en pente.

- 22a. Couche de mortier collée en usine sur les panneaux. Elle empêche le soulèvement par le vent pendant la pose.
- 22b. Couche de mortier de 10 mm d'épaisseur collée (en usine) au panneau d'isolant. Elle facilite la pose en pente.

**Toiture inclinée**

La toiture inclinée à plus de 5 % rend la protection lourde plus difficile. L'étanchéité est donc autoprotégée par une feuille d'aluminium, ou par des granulés ou des paillettes d'ardoise (tous collés en usine). Elle est en adhérence, ou en semi-indépendance (collée ou fixée par points) si le procédé l'admet et si la région s'y prête (risque d'arrachement par le vent). L'écoulement de l'eau de la toiture s'effectue par la noue (en bas). À condition de remplir les conditions indiquées dans le tableau 20.2 (voir note 4), la hauteur du relevé bordant la noue (h) doit être au minimum de :

- 150 mm pour une pente inférieure à 20 % ;
- 250 mm pour une pente comprise entre 20 % et 70 %.

Si les conditions ne sont pas remplies, il faut calculer la hauteur (h) nécessaire à l'obtention de la section indiquée dans le tableau 13.7. Pour le fond de la noue :  $0,30 \text{ m} < b < 1 \text{ m}$ .

23. Bande de rive en aluminium ou en acier galvanisé prélaqué ou inoxydable. Elle est enserrée dans les membranes d'étanchéité.
24. Étanchéité recouvrant l'acrotère.
25. Relevé d'étanchéité formant noue.
26. Isolant thermique.
27. Membrane d'étanchéité supérieure recouvrant la zone de fixation de la membrane suivante.
28. Étanchéité en partie courante.
29. Fixation de l'étanchéité en tête, avec entretoise selon l'épaisseur de l'isolant.
30. Forme de pente de la noue en béton.
31. Structure porteuse en béton, en pente.
32. Tasseau en bois fixé dans le béton. Il sert à buter l'isolant.
33. Fixation du tasseau et du lé inférieur de l'étanchéité.
34. Complexe de doublage en isolant + plaque de plâtre.
35. Support de la couvertine de l'acrotère de tête.
36. Couvertine en aluminium clipée sur le support (35).

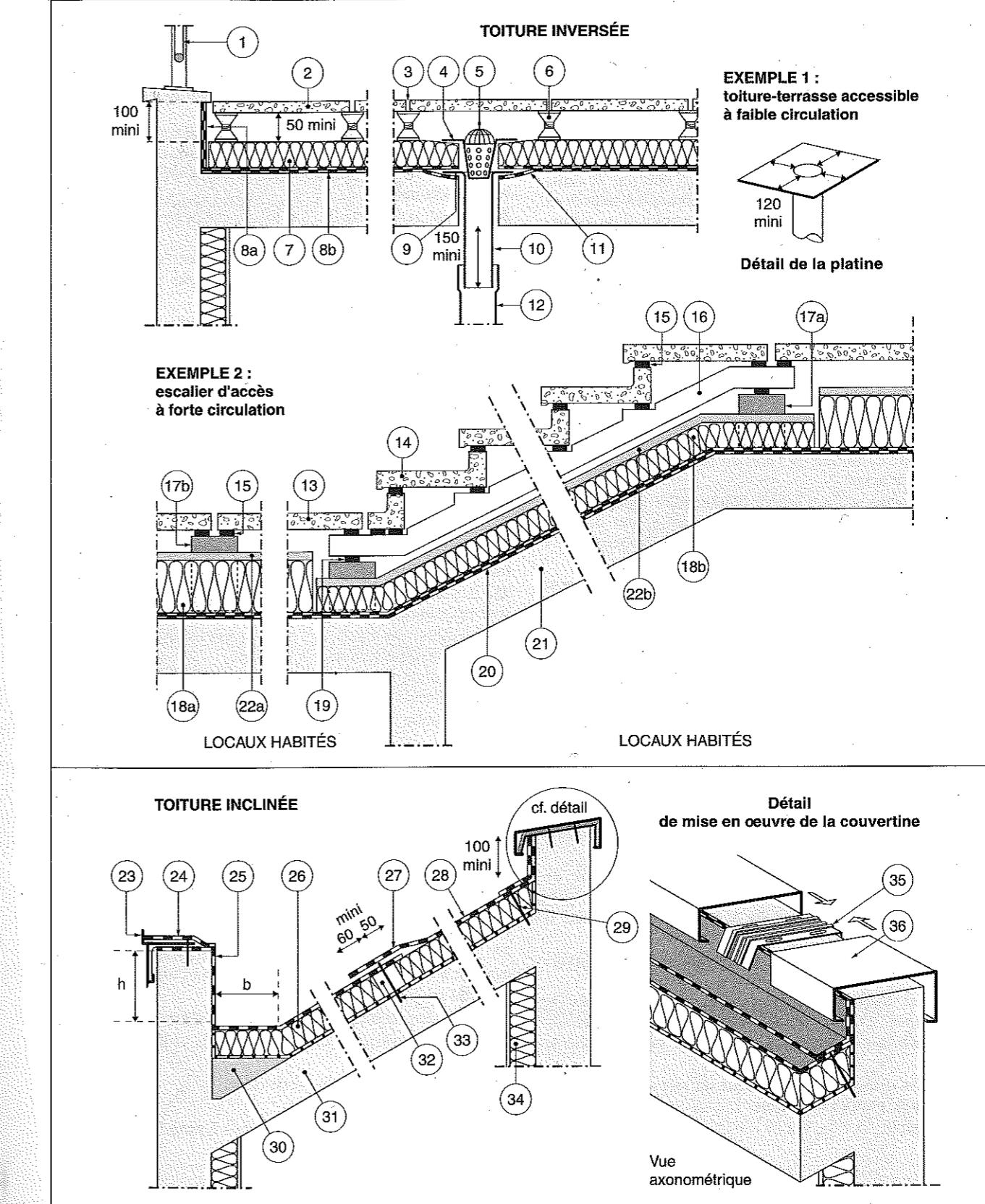


Figure 20.7 Terrasses accessibles et inaccessibles en montagne

Les exemples présentés ici portent sur une toiture en béton. Sous un climat de montagne, le gel fréquent oblige à proscrire la pente nulle et à préférer, pour les toitures accessibles, une pente minimale de 2 % sur plan. Toutes les protections coulées sur place (y compris en relief) sont interdites, ainsi que le sable en couche de désolidarisation des dallettes préfabriquées. Il faut utiliser des gravillons drainants. L'utilisation de trop-pleins et de boîtes à eau est également évitée en augmentant le nombre de bouches et de descentes d'eau courantes. Le phénomène du siphonnage, lors de la fonte de la neige, oblige à augmenter la hauteur des relevés et à préférer, chaque fois que possible, l'emploi d'un porte-neige situé au-dessus des relevés d'étanchéité (tab. 20.2). Le porte-neige est obligatoire pour les pentes excédant 3 %. En l'absence d'isolant, l'autoprotection est exceptionnellement admise jusqu'à une pente de 8 %, uniquement si les rampants sont courts (< 8 m) et avec des butées de neige.

Les bandeaux saillants et les becquets en béton sont interdits, le haut des relevés d'étanchéité devant être protégé par des solins métalliques en acier ou en aluminium, à moins que l'étanchéité ne soit scellée directement dans le béton.

D'une manière générale, les revêtements d'étanchéité et leurs protections doivent être renforcés en montagne du fait de l'agressivité chimique de l'eau de fonte et des efforts de réputation de la neige.

1. Mauvaise disposition : relevé d'étanchéité autoprotégée. L'eau de fonte de la neige risque de pénétrer par derrière en raison de la pression due à la hauteur de la neige et au becquet.

2. Mauvaise disposition : le becquet empêche l'écoulement de l'eau de fonte et la guide vers l'arrière du relevé d'étanchéité.

3. Étanchéité. La formulation habituelle risque d'être insuffisante en montagne. La pente nulle est interdite en montagne.

4. Mauvaise disposition : la protection en gravier habituelle n'est pas adéquate. Un gravier trop fin augmente le risque de gel.

5. Dalle en béton armé ou précontraint.

6. Pare-vapeur.

7. Mauvaise disposition : le complexe de doublage isolant thermique habituel n'a pas de pare-vapeur. Celui-ci est nécessaire en montagne.

8. Doublage adéquat en complexe d'isolant + plaque de plâtre avec pare-vapeur intégré.

9. Mauvaise disposition : la dalle a été coulée sur place. Il existe un risque de gel.

10. Corniche pouvant favoriser les cumuls excessifs de neige au bord du toit.

11. Mauvaise disposition : les garde-corps non ajourés ne permettent pas l'évacuation de la neige et de l'eau de fusion.

12. Mauvaise disposition : l'acrotère, trop haut, bloque la neige.

13. Mauvaise disposition : la hauteur du relevé d'étanchéité est insuffisante pour la montagne.

14. Joint souple.

15. Mauvaise disposition : le joint est un joint de mortier. Il y a risque de gel.
16. Dallettes préfabriquées.
17. Forme de pente. Il est préférable de l'éviter, car elle risque de contenir beaucoup d'eau ou de geler pendant la période de construction.
18. Mauvaise disposition : la couche de désolidarisation est en sable ou en granulats trop fins. Il y a risque de gel.
19. Mauvaise disposition : Garde-corps en béton haut, bloquant la neige.
20. Isolant non prétaillé. La forme de pente en béton est donc nécessaire, malgré ses inconvénients.
21. Relevé d'étanchéité recouvrant l'acrotère. Le déneigement est facile et le risque d'infiltration par siphonnage est diminué.
22. Joint souple sur une bande métallique supportant les dallettes.
23. Blocs de béton enduits. L'isolation par l'extérieur est préférable.
24. Couche de gravier de protection. L'épaisseur doit être suffisante et les granulats suffisamment gros pour permettre un écoulement rapide de l'eau.
25. Enduit.
26. Mauvaise disposition : les bandeaux saillants ont le même effet que les becquets ; ils risquent de ramener l'eau de fusion vers l'arrière de l'étanchéité par un effet de siphonnage.
27. Qualité d'étanchéité adéquate du point de vue de la résistance à la fatigue.
28. Isolant thermique support de l'étanchéité. Les panneaux sont prétaillés pour former la pente.
29. L'emploi des bandeaux et becquets est évité en scellant l'étanchéité dans le mur, par exemple.
30. Bande de rive en zinc, insérée dans les membranes d'étanchéité.
31. La bande de rive en zinc est fixée par une bande d'agrafe.
32. Mauvaise disposition : la pente nulle est interdite en montagne.
33. Enduit avec armature.
34. Pare-vapeur introduit dans le complexe de doublage en usine. Il s'impose en montagne.
35. Tôle verticale écartée de l'étanchéité, permettant l'évacuation de l'eau.
36. Garde-corps ajouré assurant l'évacuation de la neige et de l'eau de fonte.
37. Tôle horizontale protégeant l'étanchéité dont elle est écartée. L'eau de fonte peut s'écouler vers l'extérieur.
38. Plot supportant les dallettes.
39. Dallette préfabriquée d'une qualité résistant au gel.
40. Gravier drainant. L'eau ne stagne pas, et le risque de gel est diminué.
41. Platine de fixation du garde-corps.
42. Fourrure d'écartement.
43. Dallettes jointives serrées les unes contre les autres.

Terrasses accessibles et inaccessibles en montagne

Figure 20.7

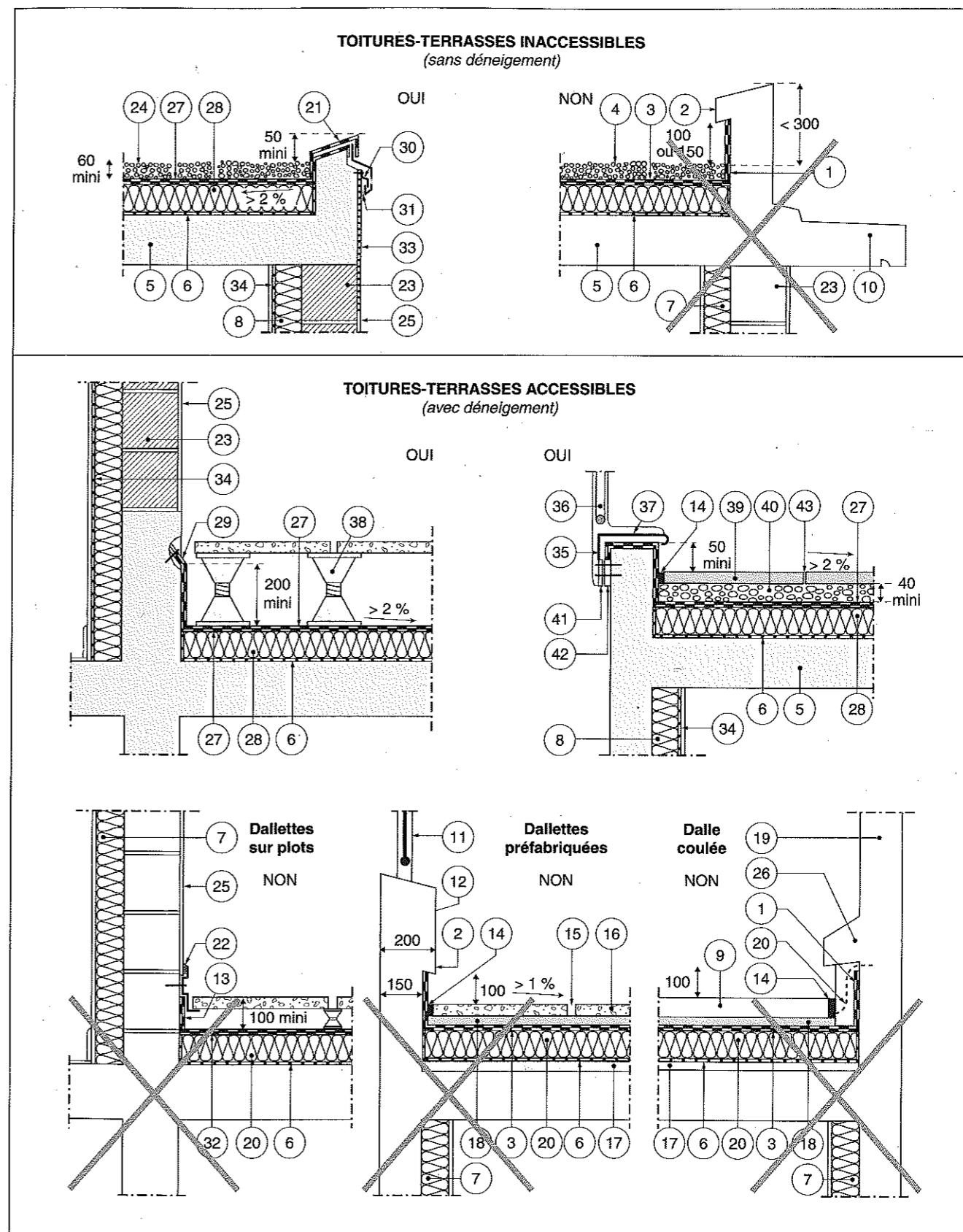


Figure 21.1

## Fenêtres en bois à deux battants à la française : vues en coupe et en plan

## Fenêtre ancienne et fenêtre moderne

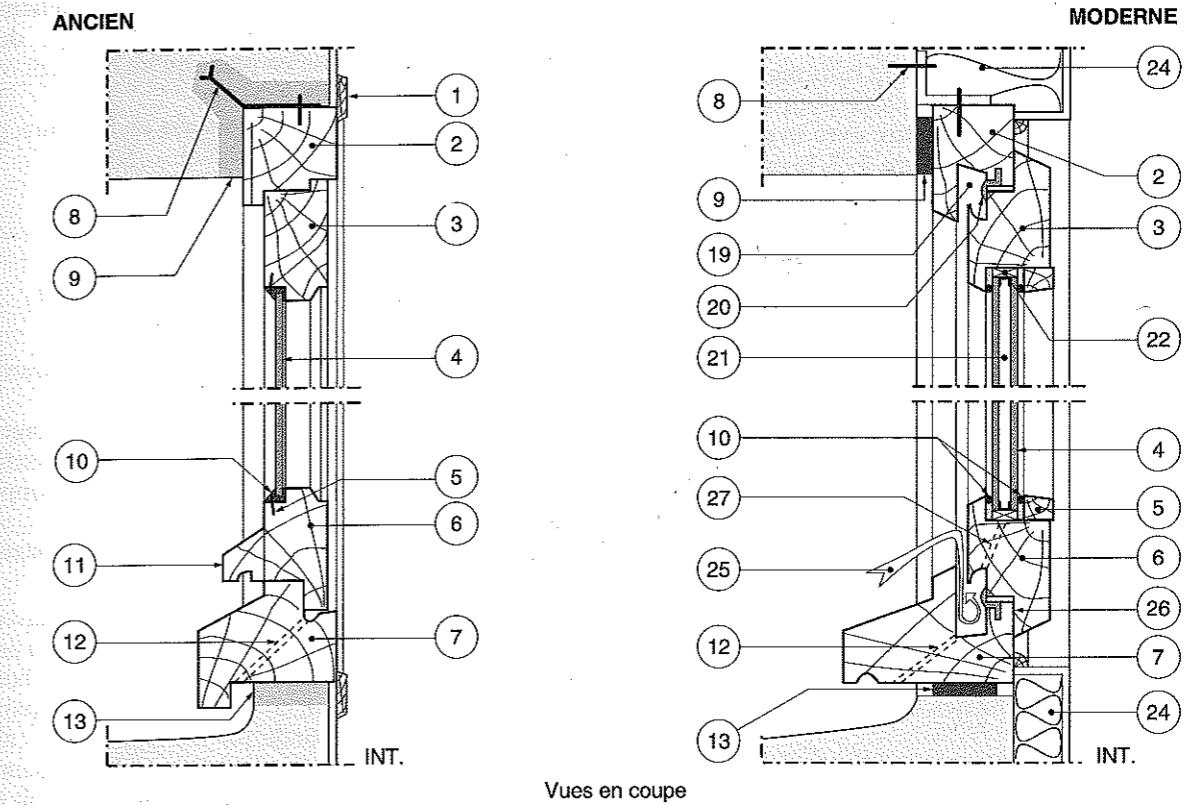
1. Couvre-joint entre dormant et revêtement mural.
2. Dormant vertical (montant) ou horizontal (traverse supérieure) : c'est un profil du type L. La simple (ou double) feuillure et la contre-noix du montant ancien sont aujourd'hui remplacées par un ensemble feuillure + chambre de décompression (19) avec joint élastomère (20).
3. Ouvrant vertical (montant) ou horizontal (traverse supérieure) : c'est un profil du type Z (si, dans le profil ancien, la noix est prise en considération). La noix du montant traditionnel est aujourd'hui remplacée par la chambre de décompression (19) et la garniture (20) (en caoutchouc par exemple), dont la forme est spécialement conçue pour cet usage.
4. Vitre : anciennement, il s'agissait d'un simple vitrage de 3 à 5 mm d'épaisseur ; aujourd'hui, il existe une grande diversité de vitrages, simples ou doubles.
5. Dispositif de maintien du vitrage. Dans la fenêtre ancienne, ce sont des clous à l'extérieur. Dans la fenêtre moderne, il s'agit d'une parcloses intérieure (ou extérieure).
6. Traverse basse horizontale de l'ouvrant avec jet d'eau. Dans le cas traditionnel, il fait saillie (11) pour protéger la jonction horizontale entre dormant et ouvrant (c'est-à-dire entre jet d'eau et appui). Dans la fenêtre moderne, cette saillie est toujours intéressante, mais, avec des profils suffisamment épais et spécialement étudiés, elle n'est plus obligatoire.
7. Traverse basse horizontale du dormant (appui), recouvrant et protégeant le joint entre le bois et le rejingot de l'appui maçonnerie.
8. Dormant liaisonné à la maçonnerie par des pattes scellées au mortier (dans le cas ancien), ou fixées mécaniquement à l'aide de vis chevillées (dans le cas moderne).
9. Étanchéité située à la jonction dormant/maçonnerie, anciennement en mortier, aujourd'hui en joint de mastic sur fond de joint en mousse ou en joint de mousse imprégnée précomprimée. La qualité du joint (mastic ou mousse) détermine non seulement l'imperméabilité à l'eau, mais également l'imperméabilité à l'air de la construction. Sa largeur, sa profondeur et sa précompression doivent être correctement conçus et exécutés (voir partie 1, chap. 13).
10. Étanchéité située à la jonction bois/verre. Dans l'ancienne fenêtre, elle est en mastic à base d'huile de lin. Dans la fenêtre moderne, elle est en mastic obturateur contre fond de joint ou profilés en caoutchouc artificiel appellés « garnitures ».
11. Jet d'eau avec coupe-larmes, protégeant la jonction avec l'appui. Il se retrouve souvent dans les fenêtres anciennes, mais aussi dans la version moderne (non représentée ici).
12. Drains ou orifices de drainage (deux au minimum) évacuant principalement l'eau de condensation dans la fenêtre ancienne. Dans la fenêtre moderne, ils évacuent l'eau de pluie qui s'est infiltrée entre le dormant et l'ouvrant jusqu'à la chambre de décompression. L'écart maximal entre ces drains est de 1 m.
13. Étanchéité située à la jonction du dormant et de l'appui maçonnerie. Dans la fenêtre traditionnelle, elle est en mortier. La fenêtre moderne exige un calage, puis un boudin de mastic préextrudé, ou du mastic contre le fond de joint (si celui-ci est accessible), ou une mousse imprégnée précomprimée.
14. Profil de la jonction entre les ouvrants (battants de fenêtre à la française). Dans le cas ancien, il s'agit du « mouton ».
15. Crémone (tige métallique) permettant de maintenir un contact ferme entre les ouvrants et entre les ouvrants et le dormant (en haut et en bas). Elle est souvent fixée à l'extérieur du profil ancien en raison de sa faible épaisseur.
16. Profil supplémentaire assemblé à l'un des ouvrants pour assurer l'étanchéité de leur jonction. La forme arrondie recevant le mouton (cas ancien) s'appelle « gueule de loup ».
17. Montant courant de l'ouvrant, qui reçoit le profil supplémentaire (16).
18. Paumelles, portant le poids des ouvrants.

## Fenêtre moderne

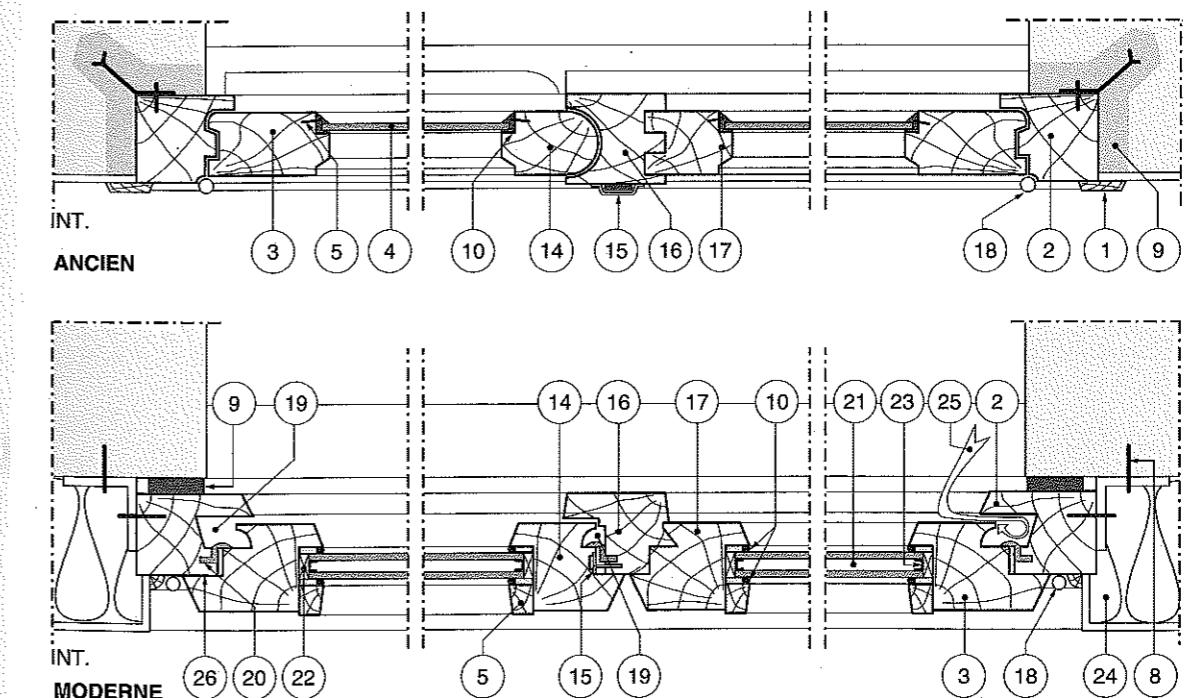
19. Chambre de décompression. Elle ne doit pas être fermée par rapport à l'extérieur, sinon la pluie risquerait de remonter par les drains (12). Le contact entre le bois du dormant et celui de l'ouvrant doit, en revanche, être assuré du côté intérieur (26).
20. Joint en profilés de caoutchouc, fixé dans le bois et faisant barrière à l'eau.
21. Lame d'air entre les deux vitres (de 6 mm d'épaisseur au minimum). Plus elle est large, plus l'isolation thermique et l'isolation acoustique sont bons, mais pour obtenir un isolement acoustique plus performant, il faut des largeurs excédant 100 mm. Le problème majeur relatif à la durabilité des doubles vitrages est d'éviter l'embuage de la lame d'air sur le long terme.
22. Calage souple permettant le libre mouvement différentiel entre la vitre et la menuiserie.
23. Écarteur entre vitrages.
24. Complex en isolant + plaque de plâtre.
25. Effet de la chambre de décompression.
26. Feuillure interne assurant un contact ferme entre l'ouvrant et le dormant.
27. Orifices de drainage (deux au minimum) de la feuillure du vitrage moderne. Ces orifices évacuent l'eau qui s'est infiltrée dans la feuillure et servent à équilibrer les pressions de l'air et de la vapeur entre celle-ci et l'extérieur. L'écart maximal entre ces orifices est de 500 mm.

## Fenêtres en bois à deux battants à la française : vues en coupe et en plan

Figure 21.1



Vues en coupe



Vues en plan

Figure 21.2

## Liaisons du gros œuvre avec les fenêtres – Isolation par l'intérieur : coupes et détails

Anciennement, dans les immeubles de qualité, la fenêtre se trouvait à peu près au milieu de l'épaisseur d'une maçonnerie de façade de 0,60 m ou 0,70 m. Cette position présentait l'avantage de résérer de la place pour un ébrasement extérieur protégeant la menuiserie et pour un ébrasement intérieur logeant des volets intérieurs, dont l'effet visuel réduisait l'éblouissement.

Dans le contexte urbain du xixe siècle, la diminution des murs de façade a fini par décaler la fenêtre vers le nu intérieur de la maçonnerie, y compris dans les immeubles cossus. Cette disposition, qui permet de replier les fenêtres sur le mur à l'intérieur, est devenue une habitude si ancrée qu'après l'arrivée des isolants à poser côté intérieur en France, les constructeurs ont continué à placer la fenêtre au même endroit, malgré les difficultés que cela entraîne : il faut, en effet, combler l'espace de l'isolant et trouver un appui écarté du mur pour la fenêtre. Dans le même temps, reculer la fenêtre risque de laisser l'eau de pluie entrer plus avant vers l'intérieur.

La meilleure solution consiste à poser la fenêtre à la jonction de l'isolant et du mur : c'est la pose « en applique ». La pose au nu extérieur est rare en France. Elle a le défaut d'exposer fortement la jonction fenêtre/mur et de nécessiter, de ce fait, un entretien fréquent. Par ailleurs, il se révèle assez difficile d'y éviter le pont thermique.

1. Linteau en béton. Le pourtour recevant la fourrure doit être dressé et lissé afin de fournir une surface plane et verticale au calfeutrement. Les tolérances de l'aplomb sont celles du gros œuvre concerné. Localement, sous la règle de 200 mm, la tolérance est de 3 mm.

2. Patte de fixation en acier galvanisé, vissée dans le dormant et, le cas échéant, dans la fourrure. La fixation dans le gros œuvre est placée à 60 mm au moins du bord.

3. Calfeutrement en mousse imprégnée, limité par le DTU 36.1 aux faibles expositions. Après essais, il s'avère que certaines mousses peuvent être employées dans des situations plus exposées. Les cales éventuelles ne sont pas présentées ici.

4. Fourrure (ou tapée extérieure) en bois assemblé au dormant en usine. Sa largeur dépend de l'épaisseur de l'isolant.

5. Espace entre l'appui en bois (6) et l'ébrasement extérieur du tableau, devant être calfeutré par un mastic.

6. Appui en bois large intégré au dormant et recouvrant l'appui maçonnerie en béton.

7. Mousse imprégnée et cales.

8. Saillie de l'appui en béton protégeant le mur.

9. Pattes portant la fenêtre. Elles doivent résister, sans déformation excessive, à une charge de 100 daN.

10. Allège en béton ou en maçonnerie d'éléments.

11. Calfeutrement en mastic de première catégorie sur fond de joint en mousse. Probablement plus courant que le calfeutrement (3) en mousse imprégnée, il convient à toutes les expositions. Les cales, parfois nécessaires, ne sont pas présentées ici.

12. Dormant en bois.

13. Bavette, ou jet d'eau, métallique protégeant la jonction du dormant avec l'appui en béton.

14. Retour de l'isolant sur l'ébrasement afin de diminuer le pont thermique.

15. Enduit armé dans la zone du tableau. L'armature en acier galvanisé est retournée et fixée sur le précadre (18) et la traverse (22). Les arêtes d'angles sont renforcées par des profils d'enduit spéciaux.

16. Linteau en béton. Il doit être suffisamment large pour accueillir le précadre, le dormant et la fixation de la patte écartée de 60 mm du bord.

17. Bourrage au mortier pour raccorder le précadre au gros œuvre. Il est également possible d'intégrer le précadre au moment du montage de la maçonnerie et avant le coulage du linteau.

18. Précadre tubulaire en acier galvanisé ou en aluminium (mais pas en bois). Il faut éviter d'employer l'aluminium dans le cas de grandes baies en raison de son coefficient de dilatation thermique, qui est le double de celui de la maçonnerie. Le tube permet l'écartement du dormant afin de réservé l'espace de l'isolant (14) (§ 21.5 et fig. 21.3).

19. Patte de fixation en acier galvanisé en forme de Z.

20. Retour de la bavette métallique sur l'ébrasement vertical extérieur du tableau. La jonction entre les deux doit être calfeutrée.

21. Bavette métallique protégeant le haut de l'enduit et la jonction de la traverse basse du précadre (22) avec le dormant.

22. Traverse basse du précadre tubulaire.

23. Fixation du précadre.

24. Blocs de béton du tableau. Ce sont, de préférence, des blocs pleins allégés (à alvéoles réduits) pour faciliter la fixation du précadre et du dormant.

25. Fixation directe à travers le dormant. Elle n'est possible que dans le cas où le dormant est suffisamment large et où elle ne risque pas de compromettre l'étanchéité. La fixation peut aussi se faire dans l'autre sens.

26. Appui continu en aluminium ou en acier galvanisé. Il peut être fixé à la maçonnerie avant la pose de la fenêtre, ou à la fenêtre en usine.

27. Joint en mastic entre l'appui et le tableau.

28. Retour de l'appui en béton. Adapté au cas de l'appui préfabriqué, ce dispositif, dans la tradition rationaliste de la construction en pierre, protège l'ébrasement et évite les coulures et moustaches sur les côtés.

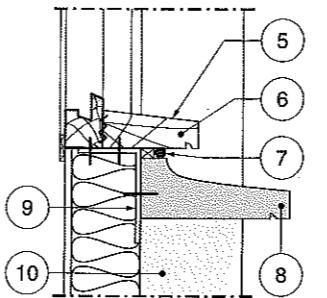
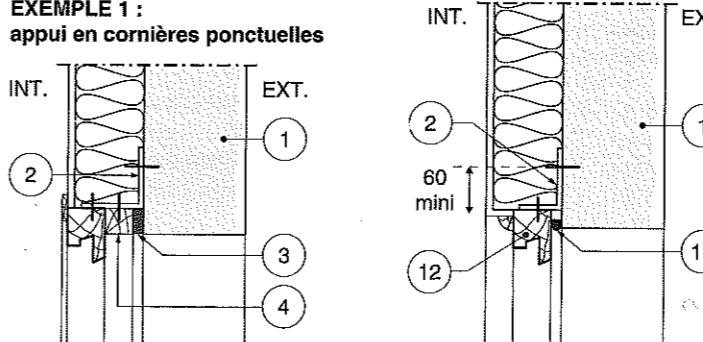
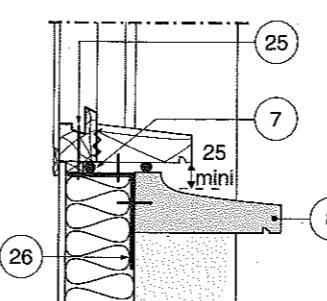
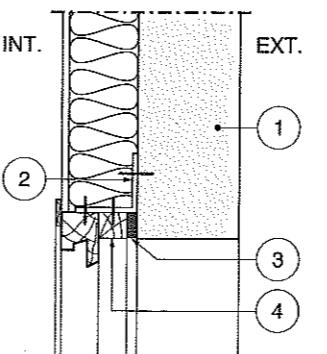
29. Saillie de l'appui en béton portant la traverse basse du dormant ( $b = 40$  mm au minimum).

30. Calfeutrement d'étanchéité : cordon préformé ou mousse imprégnée précomprimée. Le cordon préformé doit être écrasé, tout en conservant une épaisseur minimale de 5 mm après écrasement.

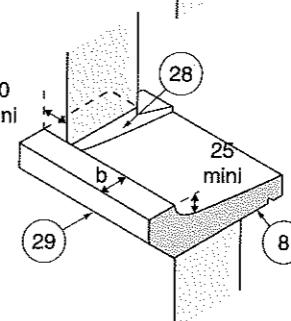
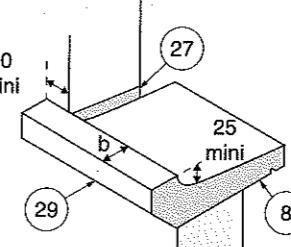
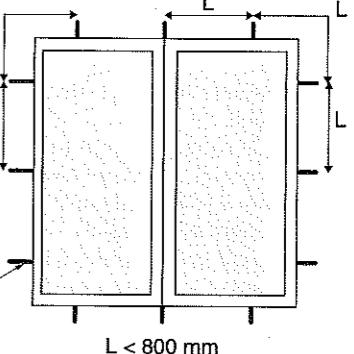
31. Continuité entre l'étanchéité horizontale et verticale. Elle doit être assurée sur tout le pourtour.

## Liaisons du gros œuvre avec les fenêtres – Isolation par l'intérieur : coupes et détails

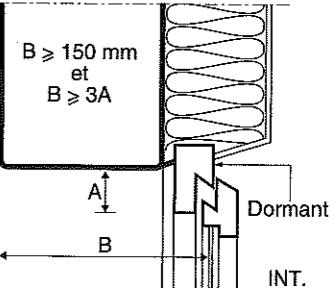
Figure 21.2

FENÊTRE AU NU INTÉRIEUR  
(avec tapée extérieure)EXEMPLE 1 :  
appui en cornières ponctuellesEXEMPLE 2 :  
appui en cornière continueFENÊTRE À LA JONCTION  
(avec tapée extérieure)

## Vues en coupe\*

APPUIS EN BÉTON  
(fenêtres à la jonction)FENÊTRE AU NU EXTÉRIEUR  
(sur précadre tubulaire)PRINCIPE GÉNÉRAL DE FIXATION  
D'UNE FENÊTRE

## FENÊTRE "PARTIELLEMENT PROTÉGÉE"



(\* ) NOTA : le détail des ébrasements vus en plan est à peu près celui du linteau vu en coupe

En isolation par l'extérieur, la pose au nu intérieur de la maçonnerie est souvent la plus difficile à réaliser. Elle risque d'entraîner des ponts thermiques et, si aucune précaution n'est prise, de mener l'eau de pluie vers l'intérieur. Les figures 21.3 et 21.4 présentent l'exemple d'un revêtement extérieur en plaques de pierre (ou de béton) soutenues par des attaches individuelles (contrairement au système avec rail présenté en bas à gauche de la figure 19.7).

La fenêtre au nu extérieur avec revêtement en bardage de bois présentée ici appartient au contexte des constructions détaillées aux figures 18.10 et 20.3. La pose à la jonction maçonnerie/isolant et la pose proche du nu extérieur sont généralement plus faciles à mettre en œuvre.

Tous les exemples présentés ci-contre utilisent un précadre, mais des solutions sans précadre sont tout à fait envisageables (pour des fenêtres de dimensions modestes, ce sont probablement les plus courantes – fig. 21.4).

1. Finition intérieure en plâtre projeté ou en plaque de plâtre collée, ou éventuellement peinture directement appliquée sur le béton avec un revêtement cachant les pattes, uniquement sur le pourtour de la fenêtre.

2. Précadre en acier galvanisé ou en aluminium. Il est l'intermédiaire entre le travail humide du gros œuvre et le travail « à sec » et plus précis de la menuiserie.

3. Remplissage en mousse. Il améliore l'imperméabilité à l'air.

4. Traverse haute du châssis dormant en bois.

5. Fond de joint en mousse.

6. Calage en bois, ou en tube de PVC, ou en pastilles de nylon, etc., selon la hauteur.

7a. Cornière de suspension de l'attache de la plaque de voûture. Les tolérances sont réglées à l'aide de trous ovalisés et d'une tige filetée. Le tout est en acier inoxydable.

7b. Attache courante dans le joint vertical des plaques (voir fig. 19.7).

8. Plaque de voûture tenue par deux ergots introduits dans l'attache suspendue.

9a. Calfeutrement en mousse imprégnée. Elle n'est pas indispensable à cet endroit, sauf en cas de forte exposition ; en revanche, elle peut à long terme éviter les traces de coulures provenant de l'amère des plaques.

9b. Mousse imprégnée, nécessaire ici pour l'étanchéité.

10. Calfeutrement en mastic sur fond de joint en mousse.

11. Bavette (ou jet d'eau) métallique protégeant le raccord entre la plaque de pierre de l'appui et la menuiserie.

12. Plaque de pierre d'appui faisant saillie pour protéger la tranche des plaques sous-jacentes.

13. Plaque de soutien en acier inoxydable, dans le cas où l'appui n'est pas composé de plusieurs plaques.

14. Rigole d'étanchéité autocollante faisant le tour du précadre. La partie horizontale basse, particulièrement importante, permet d'éviter l'infiltration par les coins du tableau.

15. Mortier-colle d'assise de la plaque d'appui en pierre.

16. Patte de fixation en Z.

17. Ruban d'étanchéité autocollante placé sur le pourtour du précadre et du gros œuvre (en béton, par exemple) qui l'entoure.

18. Plaques de pierre formant l'appui extérieur de la fenêtre.

19. Bavette (ou jet d'eau) métallique protégeant le joint entre la menuiserie et le précadre, ainsi que la tranche supérieure des plaques sous-jacentes.

20. Rigole d'étanchéité supérieure protégeant la jonction entre le précadre et le gros œuvre.

21. Précadre métallique extérieur dont les dimensions dépendent de l'épaisseur de l'isolant.

22. Cornière d'attache en acier galvanisé ou inoxydable, maintenant le précadre en bois (23).

23. Précadre en bois.

24. Pare-pluie protégeant l'isolant et les chevrons (25).

25. Chevrons verticaux portant le bardage horizontal (voir fig. 18.10).

26. Contre-lattes ménageant l'espace de ventilation derrière les lames de bardage.

27. Ébrasement en bois protégeant les bouts des lames de bardage horizontales, avec un retour du type « cornière ».

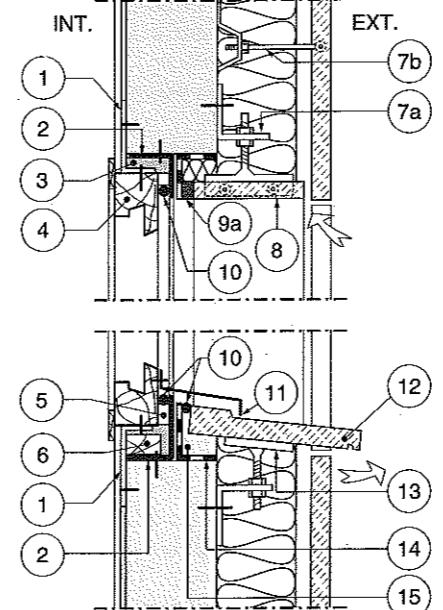
28. Blocs en béton de 150 mm d'épaisseur. Ils sont de préférence pleins allégés (leurs alvéoles sont de dimensions réduites), pour des raisons d'isolation acoustique vis-à-vis du bruit extérieur et de fixation plus facile des attaches.

29. Attache en acier galvanisé des chevrons verticaux (voir fig. 18.10).

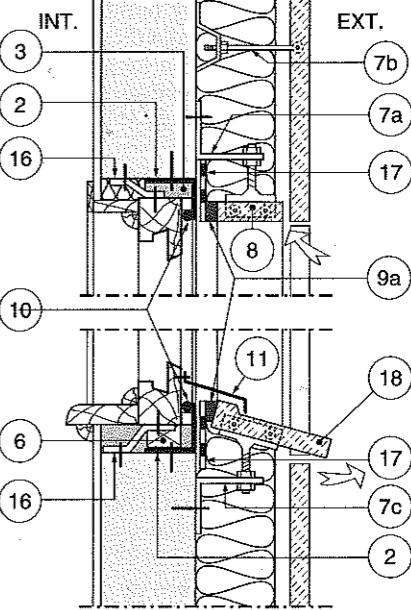
30. Lames de bardage horizontal.

31. Mousse améliorant l'imperméabilité à l'air. Elle joue un rôle particulièrement important dans le cas de façades en bois, celles-ci devenant perméables à l'air du fait des mouvements de gonflement et de retrait du bois dus aux évolutions de l'humidité relative de l'air (voir partie 1, chap. 3).

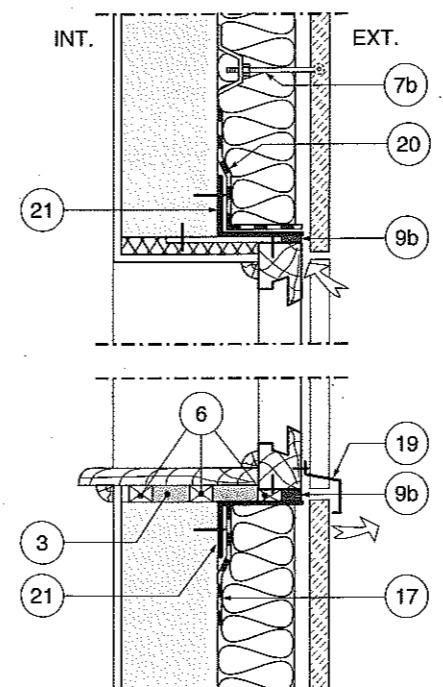
**FENÊTRE AU NU INTÉRIEUR**  
Revêtement en plaques de pierre



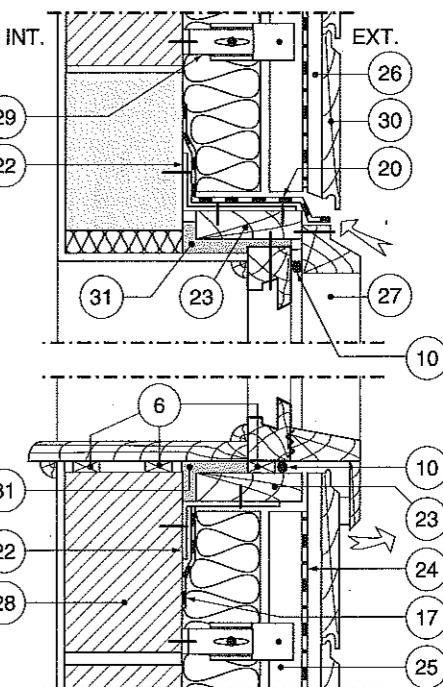
**FENÊTRE À LA JONCTION**  
Revêtement en plaques de pierre



**FENÊTRE AU NU EXTÉRIEUR**  
Revêtement en plaques de pierre



**FENÊTRE AU NU EXTÉRIEUR**  
Revêtement en bardage bois



Vues en coupe\*

(\* NOTA : le détail des ébrasements vus en plan est à peu près celui du linteau vu en coupe.

### Fenêtre au nu intérieur

Le cas de la fenêtre au nu intérieur du gros œuvre a déjà été examiné à la figure 21.3. Ici, une vue en plan (coupe horizontale) et un écorché de la façade illustrent l'importance de l'étanchéité autocollante, qui doit se retourner sur les ébrasements, spécialement en partie basse, afin d'éviter des infiltrations dans les angles, où l'eau coule le long des plaques de pierre des ébrasements. Plusieurs calepinages de fenêtre sont possibles. Celui présenté ci-contre réunit les caractéristiques suivantes :

- la plaque de pierre de l'appui, qui est faite d'un seul bloc, est la seule pièce de revêtement du tableau visible en élévation ;
- cette plaque ne pénètre pas les plaques de pierre courantes voisines, ce qui est pourtant une configuration répandue dans des cas comme celui-ci, mais l'entaille qu'elle exige offre parfois un aspect peu esthétique ;
- les joints bas et hauts des plaques des ébrasements ne sont pas visibles ;

pas visibles ;  
 - les plaques des ébrasements sont toujours rectangulaires, et il n'est pas besoin de les découper pour les adapter à la zone du gros œuvre qu'elles pénètrent.

La disposition illustrée ici n'est pas préconisée par le DTU 55.2, qui impose la pénétration de l'appui dans la zone de trumeau. En fait, la disposition la plus courante est celle de

la fenêtre placée à l'extérieur (fig. 21.3 et 19.5). L'ensemble des attaches et des organes de suspension et de fixation de la pierre sont en acier inoxydable.

1. Patte de fixation de la menuiserie.
  2. Précadre en acier galvanisé.
  3. Mousse pour améliorer l'imperméabilité à l'air et cales éventuelles.
  4. Fixation de la patte dans le dormant.
  5. Dormant de la fenêtre.
  6. Mastic d'étanchéité extrudé sur fond de joint.
  7. Mousse imprégnée précomprimée. Ce dispositif n'est pas obligatoire ici, mais évite d'éventuelles salissures provenant de l'arrière des plaques.
  8. Étanchéité autocollante sur le pourtour du précadre. Elle est retournée sur le gros œuvre.
  9. Plaque de pierre de voussure.
  - 10a. Attache suspendue d'une cornière fixée dans le gros œuvre (en béton, en maçonnerie), possédant des ergots d'un seul côté.
  - 10b. Attache suspendue d'une cornière fixée dans le gros œuvre (en béton, en maçonnerie), possédant des ergots insérés dans la tranche des plaques situées de part et d'autre.
  11. Plaque de pierre en élévation.
  12. Isolant fixé au gros œuvre (en béton, en maçonnerie) dans le retour de l'ébrasement.
  13. Isolant fixé au gros œuvre (en béton, en maçonnerie) en élévation générale.
  14. Cornière d'attache des plaques de voussure en pierre.
  15. Couvre-joint en bois.

**16. Fond de joint en mousse pour contenir l'application du mastic d'étanchéité.**

17. Calage ponctuel ou continu en bois ou en PVC.
  18. Allège en béton banché (ou en maçonnerie).
  19. Plaque de plâtre ou plâtre projeté ou peinture (dans ce cas, il faut couvrir les attaches sur le pourtour de la fenêtre seulement).
  20. Mortier-colle pour asseoir la plaque de l'appui.
  21. Bavette métallique.
  22. Ergot fixant l'appui au mortier.
  23. Plaque de support intermédiaire de l'appui continu.
  24. Plaque en pierre faisant appui. Le DTU 55.2 préconise la pénétration de l'appui dans les zones de trumeau de chaque côté.
  25. Cornière à laquelle est suspendue l'attache des plaques de l'ébrasement.
  - 26a. Attache stabilisant le haut de la plaque de l'ébrasement avec des ergots vers le bas.
  - 26b. Attache des plaques de pierre de l'ébrasement avec des ergots vers le bas, stabilisant la plaque du dessous, et des ergots vers le haut, insérés dans la plaque portée située au-dessus.
  - 26c. Attache des plaques de pierre de l'ébrasement avec des ergots vers le haut, insérés dans la plaque portée située au-dessus.
  27. Plaques de pierre de l'ébrasement.
  28. Joint de mastic entre la plaque de pierre de l'appui et la plaque de l'ébrasement (verticale).
  29. Ligne cachée de l'étanchéité autocollante.
  30. Ligne cachée du précadre métallique.
  - 31a. Attache dans le joint horizontal, stabilisant le haut de la plaque de façade située au bord de la fenêtre.
  - 31b. Attache dans le joint horizontal. Elle stabilise le haut de la plaque de façade sous-jacente et porte la plaque située au-dessus.
  - 31c. Attache dans le joint horizontal. Elle porte la plaque de pierre de façade située au-dessus.
  32. Attaches courantes dans le joint vertical portant les deux plaques adjacentes. Il y a donc des ergots des deux côtés (voir fig. 19.7).
  33. Angles bas. Ce sont des points sensibles, car l'eau coulant sur les plaques de l'ébrasement (27) peut s'y infiltrer. Il faut donc veiller à la continuité de l'étanchéité et bien exécuter son retour sur l'ébrasement du gros œuvre.
  34. Pénétration de l'appui dans le trumeau selon le DTU 55.2.

#### **Liaisons du gros œuvre avec les fenêtres – Isolation par l'extérieur : coupes sur façade avec pierre attachée**

sur façade  
re attachée

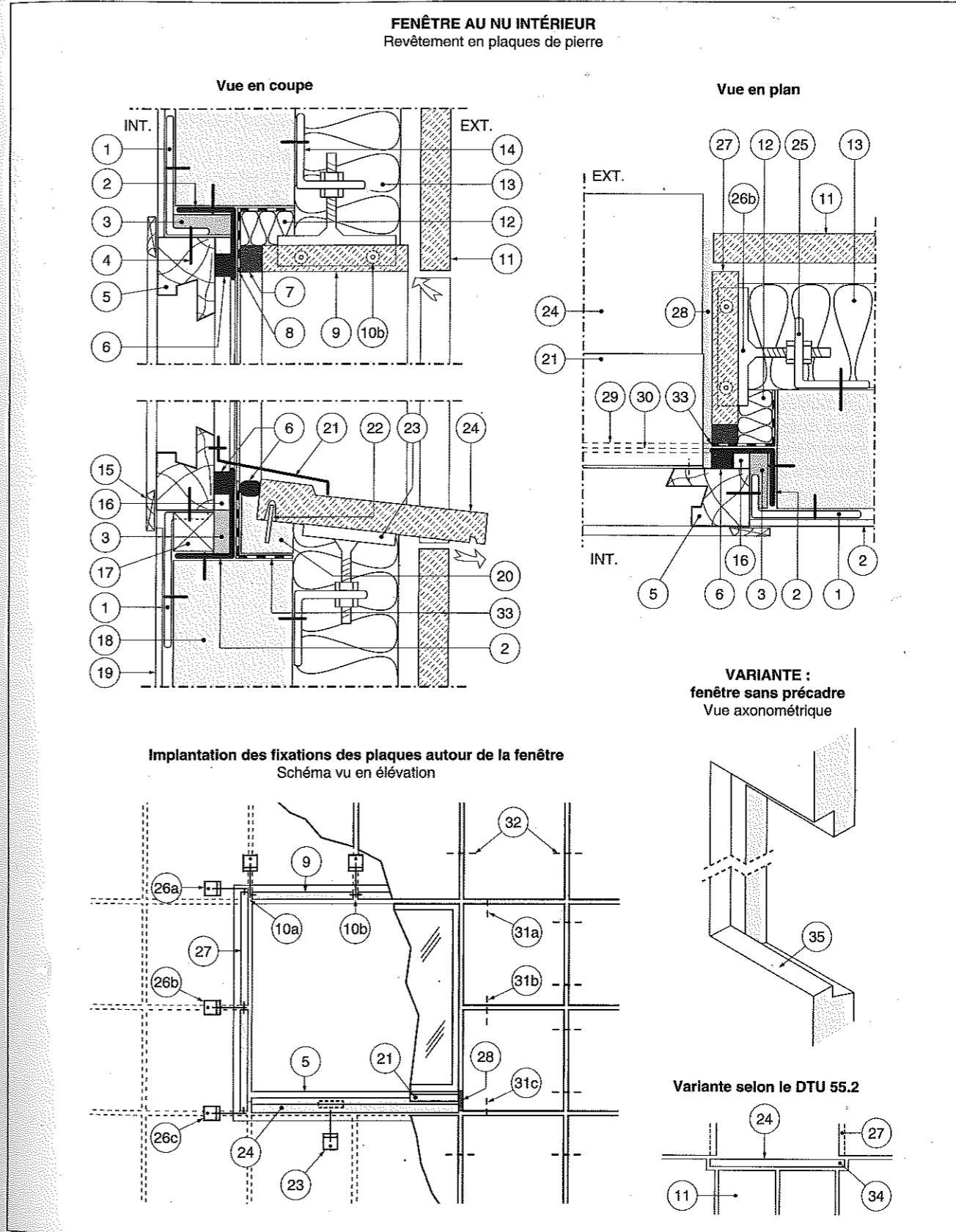


Figure 21.5

**Fenêtre en acier à la française avec partie fixe**

Un emploi extensif, dans un bâtiment, des menuiseries métalliques présentées ici – mis à part celles à rupture thermique (voir détail en haut à gauche) – peut rendre difficile le respect de la Réglementation thermique 2005.

**Profils laminés anciens**

Les profils de menuiserie en acier laminé ont été employés à partir du XIX<sup>e</sup> siècle et jusqu'à la Seconde Guerre mondiale. Leur aspect très fin (fig. 21.5, en haut à droite) est dû à leur bonne résistance mécanique. Les profils tubulaires, en particulier, sont présents dans les grandes verrières qui subsistent de cette époque. La ruine des menuiseries anciennes souvent constatée est due à la corrosion, imputable en partie à un défaut d'entretien.

1. Clou de menuisier maintenant le vitrage en position.
2. Mastic d'étanchéité traditionnel.
3. Vitrage simple.
4. Rigole en bas de la fenêtre, servant à recueillir l'eau de condensation, due surtout au fait qu'il n'y a qu'un vitrage simple.
5. Parclose de maintien fixée par des vis.

**Profils tubulaires en acier plié soudés sans rupture de pont thermique**

Les profils tubulaires sont plus légers que les profils laminés anciens, tout en gardant une résistance équivalente. Mieux adaptés aux conditions de fabrication actuelles, leur prix de revient est inférieur. Certains fabricants ont développé des systèmes de verrières ou de murs-rideaux en menuiserie d'acier tubulaire où circule l'eau chaude du chauffage. Cela diminue l'effet de paroi froide, et rend superflus les corps de chauffe, habituellement en allège.

- Les menuiseries actuelles sont généralement moins fines que les anciennes menuiseries laminées.
1. Patte (ou précadre) fixant la menuiserie.
  2. Bouchonnage d'une gorge qui ne comporte pas de garniture d'étanchéité.
  3. Profil à gorges tubulaire en acier plié soudé constituant la traverse haute de l'ouvrant.
  4. Étanchéité sur fond de joint, ou garniture, sur le pourtour du vitrage, côté intérieur.
  5. Double vitrage.
  6. Écarteur collé entre les deux vitres.
  7. Parclose en aluminium (le contact aluminium-acier n'est admis que dans des atmosphères peu agressives ; ailleurs, le risque de corrosion est très important).

8. Cales souples posées autours du vitrage. Elles permettent la transmission des charges de celui-ci tout en admettant sa libre dilatation.

9. Trous (deux au minimum) dans le profil, à travers lesquels l'eau infiltrée s'évacue.

10. Traverse basse du dormant.

11. Traverse haute du dormant.

12. Garniture extérieure assurant l'étanchéité entre ouvrant et dormant.

13. Étanchéité sur fond de joint, ou garniture, sur le pourtour du vitrage, côté extérieur.

14. Orifices de drainage (deux au minimum, écartement maximal de 500 mm) de l'eau qui s'est infiltrée à travers les étanchéités du vitrage. Ces orifices servent également à l'équilibrage de la pression de l'air et de la vapeur entre l'extérieur et la feuillure du vitrage.

15. Jet d'eau protégeant la jonction entre les traverses basses de l'ouvrant et du dormant.

23. Montant tubulaire de la partie fixe.

24. Montant tubulaire de l'ouvrant.

25. Montant central de l'ouvrant en profil tubulaire recouvrant l'autre montant (27) à la jonction des deux ouvrants.

26. Garnitures d'étanchéité assurant l'étanchéité à l'eau entre les deux ouvrants.

27. Deuxième montant central des ouvrants, sur la ligne de leur jonction.

**Profils tubulaires soudés avec rupture de pont thermique**

La figure ci-contre présente la jonction du dormant et de l'ouvrant dans le cas d'une menuiserie avec RPT.

16. Élément de compensation. Ce type d'élément permet de varier les épaisseurs des vitrages insérés dans un même profil.

17. Profil tubulaire du côté extérieur de l'ouvrant.

18. Élément liaisonnant les profils extérieurs et intérieurs de l'ouvrant. Cet élément de rupture du pont thermique est en polymère de faible conductivité thermique.

19. Profil tubulaire du côté extérieur du dormant.

20. Élément liaisonnant les profils extérieurs et intérieurs du dormant. Cet élément de rupture du pont thermique est en polymère de faible conductivité thermique.

21. Profil tubulaire du côté intérieur du dormant.

22. Profil tubulaire du côté intérieur de l'ouvrant.

**Fenêtre en acier à la française avec partie fixe**

Figure 21.5

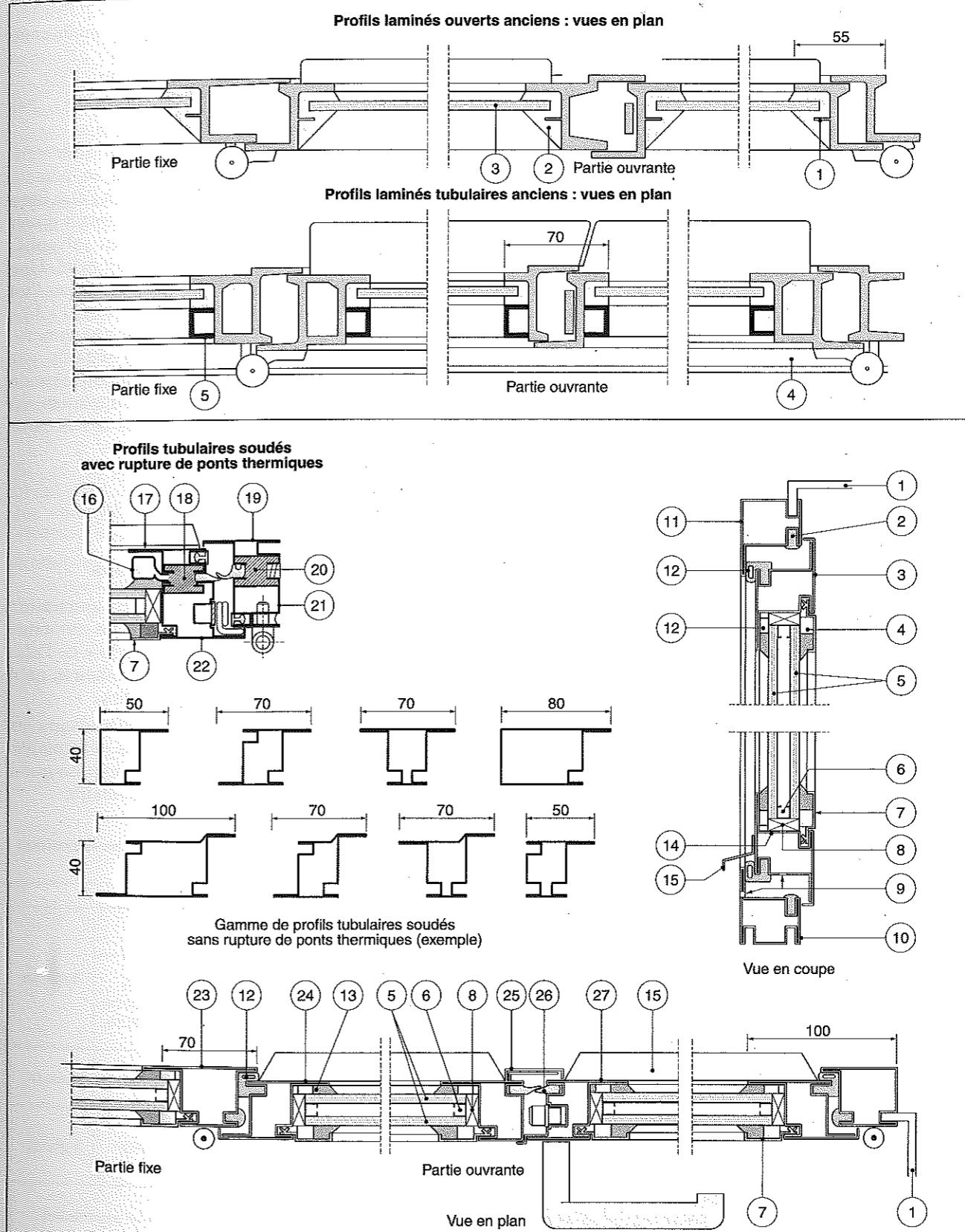


Figure 21.6

## Évolution de la menuiserie en aluminium : fenêtre à un battant et fenêtre coulissante

## Fenêtres en aluminium anciennes à profils ouverts et à profils tubulaires sans RPT

La figure ci-contre présente quatre exemples de fenêtres, dans l'ordre de leur apparition sur le marché (en allant de gauche à droite et de haut en bas).

L'emploi extensif, dans un bâtiment, des menuiseries présentées ici (même celles à double vitrage) peut rendre difficile le respect de la Réglementation thermique 2005.

1. Dormant.

1a. Dormant tubulaire.

2. Ouvrant en profil ouvert.

2a. Ouvrant en profil tubulaire.

2b. Ouvrant en profil tubulaire arrondi afin de mimer les menuiseries en bois. Cet élément est destiné notamment à la réhabilitation.

3. Parclose en section pleine.

3a. Parclose tubulaire.

3b. Parclose en profil ouvert avec garniture souple (4b).

4. Mastic traditionnel à base d'huile de lin.

4a. Mastic oléoplastique ou traditionnel.

4b. Garniture souple de maintien et d'étanchéité du vitrage.

5. Simple vitrage.

5a. Double vitrage.

6. Garniture en caoutchouc assurant l'étanchéité à l'eau entre ouvrant et dormant.

6a. Garniture en caoutchouc assurant l'étanchéité à l'air entre ouvrant et dormant.

## Fenêtre coulissante sans rupture de pont thermique

4c. Garniture d'étanchéité de la feuillure du vitrage, en forme de U, le vitrage étant introduit dans le profil en aluminium sans parclose, soit en tiroir (après enlèvement d'un des côtés du cadre), soit par dévètement (c'est-à-dire en poussant le vitrage dans un coin du cadre, ce qui le libère des deux côtés opposés au coin). La feuillure doit être suffisamment profonde pour permettre ce mouvement.

5a. Double vitrage isolant.

8a. Remplissage (isolant de préférence, afin de réduire le pont thermique) du profil horizontal supérieur du dormant (17) entre les guidages des coulissants. Ce remplissage produit une face horizontale (sur laquelle une brosse est souvent collée) servant de bouclier, dans la zone où l'un des coulissants est escamoté. Le cumul des poussières, des insectes et de l'humidité au-dessus du coulissant adjacent peut ainsi être évité.

9. Brosse assurant l'étanchéité à l'air entre le dormant et les coulissants.

10. Profil en aluminium du coulissant.

12. Traverse basse du dormant contenant les rails sur lesquels roulent les galets de coulissemement.

14. Logement ou chariot contenant les galets de coulissemement.

15. Rails guidant le coulissemement.

16. Orifices d'évacuation des eaux infiltrées dans la feuillure du vitrage et entre le dormant et les coulissants.

17. Profil horizontal supérieur du dormant contenant les guidages des coulissants.

## Fenêtre coulissante avec rupture de pont thermique

Le principe de rupture du pont thermique est la division de chaque élément des cadres de menuiserie (dormants et ouvrants) en deux : une partie intérieure et l'autre extérieure, les deux parties étant liées par un rupteur en matière polymère de faible conductivité, capable de transmettre des efforts entre elles.

4c. Garniture d'étanchéité de la feuillure du vitrage, en forme de U, le vitrage étant introduit dans le profil en aluminium sans parclose.

5a. Double vitrage isolant.

7. Rupteurs en polymère de faible conductivité, liaisonnant la partie intérieure avec la partie extérieure du dormant.

8. Profil spécial, appelé « rail bouclier », en polymère (PVC par exemple) afin d'éviter le pont thermique, clippé aux deux parties du dormant horizontal et contenant un remplissage en polymère. Ce remplissage produit une face horizontale (sur laquelle une brosse est souvent collée) dans la zone où l'un des coulissants est escamoté. Le cumul des poussières, des insectes et de l'humidité au-dessus du coulissant adjacent peut ainsi être évité. Les brosses (9) qui assurent l'étanchéité à l'air se déplacent contre ce profil.

9. Brosse assurant l'étanchéité à l'air entre les coulissants et le dormant.

10a. Partie extérieure du coulissant (à comparer avec (10)).

10b. Partie intérieure du coulissant (à comparer avec (10)).

11. Rupteurs en polymère de faible conductivité, liaisonnant la partie intérieure avec la partie extérieure du coulissant.

12a. Partie intérieure du dormant horizontal bas. Elle contient le rail de coulissemement intérieur.

12b. Partie extérieure du dormant horizontal bas. Elle contient le rail de coulissemement extérieur.

14. Logement, ou chariot, contenant les galets qui glissent sur les rails de guidage (15).

15. Rails de guidage avec orifices d'évacuation de l'eau infiltrée (16).

16. Orifices d'évacuation des eaux infiltrées dans la partie extérieure du dormant.

17a. Partie intérieure du dormant horizontal supérieur, contenant le guidage du coulissant intérieur (à comparer avec (17)).

17b. Partie extérieure du dormant horizontal supérieur, contenant le guidage du coulissant extérieur (à comparer avec (17)).

17c. Partie extérieure du montant du dormant.

17d. Partie intérieure du montant du dormant.

18. Élément vertical (sorte de parclose) en polymère (PVC par exemple), servant à clore la feuillure du vitrage et évitant le contact direct, et par conséquent le pont thermique, entre les meneaux centraux (24) des coulissants. Il facilite l'introduction du vitrage.

18a. Élément de finition vertical cachant le rupteur, réalisé dans le même matériau que l'élément (18).

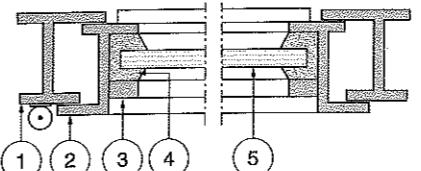
19. Montant central du coulissant intérieur et extérieur. Ce profil n'a pas de rupteur de pont thermique, contrairement aux autres profils horizontaux et verticaux de cette fenêtre. Il est également plus résistant. La rupture du pont se fait à l'aide de l'élément de liaison (18) entre les deux montants (en position fermée).

SUITE DE LA LÉGENDE CI-APRÈS

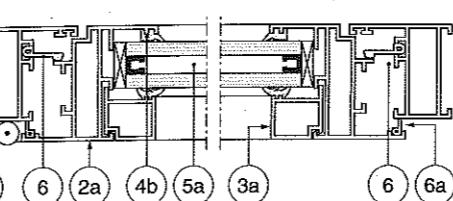
## Évolution de la menuiserie en aluminium : fenêtre à un battant et fenêtre coulissante

Figure 21.6

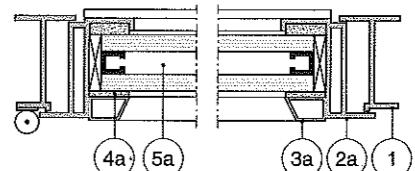
## Profils ouverts (sur le modèle des anciennes menuiseries en acier)



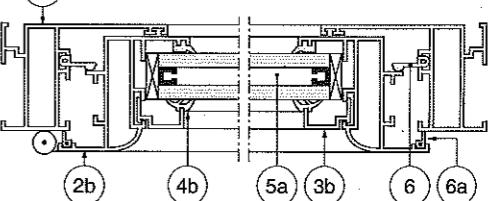
## Profils tubulaires avec garnitures d'étanchéité (sans rupture thermique)



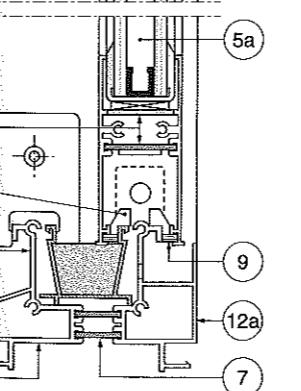
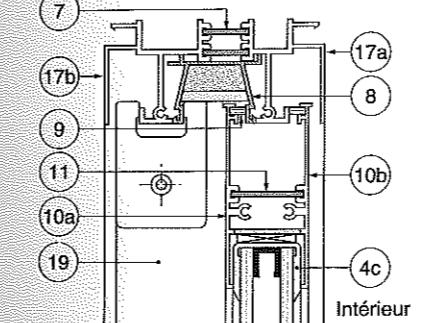
## Profils tubulaires (sans garniture en polymère)



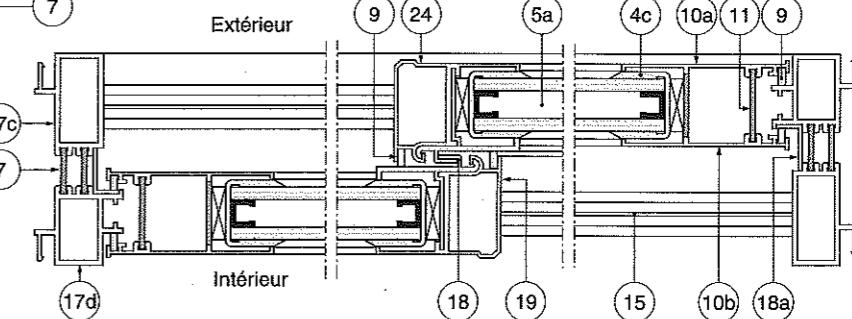
## Exemple à ouvrant caché (sans rupture thermique)



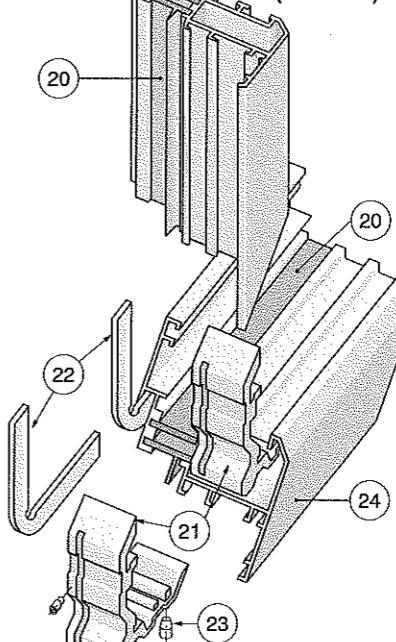
## Vue en coupe (avec rupture thermique)



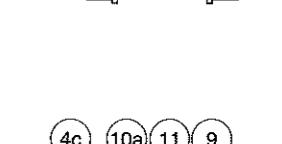
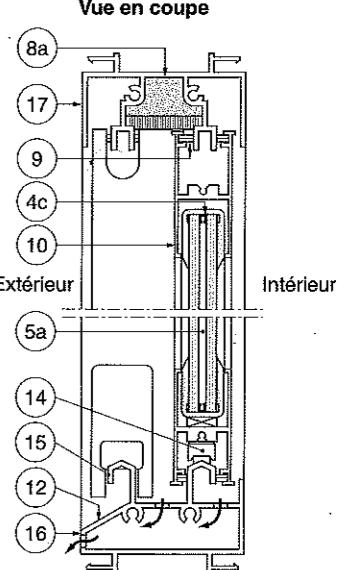
## Fenêtres coulissantes (avec rupture thermique) Vue en coupe



## Jonction montant/traverse (avec RPT)



## Fenêtres coulissantes (sans rupture thermique) Vue en coupe



## SUITE DE LA LÉGENDE

### **Jonction montant/traverse**

## 20. Rupture de pont thermique.

21. Équerre de liaison entre les parties intérieures du montant et de la traverse basse.

22. Équerre de liaison entre les parties extérieures du montant et de la traverse basse.

23. Goupilles ou vis de fixation des équerres (les vis sont généralement en acier inoxydable).

#### 24. Partie intérieure de la traverse basse

#### **Évolution de la menuiserie en aluminium : fenêtre à un battant et fenêtre coulissante**

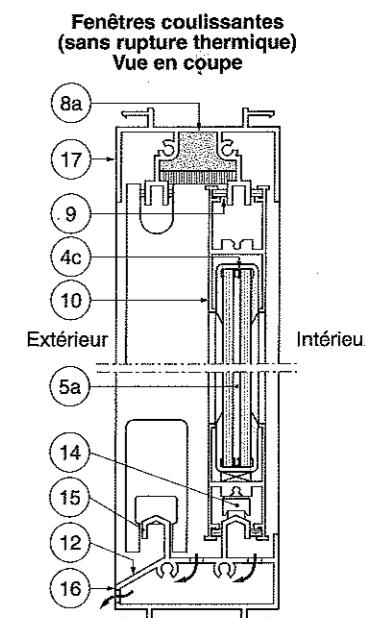
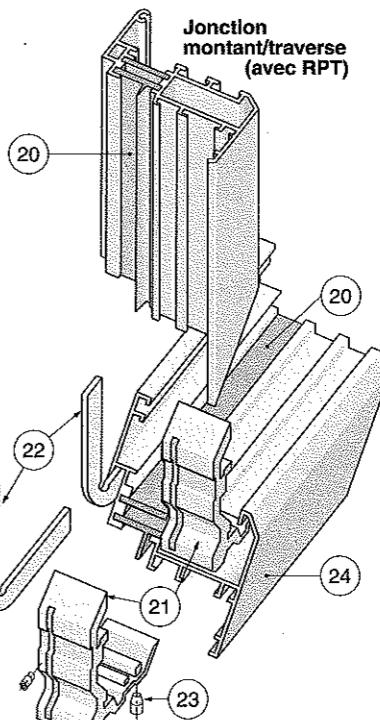
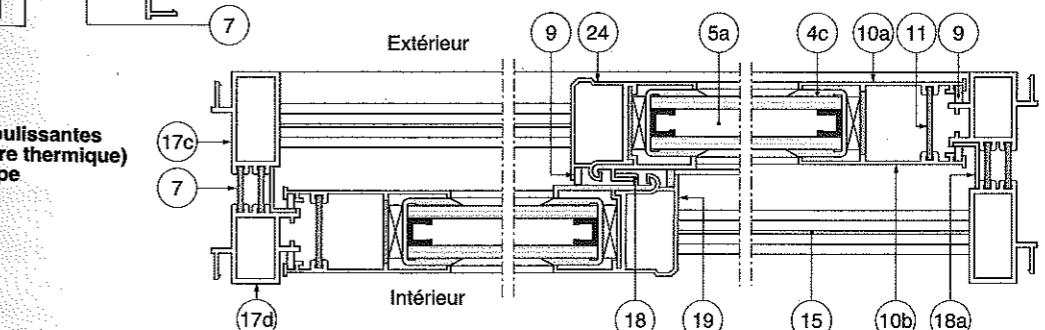
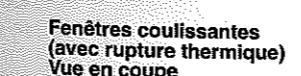
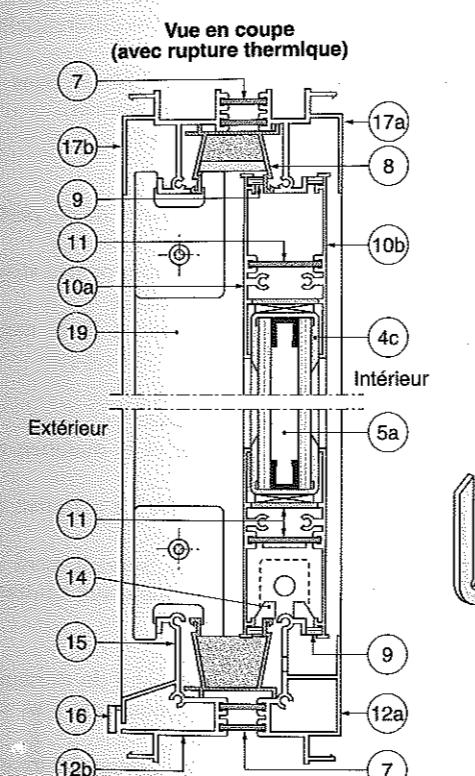
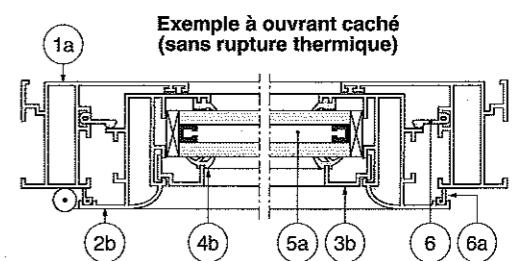
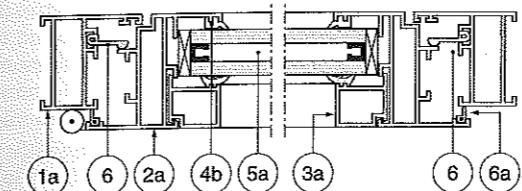
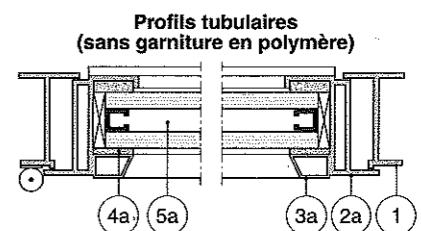
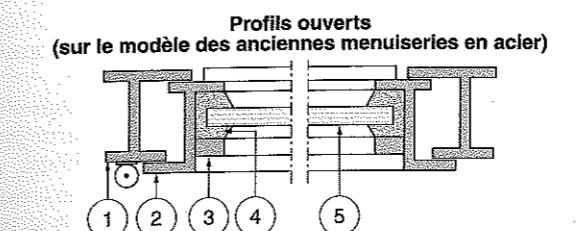


Figure 21.7

## Fenêtres en aluminium avec rupture de pont thermique

Le principe de rupture du pont thermique est la division de chaque élément des cadres de menuiserie (dormants et ouvrants) en deux : une partie intérieure et une partie extérieure, les deux étant liées par un rupteur en matière polymère de faible conductivité, capable de transmettre des efforts entre elles. La figure ci-contre permet de comparer une fenêtre conçue selon le mode habituel et dont la menuiserie vue de face est plutôt large avec une menuiserie à ouvrants cachés (derrière le dormant), dont la finesse, vue de face, est proche de celle des anciennes menuiseries en profils d'acier laminés. Afin d'obtenir une résistance mécanique suffisante, la dimension des profils est augmentée dans le sens perpendiculaire au plan de la fenêtre.

## REMARQUE

Les parties intérieures des ouvrants sont signalées par un remplissage hachuré. Les dimensions de l'emprise des menuiseries vues de l'extérieur ne sont qu'indicatives.

## Fenêtre à ouvrants cachés

La rupture du pont thermique est assurée par divers éléments :

- les rupteurs (2) liaisonnant les parties intérieure et extérieure des profils ;
- les garnitures d'étanchéité (9) et (9a) ;
- les séparateurs (10) du mur ou de la structure principale. (La structure ou le mur doivent être séparés de la partie extérieure des profils séparateurs.)

## REMARQUE

Dans cette conception astucieuse, les profils (3) et (5) ont de multiples usages.

1. Partie intérieure du dormant (montant ou traverse) attachée au mur ou à la structure principale, d'où ses faibles dimensions, l'exigence de résistance étant limitée.

2. Rupteur de pont thermique en matériau polymère (de faible conductivité thermique), généralement en polyamide ou en polypropylène. Il doit transmettre des efforts de l'extérieur vers l'intérieur.

3. Élément de finition (thermolaqué par exemple) clippé à la partie extérieure du dormant (5) ou du meneau central de l'ouvrant (5).

4. Joint en garniture souple assurant l'étanchéité à l'eau entre dormant et ouvrant.

5. Élément extérieur du dormant ou du meneau central de l'ouvrant.

6. Parclose clippée tenant une garniture (9a), assurant le maintien et l'étanchéité de la feuillure du vitrage.

7. Montant et traverse de l'ouvrant caché.

7a. Partie intérieure du montant central de l'ouvrant à deux battants à la française. Le même profil est utilisé pour la partie intérieure du meneau dormant intermédiaire (une menuiserie fixe est dessinée à droite de la coupe horizontale). Ces deux éléments exigent des sections plus résistantes que les montants et traverses (7).

8. Garniture souple assurant l'étanchéité à l'air entre l'ouvrant et le dormant et entre les deux meneaux centraux des ouvrants.

9. Garniture de maintien du vitrage assurant l'étanchéité de sa feuillure. Elle est accrochée à la partie extérieure du

meneau central du dormant (5) ou du montant central de l'ouvrant (5).

9a. Garniture de maintien du vitrage assurant l'étanchéité de sa feuillure. Elle est accrochée à la parclose (6).

9b. Garniture souple maintenant le vitrage assurant l'étanchéité de sa feuillure. Elle est accrochée à la partie intérieure des dormants ou des ouvrants contenant un vitrage.

10. Séparateur (élément de séparation de faible conductivité thermique, rompant le pont entre le mur ou la structure et l'extérieur du dormant). Contrairement au rupteur (2), il n'a pas de rôle de transmission des efforts.

11. Double vitrage isolant.

12. Intercalaire de séparation entre les deux vitres. Il est collé à chacune d'elles et contient un sel de dessiccation de la lame d'air. La qualité d'isolation thermique de la menuiserie et du vitrage étant améliorée, il est cohérent de remplacer les intercalaires de séparation traditionnels, en aluminium, par des intercalaires à base de polymère, plus isolants.

13. Cales souples de pose du vitrage, séparant le verre du cadre qui le maintient afin d'éviter la casse du verre, lors des manutentions d'une part, du fait des dilatations différentes (entre verre et aluminium) d'autre part.

14. Trou de drainage de l'eau qui s'est infiltrée dans la feuillure du vitrage ou entre l'ouvrant et le dormant.

## Fenêtre à ouvrants apparents

La structure ou le mur doivent être séparés de la partie extérieure des profils.

1. Partie intérieure du dormant attaché au mur ou à la structure.

2. Garniture souple assurant l'étanchéité à l'air entre l'ouvrant et le dormant.

3. Partie intérieure de l'ouvrant.

4. Parclose (intérieure) maintenant le vitrage.

5. Garniture souple assurant l'étanchéité et le maintien du vitrage du côté intérieur.

5a. Garniture souple assurant l'étanchéité et le maintien du vitrage du côté extérieur.

6. Partie extérieure courante du dormant, servant aussi de pièce de battant accrochée à l'un des meneaux centraux des ouvrants.

6a. Partie extérieure courante des ouvrants.

6b. Partie extérieure du meneau intermédiaire du dormant, différente des deux précédentes (une menuiserie fixe est dessinée à droite de la coupe horizontale).

7. Rupteurs de pont thermique entre les parties intérieure et extérieure du dormant. Ils sont en matériau polymère de faible conductivité thermique.

7a. Rupteurs de pont thermique entre les parties intérieure et extérieure de l'ouvrant. Ils sont en matériau polymère de faible conductivité thermique.

8. Garniture souple assurant l'étanchéité à l'eau entre l'ouvrant et le dormant.

9. Trous d'évacuation de l'eau infiltrée dans la feuillure du vitrage et entre l'ouvrant et le dormant.

9a. Exutoires d'eau infiltrée protégés, aménagés dans la partie extérieure de la traverse basse du dormant.

10. Double vitrage isolant.

SUITE DE LA LÉGENDE CHAPTRÉS

## Fenêtres en aluminium avec rupture de pont thermique

Figure 21.7

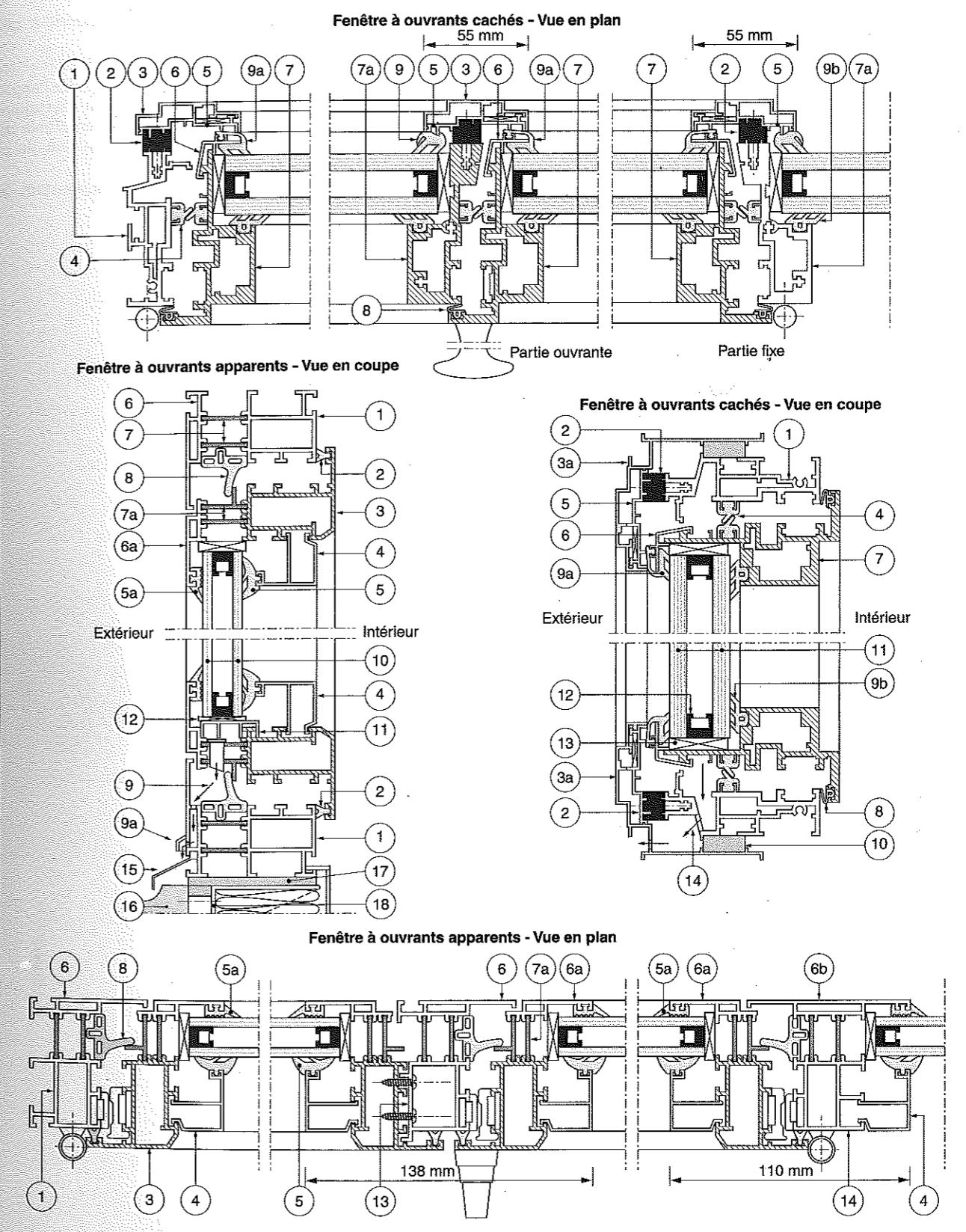


Figure 21.7

## Fenêtres en aluminium avec rupture de pont thermique

SUITE DE LA LÉGENDE

11. Élément de support du vitrage inséré dans la traverse basse, et éventuellement sur le pourtour (non montré).  
 12. Cales souples de pose du vitrage, séparant le verre du cadre qui le maintient afin d'éviter la casse du verre, lors des manutentions d'une part, du fait des dilatations différentes (entre verre et aluminium) d'autre part.  
 13. Élément intérieur raidisseur du montant central de l'ouvrant.  
 14. Élément intérieur du meneau intermédiaire du dormant, qui délimite la menuiserie fixe dessinée à droite de la coupe en plan (plus résistant que les profils (3) et (1)).  
 15. Jet d'eau recouvrant le relevé de l'appui extérieur qui protège le bas du tableau de la fenêtre.  
 16. Appui extérieur couvrant le bas du tableau de la fenêtre.  
 17. Séparateur de faible conductivité thermique entre l'appui de fenêtre et la traverse basse. Il évite le pont thermique par cette voie. Il faut utiliser ce dispositif sur l'ensemble de la liaison entre la menuiserie et le mur (le pourtour de la fenêtre).  
 18. Cornière métallique en acier galvanisé supportant la fenêtre.

## Fenêtres en aluminium avec rupture de pont thermique

Figure 21.7

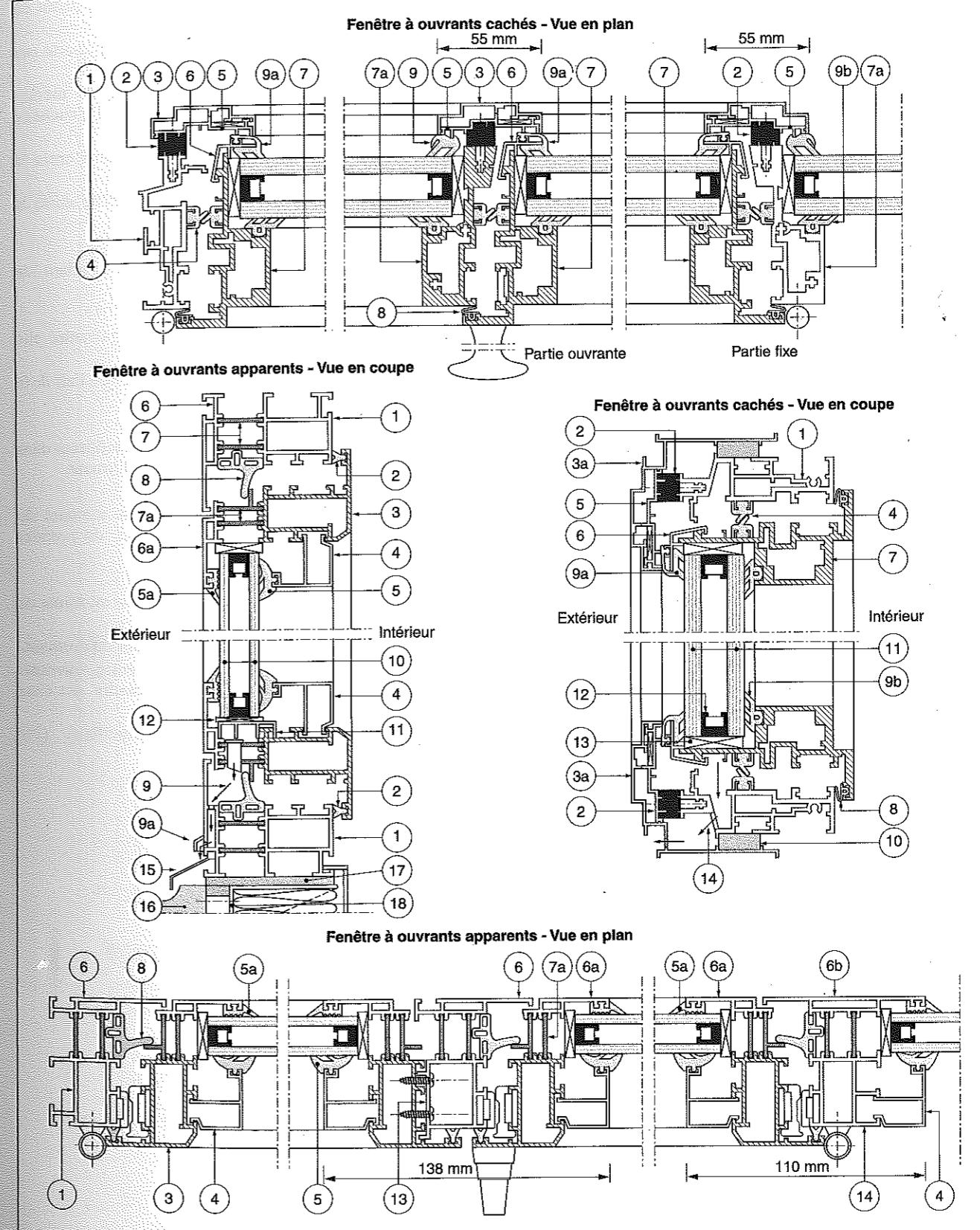


Figure 21.8

## Menuiseries en PVC : fenêtres à deux battants à la française

1. Parois en PVC du coffre de volet roulant. La dimension du coffre, de forme carrée, dépend de la hauteur du volet (le tablier) et de la forme et de la matière de ses lames (généralement entre 150 et 300 mm de hauteur). Dans le sens de la longueur de la fenêtre un coffre peut contenir plusieurs tabliers, dont la manutention peut être conjointe ou séparée.
2. Paroi faisant office de trappe de visite.
3. Partie enroulée du volet roulant.
4. Arbre en acier dont la longueur est limitée approximativement à 2,50 m, et autour duquel s'enroule le volet roulant. La manœuvre peut être manuelle (sangle ou tringle) ou effectuée à l'aide d'un moteur électrique.
5. Isolant thermique (obligatoire) garantissant la performance thermique de l'ensemble (voir tab. 10.1). Il peut aussi contribuer à l'isolement acoustique par rapport aux bruits extérieurs. L'introduction d'air neuf peut se faire, éventuellement, par le coffre.
6. Le rayon maximal du volet enroulé dépend de la forme des lames et de la hauteur du tablier.
7. Paroi inférieure du coffre. Dans le cas montré, elle repose sur la traverse haute du dormant de la fenêtre. Il faut s'assurer que les mouvements du volet ne déforment pas excessivement cette traverse.
8. Traverse haute du dormant.
- 8a. Absence de jet d'eau protégeant la traverse basse (l'eau infiltrée est évacuée par le bas du dormant). Les trous de drainage situés en bas de la traverse basse de l'ouvrant évacuent l'eau qui s'est infiltrée entre le dormant et l'ouvrant et dans la feuillure dans laquelle est inséré le vitrage.
9. Lames du volet roulant en PVC ou en aluminium, rarement en bois en raison de son poids et de l'épaisseur des lames. Les lames en aluminium tubulaires remplies d'isolant (PUR par exemple) assurent une isolation thermique et une étanchéité à l'air comparables à celles des lames en PVC.
10. Joint en garniture souple assurant l'étanchéité à l'eau de la jonction entre le dormant et l'ouvrant.
11. Traverse haute de l'ouvrant renforcée par un profil en acier galvanisé plié (17).
12. Parclose intérieure attachée au cadre de menuiserie par clippage. Elle maintient le vitrage.
- 12a. Parclose clippée à l'extérieur du cadre de menuiserie, contenant l'élément souple (13a) assurant l'étanchéité (exemple 2).
13. Joints en garniture souple assurant l'étanchéité entre la menuiserie et le vitrage.
- 13a. Élément en PVC souple assurant l'étanchéité entre la parclose et le vitrage (exemple 2).
14. Double vitrage isolant.
15. Coulisse guidant le mouvement du volet roulant de chaque côté du tableau.
16. Cales souples supportant le vitrage.
17. Renfort mécanique de l'ouvrant, en acier galvanisé plié en forme de C.
18. Joint en garniture souple assurant l'étanchéité à l'air de la jonction entre l'ouvrant et le dormant.
19. Traverse basse du dormant.
20. Trou d'évacuation vers l'extérieur des eaux infiltrées dans la feuillure du vitrage et entre l'ouvrant et le dormant.
21. Montant central du premier ouvrant.
22. Pièce de battement extérieure attachée au montant du second ouvrant (23) et recouvrant le montant du premier ouvrant (21).
23. Montant central du second ouvrant.
24. Renfort de l'ouvrant, en acier galvanisé plié en forme de Z (exemple 2).
25. Montant de l'ouvrant suspendu au montant du dormant.
26. Traverse intermédiaire (horizontale), entre ouvrants (imposte en haut) et fixe (en bas), avec évacuation des eaux infiltrées (exemple 2).
27. Renfort en U de la traverse intermédiaire (26) (exemple 2).

Figure 21.8

## Menuiseries en PVC : fenêtres à deux battants à la française

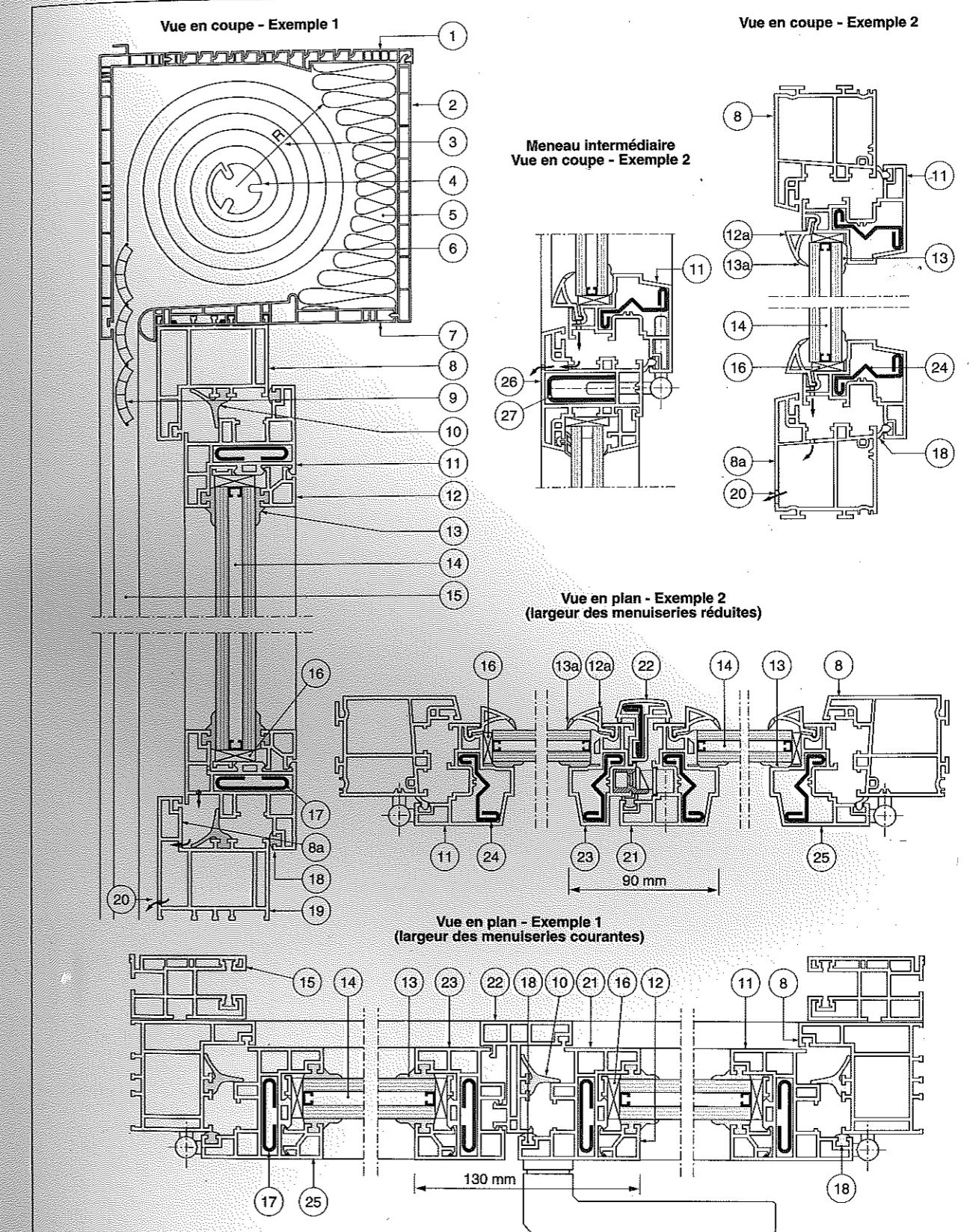


Figure 22.2

## Construction du type « halle industrielle » à ossature en acier : exemple

L'exemple présenté ici n'est évidemment qu'un cas particulièrement simple de halle en ossature de portiques en acier d'une seule travée. En réalité, diverses combinaisons découlent de ce cas simple, à commencer par les portiques à plusieurs travées.

Le portique présenté ci-contre est fabriqué en PRS combinés avec des profilés « sur catalogue ». Les portées courantes vont de 12 à 30 m. Il est très difficile de transporter un tel portique de l'usine au chantier. Pour cette raison, il est fabriqué en éléments transportables (de 15 m de longueur par exemple), qui sont assemblés sur place, par exemple en haut des poteaux et au milieu des poutres, à l'aide de boulons à serrage contrôlé dits « HR ». Le serrage de ces boulons les étire jusqu'au point où leur tige atteint l'état plastique. De ce fait, leur traction reste presque constante, même s'ils subissent une légère réduction en longueur. Ils sont dits « précontraints » jusqu'à une contrainte suffisamment élevée pour qu'ils exercent une pression presque constante sur les éléments qu'ils assemblent. Ces éléments pressés les uns contre les autres résistent par frottement. En cela, les boulons HR ressemblent aux anciens rivets, employés dans la construction métallique jusqu'à la Seconde Guerre mondiale. Ces derniers, chauffés avant leur pose puis refroidis, et donc rétrécis, dans l'assemblage, exerçaient également une pression sur les plaques assemblées, mais celle-ci ne pouvait pas être contrôlée.

Les portées plus grandes que les portées courantes requièrent l'utilisation de portiques triangulés.

## 1. Assemblage du type articulation.

2a. Assemblage du type encastrement, assuré par jarret ou gousset.

2b. Assemblage du type encastrement, assuré par liaison rigide et solide entre la fondation et le poteau en béton.

3. Fondation sous portique articulé en pied : la structure ne lui transmet pas de moment de flexion. La large semelle de fondation, qui peut être coulée en pleine fouille, est généralement surmontée d'un dé de fondation en béton armé et coffré dont la section dépend essentiellement des caractéristiques de la liaison poteau/dé (voir détails (27) à (30)), de sa hauteur, et des caractéristiques géotechniques du site.

4. Platine en pied de poteau permettant :  
– la transmission de l'effort vers le bas et de l'effort horizontal du poteau au dé ;  
– le calage en hauteur du poteau par interposition entre le dé et la platine de cales en acier (le béton étant coulé avec une précision de l'ordre du centimètre). Ce calage est aujourd'hui vérifié avec des appareils à visée laser. Il permet également la fixation par écrous de l'extrémité filetée des crosses d'ancrage (25). L'articulation est supposée effective si la platine a une dimension < 300 mm. Cela explique la réduction de section parfois constatée en pied de portique.

5. Poteau ou pied de portique. L'ensemble des poteaux situés dans le plan longitudinal forme un « long pan ». L'espace entre deux poteaux est une « palée ». Une palée contenant un dispositif de contreventement (voir détails (6) et (7)) est une « palée de stabilité » (7).

6. 7. Contreventement longitudinal par croix de Saint-André (6) : les barres de cette croix sont sollicitées en traction seulement (l'une ou l'autre est sollicité selon la direction du vent) ou par portique (7).

8. Traverse (ou arbalétrier) du portique. Pour faciliter le transport et la construction en cas de grande portée, elle est généralement constituée de deux demi-traverses assemblées par boulonnage au faîte.

9. Couverture en tôles nervurées. Les nervures sont disposées perpendiculairement aux pannes. Les tôles sont le plus souvent en acier galvanisé prélaqué ou en aluminium prélaqué.

10. Chevêtre pour un lanterneau d'éclairage ou de désenfumage, une cheminée, un exutoire de ventilation... Il permet de réaliser dans la couverture une trémie de dimensions appropriées.

## 11. Panne sablière en bas de pente

12. Potelet du pan de fer du pignon. Ces potelets supportent la traverse du pan de fer.

13. Traverse du pan de fer (souvent appelée « ramasse » en jargon de charpentier), portant les pannes.

14. Panne courante. L'entraxe des pannes est déterminé par l'inertie des tôles nervurées de couverture. Au faîte, les pannes faîtières sont doublées afin de fournir un appui plan aux éléments de couverture des deux versants. Leur écartement du faîte est généralement le plus faible possible afin de limiter le porte-à-faux des tôles de couverture.

15. Le pan de fer du pignon, contrairement aux portiques, n'est pas stable dans son plan. Il faut donc le contreventer.

16. Poutres au vent dans le plan de la couverture. Il est préférable, afin de ne pas solliciter les pannes :

– qu'il y ait une continuité entre les poutres au vent et les contreventements longitudinaux ;

– qu'il y ait une poutre au vent à chaque extrémité exposée du bâtiment.

17. Raisseurs horizontaux ou verticaux (appelés également « cloisons ») placés à l'intérieur des ailes des poteaux ou des traverses pour relier entre elles les ailes extérieures et intérieures des poteaux et les ailes inférieures et supérieures de la traverse.

18. Platine soudée à l'extrémité de la traverse. Elle permet l'assemblage par boulonnage de la traverse au poteau.

19. Deux files de boulons, généralement à haute résistance (par exemple HR 8.8 ou HR 10.9). Le nombre de boulons et l'inertie de la poutre dépendent du moment d'encastrement (qui est plus important près des poteaux et au faîte). Pour respecter les règles de disposition des boulons et pour augmenter l'inertie de la traverse, il peut se révéler nécessaire de l'élargir à ses extrémités (parfois aussi au faîte) : cet élargissement est appelé « jarret » (il est à inertie variable).

20. 21. Âme (20) et ailes (21) constituant les profilés dits « ouverts » (en I, en H...). Ces profilés s'imposent pour la réalisation des assemblages boulonnés formant encastrement, dans les cas les plus courants, pour des raisons de commodité et d'économie.

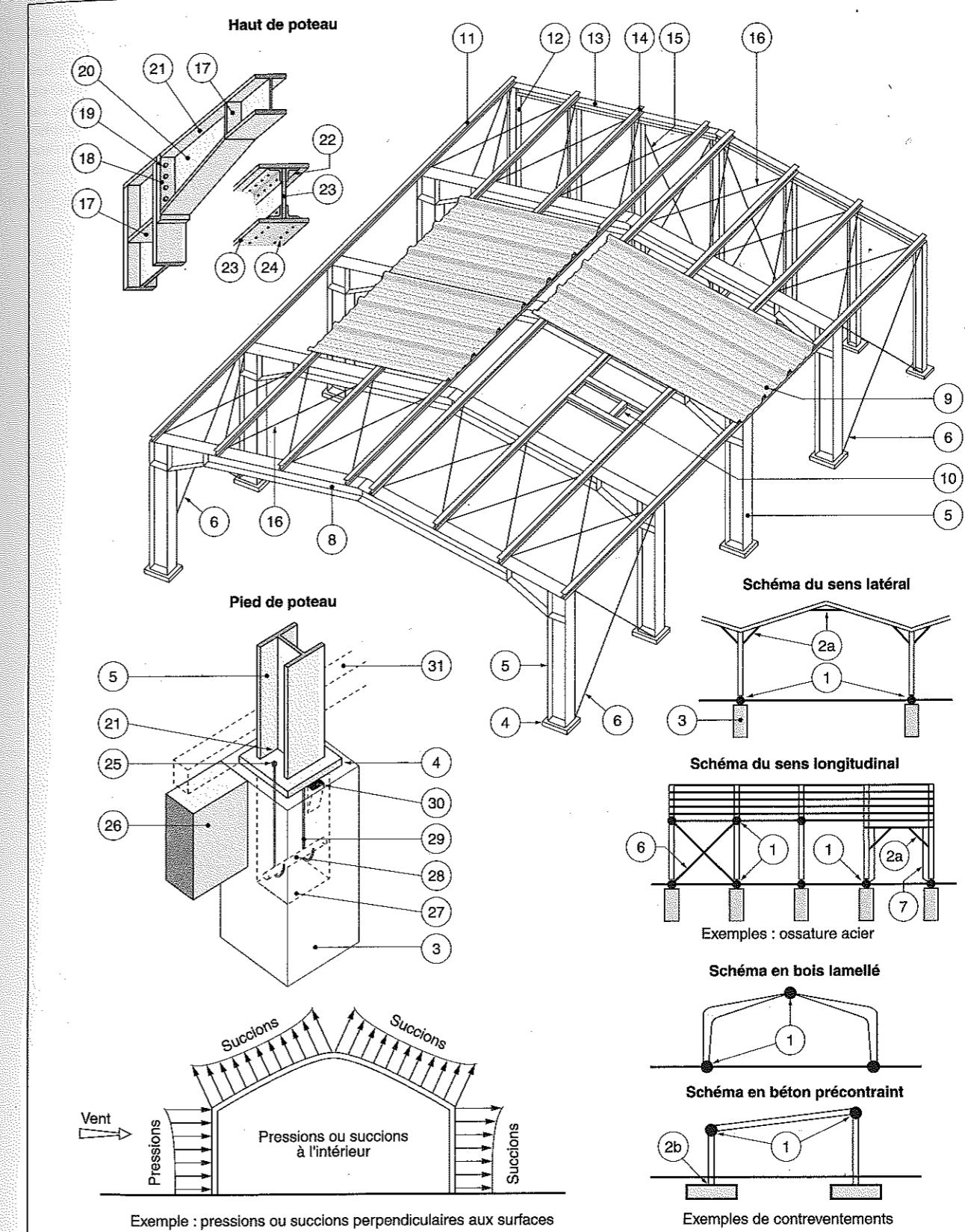
22. 23. 24. Cornières (22) et tôles épaisses (23) assemblées par des rivets (24), qui formaient les profilés reconstitués d'autrefois, aujourd'hui remplacés par des profilés « ouverts » soudés (voir détails (20) et (21)).

25. Extrémité filetée de la croix d'ancrage, permettant son boulonnage à la platine (4).

26. Longrines reliant les dé des fondations entre eux. Elles supportent et transmettent aux fondations les charges des ouvrages de maçonnerie éventuels : murets ou murs périphériques – voir détail (31). Le nu supérieur du dé de

## Construction du type « halle industrielle » à ossature en acier : exemple

Figure 22.2



Exemple : pressions ou succions perpendiculaires aux surfaces

Figure 22.2

## Construction du type « halle industrielle » à ossature en acier : exemple

## SUITE DE LA LÉGENDE

la fondation se situe donc généralement au niveau du terre-plein sous dallage. Les longrines peuvent être :

- au même niveau que les dés : le coffrage en périphérie du dallage est assuré soit par la maçonnerie, soit par un relevé de la longrine (31) ;
- au même niveau que le dallage : elles assurent alors le compactage du remblai et le coffrage périphérique du dallage. La conception et l'exécution de la liaison dé/longrine/pied de poteau sont plus complexes dans ce cas (fig. 22.4).

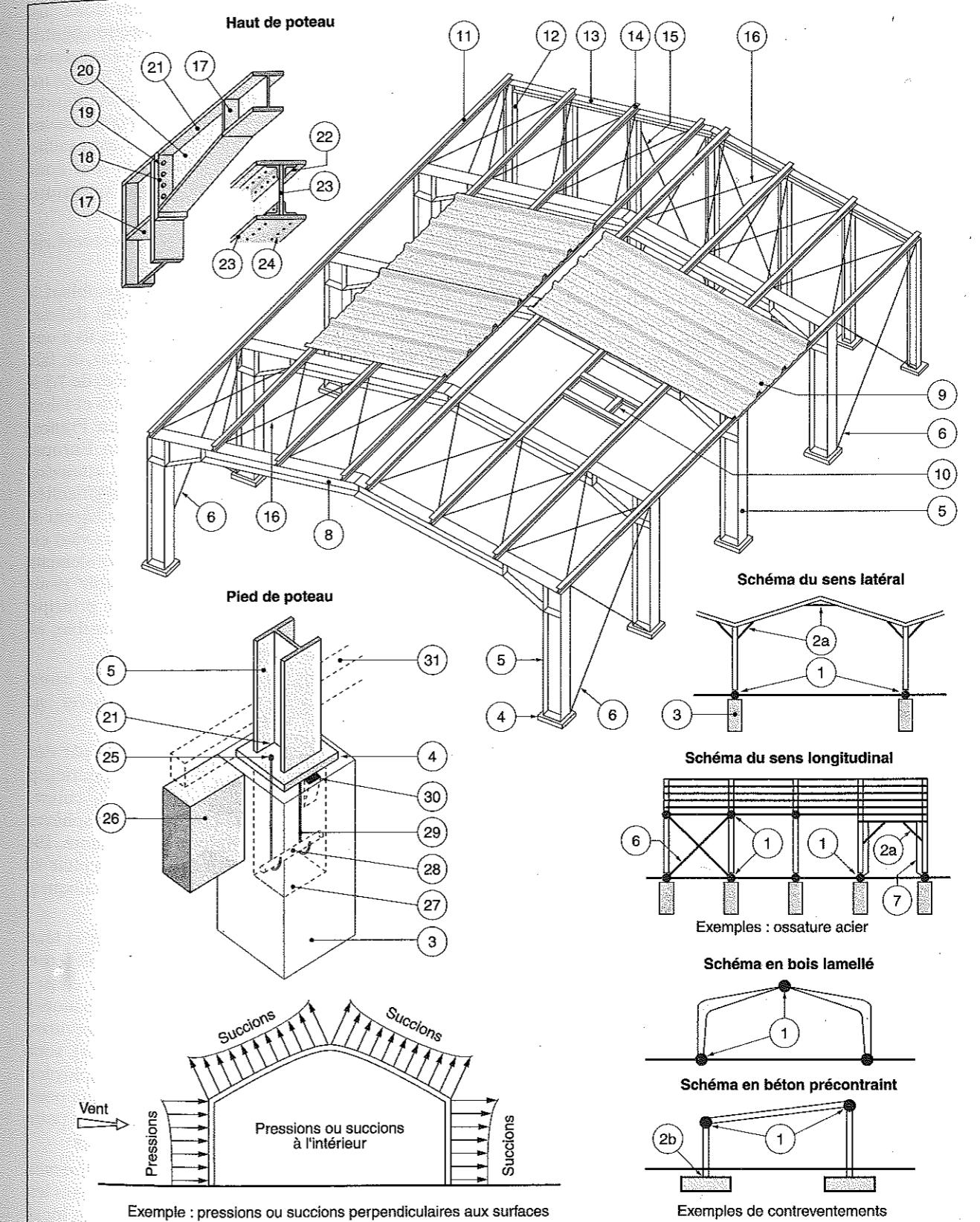
27. Réservation (vide) ménagée dans le dé et destinée à être remplie d'un coulis de mortier.

28, 29, 30. Crosses d'ancrage (29), dont une extrémité (25) est boulonnée à la platine (4), et dont l'autre extrémité forme un crochet autour de la barre d'ancrage (28) scellée au dé. Elles transmettent l'effort vers le haut (soulèvement dû au vent) du poteau au dé de la fondation (3). Après calage et réglage de l'ossature, la réservation (27) ménagée dans le dé est remplie, par l'orifice (30), d'un coulis de mortier de scellement sans retrait. Cet assemblage est généralement dissimulé ensuite, lorsque le dallage est coulé (fig. 22.4, en bas à droite).

31. Relevé de la longrine (26).

## Construction du type « halle industrielle » à ossature en acier : exemple

Figure 22.2



## Typologie des éléments d'enveloppe en tôles nervurées

Figure 22.3

## 22.4 Tôles nervurées ou ondulées

Les plaques de bardage et de couverture en tôles nervurées (de forme trapézoïdale) ou ondulée (en forme d'ondes) sont fabriquées à partir de bobines de tôle mince (généralement de moins de 2 mm) en acier galvanisé, ou en acier galvanisé et prélaqué (c'est-à-dire revêtu d'une « couche de revêtement organique » – il existe différentes matières de prélaquage), ou en acier inoxydable. Les plaques nervurées en tôle d'aluminium peuvent être prélaquées ou conserver leur aspect « naturel » avec une protection en alliage par coextrusion.

Les bobines à partir desquelles sont fabriquées les tôles nervurées en acier ont généralement une épaisseur comprise entre 0,63 et 1,25 mm, et une largeur proche de 1 m. La plaque nervurée est plus étroite que sa bobine d'origine, selon la taille des nervures, sa largeur de coordination étant encore inférieure à cause du besoin de recouvrement longitudinal entre deux tôles adjacentes (pour la dimension de coordination, ou dimension « effective », notée « B » : fig. 22.3). Le recouvrement est réalisé par la nervure « emboîtante », qui recouvre la nervure « emboîtée » (fig. 22.3, en haut à droite).

Certains éléments sont fabriqués à partir de tôles plus minces (faux plafond de 0,4 mm en acier, tôles de couverture et bardage en acier inoxydable de 0,5 mm, par exemple).

## 22.4.1 Types de produits

Diverses sortes de produits peuvent être distinguées, selon leur usage (fig. 22.3).

## 22.4.1.1 Tôles utilisées en couverture

## • Plaques pour couverture sèche

Une couverture sèche est une couverture dont les plaques assurent l'étanchéité et l'imperméabilité à l'air. Ces plaques, visibles de l'extérieur, nécessitent, sur leur face externe, une protection adéquate contre les effets de la corrosion, des UV et éventuellement de l'abrasion. Aussi sont-elles généralement prélaquées. Des tôles ondulées peuvent être utilisées, mais l'emploi de modèles nervurés est plus courant. Les tôles nervurées sont posées nervures vers le haut, les plages s'appuyant directement sur l'élément d'ossature qui les supporte (fig. 22.3, en haut à droite). Les plages elles-mêmes sont raidies par des petites nervures, également orientées vers le haut.

## • Plaques pour supports d'étanchéité

C'est le cas inverse de celui de la toiture sèche. Les plaques nervurées supportent des isolants sur lesquels est ensuite posée une étanchéité couvrant la toiture

tout entière (voir chap. 23). Elles ne sont donc pas visibles de l'extérieur, et le besoin de protection contre la corrosion et les UV est éliminé. C'est l'ensemble formé par les plaques, l'isolant et l'étanchéité qui assure l'imperméabilité à l'eau et à l'air. Dans cette configuration, les plaques sont posées dans le sens opposé à celui de la couverture sèche, plages vers le haut et sans saillie de nervures. Certains profils de plaque peuvent donc être utilisés soit en couverture sèche, soit en couverture avec étanchéité.

## • Bacs à sertir ayant une forme en U (voir axonométrie à la figure 22.12)

La fixation et l'assemblage de ces bacs ressemblent à ceux des feuilles de zinc ou de cuivre à joint debout (voir chap. 24). À la différence de ces dernières, ils n'ont pas un appui continu sur toute leur surface car, du fait de leur rigidité, ils peuvent franchir des portées de 1,5 à 3 m, selon les charges auxquelles ils sont soumis et selon leur géométrie. Ces éléments, assez rares en France, sont souvent employés aux États-Unis et en Europe. Leur largeur varie de 0,3 à 0,4 m. Ils peuvent atteindre de très grandes longueurs, jusqu'à 100 m. Les difficultés que pose le transport de tels éléments conduisent à procéder à leur pliage sur chantier, la tôle y arrivant en bobines. Quoique les bacs à sertir soient généralement utilisés en toiture « sèche », souvent à double peau (fig. 22.12), leur emploi en surtoiture selon le principe présenté à la figure 24.9 est également possible, et même avantageux en cas de forte hygrométrie.

## • Plaques multicouches pour couverture sèche ayant une géométrie semblable aux plaques nervurées ou ondulées

Ces plaques en acier galvanisé sont protégées par des couches de bitume oxydé, avec des finitions intérieure et extérieure en feuilles d'aluminium ou de cuivre. Elles présentent une bonne résistance aux atmosphères agressives et une qualité de finition satisfaisante. En outre, la couche de bitume amortit le bruit de la pluie et de la grêle qui, dans le cas d'autres plaques métalliques, constitue souvent une nuisance.

L'épaisseur de la tôle, la fréquence des nervures et leur hauteur (fig. 22.3) déterminent la capacité porteuse d'une plaque ou d'un bac métalliques, et par conséquent l'écartement des éléments d'ossature (pannes) qui les portent. Des plaques à très grandes nervures, pouvant franchir plus de 8 m (selon les charges), sont disponibles sur le marché. Si elles sont employées comme supports d'étanchéité, l'isolant thermique posé sur la tôle doit être suffisamment rigide et épais pour pouvoir franchir les écarts accrus de ces nervures.

Les plaques peuvent être perforées de diverses manières. Le but est de créer des surfaces absorbant les sons afin d'abaisser le temps de réverbération du local (voir partie 1, chap. 15, et fig. 22.3 et 23.8).

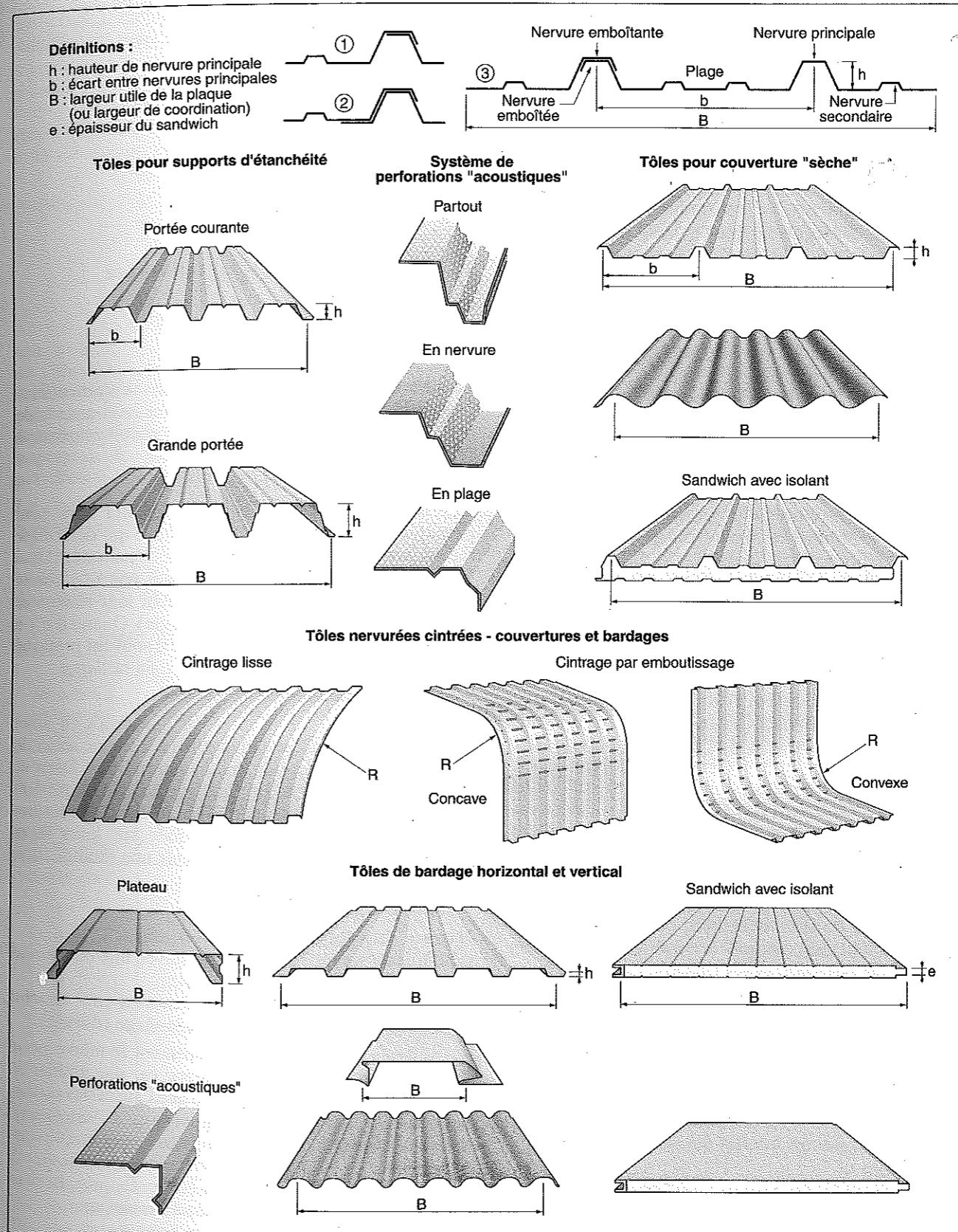


Figure 22.4

## Bardage vertical en tôles nervurées : coupe sur façade

Le bardage vertical est probablement le plus courant dans les constructions du type « halle industrielle ». Il est dit « vertical » car les nervures du bardage extérieur le sont. Le système à double peau constitué de plateaux intérieurs (fig. 22.3, en bas à gauche) et de tôles de bardage extérieures se révèle particulièrement adapté à la variante verticale ; il est généralement, de ce fait, le moins coûteux (voir § 22.5.3).

1. Tôle prélaquée de capotage (en acier galvanisé ou en aluminium – il faut insérer une feuille de polymère entre l'aluminium et le chéneau (2) afin d'éviter la corrosion).

2. Chéneau en acier galvanisé (voir partie 1, tab. 13.7).

3. Corbeau (tube soudé au portique), support du chéneau, servant également à la fixation du garde-corps de protection collective durant les travaux d'entretien (voir partie 3 – Annexes, chap. 28). Le croquis présente une entrée de ventilation basse (fig. 22.8, détail (2) pour un exemple de sortie haute).

4. Bardage en tôle d'acier galvanisé prélaqué, éventuellement en aluminium (le contact direct avec l'acier doit être évité).

5. 5b. Isolant en laine minérale posé en deux couches, l'une (5b) insérée dans le plateau, l'autre (5) devant ce dernier, afin de supprimer le pont thermique (en évitant le contact entre le plateau et le bardage extérieur). Pour obtenir l'isolement thermique requis, la profondeur des plateaux dépassera de préférence 100 mm. L'amélioration de l'isolation acoustique exige une séparation renforcée entre le plateau et le bardage.

6. Plateau en tôle galvanisée et généralement prélaquée (sur l'intérieur), fixé au poteau (22) du portique. Les plateaux ont un double rôle : ils constituent un bardage du côté intérieur et fournissent une ossature de support pour le bardage extérieur (4).

7. Bavette en tôle pliée. Elle dirige l'eau infiltrée derrière le bardage vers l'extérieur et protège le haut du mur en maçonnerie.

8. Agrafe de liaison entre la paroi intérieure et la paroi extérieure en maçonnerie du mur double (voir fig. 17.7).

9. Étanchéité en polyéthylène noir autocollant formant gouttière de recueil des eaux infiltrées (voir fig. 17.7).

10. Joint vertical de la maçonnerie, dégarni tous les mètres, servant à évacuer l'eau infiltrée et à ventiler légèrement la lame d'air.

11. Pare-vapeur faisant partie du « feutre tendu » (14), qui est effectivement tendu entre les pannes et accolé sous la tôle nervurée de couverture (13). Les feutres tendus présentent des caractéristiques spécifiques permettant d'assurer, dans la mesure du possible, la continuité du pare-vapeur.

12. Panne portant la tôle nervurée de couverture (13).

13. Couverture en tôle nervurée en acier galvanisé prélaqué d'une catégorie adéquate du point de vue de l'exposition. La figure précise les limitations relatives à la saillie vers le chéneau (15b). Dans le cas de plaques en aluminium, la saillie en porte-à-faux est limitée à 250 mm.

14. Feutre tendu en fibres minérales, dont le but est d'éviter le contact de la tôle avec l'air du comble ventilé (entre le faux plafond et le pare-vapeur) qui risque d'y produire de la condensation. C'est une toiture dite « froide » (§ 22.6 et 22.7, et tab. 22.8). Un régulateur de condensation peut éventuellement être utilisé (fig. 22.8, détail (4), croquis en haut à gauche, et tab. 22.8).

15. 15b. Bande d'égout (15b) de 45 mm (dans le sens vertical), acheminant l'eau de la couverture vers le milieu du chéneau et assurant l'étanchéité de la jonction à l'aide d'un pli cranté rabattu vers le haut (15). Les crans obtiennent les nervures et évitent la remontée de l'eau. Ainsi, chaque type de tôle nervurée est associé à des accessoires présentant un crantage adapté à la géométrie de ses nervures (fig. 22.5, détail (9)). Le recouvrement R préconisé est indiqué dans le tableau de la figure 22.8.

16. Closoir en mousse polymère, moulé selon la forme de la tôle nervurée. Il contribue à l'étanchéité à l'eau et à l'air (fig. 22.5, détail (10)).

17. Arbalétrier du portique en acier (fig. 22.2). C'est un comble de toiture dite « froide » : pour chaque versant, la section des entrées d'air basses et des sorties d'air hautes est de 1/2 000 de la surface pour les bâtiments à faible hygrométrie et de 1/1 000 de la surface pour les bâtiments à hygrométrie moyenne. Cette configuration n'est pas autorisée dans les bâtiments à forte hygrométrie (tab. 22.8).

18. Suspentes réglables portant l'ossature secondaire du plafond.

19. 20. 20a. Faux plafond (19) sur ossature secondaire, en dalles de fibres ou en métal. Il remplit généralement une fonction d'absorption acoustique (voir partie 1, chap. 15, et fig. 26.13 pour plus de détails), de finition et de réflexion lumineuse (voir partie 1, chap. 7). L'isolant thermique, muni d'un pare-vapeur (20a) de perméance  $\leq 0,02 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$  (toiture « froide » – tab. 22.8) fait parfois partie de la dalle du faux-plafond.

21. 21b. Traverses haute et basse (21) et montants (21b) du précadre en tubes d'acier, fixés à l'ossature principale.

22. Poteau du portique (fig. 22.2).

23. Paroi intérieure en blocs apparents du mur double de soubassement.

24. 24b. Armatures (24) de la dalle sur terre-plein reliées à la longrine (29), évitant ainsi la pose d'un joint ou la fissuration (due au retrait du béton) à ses bords (fig. 22.5). Elles peuvent être destinées à résister aux surcharges de la dalle dans les locaux industriels. Celle-ci possède normalement une couche d'usure (24b) contenant, par exemple, du quartz ou une résine.

25. Remblai compacté fondant la dalle sur terre-plein. Une feuille de polyéthylène posée au-dessus du remblai et de l'isolant (44) en périphérie empêche la perte de laitance du béton de la dalle lors de son coulage.

26. 27. 28. Drainage en gravier (26) enveloppé d'un filtre (27) en géotextile et écoulant l'eau drainée vers le drain (28) dont la pente mène vers une évacuation (égout, cours d'eau). La peinture noire (34) protège la longrine contre l'humidité résultante.

29. 30. Longrine (29) entourant toute la halle et reliant les plots de fondation (30) des poteaux (22).

31. Platine de fixation du poteau de portique à son plot (ou dé) de fondation (fig. 22.2).

32. 33. Trou (33) dans le plot de fondation où sont insérées les crosses qui fixent la platine (31), elles-mêmes tenues par la barre (32), évitant ainsi leur soulèvement par le vent.

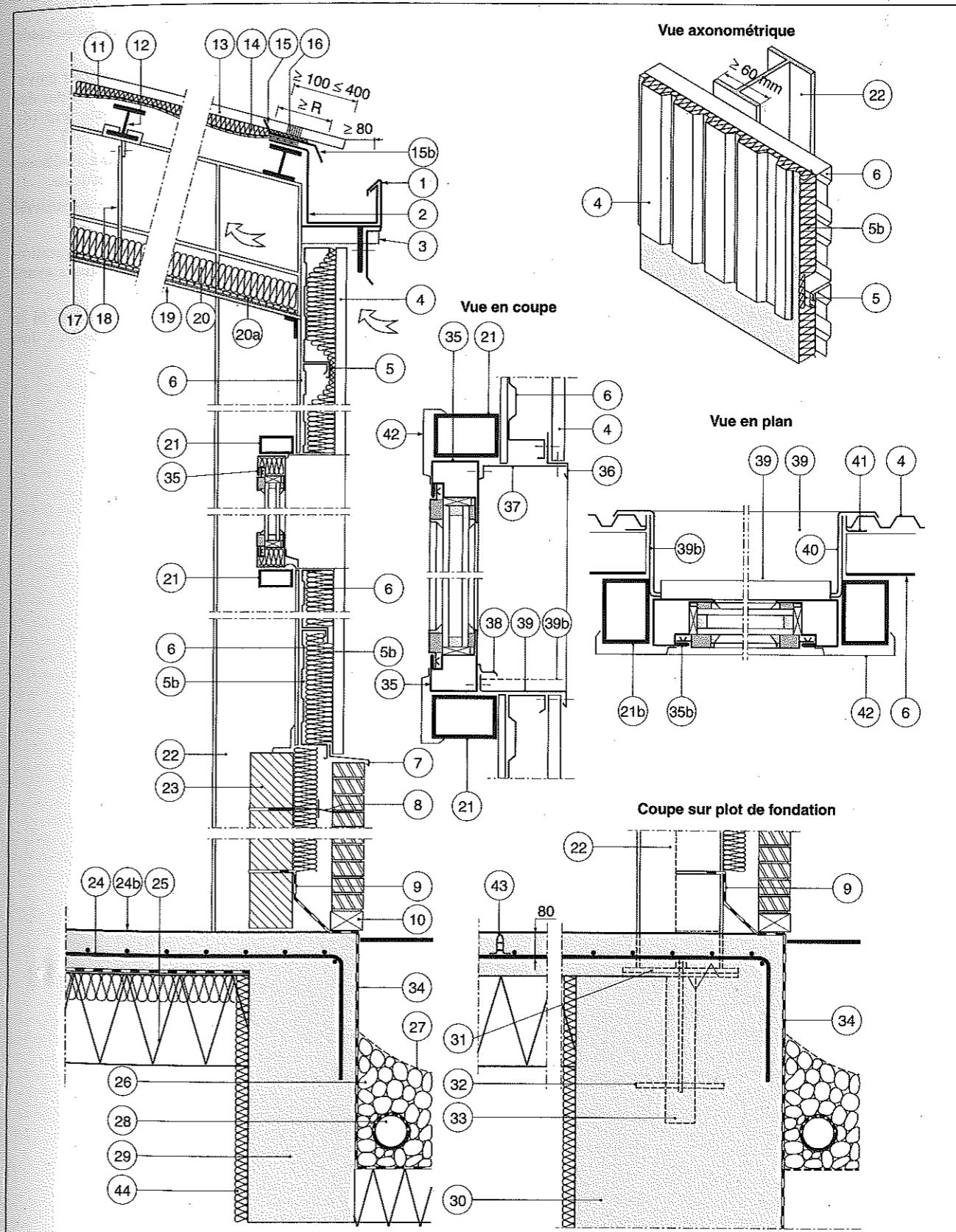
34. Peinture noire de protection contre l'humidité dans le sol et le système de drainage.

35. 35b. Traverses (35) et montants (35b) de la menuiserie fixe (ou avec ouvrants) en acier tubulaire, galvanisé et

SUITE DE LA LÉGENDE CI-APRÈS

## Bardage vertical en tôles nervurées : coupe sur façade

Figure 22.4



## **Bardage vertical en tôles nervurées : coupe sur façade**

## SUITE DE LA LÉGENDE

prélaqué, ou en aluminium, insérés dans le précadre tubulaire ((21) et (21b)). Il n'y a pas de rupture de pont thermique. Cette configuration peut se révéler insuffisante du point de vue des règlements thermiques quand la surface de verre est de petites dimensions par rapport au périmètre des menuiseries (voir fig. 21.5 et 21.7). Dans l'exemple montré, ce défaut est partiellement compensé par l'introduction d'un isolant dans les profils.

**36.** Bavette en tôle d'acier galvanisé prélaqué (ou en aluminium), écartant l'eau qui s'est infiltrée entre les deux peaux du bardage.

37. Partie horizontale haute de l'ébrasement extérieur en tôle d'acier galvanisé prélaqué, ou en aluminium prélaqué, de la fenêtre.

**38. 39. 39b.** Jet d'eau en acier (38) soudé à la menuiserie. Il écarte l'eau du joint entre l'ébrasement bas (39) et la menuiserie fixe (35). L'appui extérieur (39) en acier galvanisé

prélaqué de la fenêtre a des relevés (39b) sur trois côtés, faisant liaison avec les parties verticales.

**40.** Partie verticale de l'ébrasement extérieur en acier galvanisé prélaqué, ou en aluminium prélaqué, maintenue par des fixations à la menuiserie (35b) et au bardage extérieur (4), par l'intermédiaire de la cornière de raidissement (41).

41. Cornière de raidissement, servant également à améliorer l'étanchéité de l'assemblage le long de la ligne verticale.

**42.** Capotage intérieur cachant la liaison entre la menuiserie et le précadre.

43. Joint de fractionnement de la dalle évitant sa fissuration (fig. 22.5). Ce joint en PVC est fixé sur les armatures avant le coulage.

**44.** Isolant périphérique de la dalle et des longrines. Si le bâtiment est de faible surface, ou peu large, l'isolant doit couvrir toute la surface du dallage.

## **Bardage vertical en tôles nervurées : coupe sur façade**

**Figure 22.4**

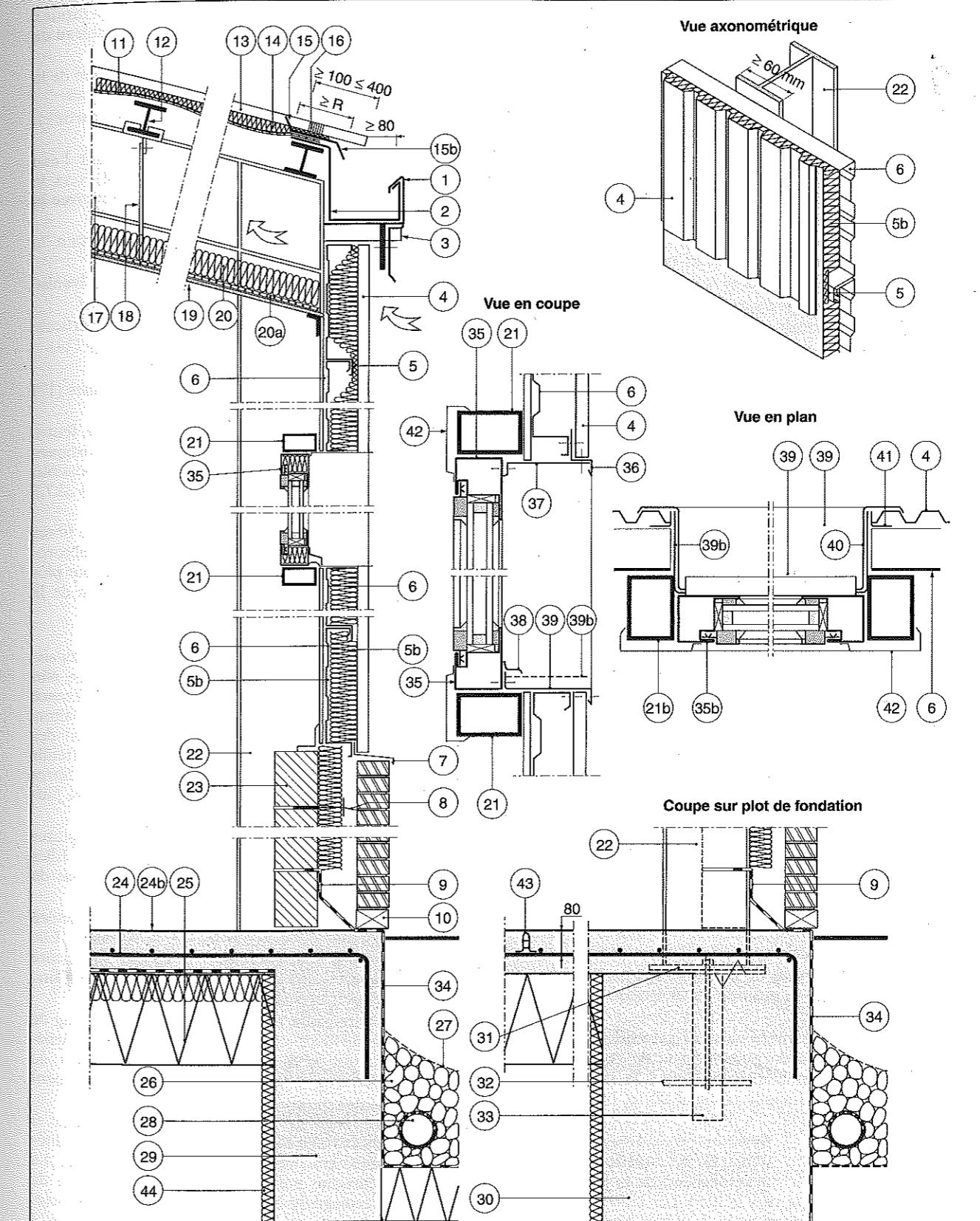


Figure 22.5

## Bardage horizontal en tôles nervurées : coupe sur façade

Le bardage est dit « horizontal » quand les nervures du bardage extérieur le sont. Il présente un risque plus élevé d'infiltrations d'eau que le bardage vertical. Il nécessite éventuellement des lisses horizontales pour appuyer les plateaux verticaux de la peau intérieure, ou des lisses verticales dans le cas de plateaux horizontaux. Son aspect élégant risque de se détériorer dans le temps, en raison de traces de coulures éventuelles, dues aux fixations (celles-ci sont moins voyantes dans le cas du bardage vertical – fig. 22.4). L'acrotère situé devant le chéneau encaissé sert de garde-corps pendant les travaux d'entretien (voir partie 3 – Annexes, chap. 28).

## REMARQUES

Les légendes ci-dessous se réfèrent à des tôles en acier galvanisé, mais la plupart des éléments peuvent être en aluminium (à condition de les séparer, au moyen de bandes en polymère, des éléments en acier susceptibles d'être humides). Les règles de fixation des tôles sont données dans la figure 22.6..

1. Couvertine en acier galvanisé prélaqué protégeant le haut de la paroi verticale. Un pli cranté s'insère dans les espaces des nervures (ou ondes) du contre-bardage intérieur (14). Le recouvrement vertical minimal sur ce dernier est de 80 mm.

2. 2b. Bardage extérieur (2) à nervures horizontales en tôle d'acier galvanisé prélaqué. Les côtés du bardage peuvent être inversés (détail (2b)) à condition que l'exposition au vent le permette (tab. 22.4).

3. 3a. Plateaux en tôle d'acier galvanisé prélaqué, posés verticalement (3). La profondeur des plateaux doit être de préférence supérieure à 100 mm afin de satisfaire aux règles d'économies d'énergie. La variante illustrée par l'axonométrie à droite présente des plateaux horizontaux (3a). Avec un dispositif semblable (lisses verticales plus résistantes et plus larges), il est possible de remplacer les plateaux par un bardage intérieur en tôle nervurée semblable à celle employée à l'extérieur.

4. 4b. 4c. Isolant en laine minérale (4) divisé en deux (axonométrie à droite, « Exemple : plateaux horizontaux ») : la couche (4b) est insérée dans le plateau, la couche (4c) est déroulée verticalement devant les plateaux. Cette variante procure une résistance thermique améliorée et un meilleur isolement acoustique (voir partie 1, chap. 15).

5. Profilé soudé à l'arbalétrier (16) du portique. Il est appelé « baïonnette » et sert à porter les bardages de l'acrotère.

6. Panne sablière supportant le chéneau encaissé.

7. Lisse horizontale en profilé tubulaire. D'autres profilés sont employés, tels ceux en oméga (fig. 22.1) ou en C.

7a. Lisse horizontale servant de précadre aux fenêtres. Les cornières (41) déportent la position de la fenêtre (36) vers l'extérieur.

8. Couverture en tôle nervurée en acier galvanisé prélaqué d'une catégorie adéquate du point de vue de l'exposition. La figure précise les limitations relatives à la saillie vers le chéneau et le recouvrement minimal de la bavette jet d'eau (9). La saillie maximale en porte-à-faux d'une couverture en aluminium est de 250 mm.

9. Bande d'égout acheminant l'eau de la couverture vers le milieu du chéneau et assurant l'étanchéité de la jonction à l'aide du pli cranté rabattu vers le haut. Les crans obtiennent les nervures et évitent la remontée de l'eau. Ainsi, chaque type de tôle nervurée est associé à des accessoires présentant

un crantage adapté à la géométrie de ses nervures (à droite). Le recouvrement R préconisé est indiqué dans le tableau de la figure 22.8.

10. Closoir en mousse polymère, moulé selon la forme de la tôle nervurée. Il contribue à l'étanchéité à l'eau et à l'air.

11. Chéneau encaissé en acier galvanisé (voir partie 1, tab. 13.7).

12. Bavette en acier galvanisé prélaqué évacuant l'eau qui s'est infiltrée derrière le contre-bardage (14) vers le chéneau (11) et assurant l'étanchéité de la jonction avec la paroi verticale.

13. Cornière accessoire en acier galvanisé supportant la paroi verticale du chéneau.

14. Contre-bardage en tôle nervurée d'acier galvanisé prélaqué, nécessaire à l'étanchéité de la paroi verticale.

15. Profilé en U contribuant à la stabilité de la saillie verticale et servant à fixer les plateaux (3) et le contre-bardage (14).

16. Arbalétrier du portique de la halle (fig. 22.2).

17. 18. Suspentes réglables (18) accrochées aux pannes (17) portant l'ossature secondaire du faux plafond.

19. 20. Pare-vapeur (20) et isolant (19) formant le feutre tendu. Les feutres tendus présentent des caractéristiques spécifiques permettant d'assurer, dans la mesure du possible, la continuité du pare-vapeur (toiture dite « chaude » : § 22.3 et fig. 22.9).

21. Faux plafond sur ossature secondaire, en dalles de fibres ou en métal. Il remplit généralement une fonction d'absorption acoustique (voir partie 1, chap. 15, et fig. 26.13 pour plus de détails) et d'éclairage (sur le facteur de réflexion de la lumière, voir partie 1, chap. 7).

22. Poteau du portique de la halle (fig. 22.2).

23. Joint de fractionnement qui ne traverse pas toute l'épaisseur du dallage. Il est scié dans la dalle, après coulage, afin d'éviter sa fissuration (croquis agrandi). Il est de préférence obturé par un profilé en PVC, en aluminium ou en laiton, afin d'empêcher sa dégradation. Les joints délimitent des surfaces de 30 à 60 m<sup>2</sup>. En cas de faibles charges, les treillis traditionnels sont remplacés par une armature en fibres d'acier intégrées au béton, qui est d'une mise en œuvre plus rapide et plus simple.

24. Armature de la dalle sur terre-plein. Ces armatures empêchent la fissuration due au retrait du béton. Elles peuvent être dimensionnées en fonction des prévisions de surcharges (souvent roulantes).

25. Dalle de béton sur terre-plein. Son épaisseur est calculée selon les surcharges prévues sur le sol de la halle. Elle présente souvent une couche d'usure sur sa face supérieure (adjonction de quartz pour augmenter sa dureté et de résine époxy pour améliorer sa résistance aux acides).

26. 26b. 27. Isolant devant le nez de dalle (26) et le long de la longrine (27) afin de diminuer le pont thermique périphérique. L'introduction d'un isolant derrière l'élément de liaison et de protection en tôle épaisse (26b) réduira le pont thermique.

28. 28b. Remblai compacté. Sa constitution, sa profondeur et son degré de compactage sont déterminés selon les qualités du sol et les surcharges prévues sur la dalle de la halle. La feuille de polyéthylène posée au-dessus évite la perte de laitance lors du coulage du béton. L'intégration d'un géotextile (28b) adéquat peut également augmenter la résistance et la durabilité de cette couche de fondation du dallage.

SUITE DE LA LÉGENDE CI-APRÈS

Bardage horizontal en tôles nervurées : coupe sur façade

Figure 22.5

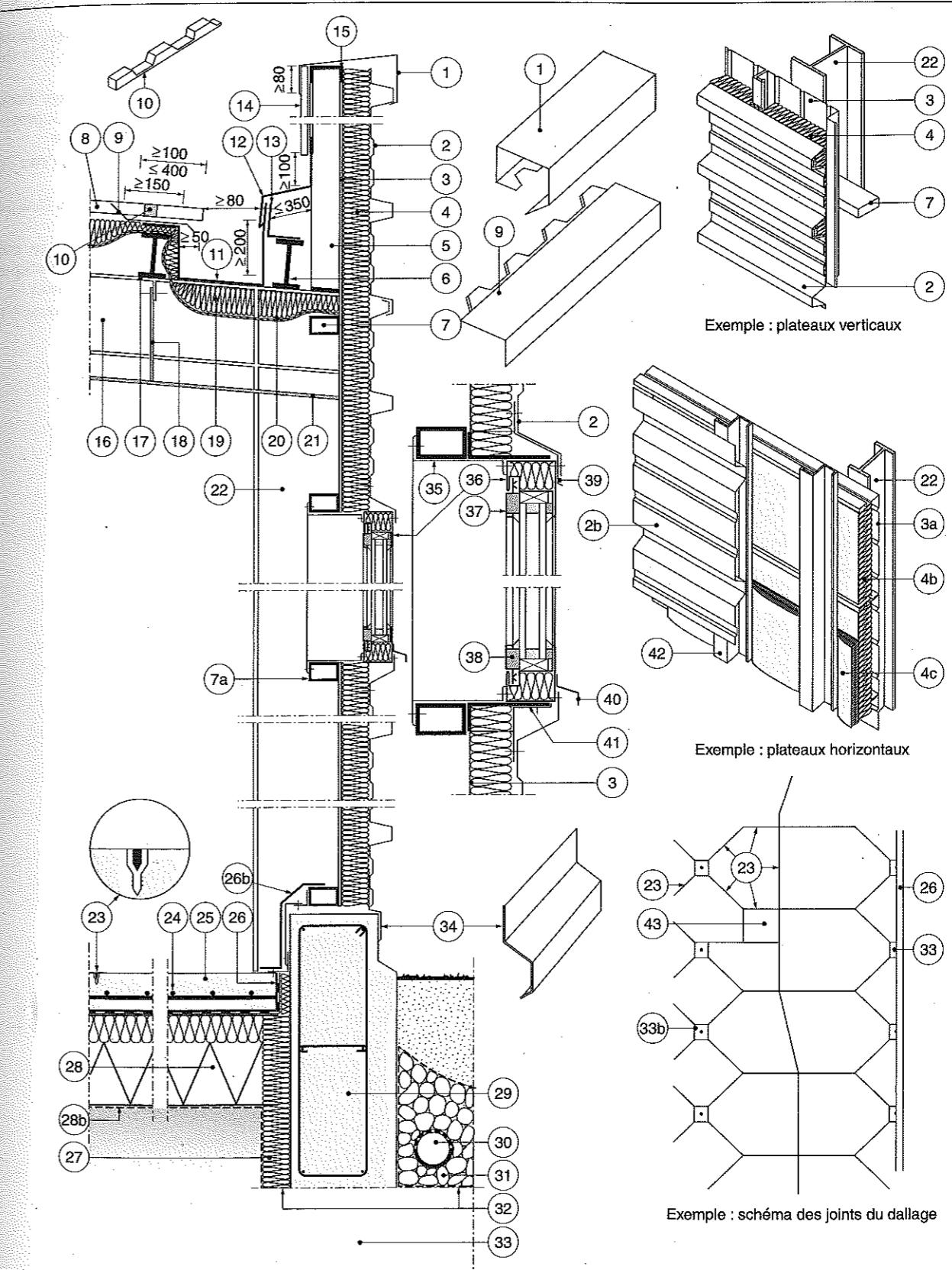


Figure 22.5

## Bardage horizontal en tôles nervurées : coupe sur façade

## SUITE DE LA LÉGENDE

29. Longrine entourant toute la halle et reliant les plots de fondation des poteaux (33). Elle contribue à réduire les tassements différentiels entre ces derniers et protège l'intérieur des phénomènes affectant le sol à l'extérieur (eau, gel, plantes, rongeurs) – fig. 22.2, détail (26).

30. 31. 32. Drain (tuyau perforé) (30) entouré de gravier drainant (31), lui-même entouré d'un filtre en géotextile qui évite son obturation par le sol environnant. Dans cet exemple, un deuxième géotextile (28b) protège et renforce le remblai (28) qui fonde le dallage (25).

33. 33b. Plots de fondation périphériques (33) ou intérieurs (33b).

34. Bavette en tôle galvanisée prélaquée. Elle dirige l'eau infiltrée derrière le bardage (2) vers l'extérieur, tout en protégeant la menuiserie (36) qui se trouve au vu extérieur.

35. 36. Tôles de capotage intérieur (35) recouvrant la menuiserie fixe (36) et le précadre (7b) – fig. 22.4, détail (35).

37. 38. Parclose intérieure (37) clippée sur le cadre de la menuiserie. Elle délimite les étanchéités intérieures (38) du vitrage.

39. Bavette en tôle galvanisée prélaquée. Elle dirige l'eau infiltrée derrière le bardage (2) vers l'extérieur, tout en protégeant la menuiserie (36) qui se trouve au vu extérieur.

40. Jet d'eau en acier soudé à la menuiserie. Il écarte l'eau du joint entre le bardage bas et la menuiserie fixe (36).

41. Cornière de support déportant la position de la fenêtre vers l'extérieur.

42. Lisses verticales écartant le bardage extérieur, ce qui permet d'améliorer l'isolation thermique et acoustique (axonométrie à droite, « Exemple : plateaux horizontaux »).

43. Zone de charge lourde isolée (machine par exemple), nécessitant une fondation particulière.

## Bardage horizontal en tôles nervurées : coupe sur façade

Figure 22.5

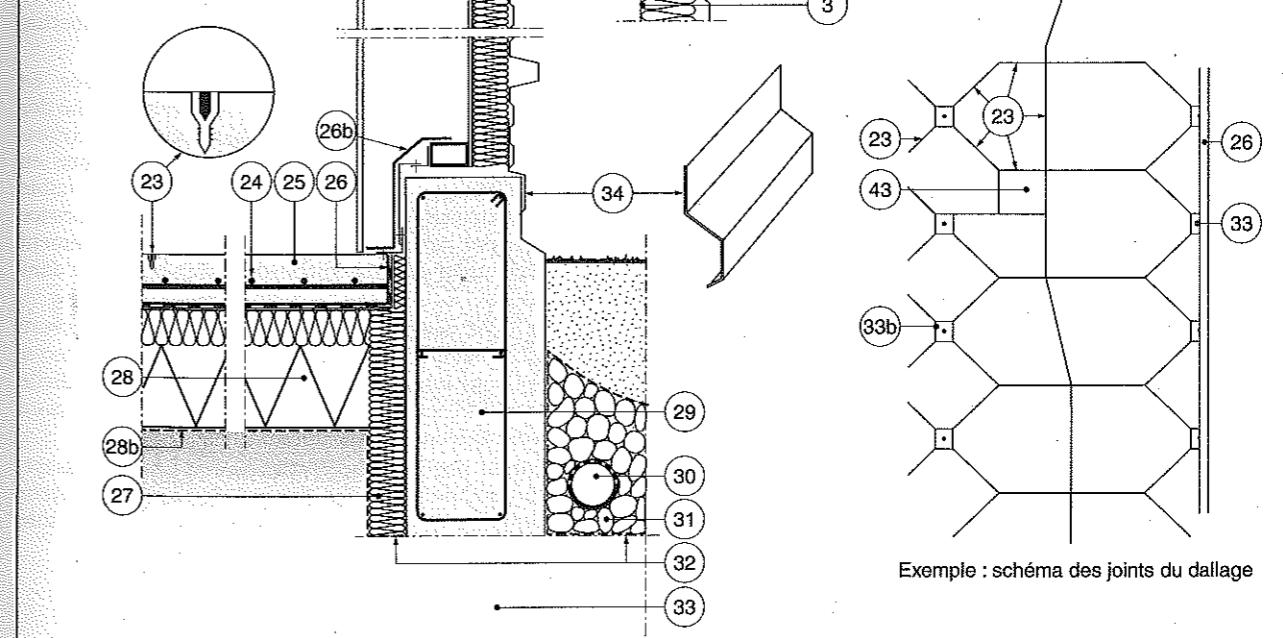
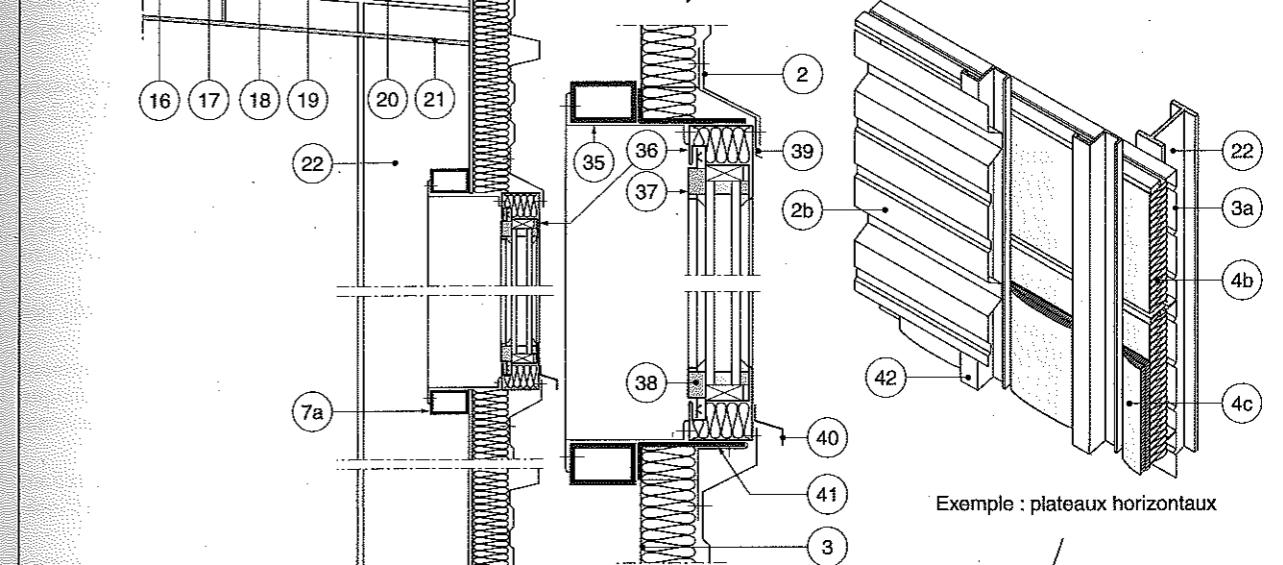
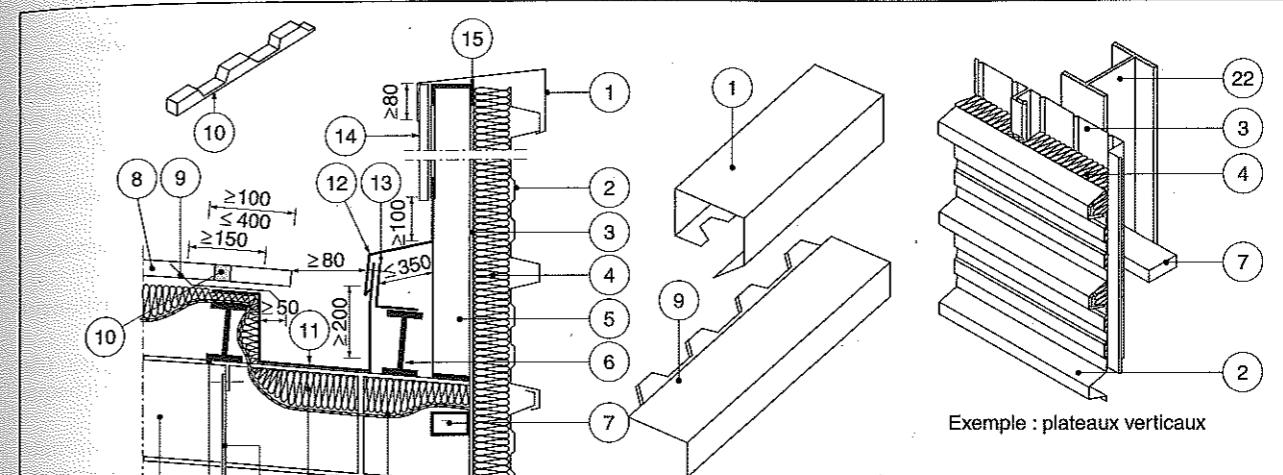


Figure 22.6

**Règles de fixation des bardages et exemples d'angles saillants de bardage vertical et horizontal**

1. Poteau d'ossature principale.
2. Bardage extérieur horizontal en tôle d'acier galvanisé prélaqué ou en aluminium.
3. Isolant en laine minérale dans les plateaux verticaux.
4. 4a. 4b. Fixation (4a) du bardage extérieur sur les lèvres des plateaux verticaux (4). Une fixation en sommet de nervure est également possible et parfois obligatoire (tab. 22.4), mais elle est plus voyante (comparer les détails (13b) et (13) sur les vues axonométriques).

**Règles de fixation des plateaux à leurs supports (lisses ou poteaux)**

- Un plateau a deux fixations à chacun de ses appuis.
- La distance minimale d'une fixation par rapport au bord de l'appui est de 15 mm.
- La largeur d'appui minimale à l'extrémité du plateau est de 30 mm.
- La largeur d'appui minimale d'un support intermédiaire du plateau est de 60 mm (fig. 22.4, en haut à droite).
- Le support en acier de deux extrémités de plateaux adjacents a une largeur minimale de 70 mm (80 mm s'il est en béton ou bois).
- Le support en acier de l'extrémité d'un seul plateau a une largeur minimale de 40 mm (60 mm s'il est en béton ou en bois).

Ces règles s'appliquent indifféremment aux plateaux verticaux (4) ou horizontaux (10).

5. Cornières soudées au poteau d'angle (9) afin de pouvoir y fixer le dernier plateau. La largeur minimale exigée est de 40 mm, car la surface d'appui du plateau est de 30 mm au moins.

6. Pièce d'angle verticale (croquis au centre) en tôle d'acier galvanisé prélaqué ou en aluminium, assurant l'étanchéité à l'aide des plis crantés qui s'insèrent dans les nervures du bardage extérieur.

7. Lisse horizontale de support des plateaux. Divers profils sont possibles : en tube (ci-contre), en Z, en I, en oméga.

8. Poteau d'un pan de fer (fig. 22.2).

9. 9b. Poteau d'angle (9). Il est parfois nécessaire de doubler ce poteau (9b) – voir en bas à gauche.

10. Plateaux posés horizontalement et fixés à raison de deux fixations à chaque poteau.

11. Bardage extérieur vertical en tôle d'acier galvanisé prélaqué ou en aluminium.

12. Pièce d'angle verticale (voir croquis à droite) en tôle d'acier galvanisé prélaqué ou en aluminium, assurant l'étanchéité à l'aide des plis (non crantés dans ce cas).

13. 13b. Fixation et couturage (13) de la pièce d'angle aux bardages extérieurs. La fixation (13b) est moins voyante.

14. 14b. Fixation du bardage extérieur aux lèvres des plateaux (14). Une fixation en sommet de nervure est également possible, mais elle est plus voyante. Le recouvrement longitudinal (14b) doit être conforme aux indications du fabricant et aux règles (tab. 22.4). Le mode d'assemblage doit être communiqué à l'entreprise, car il influence le calepinage préparatoire des plaques.

**Règles de fixation du bardage extérieur (plaques de bardage courantes sur le marché) aux plateaux**

- Les fixations sont disposées en quinconce de manière que la distance maximale entre deux fixations du fond ou du sommet de la même nervure principale (ou de la même plage) soit :
  - inférieure ou égale à 1,6 m pour des pressions (ou succions) de vent inférieures ou égales à 80 daN/m<sup>2</sup> ;
  - inférieure ou égale à 1,0 m pour des pressions (ou succions) de vent supérieures à 80 daN/m<sup>2</sup>.
- Les plaques sont couturées entre elles (au recouvrement longitudinal (14b) selon les mêmes règles).
- Sur les recouvrements transversaux entre plaques (de 70 mm au minimum), des fixations sont prévues à chaque nervure principale ou plage.
- Le long des arrêtes de l'enveloppe, et à chaque extrémité de plaque, des fixations sont prévues à chaque nervure principale ou plage ou sur chaque lèvre des plateaux successifs, selon le cas.

Ces règles s'appliquent indifféremment aux bardages verticaux, horizontaux ou en diagonale (voir § 22.5.2 et tab. 22.4).

15. Isolant en laine minérale inséré dans les plateaux posés horizontalement (10).

16. Lisses verticales en profil en Z (fig. 22.5, à droite (42)) fixées aux plateaux. Ils permettent d'améliorer l'isolation acoustique et thermique de la façade.

17. Deuxième couche d'isolant séparant les lisses (16) des plateaux afin d'éliminer les ponts thermiques.

18. Fixation des bardages extérieurs sur leur recouvrement transversal. Une fixation est placée dans la lisse (16) à chaque nervure principale ou plage. Le recouvrement transversal minimal est de 70 mm dans tous les cas.

19. Pièce de liaison en tôle d'acier galvanisé prélaqué reliant les plateaux de chacune des façades formant l'angle à l'intérieur.

20. Pièce d'angle en tôle d'acier galvanisé prélaqué rabattue vers l'intérieur et fixée aux lisses (16).

21. Pièce d'angle fabriquée sur commande, réalisée en polyester armé de fibres de verre (il existe sur le marché des éléments en polyester, en polycarbonate ou en PVC, correspondant aux formes des diverses plaques) ou obtenue en soudant deux tôles. La soudure de tôles galvanisées de faible épaisseur doit être effectuée dans une atmosphère réductrice puis retraietée (par peinture) contre la corrosion. L'élément d'angle de la couleur générale du bardage doit être peint dans tous les cas.

22. Pièce d'angle permettant de passer d'un profil nervuré à une surface plate, spécialement fabriquée en tôle d'acier galvanisé prélaqué emboutie. Ce procédé est souvent difficile à mettre en œuvre et toujours coûteux. Des tôles de cette forme peuvent également être obtenues par soudure.

23. Tôle cintrée par un procédé de crantage-emboutissage. Le rayon minimal pouvant être obtenu dépend de la hauteur et de la fréquence des nervures, et de l'épaisseur de la tôle (fig. 22.8).

**Règles de fixation des bardages et exemples d'angles saillants de bardage vertical et horizontal**

Figure 22.6

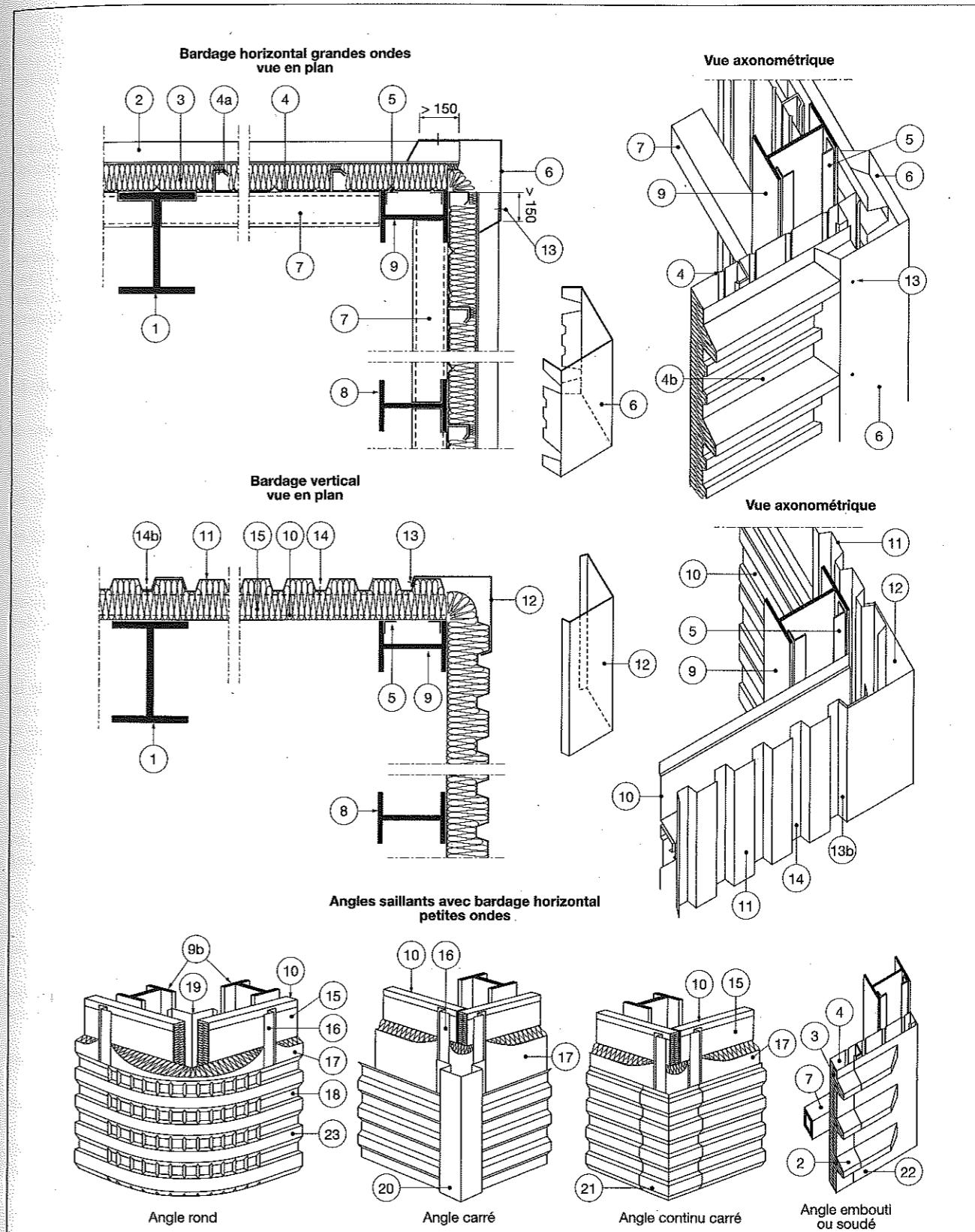


Figure 22.7

## Fixations, coutures et accessoires de bardage et couverture

Les fixations présentées ici sont utilisables en couverture ou en bardage. En bardage, la fixation en fond de nervure est courante.

## REMARQUES

- Sur les dispositions minimales concernant les fixations en couverture : tab. 22.6 et 22.7, et § 22.7.2.
- Sur les dispositions minimales concernant les bardages en façade : § 22.5.2.2, tab. 22.4, fig. 22.4 et fig. 22.6.
- Tous les organes de fixation et couture doivent résister à 12 cycles Kesternich au minimum.

1. Bandeau de faîtement à bord découpé : les découpes en crans épousent le contour des nervures ou des ondes (pour des exemples de découpes en crans : fig. 22.5, 22.6, 22.9 et 22.11).

2. Tôle de couverture nervurée.

2a. Nervure principale, déterminant la résistance de la plaque.

2b. Nervure secondaire, raidissant la zone de la plage.

3. Filetage autotaraudeur. Il nécessite le prépercement des ouvrages à assembler.

4. Filetage autoperceur. Il ne nécessite pas de prépercement des ouvrages à assembler.

5. Vis de couture autoperceuse plus courte que le filetage (4) – encore appelée « boulon de couture » –, située en sommet d'onde (20) ou de nervure principale. Elle peut aussi servir à une fixation en plage ou en fond de nervure (17) (dans le cas d'un bardage).

6. Vis autotaraudeuse pour fixation en plage (17). Elle peut également servir à la couture (20).

7. Vis de fixation en sommet d'onde ou de nervure principale (en haut, à gauche) :

- sur ossature métallique : vis de fixation autotaraudeuse ou autoperceuse ;
- sur ossature en bois : vis de fixation autoperceuse ou tire-fond à bourrer (enfoncé au marteau) ou à visser ;
- sur ossature en béton : insert en acier rendant la fixation analogue au cas de l'ossature métallique.

Les vis autotaraudeuses et autoperceuses doivent être posées avec une visseuse munie d'un dispositif de serrage automatique (limiteur de couple ou butée de profondeur).

8. Capuchon éventuel en matière polymère coloriée.

9. Rondelle d'étanchéité sous le cavalier ou la rondelle d'appui.

10. Cavalier dont le rôle est de distribuer la force engagée par la vis afin d'éviter l'écrasement de la tôle.

11. Rondelle d'appui plate ou conique, pouvant remplacer le cavalier pour les plaques en tôle d'acier galvanisé prélaqué si :

- l'épaisseur de la tôle est supérieure ou égale à 0,88 mm ;
- la différence entre la largeur au sommet de la nervure (16) et le diamètre de la rondelle d'appui utilisée (9) est inférieure ou égale à 10 mm.

Les deux rondelles d'appui et d'étanchéité peuvent être remplacées par une seule rondelle d'appui et d'étanchéité vulcanisée monobloc ou surmoulée.

11a. Rondelle d'appui adaptée à la courbure de l'onde.

12. Pontet ou cale d'onde (12a) formant entretoise en acier ou en plastique et évitant l'écrasement de la nervure principale lors de la fixation à la panne. Cet accessoire est utilisé :

- lors des assemblages avec des éléments en polyester, en polycarbonate ou en PVC (matériaux plus fragiles que les métaux) ;

– en rive de bâtiment quand la nervure ou l'onde sont coupées (il y manque le pied) – fig. 22.11, détail (11). Il faut veiller à ne pas confondre le pontet avec le closoir (en métal ou en mousse polymère) qui obstrue le creux formé par les nervures – (fig. 22.5, détail (10)).

12a. Cale d'onde.

13. Tôle pliée de finition (du point de vue de l'étanchéité à l'eau et de l'aspect) de l'angle, réalisée dans le même métal que la tôle de bardage.

14. Bardage métallique en tôles nervurées (en acier galvanisé prélaqué ou en aluminium prélaqué).

15. 15a. Rivet en aluminium à rupture de tige. La riveteuse, appuyant sur la tête du rivet, tire la tige et son bout enflé (15a) vers elle jusqu'à ce que celui-ci atteigne le revers de la tôle. À ce moment, la résistance opposée par la tôle est suffisante pour rompre la tige.

16. Sommet de nervure principale.

16a. Fixation du bandeau de faîtement cranté en sommet de la nervure principale.

17. Fixation en plage de la tôle nervurée de couverture à l'aide d'une vis autotaraudeuse (6) ou autoperceuse (5).

Les rondelles d'appui (11) ont un diamètre minimal de :

- 19 mm si la longueur de la plaque est inférieure ou égale à 12 m ;
- 25 mm si la longueur de la plaque est comprise entre 12 et 15 m.

La fixation en plage est moins résistante que la fixation en sommet de nervure (ou d'onde). Elle n'est autorisée que pour les plaques en acier sur supports en acier. Dans ce cas, des ensembles monoblocs ou surmoulés formant rondelle d'appui et d'étanchéité sont mis en œuvre.

18. Fixation en fond de nervure principale (ou d'onde) de la tôle nervurée de bardage. La fixation en plage plane (17) ou en sommet de nervure principale sont également possibles dans la plupart des cas (tab. 22.4). Les tôles de finition sont assemblées à la tôle de bardage sur le plat de la nervure saillante.

19. Crochet d'arrêt de neige : il évite le glissement du manteau de neige le long du versant de couverture.

20. Recouvrement longitudinal minimal (d'une onde et demie) des tôles ondulées de couverture par emboîtement des ondes.

20a. La fixation (couture par exemple) par rivets impose le prépercement des tôles à assembler.

20b. La fixation (couture par exemple) par vis et douille de serrage impose le prépercement des plaques à assembler.

21. Fixation par vis et douille de serrage avec rondelle d'appui et rondelle d'étanchéité incorporées (cas de plaques en polymère).

21a. Lors du vissage, la douille s'évase : les deux plaques sont serrées entre la tête de la vis et la douille.

22. Panne supportant les tôles de couverture et résistant aux efforts introduits par les crochets.

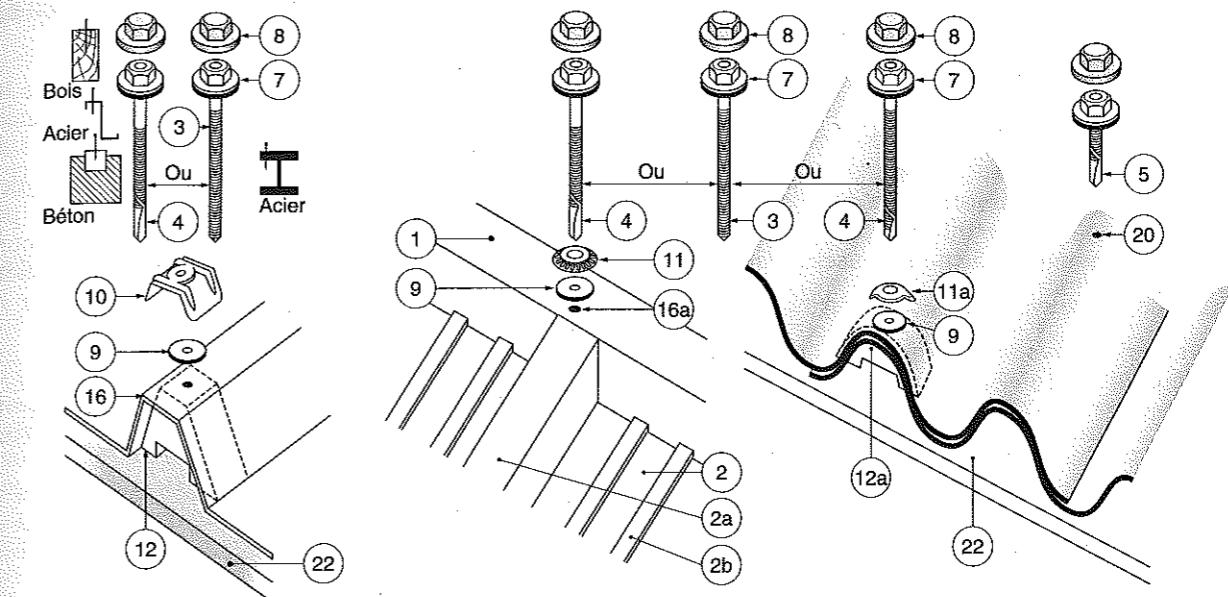
23. Crochet d'échelle fixé à la panne supportant les échelles utilisées par les personnes chargées de l'entretien pour accéder à la couverture.

24. Pièce en bois ou en métal insérée dans le profilé de la panne (22) et supportant l'ancre (23) des échelles utilisées pour l'entretien de la couverture.

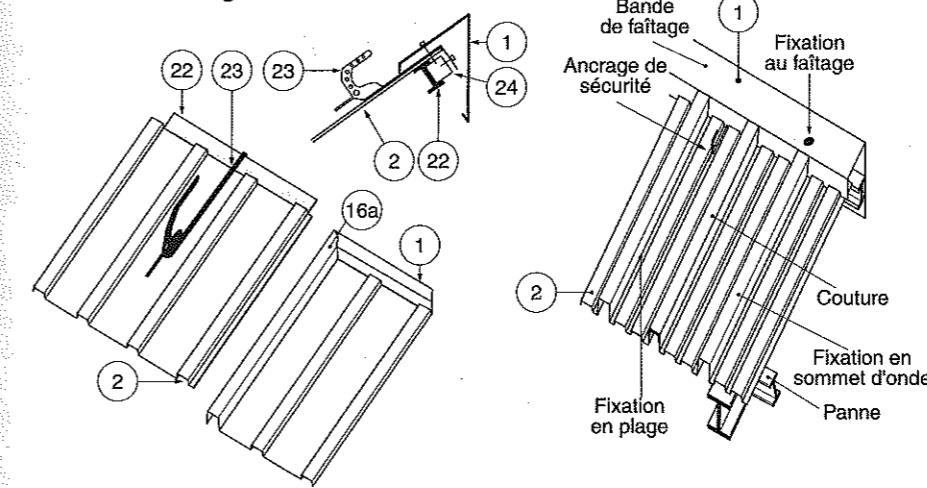
Fixations, coutures et accessoires de bardage et couverture

Figure 22.7

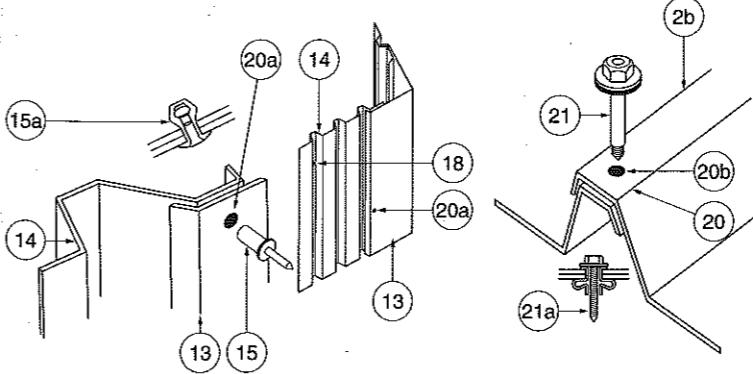
## Fixations et coutures en sommet d'onde ou de nervure principales



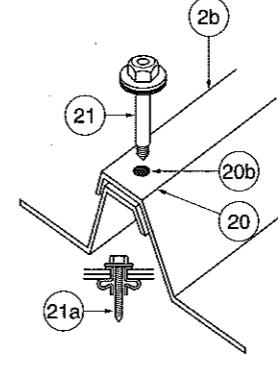
## Ancrage de sécurité



## Rivets de couture

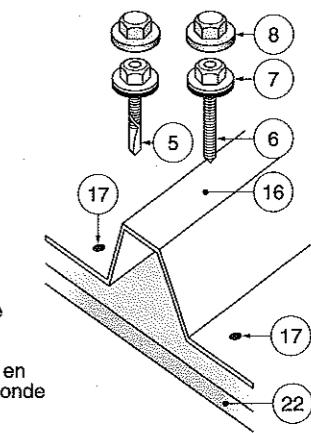


## Plaques métalliques



## Plaques en polymère

## Fixations en plage



## Arrêt de neige

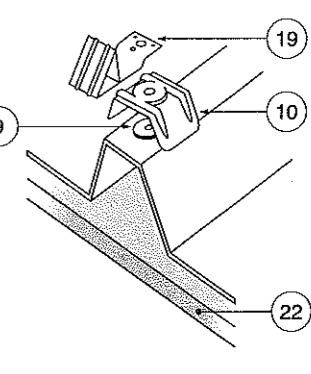


Figure 22.8

## Couvertures dites « sèches » en tôles d'acier nervurées : pentes, recouvrements et étanchéités

## Exigences d'étanchéité

Les exigences d'étanchéité se réfèrent à plusieurs situations sur la couverture :

- le faîteage ;
- l'égout ;
- le recouvrement transversal (perpendiculaire à la pente) entre plaques (il se fait toujours sur une pente) ;
- le recouvrement longitudinal (nervure emboîtante et nervure emboîtée, par exemple) des plaques (fig. 22.7) ;
- les rives.

La figure ci-contre aborde les trois premières situations.

## REMARQUE

Les zones d'exposition à la pluie battante (tableau en bas de la figure) sont indiquées au chapitre 13 et à la figure 13.3.

1. Bord relevé de la plaque. C'est un parachèvement qui peut être commandé au fournisseur quand les pentes sont faibles et à condition que la pièce de faîteage (2) comporte un pli à crans (des pièces semblables sont présentées à la figure 22.9, détails (16) et (16c)). Ce dispositif n'est pas nécessaire quand la pièce de faîteage comprend une partie de même géométrie que la plaque qu'elle recouvre – sur le principe de la pièce (22) de la figure 22.6.

2. Pièce de faîteage à pli cranté avec dispositif de ventilation du comble. Cette ventilation est obligatoire dans le cas d'une toiture « froide ».

3. Obturateur en mousse qui remplit l'espace entre la pièce de faîteage et la face supérieure de la plaque en tôle nervurée. Cette pièce a un rôle de complément d'étanchéité.

4. Couche régulatrice anticondensation appliquée par le fournisseur sur le dessous des plaques. Le principe de cette couche est d'absorber la condensation pendant les heures où elle est déposée sur les plaques (aux dernières heures de la nuit en général) et de laisser évaporer l'eau cumulée dans son épaisseur pendant les heures d'humidité relative plus basse (au cours de la journée). L'épaisseur de la couche est déterminée par le degré hygrométrique du local. Le fournisseur laissera les zones de recouvrement entre plaques nues. Des parachèvements sont possibles sur chantier.

5. Obturateur en mousse qui remplit l'espace entre la panne (9) et la face inférieure de la plaque en tôle nervurée. Ce

dispositif doit empêcher l'air extérieur de pénétrer sous la plaque. Il est nécessaire dans le cas d'une toiture « chaude ».

6. Étanchéité en cordon préformé, utilisée en complément des recouvrements obligatoires entre plaques (2<sup>e</sup> tableau ci-contre). Elle est collée à la face supérieure de la plaque inférieure, puis serrée par la plaque supérieure au moment de sa fixation. La distance maximale entre le cordon d'étanchéité et la vis de fixation est de 30 mm.

*Cas des plaques cintrées* : dans les cas où les pentes descendent en dessous de 15 % et quand le recouvrement transversal est inférieur à 200 mm, la jonction longitudinale des plaques cintrées doit également être munie d'un cordon d'étanchéité inséré entre la face inférieure de la nervure emboîtante et la face supérieure de la nervure emboîtée (fig. 22.7, détail (20)).

## REMARQUE

D'une manière générale, et dans le cas des plaques cintrées en particulier, chaque plaque ayant une étanchéité longitudinale (entre le dessus de la nervure emboîtée et le dessous de la nervure emboîtante) doit également avoir une étanchéité (6) au recouvrement transversal, sinon il y a un risque d'écartement entre la plaque supérieure et la plaque inférieure. Les plaques cintrées lisses dont la géométrie des nervures est déformée doivent être assemblées avec des plaques planes ayant subi une adaptation à cette géométrie.

7. Feutre tendu sur les pannes (9). C'est un isolant en fibres minérales comprenant un pare-vapeur sur sa face inférieure. Le feutre tendu doit être en contact avec la face inférieure des tôles nervurées – c'est le dispositif de la toiture « chaude ».

8. Isolant muni d'un pare-vapeur de perméance  $\leq 0,02 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$  – c'est le dispositif de la toiture « froide ».

9. Pannes portant les plaques de couverture.

## Correspondance entre exigences d'étanchéité et courbure

Les rayons de courbure des couvertures (ou parties de couverture) à rayon constant indiqués dans le tableau 22.9 résultent de la règle énoncée au § 22.8.4 et des pentes minimales données à la figure 22.8.

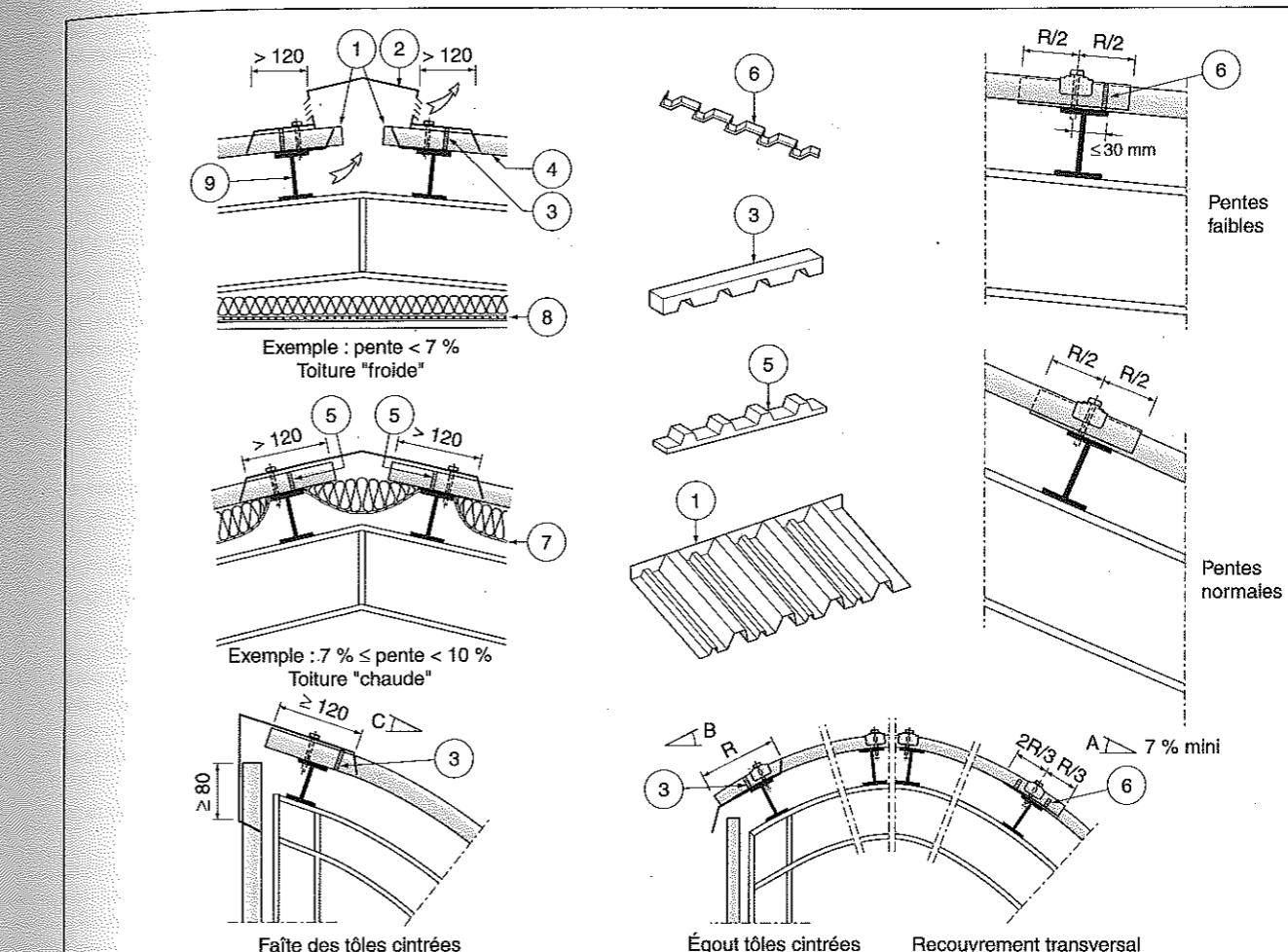
Tableau 22.9 – Rayon maximal (en m) de la courbe en fonction de la corde horizontale L et de la pente minimale aux deux extrémités<sup>(1)</sup>

L (en m)	Pente minimale de 5 %	Pente minimale de 10 %	Pente minimale de 15 %
4	40	29	13
8	80	57	27
10	100	71	34
12	120	85	40
15	150	107	50

(1) La valeur calculée du rayon est toujours arrondie au nombre entier inférieur.

## Couvertures dites « sèches » en tôles d'acier nervurées : pentes, recouvrements et étanchéités

Figure 22.8



Pentes minimales des tôles acier nervurées (les chiffres entre parenthèses s'appliquent aux tôles en aluminium dans les cas où leur règle est différente).

	Zone I	Zone II		Zone III		Longueur maximale du rampant
		Situation protégée	Situation normale	Situation exposée	Situation protégée	
Simultanément :						
1- pas de pénétrations	$h \geq 35 \text{ mm}$	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
2- pas de plaques translucides	$h < 35 \text{ mm}$	7 % (10 %)	7 % (10 %)	7 % (10 %)	7 % (10 %)	15 % (20 m)
3- plaques de longueur égale au rampant et dans le cas de tôles nervurées cintrées : pentes minimales aux points B et C						
Autres cas (mais : tôles cintrées, point A minimum 7 % partout et étanchéité obligatoire)	$h \geq 35 \text{ mm}$	7 %	7 %	10 %*	7 %	10 %*
	$h < 35 \text{ mm}$	10 %* (15 %*)	10 %* (15 %*)	15 %* (15 %*)	10 %* (15 %*)	15 % (20 %)
* Si la couverture ne comprend pas de plaques nervurées translucides on peut ramener la pente minimale à 7 % en utilisant des compléments d'étanchéité transversaux.						

Recouvrement (R) minimal des tôles nervurées (acier et aluminium) selon la pente.

Pentes	Zone I	Zone II	Zone III
7 % $\leq$ Pentes $< 10 \%$	300	300	300
10 % $\leq$ Pentes $< 15 \%$	200	200	200
Pentes $\geq 15 \%$	150	150	150

Avec compléments d'étanchéité R sera entre 150 et 200 mm

Nota : les règles des tôles ondulées sont exposées au DTU 40.32. Elles exigent des pentes minimales de 25 %, mais il est possible d'utiliser des pentes inférieures selon les indications des fabricants concernant chaque type particulier de plaque (voir tableau 22.5).

Figure 22.9

## Couvertures dites « sèches » en plaques de tôle nervurée : exemple de toiture chaude

Les toitures dites « chaudes » sont organisées de manière à éviter le contact du dessous des tôles avec l'air extérieur, afin d'empêcher la formation de condensats à leur surface. Ces dispositifs ne fonctionnent que dans le cas de locaux à hygrométrie faible ou moyenne ( $W/n < 5,0 \text{ g/m}^3$  – voir partie 1, chap. 4), et ne peuvent être mis en œuvre que s'ils sont admis par l'avis technique du CSTB relatif au feutre tendu.

1. Cornière en acier reliant et rigidifiant les baïonnettes (4) qui soutiennent l'acrotère.
2. Couverte en acier galvanisé prélaqué, protégeant le haut de la paroi verticale.
3. Profilé formé à froid en forme d'oméga ou de C : appui supérieur du bardage extérieur.
4. Pièce en acier soudée au poteau, souvent appelée « baïonnette », qui soutient les bardages (7) et (7b) de l'acrotère.
5. Cornière en acier supportant le bardage (7b) et le relevé de la pièce de raccord (6).
6. Pièce en acier galvanisé prélaqué reliant le bardage intérieur de l'acrotère (7b) à la couverture (20) assurant l'étanchéité de la jonction. Sa forme ressemble à celle de la pièce (9) de la figure 22.5, posée à l'envers.
- 6b. Obturateurs en mousse du type renfort d'étanchéité (fig. 22.8, détail (3)) et du type imperméabilisant à l'air (fig. 22.8, détail (5)), ce dernier étant nécessaire au bon fonctionnement de la toiture dite « chaude ».
- 7.7b. Contre-bardage vertical en tôle d'acier galvanisé prélaqué à l'extérieur (7) et du côté intérieur de l'acrotère (7b).
8. Isolant en deux couches : l'une remplit les plateaux (9), l'autre passe devant eux afin de diminuer les ponts thermiques de leurs jonctions avec le bardage (7). La satisfaction des exigences d'économies d'énergie implique une épaisseur d'isolant supérieure à 100 mm.
9. Plateaux en tôle d'acier galvanisé prélaqué (fig. 22.4) sur lesquels s'appuie le bardage (7) par l'intermédiaire des lisses verticales (fig. 22.5 et fig. 22.6). Leur profondeur est déterminée principalement par les exigences d'économie d'énergie, c'est-à-dire par l'épaisseur de l'isolant, et de résistance au vent.
10. Lisse horizontale tubulaire en acier formant le précadre des fenêtres (12).
11. Bavette en acier galvanisé prélaqué en forme de Z. Elle dirige l'eau infiltrée derrière le bardage vers l'extérieur et protège le haut de la fenêtre (12).
12. Menuiserie fixe (ou ouvrante) en profilés tubulaires en acier galvanisé prélaqué (ou en aluminium). Un rapport de la surface vitrée au périmètre de la menuiserie trop petit peut nécessiter la mise en œuvre d'un modèle à rupture de pont thermique (fig. 22.4 – voir aussi fig. 21.5 et 21.7).
13. Bas du bardage extérieur qui recouvre le relief (25) du chéneau encaissé.
14. 14b. Pannes situées en bas de pente (14) – portant la saillie de la tôle de couverture – et au faîte (14b) – portant le haut des tôles de couverture et la pièce de faîtière (16). La saillie maximale des plaques en porte-à-faux (par rapport à la fixation) autorisée est de 400 mm pour l'acier et de 250 mm pour l'aluminium.
15. Feutre tendu en laine minérale revêtue d'un pare-vapeur (27), déroulé du haut vers le bas sur tout le rampant si possible, dans le sens perpendiculaire aux pannes, et fixé sur ces dernières par vissage. Il existe des feutres tendus permettant l'insertion d'un supplément d'isolant thermique entre la panne et le feutre afin de diminuer le pont thermique à cet endroit.

La continuité du pare-vapeur est assurée par l'agrafage de languettes aux bords des lés du feutre tendu. L'épaisseur de l'isolant sera au moins de 140 mm afin de satisfaire au règlement des économies d'énergie.

16. 16b. 16c. Pièce faîtière (16) en acier galvanisé prélaqué avec plis crantés (16b) qui obturent l'espace entre les nervures de la tôle de couverture (20). La division en deux pièces séparées est une variante (voir détail (16c)) qui s'adapte à des angles différents entre les deux rampants. Le recouvrement minimal entre faîtières est de 100 mm (dans le sens des vents dominants).

17. Obturateur dont la fonction est d'éviter l'entrée de l'air extérieur sous la couverture (20), selon le principe de la toiture « chaude », censé éviter les condensations. Il sert aussi à améliorer l'étanchéité à l'eau en bas de pente.

18. Pièce en acier galvanisé (éventuellement prélaqué, en cas d'atmosphère agressive) assurant la continuité entre les deux rampants, selon le principe de la toiture « chaude ».

19. Obturateur fonctionnant comme un complément d'étanchéité et bloquant l'entrée de l'air extérieur sous la faîtière (16).

20. Plaque de couverture. La saillie maximale autorisée en porte-à-faux (par rapport à la fixation) est de 400 mm pour l'acier et de 250 mm pour l'aluminium.

21. 21b. Bande d'égout faisant jet d'eau en bas de pente et assurant l'étanchéité à l'eau et à l'air. La saillie par rapport au chéneau est supérieure à 50 mm, et la largeur minimale du pli jet d'eau est de 45 mm (détail (21b)). En partie supérieure, la bande est crantée (détail (21)) afin d'obturer les espaces entre les nervures de la couverture (20).

22. Capotage en tôle pliée d'acier galvanisé prélaqué couvrant le chéneau en acier galvanisé.

23. Corbeau tubulaire soudé au poteau (24) et servant à porter le chéneau et à attacher la protection collective pendant les travaux d'entretien du toit (voir partie 3 – Annexes, chap. 28).

24. Poteau en acier de l'ossature de la halle et de son pignon.

25. Chéneau encaissé en acier galvanisé, appuyé sur l'arbalétrier (26) de la charpente en acier.

26. Arbalétrier en acier du portique.

26b. Arbalétrier en acier du pan de fer du pignon (fig. 22.2).

27. Pare-vapeur du feutre tendu. Sa continuité doit être assurée par l'agrafage soigné des languettes longitudinales. La perméance à la vapeur d'eau est généralement de l'ordre de  $0,001 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$ .

28. Plafond en plaques d'acier ou de fibres dont le but est de fournir une finition adéquate, notamment un facteur de réflexion de la lumière convenable (voir partie 1, chap. 7) et une absorption acoustique suffisante (voir partie 1, chap. 15, et fig. 26.15).

29. 29b. 29c. Pièces de formes diverses en acier galvanisé prélaqué formé à froid, dont la fonction est d'assurer la continuité de la paroi métallique intérieure du local. C'est une nécessité tant d'un point de vue architectural que pour assurer le bon fonctionnement de la toiture « chaude » en évitant l'infiltration de l'air extérieur.

30. Faîtière de couverture d'un seul rampant.

31. Faîtière de couverture d'un seul rampant cintrée par crantage-emboutissage.

32. Pièce de rive raccordant la couverture de tôles nervurées en acier galvanisé prélaqué au pignon. La largeur maximale admise est de 350 mm.

## Couvertures dites « sèches » en plaques de tôle nervurée : exemple de toiture chaude

Figure 22.9

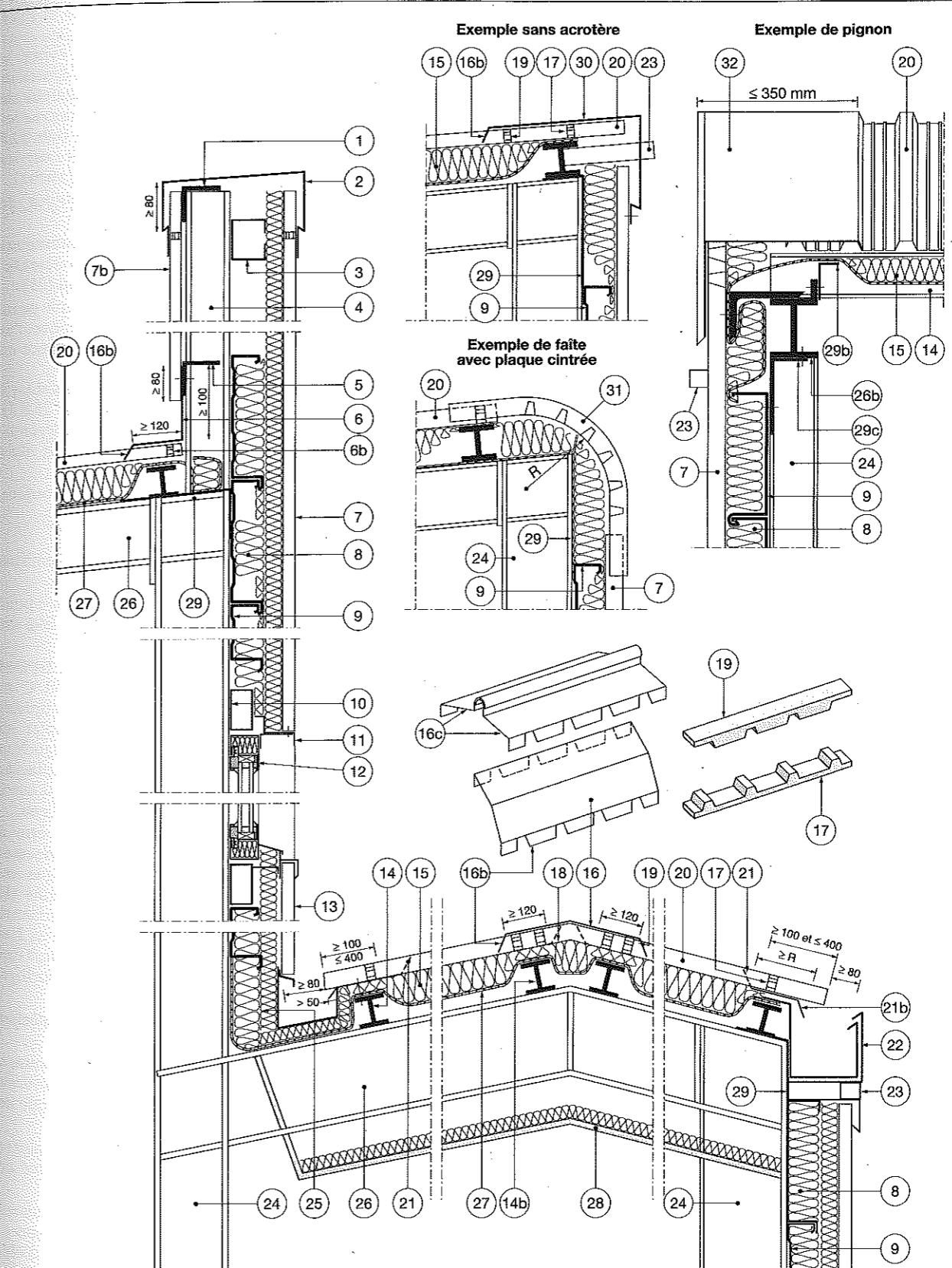


Figure 22.10

## Lanterneaux et saillies sur couverture « sèche » en plaques métalliques

Les lanterneaux remplissent trois fonctions (éventuellement de manière conjointe) :

- l'éclairage naturel zénithal (voir partie 1, chap. 7 et tab. 7.16) ;
- le rafraîchissement par ventilation naturelle des locaux en saison chaude (ventilation dite « de confort ») ;
- l'évacuation des fumées en cas d'incendie (d'une manière simplifiée, il faut compter 1 m<sup>2</sup> d'ouverture pour désenfumer 100 m<sup>2</sup> de plancher – voir chap. 27).

Les matériaux utilisés sont le verre, le polycarbonate, le PVC et le polyméthacrylate de méthyle (voir partie 1, chap. 8). Ce dernier a une réaction au feu assez élevée.

## REMARQUES

- Sur les éléments éclairants en toiture et leur réaction au feu, voir partie 3 – Annexes, chap. 27 et tab. 27.1.
- Sur les restrictions concernant les pentes minimales en cas de saillie sur le toit (pénétration) ou en présence de plaques de polyester, de polycarbonate ou de PVC, voir tableau de la figure 22.8.
- Sur les exigences de sécurité contre la chute, voir partie 3 – Annexes, chap. 28.

1. Chevêtre entouré d'isolant afin d'éviter le pont thermique et le risque de condensation.

1b. Élément (solive) d'enchevêtrement portant entre deux pannes (7). Il est entouré d'isolant afin d'éviter le pont thermique et le risque de condensation.

2. Obturation des nervures principales et secondaires en amont. Ces formes sont obtenues soit par emboutissage (méthode coûteuse), soit par soudure (méthode courante).

2b. Obturation des nervures principales et secondaires en aval.

3. Costière. Il est nécessaire qu'elle soit isolée thermiquement afin, surtout, de diminuer le risque de condensation à sa surface (l'isolant thermique, lors de la fabrication, est pris entre deux épaisseurs d'acier ou de matière synthétique). Dans ce cas il convient que la coupole (13) soit elle-même en double vitrage (en polymère par exemple).

4. Base en acier de la costière du lanterneau. L'ensemble formé par la base et la costière est soudé. La galvanisation peut être effectuée soit après la soudure, soit avant, avec remise en état postérieure. Le prélaquage est effectué par la suite, avec cuisson au four éventuelle. Ce type d'élément existe aussi en polyester armé de fibres de verre peint dans la même couleur que la couverture.

5. Nervure emboîtante ou emboîtée.

6. Élément de structure principal (portique par exemple).

7. Pannes.

8. Plaque de toiture courante en tôle nervurée d'acier galvanisé prélaqué ou d'aluminium prélaqué.

9. 10. Isolation thermique continue (et acoustique) sous pannes. Ce procédé impose la réalisation d'une couverture dite « froide » :

– un pare-vapeur (10) de perméance à la vapeur d'eau  $\leq 0,02$  g/m<sup>2</sup>.h.mmHg, généralement incorporé au complexe, doit être disposé sous l'isolant (9). Le plafond en plaques ou dalles est probablement plus courant car il présente un aspect plus fini (fig. 22.4) ;

– le volume entre l'isolant et la couverture (le plenum) doit être ventilé. Pour chaque versant, la section des entrées et sorties d'air est de 1/2 000 de la surface pour les bâtiments à faible hygrométrie et de 1/1 000 de la surface pour les bâtiments à moyenne hygrométrie (ce procédé n'est pas autorisé pour les bâtiments à forte hygrométrie) ;

– l'épaisseur minimale de la lame d'air entre la tôle et l'isolant est de 40 mm ;

– la sous-face de la couverture comporte, pour éviter la condensation, soit un isolant thermique de faible épaisseur avec pare-vapeur disposé sur panne, soit un régulateur de condensation, produit appliqué sous les tôles nervurées agissant par absorption et stockage des condensats (tab. 22.8 – sur les dispositifs de ventilation basse : fig. 22.4 ; sur les dispositifs de ventilation haute : fig. 22.8, en haut à gauche).

11. Cadre métallique pinçant le feutre tendu autour de l'enchevêtrement.

12. Cadre mobile du lanterneau. Il existe des lanterneaux à double cadre : l'un est actionné par les vérins de désenfumage, l'autre par les vérins de ventilation (voir détail (21)).

13. Coupole translucide du lanterneau. Elle est à simple peau, ou à double peau pour une meilleure isolation thermique. Par mesure de sécurité contre l'incendie, elle est de préférence en matériau de catégorie M0 et non gouttant.

Il existe des coupoles de lanterneaux antichute qui résistent à un impact équivalent à une énergie de 1 200 J (voir § 26.8.2). Cependant celles-ci peuvent être ouvertes pour le désenfumage, la ventilation, l'entretien... La protection n'est alors plus assurée (voir (23)).

14. Cadre fixe du lanterneau qui vient en appui sur la costière, recouvert par le cadre mobile en position fermée.

15. Soudure de la base à l'entourage nervuré.

16. Joint d'étanchéité écrasé lors du montage entre l'embase et la plaque de couverture.

17. Embase ronde ou carrée en aluminium déformable pour s'adapter à tous les profils de nervures ou d'ondes. Elle est fixée par vis autoperceuses.

18. 19. 20. Manchon conique d'étanchéité (18) en EPDM (supportant des températures comprises entre -50 °C et +120 °C) ou en silicone (pour des températures comprises entre -70 °C et +225 °C). Il est coupé pour s'adapter au diamètre de l'objet traversant la couverture (20). Le manchon ne doit pas recouvrir plus d'une nervure (19) de la plaque. Entre deux nervures, la largeur laissée libre de part et d'autre de l'embase doit être  $\geq 30$  mm pour l'écoulement de l'eau.

21. Vérins d'ouverture du lanterneau. Ils peuvent être à commande (ouverture et fermeture) mécanique ou pneumatique pour le désenfumage, mécanique, pneumatique ou électrique pour la ventilation de confort. Les vérins de désenfumage, qui s'ouvrent dans le sens des vents dominants, doivent permettre une ouverture à 135° de la coupole. Les vérins de ventilation peuvent être asservis, par exemple, à des sondes de détection de la pluie ou du vent, ou à une horloge, qui commandent leur fermeture automatique.

22. Tendeur sollicité en cas de vent fort pour empêcher l'arrachement des vérins.

23. Grille de protection contre la chute des personnes. L'ensemble formé par les supports, la grille et les fixations doit pouvoir résister à un impact équivalent à une énergie de 1 200 J (voir détail (13)).

24. Plaque nervurée ayant la même géométrie que les autres plaques de couverture. Elle est moulée en polyester armé de fibres de verre.

25. Costière en polyester armé de fibres de verre faisant partie de la plaque (24). Les restrictions relatives aux pentes minimales en cas de saillie (pénétration) ou en présence d'éléments éclairants nervurés en polyester ou autre polymère sont indiquées dans le tableau de la figure 22.8.

## Lanterneaux et saillies sur couverture « sèche » en plaques métalliques

Figure 22.10

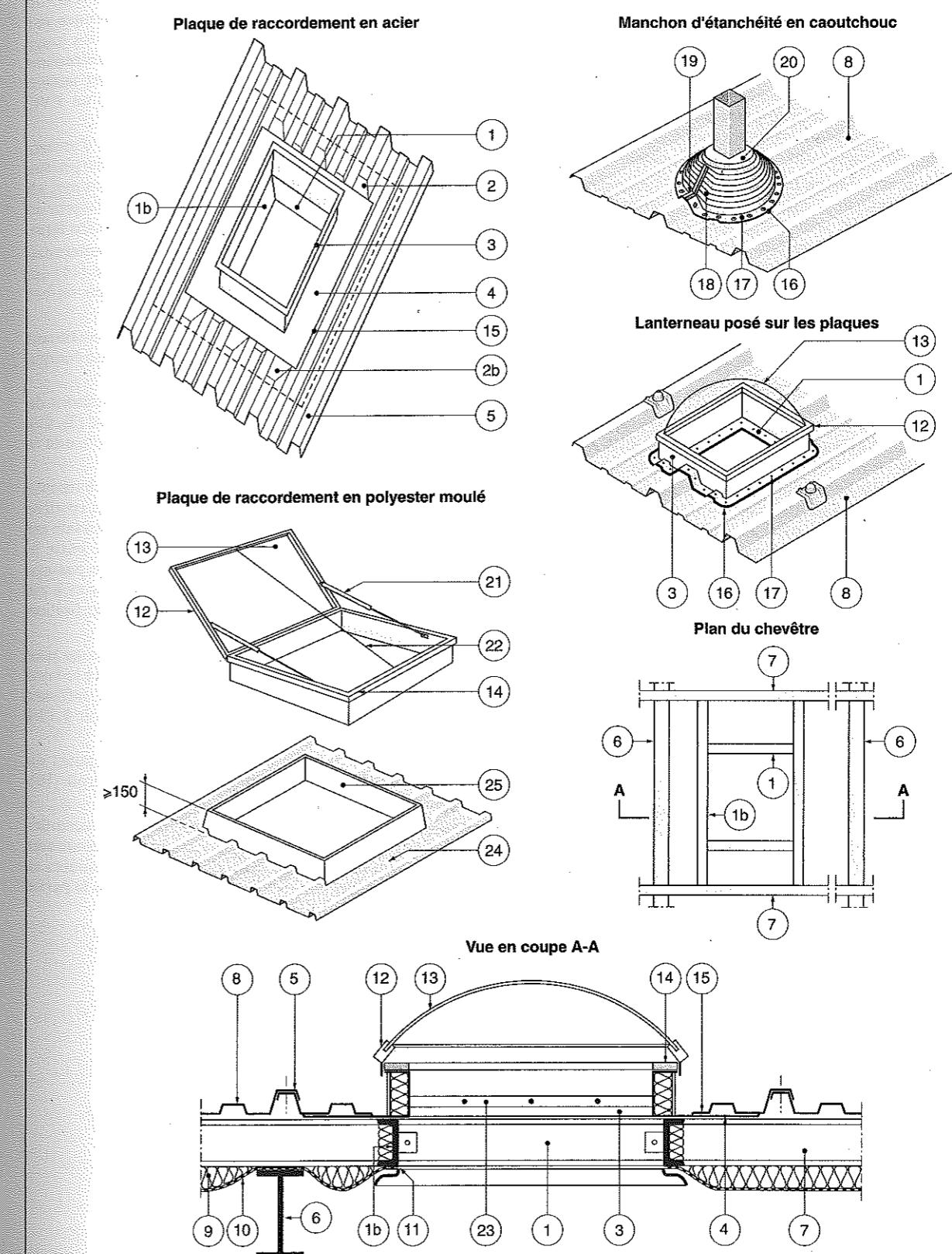


Figure 22.11

## Couvertures dites « sèches » en plaques métalliques : exemple de lanterneau en voûte à faîte

1. Pièce de finition (cadre) de rive du lanterneau. Entre cette pièce et la surface du matériau de remplissage éclairant (8), le joint (6) n'est pas entièrement étanche à l'eau : des orifices assurent son évacuation. C'est la fonction de drainage de l'arceau et d'équilibrage des pressions (voir fig. 26.12). La feuillure dans laquelle le remplissage éclairant (8) est inséré doit être suffisamment haute pour permettre les mouvements des éclairants (8) en polymère, car leurs coefficients de dilatation thermique sont importants (voir partie 1, chap. 8).

2. Accessoires de couverture façonnés pour le raccordement de la costière du lanterneau avec les plaques courantes et en assurant l'étanchéité. Ils sont vissés sur les costières et les plaques et forment une demi-faîtère crantée sur les rives horizontales du lanterneau.

3. Plaque de toiture en tôle nervurée d'acier galvanisé prélaqué ou d'aluminium prélaqué.

4. Isolation thermique (et acoustique) continue, déroulée sur les pannes avant la pose des plaques de couverture. Les isolants thermiques en laine de verre sont du type « feutre tendu » avec pare-vapeur. Ce procédé impose la réalisation d'une couverture dite « chaude » (non ventilée). Ainsi, des closoirs en mousse doivent fermer les creux des nervures ou ondes à la périphérie de la toiture et au faîte. Par ailleurs, il faut veiller tout particulièrement à éviter les entrées d'air aux points singuliers – pénétrations, accessoires de toiture (voir détails (12) et (13)), jonctions avec les plaques éclairantes – et vérifier le recouvrement des languettes du pare-vapeur au niveau des raccordements agrafés des lés.

Ce type d'isolation est réservé aux bâtiments à hygrométrie faible ou moyenne. L'entraxe des pannes dépend des caractéristiques du produit. Le festonnage peut être limité par l'emploi de fils ou de grillages tendus parallèlement aux pannes.

5. 5a. Pannes (5). Quand le lanterneau est disposé comme ici au faîte, il est porté dans le sens longitudinal par les pannes faîtères, convenablement écartées. Entre deux lanternneaux, il faut ajouter deux pannes faîtères normalement rapprochées. Entre les pannes (5), il convient de créer des enchevêtrures (5a) destinées à porter les costières transversales de l'extrémité (12) du lanterneau et, éventuellement, les pannes faîtères (quand l'extrémité du lanterneau n'est pas située sur une traverse de portique).

6. Joint en garniture polymère entre le cadre (1) et le matériau translucide ou transparent du lanterneau (8).

7. Profils serreurs cintrés en aluminium (voir chap. 26).

8. 8a. Matériau alvéolaire translucide, transparent, lisse ou strié, constitué de deux ou trois épaisseurs maintenues par des cloisons. Il convient d'obturer les extrémités des longs alvéoles afin d'éviter la condensation et l'empoussièrement entre les couches. Ce matériau est thermiquement isolant – il s'agit généralement d'un polycarbonate ou d'un PVC (fig. 22.10 – voir aussi partie 1, chap. 8).

9. Partie inférieure du profil de verrière, en forme d'arceau, portant le remplissage éclairant et transmettant les charges aux costières (13), tandis que le serreur vissé (7) le maintient en place et assure l'étanchéité. En fonction de la portée (largeur du lanterneau), le profil inférieur a une inertie plus ou moins forte. Les mêmes profils sont utilisés aux extrémités du lanterneau (« pignons ») : ils tiennent un U en aluminium cintré (14) qui maintient le remplissage plan du « pignon » (croquis en bas à droite).

10. Système de câbles reliant les arceaux (9) et constituant avec eux une sécurité contre les chutes engageant une énergie équivalente à 1 200 J (voir § 26.8 et § 28.3.2.2).

11. Pontets (fig. 22.7, détail (12)) situés sous les fixations de la nervure de rive coupée de la plaque de couverture (3). Ces fixations assurent également le pincement du feutre tendu et de son pare-vapeur.

12. 13. Costières isolées. Elles s'appuient sur la charpente (pannes ou chevêtres), et portent le lanterneau. La costière longitudinale est horizontale (13), la costière transversale est adaptée aux pentes des versants (12). La continuité entre le pare-vapeur et la costière est assurée afin d'éviter le passage de l'air : le pare-vapeur monte le long des costières et il est solidement pincé entre la costière et l'accessoire de finition (voir détails (17) et (2)).

14. U cintré en aluminium qui maintient le remplissage plan du « pignon ». L'écart entre le fond du profil en U et le bord supérieur du remplissage éclairant (8a) doit être suffisant pour permettre la libre dilatation de ce dernier (voir § 13.4 et fig. 13.4).

15. 16. Partie inférieure du remplissage aux extrémités du lanterneau, maintenue par un profil drainé en U droit (16), fixé (détail (15)) sur la costière (12).

17. Accessoires de couverture façonnés pour le raccordement de la costière du lanterneau avec les plaques courantes et en assurer l'étanchéité. Ils sont vissés sur les costières et les plaques et forment une rive à recouvrement dans la partie « pignon » du lanterneau (suivant la pente).

18. Pièce d'angle raccordant les accessoires (2) et (17).

## Couvertures dites « sèches » en plaques métalliques : exemple de lanterneau en voûte à faîte

Figure 22.11

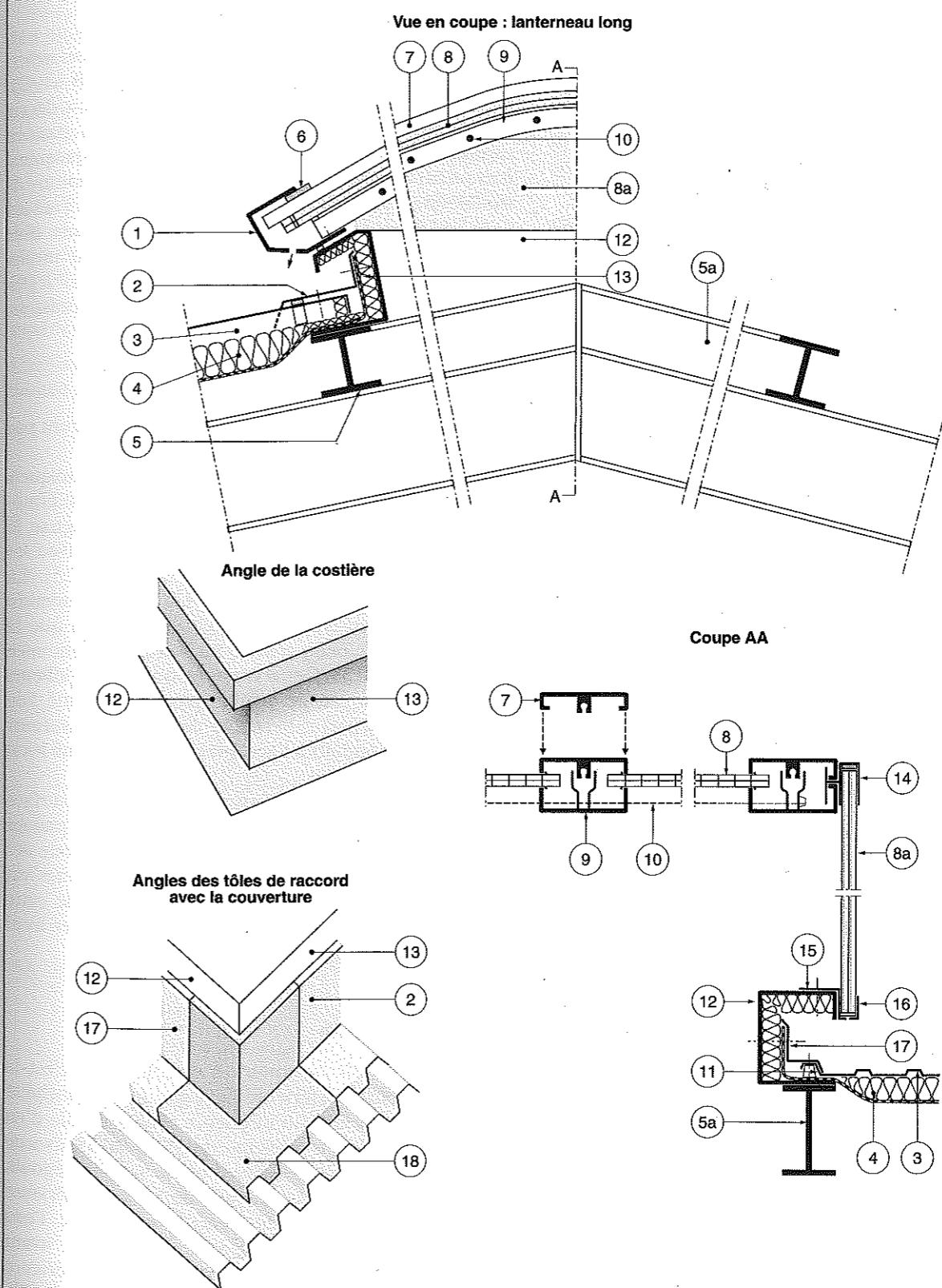


Figure 22.12

## Exemple de toiture double peau courbe croisée « chaude » en tôle d'acier nervurée et bacs sertis en aluminium

Les bacs à sertir, le plus souvent en aluminium, ont une largeur variant de 0,3 à 0,4 m et peuvent atteindre de très grandes longueurs, jusqu'à 100 m. Les difficultés de transport de tels éléments peuvent conduire à un pliage sur chantier, la tôle y arrivant en bobines.

L'avantage de tôles aussi longues est de supprimer les jonctions transversales, lieux de faiblesse de l'étanchéité. Les jonctions longitudinales entre les bacs adjacents se font par sertissage sur des pattes de support, évitant ainsi le perçage de la surface des bacs. Ce mode d'assemblage ressemble beaucoup au système des joints debout des couvertures en feuilles métalliques de zinc ou cuivre (voir chap. 24). L'aspect extérieur obtenu en est également très proche. Cependant que les bacs sertis peuvent franchir des portées de 1,5 à 3 m (selon les charges) tandis que les feuilles métalliques, moins résistantes mécaniquement, doivent être supportées sur toute leur surface.

La grande longueur des tôles et leur mode d'assemblage permettent de couvrir des rampants de grande longueur et de très faible pente – en dessous de 5 % ( $3^\circ$ ). Des joints transversaux peuvent être mis en œuvre pour des raisons pratiques, de transport ou de levage par exemple, à condition que la pente soit supérieure à 10 %. Du fait des changements de température, des tôles aussi longues cumulent de grands mouvements qu'il ne faut surtout pas entraver, au risque d'une déchirure du métal. En conséquence, les bacs sont fixés en un seul point, généralement en haut de pente, les autres appuis des bacs sur les pattes de support étant glissants. Sur un rampant de 50 m, des déplacements d'une amplitude de 60 mm en bas de pente sont prévisibles (voir § 13.4 et fig. 13.4). La conséquence de ces dispositions est que tous les efforts allant dans le sens de la pente sont transmis au point fixe, qui doit résister à ces efforts et les transmettre aux pannes de l'ossature principale. Il est assez aisément de cintrer les bacs. Ainsi, par exemple, un rayon minimal de 40 à 50 m peut être obtenu en cintrage « naturel », selon le matériau, son épaisseur et la forme du bac. Le rayon de cintrage mécanique (forcé) peut atteindre près de 3 m.

L'intérêt de l'exemple ci-contre réside dans l'orientation de la tôle nervurée de la peau inférieure en acier, qui lui permet d'épouser presque n'importe quelle courbe, tandis que la peau supérieure en bacs d'aluminium sertis est cintrée naturellement ou mécaniquement. Le dessus des pannes portant les tôles inférieures doivent suivre la forme courbe du toit.

Du fait de l'obligation de percer les plaques nervurées inférieures en fixant les pannes (6), l'usage du système présenté est limité aux locaux d'hygrométrie faible ou moyenne (voir partie 1, chap. 4).

1. Bacs fixés en haut de la pente. Les bacs (4) et (5) sont libres de se dilater et de rétrécir par rapport à ce point fixe qui peut résister à des efforts tangentiels aux bacs.

2. Patte spéciale en haut de la pente. Elle doit transmettre les sollicitations mécaniques venant de la fixation (1) vers la panne spéciale (3), qui les transmet à l'ossature (21).

3. Panne intermédiaire (« fausse panne ») spéciale transmettant les sollicitations du point fixe vers l'ossature (21).

4. Partie basse du profil du bac en aluminium (d'une largeur de 0,3 à 0,4 m).

5. Côtés relevés du bac en aluminium ; ils sont sertis (5b).

5b. Arrondis du sertissage, dont la forme est préparée avant le sertissage proprement dit sur le toit.

6. Panne intermédiaire courante (appelée aussi « fausse panne »). L'écartement des pannes (de 1,5 à 3 m) dépend de la forme et de l'épaisseur des bacs et des charges. Elle transmet les charges perpendiculaires aux bacs (4) à l'ossature principale (21).

7. 7b. Patte courante (7) vissée aux pannes (6). La moulure supérieure (7b) de la patte est insérée entre les tôles serties et leur laisse la liberté de glisser vers le bas (croquis en bas à droite).

7c. Rupteurs de pont thermique sous la base de la patte (7), fixée à la panne (6) (croquis en bas à droite). Les rupteurs, ainsi que les cales sous pannes, servent également à amortir les vibrations bruyantes des bacs sous la pluie.

8. Tôle nervurée inférieure en acier galvanisé (éventuellement prélaqué) épousant la courbe des poutres ou des portiques (21).

8b. Pare-vapeur collé à froid ou à chaud à la tôle (8).

9. 10. Coupe-larmes (9) fixé ou soudé en bas de pente aux extrémités saillantes (10) qui doivent pouvoir se dilater et rétrécir de plusieurs dizaines de millimètres sans compromettre l'étanchéité. La saillie maximale autorisée en pote-à-faux est de 250 mm pour l'aluminium (se conformer aux indications du fabricant dans les autres cas).

11. 12. Chéneau (12) placé au dessus de l'isolant (11) en verre cellulaire par exemple afin de résister au poids.

13. 14. 14b. Capotage (13) raccordant la façade au chéneau (12) tout en cachant ce dernier. Le capotage est supporté par les pièces d'appui (14) elles mêmes portées par la saillie (14b) du corbeau en acier (17).

15. 15b. Pièce en aluminium (15b) cachant à la vue l'obturateur en polymère (15) qui remplit l'espace entre les bacs (4) posés verticalement et le capot (13) ou la pièce de rive (20).

16. 16b. Deux couches d'isolant, l'une inférieure (16) l'autre supérieure (16b), passant au dessus des pannes. Les seuls ponts thermiques sont situés aux points de contact des bacs (4) avec les pattes (7).

17. Isolant vertical de la façade.

18. Lisse supérieure spéciale de la façade. Elle doit résister au poids du bac (4) qui lui est transmis par la fixation supérieure (1) et la patte spéciale (2).

19. Poteau de l'ossature ou du portique principal (en acier dans cet exemple).

20. 20b. Pièce de raccord et de capotage en rive (20). Elle recouvre la façade et protège le dernier bac par sa saillie de 50 mm au minimum (20b). La largeur b est égale à l'épaisseur de l'isolant augmentée de 50 mm au minimum. Elle a une pente vers le toit d'au moins 10 %. Le recouvrement entre les éléments (20) dépend de la pente et de la zone de concomitance de vent et de pluie (sur les recouvrements transversaux des tôles nervurées en acier et aluminium : fig. 22.8 – voir aussi partie 1, chap. 13).

20c. 20d. Solin en rive clippé aux pattes spéciales (20d), elles-mêmes vissées aux pattes courantes (7).

21. Ossature principale courbe (en acier dans cet exemple).

21b. Ossature courbe (en bois dans ce croquis).

Exemple de toiture double peau courbe croisée « chaude » en tôle d'acier nervurée et bacs sertis en aluminium

Figure 22.12

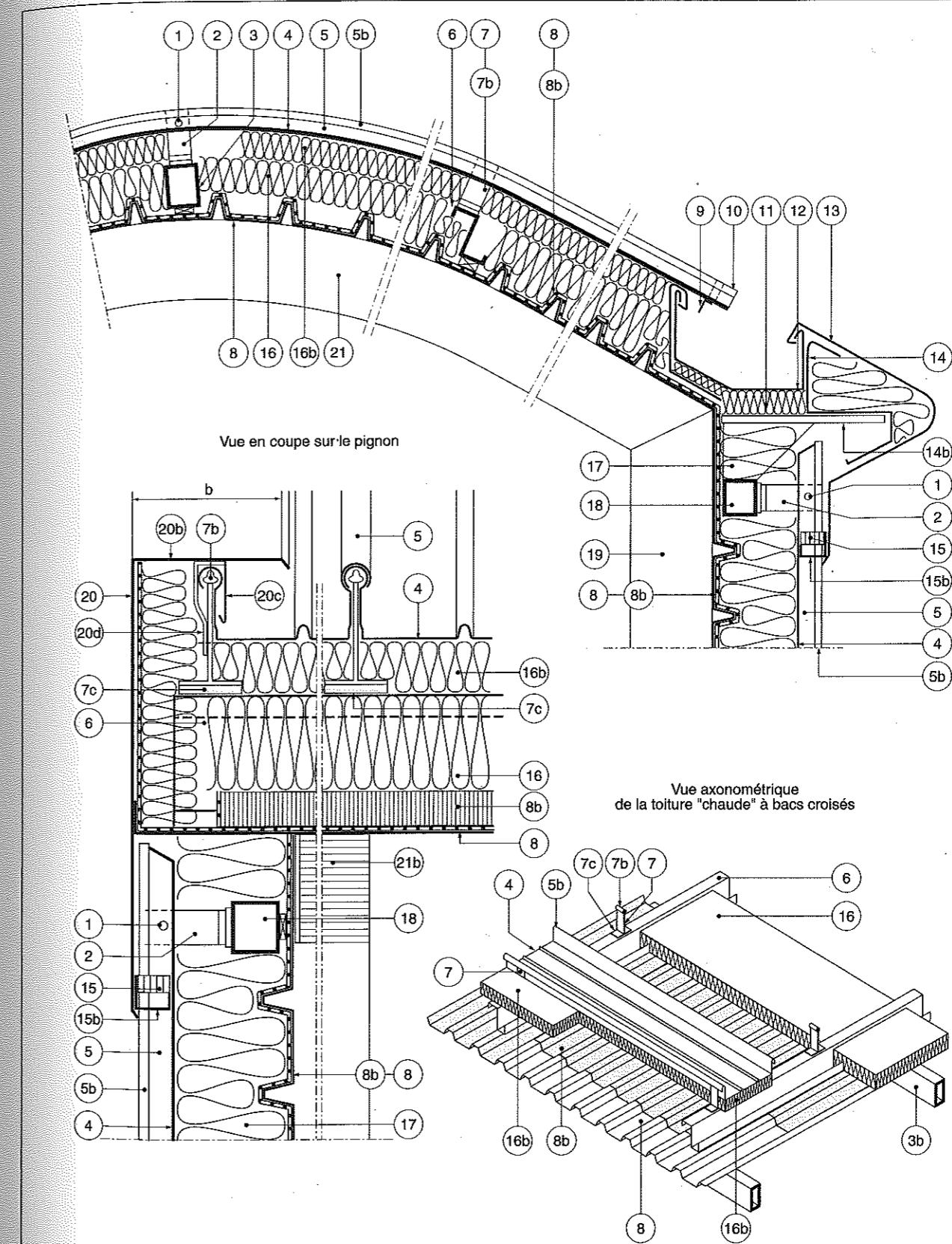


Figure  
23.

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées : organisation de l'ossature

Pour une lecture plus approfondie de l'exemple ci-dessous, se reporter aux figures 23.2, 23.3 et 22.2.

1. Panne sablière (ou plutôt poutre, du fait de ses dimensions [portée > 8 m]) de section augmentée car elle porte, dans cet exemple, des tôles cintrées, les éléments porteurs (3a) et la noue de rive à pente zéro. L'orientation des nervures de ces tôles dans le sens de la pente (fig. 23.2, en bas) est préférable du point de vue de la période de construction et économiquement justifiable quand la courbure est faible et si la tôle épouse naturellement la forme du toit, sans mise en forme préalable en usine. Les tôles peuvent être également posées dans le sens contraire, parallèle à la noue, comme dans la partie du toit cintré (à gauche du croquis en bas de la figure 23.2), mais cela implique une autre organisation de l'ossature (il n'y a pas de pannes : voir détail (4)).
  - 1a. Panne courante (travée  $\leq 8$  m) portant les tôles droites et la noue de rive à pente zéro.
  2. Panne courante portant les tôles nervurées, leurs nervures étant généralement perpendiculaires à la panne.
  3. Élément d'ossature principal (ou arbalétrier) cintré portant les pannes (2) et ramenant les charges vers des poteaux à chacune de ses extrémités. Une action en portique est possible.
  - 3a. Élément d'ossature cintré intermédiaire semblable au (3) sauf qu'il est porté par les pannes sablières (1) et (5) et par la panne faîtière (16). Il porte les pannes (2), mais une action en portique n'est pas possible.
  - 3b. Élément d'ossature principal (ou arbalétrier) droit qui porte les pannes (2) et la panne faîtière (13) ou (13a), ramenant les charges vers des poteaux à chacune de ses extrémités. L'action en portique est possible.
  - 3c. Élément d'ossature droit semblable au (3b) sauf qu'il est porté par la panne sablière (12) ou (12a) et par la panne faîtière (13) ou (13a). Il porte les pannes (2), mais une action en portique n'est pas possible.
  4. Élément placé en continuité de l'élément (3a) mais ne portant pas de pannes car le sens des nervures des tôles est modifié (fig. 23.2, en bas). Pourvu que les nus supérieurs des ondes à la ligne (16) correspondent, il est possible de choisir des plaques de tôle nervurée plus résistantes que celles situées sur la partie droite (cintrée) de la toiture si l'écartement entre les éléments (4) l'exige.
  5. Panne sablière renforcée pour porter les éléments porteurs (4) et la noue à pente zéro. Le doublement de la panne permet le passage d'EEP d'un diamètre supérieur à 0,2 m (fig. 23.7, en haut à droite).
  6. Pannes portant les tôles nervurées, parallèles aux noues à pente (10) adjacentes (croquis en bas).
  7. Panne sablière portant les plaques en tôle nervurée et la rive à pente zéro (croquis en bas).

7a. Panne sablière renforcée portant la poutre intermédiaire (7c), les plaques en tôle nervurée et la noue à pente.

**7b.** Poutre principale en pente (croquis en bas et règles présentées en figure 23.3), portant les pannes (6).

### 7c. Poutre intermédiaire portant les pannes (6)

### 8. Poutre portant les pannes (6)

9. Autre poutre portant les pannes. La pente de celle-ci est légèrement différente de la pente de la poutre (8) afin de respecter les dispositions de pente et de noue (croquis en bas). Il est également possible de régler les pentes en utilisant des rehaussements de hauteur différente sous chaque appui de panne (6).

10. Panne portant les tôles (nervures perpendiculaires) et constituant la noue en pente (croquis en bas), dont les EEP sont situées au point bas.

**11.** Système d'enchevêtreture pour traversée ou saillie ayant une dimension supérieure à 0,2 m dans le sens perpendiculaire aux nervures des tôles (fig. 23.7, détail (20)).

**12. 12a.** Panne sablière (ou plutôt poutre, du fait de ses dimensions) unique (12a), doublée (12) dans le cas où l'angle entre les pentes des tôles nervurées est inférieur à 174° (fig. 23.6). Ces pannes portent l'élément d'ossature (3c) les tôles nervurées et la noue centrale (fig. 23.2) de pente zéro.

**13. 13a.** Panne faîtière (ou plutôt poutre, à cause de ses dimensions) unique (13a), doublée (13) dans le cas où l'angle entre les pentes des tôles nervurées est inférieur à 174° (fig. 23.6). Ces pannes portent l'élément d'ossature (3c) et les tôles nervurées.

**14.** Poteau avec EEP adjacente. C'est une disposition plus simple du point de vue de la construction de la DED (descente d'eaux pluviales), et plus discrète car cette dernière peut être accrochée au poteau. Mais du point de vue de la rapidité d'évacuation de l'eau, la solution en milieu de travée est meilleure (voir légende (14a)).

**14a.** Poteau n'ayant pas d'EEP ou poteau jouxtant une travée ayant une EEP au milieu, c'est-à-dire dans la zone de son tiers central. Pour pouvoir faire descendre la DEP le long du poteau, il faut prévoir des longueurs de liaison à la DEP plus ou moins inclinées, ainsi que les coudes correspondants. Les diamètres de ces éléments doivent être calculés séparément sur les bases du calcul hydraulique en tenant compte des surfaces drainées (fig. 23.3) et de l'hypothèse de l'orage (3 l/min/ par mètre carré selon le DTU 60.11).

15. Chevêtre portant le lanterneau (croquis en bas e fig. 23, 5).

**16.** Panne faîtière de section augmentée (ou plutôt poutre, d'fait de ses dimensions) portant les éléments (3a) et (4) ainsi que les tâles nervurées situées à sa droite (fig. 23.2, en bas).

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées : organisation de l'ossature

Figure  
23.1

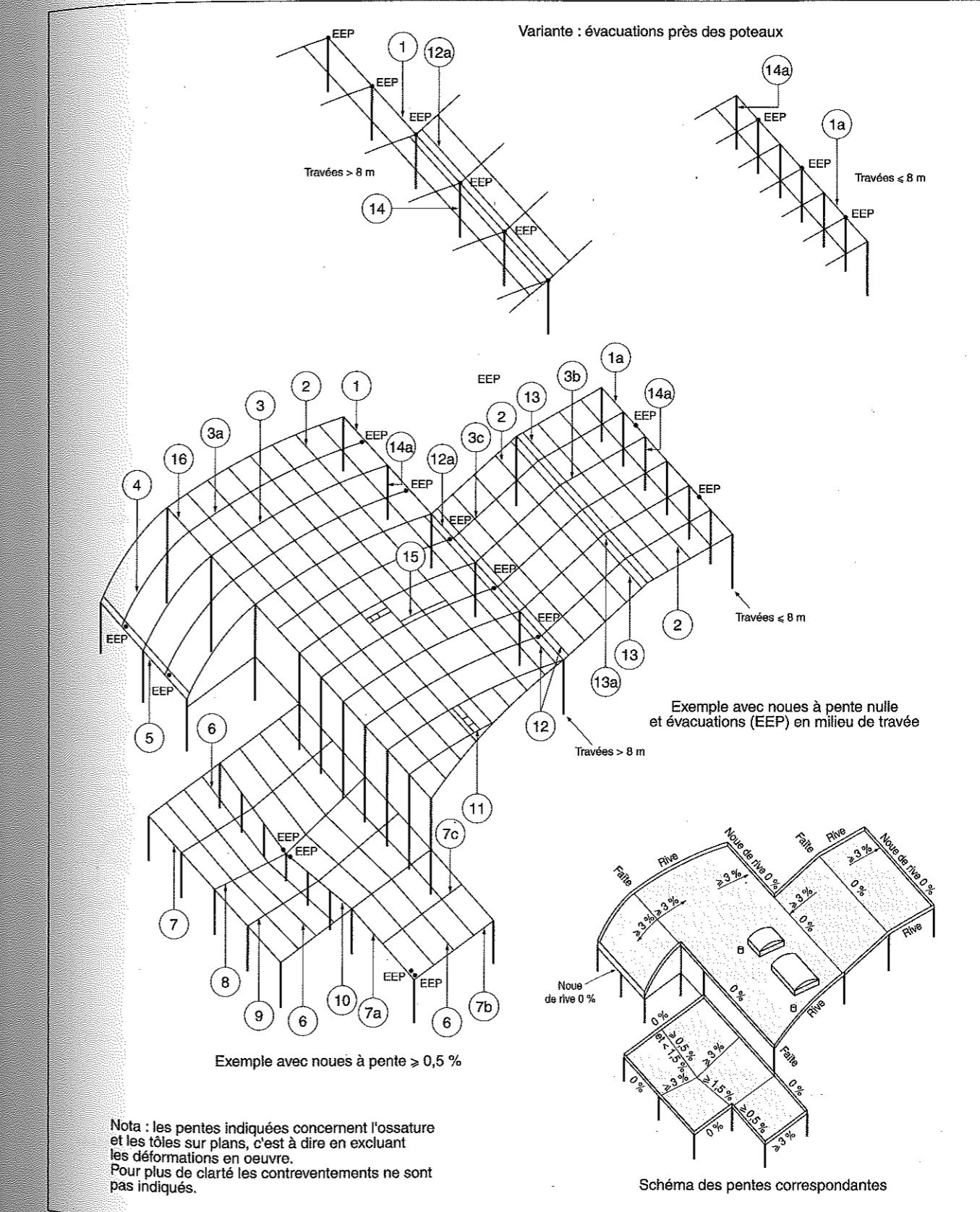
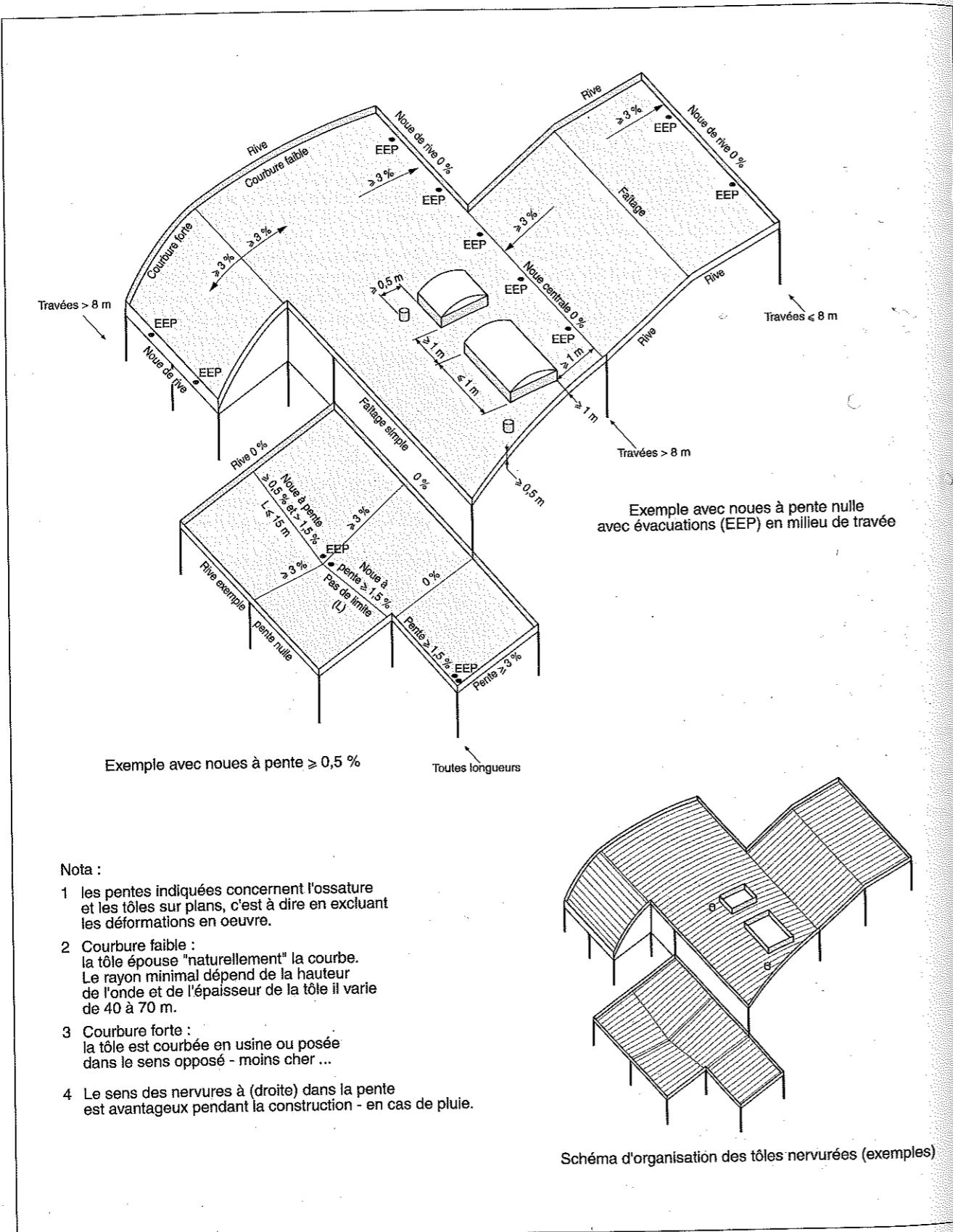


Figure 23.2

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées : pentes et dimensions



## Étanchéité sur tôles en acier nervurées : règles d'évacuation des eaux pluviales

Figure 23.3

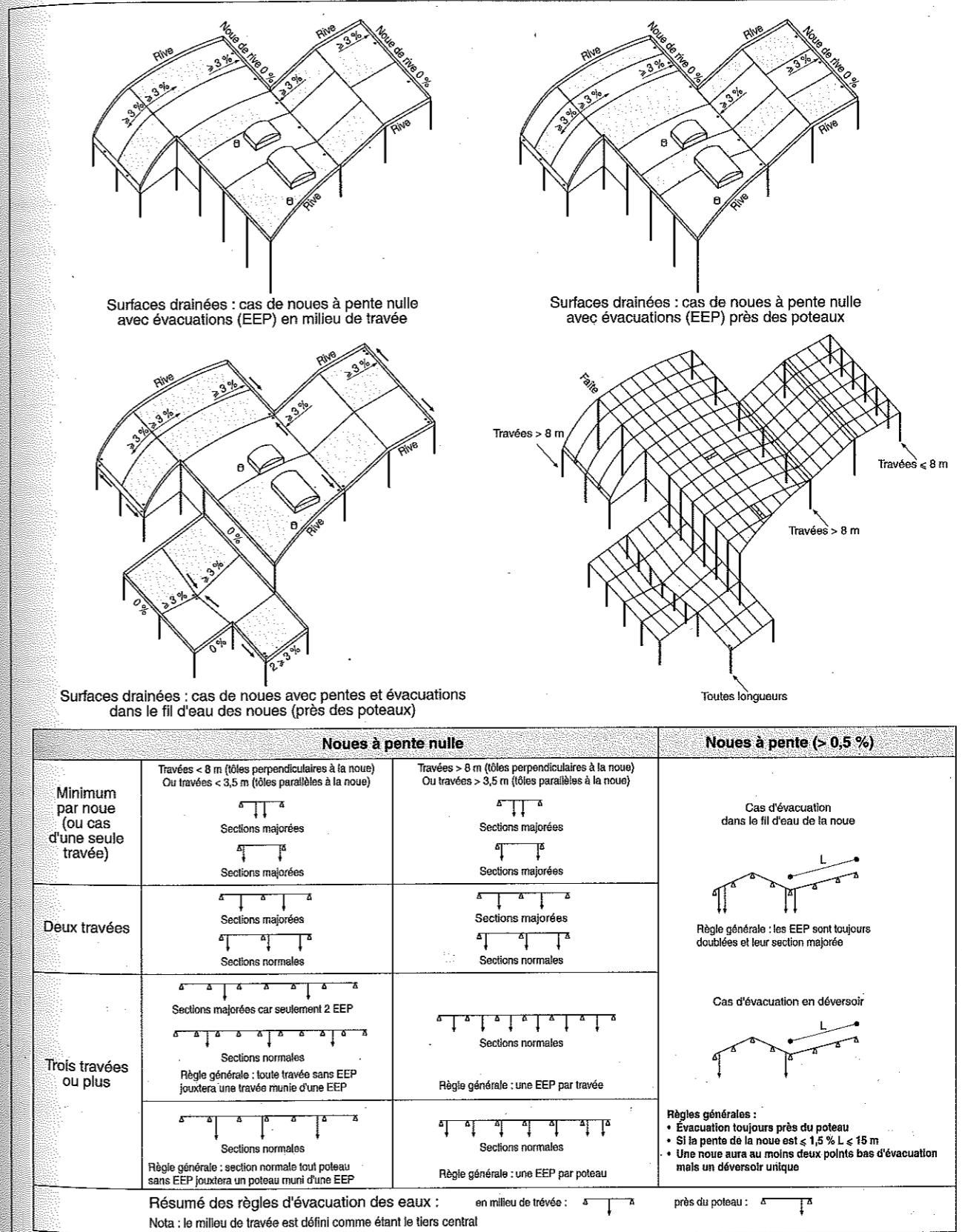


Figure 23.4 Étanchéité sur tôles en acier nervurées : systèmes soudés ou fixés mécaniquement courants et dispositifs en hygrométrie élevée

Les systèmes courants sont illustrés en haut de la figure, les systèmes à fixations cachées au centre, les systèmes adaptés aux locaux à forte ou très forte hygrométrie en bas.

### Systèmes courants

L'étanchéité autoprotégée est soudée ou fixée mécaniquement, et les fixations sont apparentes à l'intérieur (ces systèmes conviennent aux locaux à hygrométrie faible ou moyenne).

**1. 1a.** Les deux méthodes : étanchéité soudée (1) et étanchéité fixée mécaniquement (1a). Une personne déroule la bobine d'étanchéité et procède au soudage des bandes d'étanchéité au chalumeau. Dans le cas (1a), seuls les recouvrements sont soudés.

**2. 3. 4. 5.** Étanchéité soudée : panneaux d'isolant surfacés de bitume en usine (4), fixés aux plaques en tôle nervurée (6) par des vis surmontées de rondelles ou de plaquettes (5), éventuellement munies d'entretoises dont le rôle est d'arrêter la course de la vis (évitant ainsi l'écrasement de l'isolant) et de diminuer l'effet du pont thermique (croquis au milieu). Il existe des fixations en deux parties (polymère et acier) afin de rompre le pont thermique. Le nombre de fixations dépend de la taille du panneau et des effets du vent (tab. 23.3).

L'épaisseur minimale de l'isolant est de 50 mm pour le franchissement des nervures. Si les tôles présentent une ouverture de vallée d'une largeur dépassant 70 mm, l'isolant doit avoir une épaisseur supérieure à 50 mm, à moins de « ponter » la vallée avec une tôle (se reporter aux avis techniques des isolants du CSTB).

Par la suite, les bobines d'étanchéité sont déroulées, et les bandes d'étanchéité sont soudées l'une après l'autre (2), avec un recouvrement (3) de 100 mm (ou selon le système décrit dans l'avis technique du CSTB). L'étanchéité, généralement monocouche ou bicouche autoprotégée, est renforcée sur les chemins de circulation et les zones techniques, éventuellement sur les reliefs et les noues.

**6. 7.** Plaques en tôle nervurée (6) fixées par vissage en fond de nervure aux pannes ou autres appuis (7) à l'aide de vis semblables à celles utilisées en toiture sèche. Le recouvrement transversal entre plaques se fait, comme dans le cas des toitures sèches, au-dessus de la panne (ou autre appui) – il doit être de 50 mm au moins. Contrairement aux plaques des toitures sèches, les nervures ne suivent pas obligatoirement la pente. Cette configuration est néanmoins recommandée afin que l'eau de pluie puisse s'écouler rapidement pendant la période de construction.

Le recouvrement longitudinal des plaques se fait par emboîtement (voir fig. 22.3) et par fixation en fond de nervure. Aux liaisons entre éléments interrompus (en cas de changement de pente par exemple), un pontage est réalisé avec une tôle en acier galvanisé de 0,75 mm à l'aide de coutures espacées de 0,5 m au maximum.

Les parties de tôles qui ne sont pas appuyées (en cas de nervures coupées par exemple) doivent être soutenues par des profilés en tôle d'acier galvanisé spécialement formés.

**8. 9. 10.** Étanchéités autoprotégées (8) fixées mécaniquement. La fixation s'effectue à l'aide d'outils de vissage spéciaux, rapides et simples à manipuler debout. Il faut veiller à ce que le vissage (vis à deux filetages) (9) corresponde aux plages. Chaque ligne de fixations doit être recouverte par la bande d'étanchéité adjacente (3). Ce recouvrement est soit soudé à

chaud (1a), soit collé à froid. Les isolants (10), également fixés (5), ne sont pas surfacés de bitume.

**11.** Vis de fixation des plaques d'acier (6) dans l'ossature (7). D'une manière générale, pour des toitures situées à moins de 20 m du sol, chaque nervure est fixée dans une zone de 2 m sur le pourtour du bâtiment et des grandes saillies. Sur le reste du toit, une nervure sur deux seulement est fixée, et obligatoirement au recouvrement longitudinal. Dans la zone de vent 4, en site exposé, il faut fixer chaque nervure, sur tout le toit (§ 23.4.1.4 [remarque] et partie 1, § 13.2).

### Système à fixations cachées

L'étanchéité est soudée ou fixée mécaniquement, et les fixations sont cachées (ce système convient aux locaux à hygrométrie faible ou moyenne) – pour le montage de l'isolant et de l'étanchéité, voir systèmes courants ci-dessus.

**12. 13.** Vis utilisées soit pour fixer l'isolant surfacé de bitume (vis (12)), soit pour fixer l'étanchéité (vis (13)).

**14.** Vis de fixation temporaire des isolants non surfacés de bitume (18).

**15. 16. 17.** Tôles nervurées spécialement conçues pour cacher les fixations (12), (13) et (14). Elles sont habituellement fixées à l'ossature (7). À leurs extrémités longitudinales, ces tôles possèdent des ondes spéciales qui se recouvrent et sont couturées par des rivets (17). Toutes les fixations se font dans la tôle supérieure (15), qui est cachée par la tôle (16). Les isolants peuvent également être fixés à l'aide de rivets.

**18. 19.** Isolant surfacé de bitume (19) ou sans surfacage (18).

### Systèmes adaptés aux locaux à forte ou très forte hygrométrie

Ces systèmes sont illustrés en bas de la figure.

Pour les locaux à forte hygrométrie, le DTU 43.3 admet le percement des tôles nervurées par les fixations de l'isolant. Dans ce cas, les fixations sont de préférence à rupture de pont thermique et résistant à 12 cycles Kesternich ou en acier inoxydable (le DTU admet actuellement que seule une des deux dispositions soit appliquée : rupture de pont ou 12 cycles Kesternich).

Pour les locaux à très forte hygrométrie, le DTU exige qu'aucune fixation de l'isolant ne traverse les tôles nervurées. Cela implique soit un système d'étanchéité sous une protection lourde lestant les isolants et l'étanchéité, soit un système où l'isolant et l'étanchéité sont collés à chaud (éventuellement par un système de collage à froid sous avis technique ou document d'application du CSTB). La fixation des tôles nervurées à l'ossature se fait avec des fixations en acier inoxydable ou résistant à 20 cycles Kesternich.

De droite à gauche :

– système avec percement des tôles et pare-vapeur appliquée à froid. Les fixations sont cachées (pour le montage de l'isolant et de l'étanchéité dans ce cas, voir systèmes courants ci-dessus). L'utilisation en très forte hygrométrie est soumise à avis technique ou document d'application du CSTB ;

– système pour local à très forte hygrométrie avec étanchéité autoprotégée sans percement des tôles (sauf pour leur fixation dans l'ossature (7)), avec isolant en verre cellulaire appliquée à chaud (actuellement soumis à avis technique ou document d'application du CSTB) ;

Étanchéité sur tôles en acier nervurées : systèmes soudés ou fixés mécaniquement courants et dispositifs en hygrométrie élevée

Figure 23.4

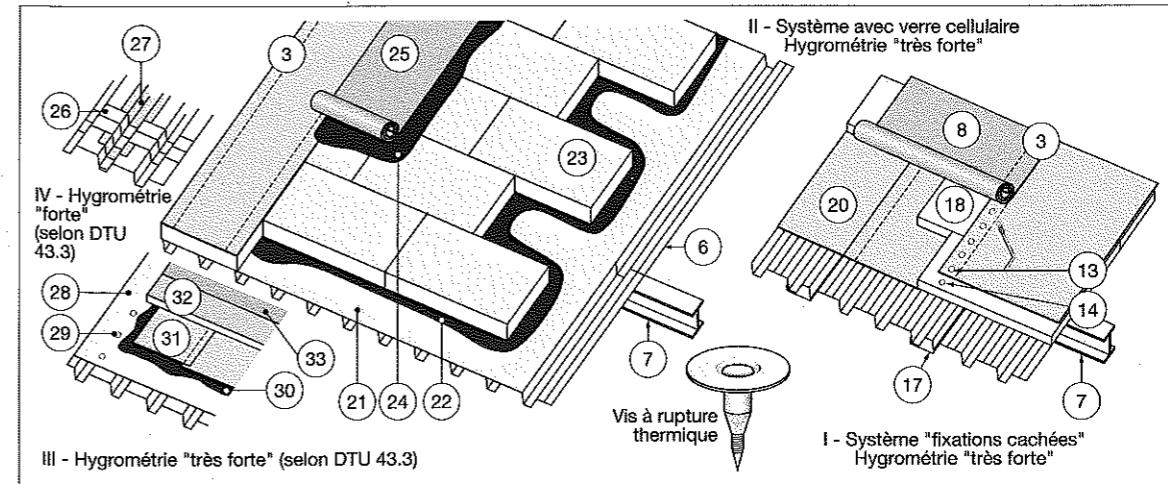
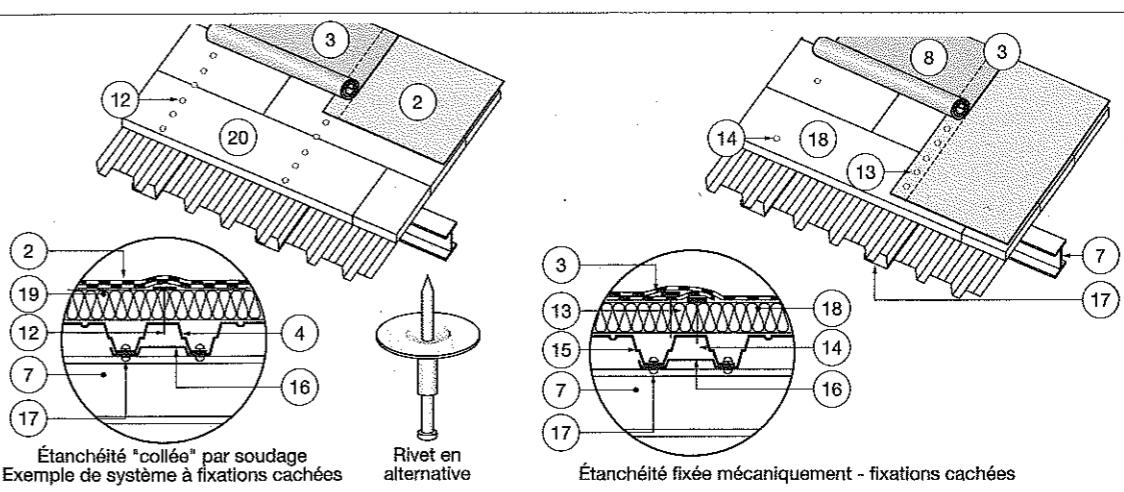
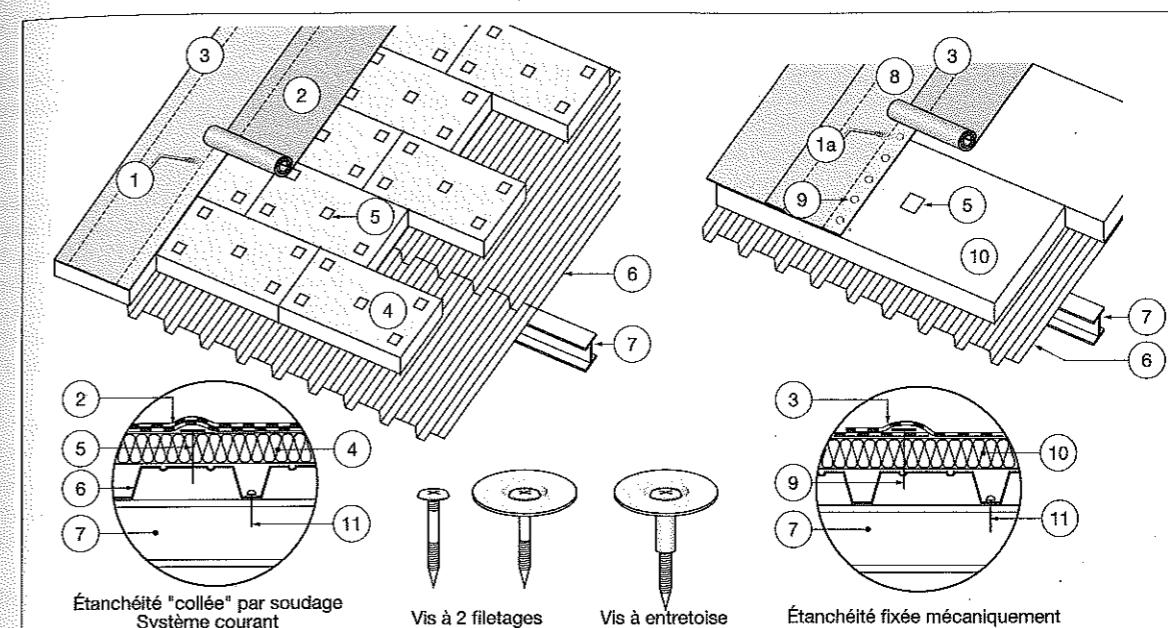


Figure 23.4

**Étanchéité sur tôles en acier nervurées : systèmes soudés ou fixés mécaniquement courants et dispositifs en hygrométrie élevée**

## SUITE DE LA LÉGENDE

- système pour local à très forte hygrométrie et étanchéité autoprotégée sans percement des tôles (sauf pour leur fixation dans l'ossature (7)), avec pare-vapeur appliquée à chaud sur un platelage en acier (méthode du DTU 43.3) ;
- système pour locaux à forte hygrométrie (à gauche, en haut) avec protection lourde ou percement des tôles d'acier nervurées par des fixations à rupture de pont thermique.

**Premier système**

Les tôles nervurées spéciales pour fixations cachées (17) sont fixées à l'ossature. Elles reçoivent des traitements anticorrosion adéquats (tab. 23.1), avant application d'un pare-vapeur à feuille d'aluminium (20). Le reste du procédé est identique à celui décrit pour le système à finitions cachées ci-dessus, à l'exception de la protection des fixations contre la corrosion, qui est renforcée.

20. Pare-vapeur à feuille d'aluminium appliquée par collage à froid, et avec recouvrement, sur les tôles nervurées spéciales (17). Il doit être relevé au droit de toutes les pénétrations afin d'assurer l'étanchéité à la vapeur à leur jonction avec les tôles nervurées.

**Deuxième système**

Les panneaux de verre cellulaire (23) sont appliqués à l'aide d'un bitume à chaud (22) sur les tôles nervurées courantes (6), convenablement protégées contre la corrosion et fixées à l'ossature (7). Si des nervures perforées sont mises en œuvre en vue d'une absorption acoustique, toutes les nervures doivent être obturées à l'aide de ruban autocollant.

21. Lé autocollant à base de carton ou de bitume.  
22. Couche de bitume appliquée à chaud. Il faut s'assurer qu'elle obture les jonctions avec les pénétrations qui font saillie sur le toit.

23. Panneaux de verre cellulaire enrobés de bitume, appliqués à chaud sur la couche (22).

24. 25. Étanchéité (25) appliquée à chaud sur la couche de bitume (24), qui recouvre les panneaux de verre cellulaire (23).

**Troisième système**

Les tôles galvanisées prélaquées de platelage planes (28) sont fixées à l'aide de vis en acier inoxydable (29) aux tôles nervurées. Un pare-vapeur de type habituel (voir chap. 20) est appliquée à l'aide d'un bitume à chaud sur un enduit d'imprégnation à froid. Par la suite, les panneaux d'isolant surfacé en usine (32) sont posés à chaud (panneaux semblables à ceux de la méthode courante), avant application de l'étanchéité (33) par soudage.

28. Tôles galvanisées prélaquées de platelage planes.

29. Vis en acier inoxydable.

30. 31. Pare-vapeur en feuille d'aluminium (31) collé à l'enduit appliquée à chaud (30) sur le platelage (29). La feuille d'aluminium (de 0,04 mm au minimum) se trouve du côté extérieur du pare-vapeur.

32. Panneaux d'isolant surfacé de bitume en usine, collés au pare-vapeur à chaud ou à froid.

33. Étanchéité autoprotégée.

**Quatrième système**

Des rubans autocollants revêtus d'une couche d'aluminium (de 0,04 mm au minimum) obtiennent tous les recouvrements transversaux (26) et longitudinaux (27) des tôles courantes traitées contre la corrosion (le couturage longitudinal, doublé dans ce cas, est effectué tous les 0,5 m). L'isolant est collé sous protection lourde ou fixé mécaniquement sous une étanchéité autoprotégée soudée à sa surface bitumée (croquis en haut de la figure, à gauche).

**Étanchéité sur tôles en acier nervurées : systèmes soudés ou fixés mécaniquement courants et dispositifs en hygrométrie élevée**

Figure 23.4

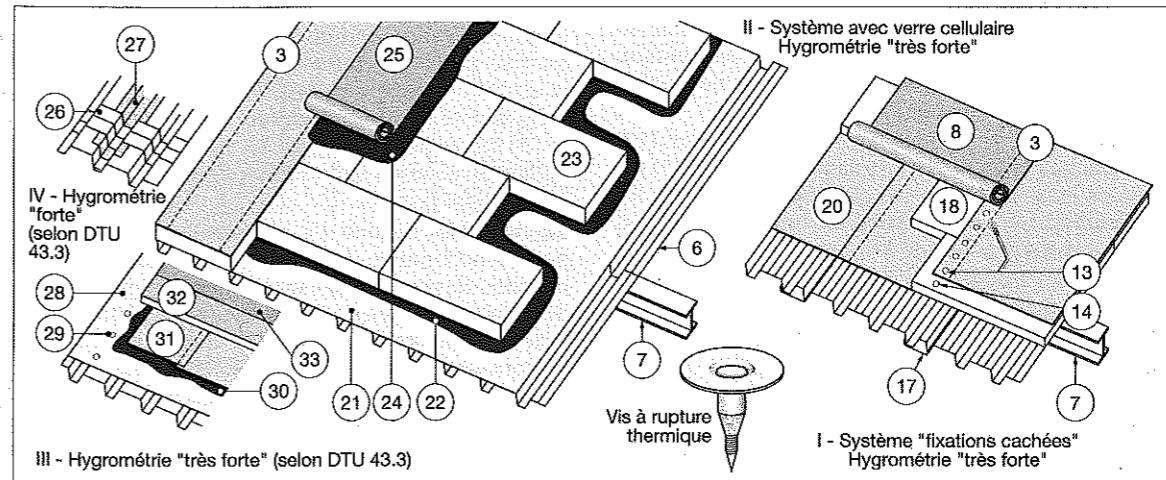
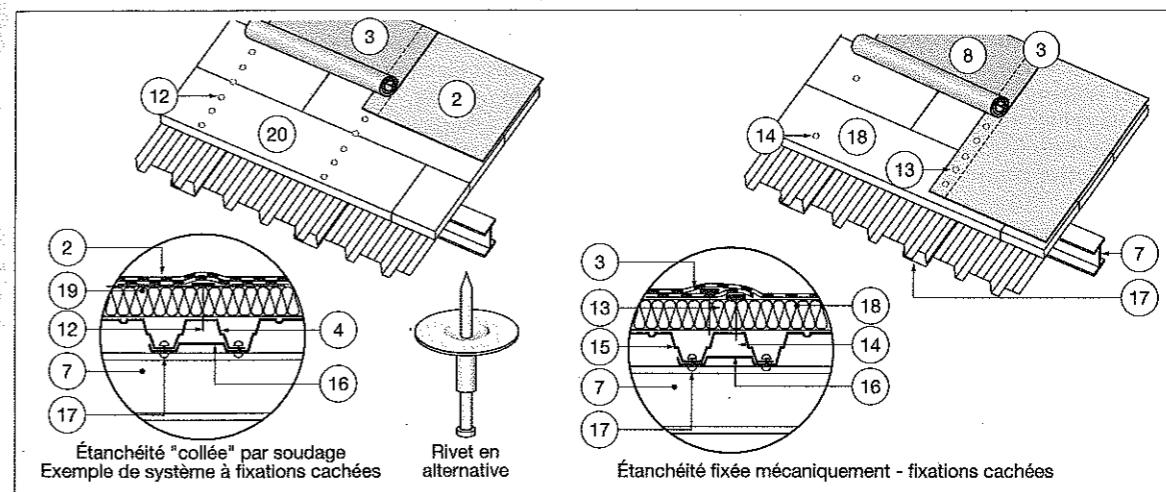
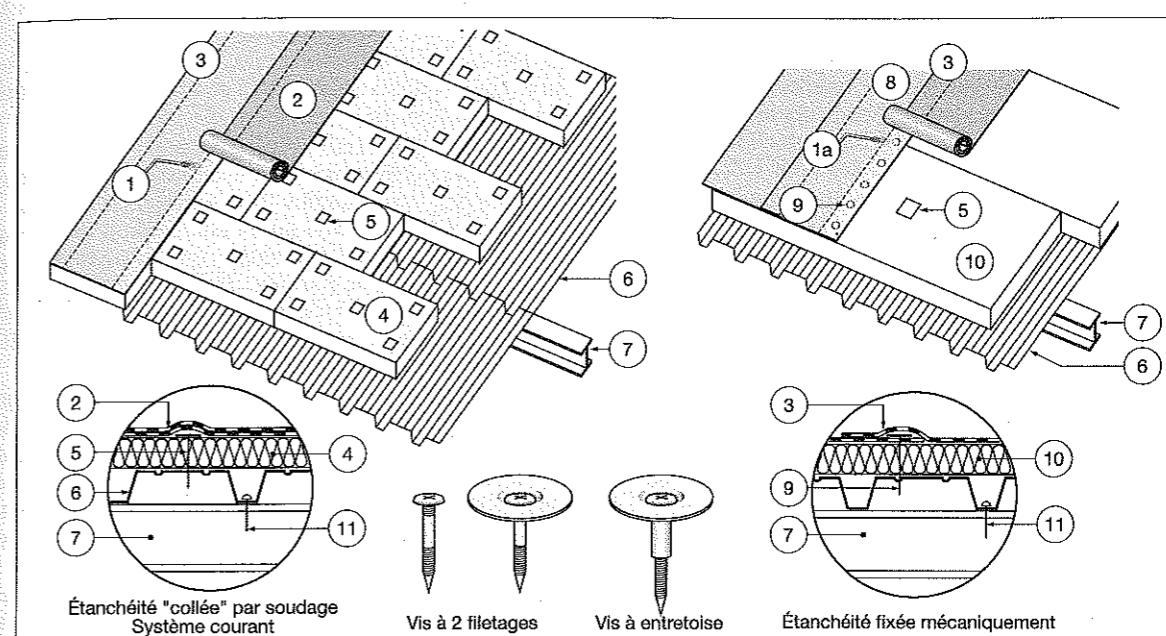


Figure 23.5

**Étanchéité sur tôles en acier nervurées cintrées : exemple avec plancher en béton sur tôles nervurées et porte sectionnelle vitrée**

Pour une lecture plus approfondie de l'exemple ci-dessous, se reporter également aux figures 23.1, 23.2 et 23.6.

**1. 1a.** Tôle nervurée en acier galvanisé prélaqué (tab. 23.1) posée sur pannes, les nervures étant orientées dans le sens de la pente (1) ou dans le sens perpendiculaire (1a), à cause d'une forte courbure par exemple. Sa protection contre la corrosion dépend de l'ambiance du local (voir § 22.4.2).

**2.** Isolant thermique, généralement en fibres minérales (pour les méthodes de fixation : fig. 23.4 – tab. 23.3).

**3.** Étanchéité monocouche ou bicouche autoprotégée – c'est le cas courant, permettant de ne pas alourdir les charges (pour les méthodes de fixation : fig. 23.4).

**4. 5. 6.** Étanchéité relevée contre la costière en acier galvanisé (4) fixée à la tôle nervurée, définissant ainsi la noue de rive. La hauteur du relief  $h$ , qui détermine la hauteur  $H$  de la costière (fig. 23.6 et tab. 23.2), dépend des quantités d'eau reçues car il faut assurer une garde d'eau suffisante et l'accès à la pose de l'étanchéité. La hauteur minimale  $h$  du relevé d'étanchéité est de :

– 150 mm quand la pente du versant adjacent est inférieure ou égale à 20 % ;

– 250 mm si la pente du versant adjacent est supérieure à 20 %.

L'étanchéité du relevé peut être collée à la costière (si  $h \leq 300$  mm) ou y être fixée par vissage ou rivetage. L'épaisseur de la tôle de la costière dépend de la hauteur  $h$  et de la géométrie (tab. 23.2). La forme particulière de la costière (4) permet de compléter la fermeture de la saillie d'acrotère de la paroi verticale en la reliant au plat en acier (5) qui est soudé aux baïonnettes (7) et sur lequel sont soudés les barreaux (6) de la protection collective contre la chute (voir partie 3 – Annexes, chap. 28).

**7. 8. 9.** Baïonnettes (7) en profilés d'acier soudées aux éléments de l'ossature principale (portiques par exemple) et coiffés en tête (ici d'un tube en acier). L'ensemble sert à soutenir les lisses verticales (8) de la saillie du bardage extérieur horizontal (15) et éventuellement le contre-bardage (fig. 23.6 – voir aussi fig. 22.5). Ici, il soutient également le garde-corps protégeant le personnel d'entretien. La couverte (9) assure l'étanchéité du haut du mur (le complément d'étanchéité est visible à gauche).

**10. 10a. 10b. 11.** Panne sablière (10) appuyée sur l'arbalétrier du portique (10a) dont la partie cintrée (10b) est visible à gauche. La panne soutient la tôle nervurée (1). Sa saillie en porte-à-faux étant limitée à 200 mm, un appui supplémentaire en tôle d'acier galvanisé prélaqué (11) est parfois nécessaire. Un obturateur en mousse assure l'étanchéité à l'air.

**12. 13. 14. 15.** Isolant thermique en fibres minérales (12) inséré dans chaque plateau (14). L'isolant thermique (13) est inséré entre les lisses verticales (8) qui le pincent contre les lèvres des plateaux. Le bardage extérieur horizontal (15) est fixé aux lisses – voir axonométrie à la figure 22.5.

**16.** Cornière à ailes inégales en acier, arrêtant le béton du plancher (30) lors du coulage et protégeant des heurts le bas de la paroi intérieure, constituée de plateaux en acier galvanisé prélaqué (14).

**17.** Menuiserie fixe avec double vitrage (en verre ou en polymère) faisant imposte au-dessus des portes sectionnelles.

**18. 18a.** Suspentes (18) portant les rails de coulisement (38) des portes sectionnelles, la dernière (18a) étant située au bout du rail. Elles sont accrochées à une poutre (29).

**19.** Axe reliant le moteur, les câbles et les poulies faisant fonctionner la porte sectionnelle.

**20.** Poteau principal d'ossature. Chaque porte est insérée entre deux poteaux adjacents (à condition que la distance ne soit pas trop grande).

**21. 22. 22a. 22b.** Sections transparentes (21) avec double vitrage de la porte sectionnelle, éventuellement en alternance avec des sections opaques (22) fabriquées en tôles prélaquées (en acier galvanisé ou en aluminium), dans lesquelles est inséré un isolant thermique en polyuréthane qui les rigidifie. Au bas de la porte est fixée une garniture (22a) en polymère (EPDM par exemple) qui, au contact du dallage en béton, réduit la perméabilité à l'air. Le dernier élément opaque (22b) est relié au système de motorisation.

**23. 24. 25.** Dallage (23) armé pour empêcher la fissuration et pour résister aux surcharges d'exploitation. Il est coulé sur le remblai de fondation compacté (24), avec interposition de feuilles de polyéthylène afin d'éviter les pertes de laitance. Dans le cas présenté ici, le dallage est liaisonné aux longrines en béton armé (25) reliant les dés de fondation des poteaux (voir fig. 22.2).

**26. 27.** Drain (26) préfabriqué en béton de fibres assurant l'évacuation de l'eau de pluie dans la zone qui se trouve devant les portes, empêchant ainsi une inondation de l'intérieur, notamment quand les portes sont ouvertes. Il est posé dans un béton maigre et couvert d'un caillebotis (27) en acier galvanisé ou en fonte (plus durable).

**28. 29. 30. 31. 32.** Technique de plancher très courante dans les bâtiments industriels et les immeubles de bureaux (voir fig. 26.4 et 26.5). Le béton (30) est coulé sur des tôles nervurées (28) en acier galvanisé (éventuellement prélaqué), qui sont étayées si la portée et le poids du béton frais l'exigent. Ces tôles peuvent fonctionner comme un simple coffrage perdu ou collaborer avec le béton comme des armatures (cela dépend de la forme et de la texture des nervures). Des armatures supérieures (32) peuvent être prévues contre la fissuration due au retrait du béton, par exemple, ainsi que des armatures inférieures (31) pour augmenter la résistance ou la stabilité au feu.

**33. 33a. 33b. 33c. 33d.** Panne (33) dans la continuité des pannes faîtières assurant une liaison de stabilité entre les arbalétriers (10b). Si la costière du lanterneau (33a) n'est pas assez résistante pour franchir l'écart entre les arbalétriers, une panne doit être prévue sous la costière. L'isolant est fixé par l'entreprise d'étanchéité du côté extérieur de la costière – pour un autre exemple : fig. 23.6, détail (12). L'étanchéité (33b) est relevée d'une hauteur minimale  $h$  de 150 mm contre la costière. La voûte translucide en polycarbonate alvéolaire (33c) est insérée dans une menuiserie fixée à la costière (voir fig. 22.11).

**34. 34a. 34b.** Section de la noue agrandie à l'aide de la portion horizontale (34). Cet agrandissement s'impose quand la pente du versant joignant la noue est très forte. La section de la noue doit être calculée selon la surface évacuée par celle-ci. La hauteur  $h$  du relevé d'étanchéité contribue à l'établissement d'une section de noue adéquate –  $h$  est au moins égale à 250 mm pour un versant adjacent de pente supérieure à 20 % (voir la règle à la légende (4)). La tôle de liaison (34a) entre les éléments de tôle nervurée est rivetée à ces derniers. La costière (34b) est fixée à la structure principale et agit comme une panne sablière portante, de portique à portique

**Étanchéité sur tôles en acier nervurées cintrées : exemple avec plancher en béton sur tôles nervurées et porte sectionnelle vitrée**

Figure 23.5

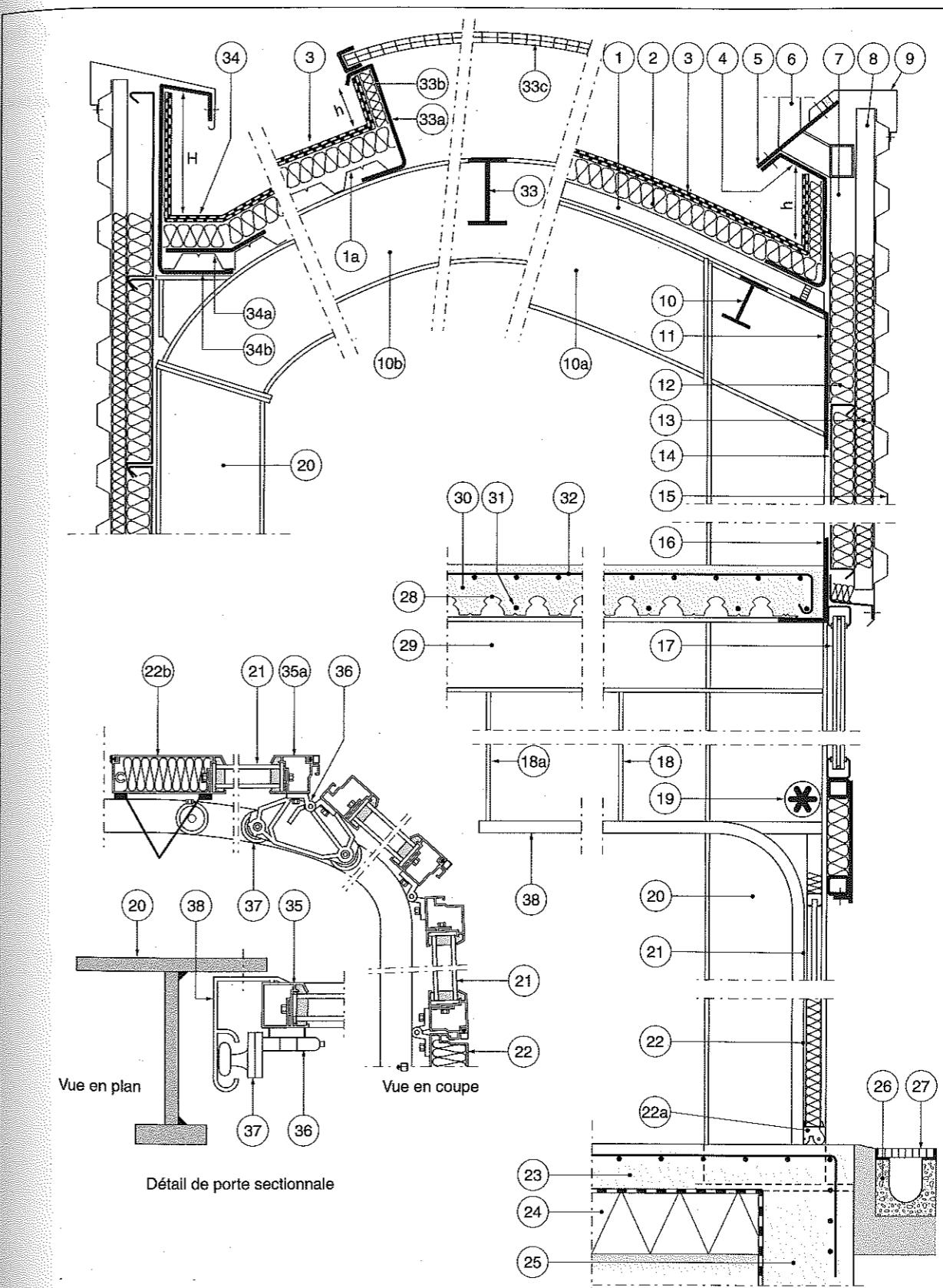


Figure  
23.

## **Étanchéité sur tôles en acier nervurées cintrees : exemple avec plancher en béton sur tôles nervurées et porte sectionnelle vitrée**

## SUITE DE LA LÉGENDE

(à comparer à la costière (4) à droite). Ses dimensions doivent donc être calculées en fonction de cette exigence.

35. 35a. Encadrement vertical (35) et horizontal (35a), en aluminium ou en acier, des sections transparentes (21) de la porte sectionnelle.

36. Charnières permettant le déplacement relatif des sections.

### 37. Roues guidées par le rail (38)

38. Rail guidant les roues attachées au bout de chaque section de la porte. L'allure du rail définit la course de la porte.

**Étanchéité sur tôles en acier nervurées cintrées :  
exemple avec plancher en béton sur tôles nervurées et porte sectionnelle vitrée**

Figure  
**23.5**

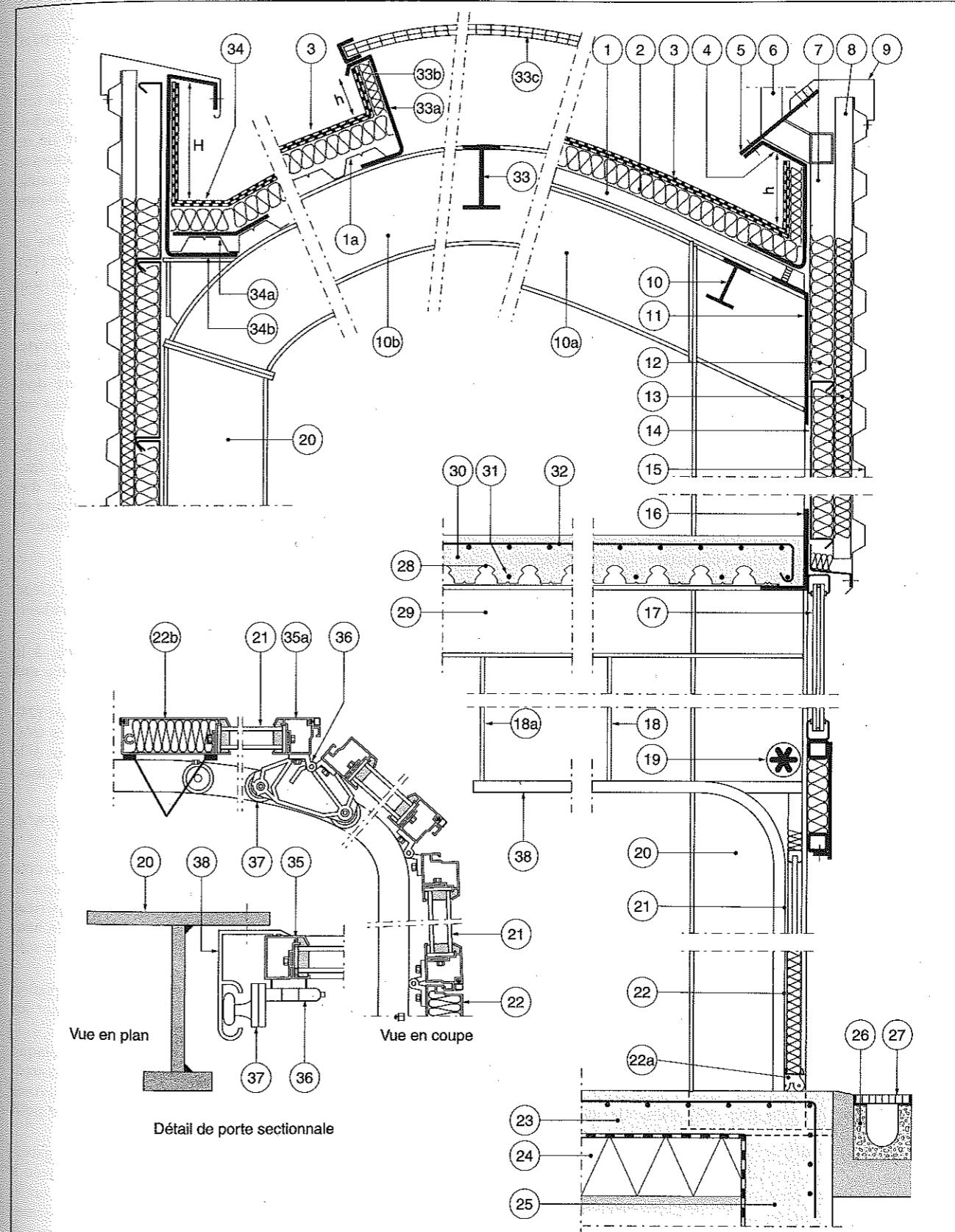


Figure 23.6

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées : noues, faîtes et rives

Pour une lecture plus approfondie de l'exemple ci-dessous, se reporter également aux figures 23.1, 23.2, 23.4 et 23.7. Dans cet exemple, on suppose qu'il est nécessaire de prélaquer les tôles à l'intérieur.

1. Étanchéité monocouche ou bicouche autoprotégée – c'est le cas courant, permettant de ne pas alourdir les charges (pour les méthodes de fixation : fig. 23.4).

2. Isolant thermique, généralement en fibres minérales (pour les méthodes de fixation : fig. 23.4 – tab. 23.3).

3. Tôle nervurée en acier galvanisé prélaqué (tab. 23.1 et § 22.4.2) posée sur les pannes (par exemple (17), (20), (24)), les nervures étant orientées dans le sens de la pente. Sa protection contre la corrosion dépend de l'ambiance du local.

4. 4b. Tôle en acier galvanisé (4) éventuellement prélaqué pour une meilleure protection contre la corrosion, de 0,75 mm d'épaisseur au minimum, fermant l'écart entre les deux tôles nervurées adjacentes auxquelles elle est rivetée (tous les 0,5 m). Cette tôle de liaison est nécessaire quand les tôles adjacentes ne s'emboîtent pas l'une dans l'autre, c'est-à-dire si  $\alpha \leq 174^\circ$  (détail (4)). Dans ce cas, il faut une panne d'appui sous chacune des tôles. Si  $\alpha \leq 174^\circ$ , une panne d'appui suffit aux deux tôles. Si les tôles s'emboîtent, on peut se passer de la tôle de liaison (4b).

5. Pièce en tôle d'acier galvanisé prélaqué fixée ou soudée au profilé tubulaire (7), coiffant les baïonnettes et recouvrant le jet d'eau de la costière (10). Elle assure ainsi l'étanchéité de l'ensemble. Dans le cas où la hauteur H de la costière dépasse 300 mm, il est obligatoire, afin d'assurer sa stabilité, de fixer le haut de celle-ci, tous les mètres, à la pièce (5) (tab. 23.2).

6. Garde-corps de protection collective permanente du personnel d'entretien. Il est soudé au tube (7).

7. Profilé tubulaire fixé aux baïonnettes (9). Il soutient le garde-corps et contribue à la stabilité de l'ensemble de l'acrotère. Dans le croquis du bas, le tube est remplacé par un U car il ne porte plus le garde-corps.

8. Couvertine en acier galvanisé prélaqué. Une lisse horizontale en profilé en oméga ou en C remplace les plateaux en haut.

9. Baïonnettes soudées à l'ossature principale (19).

10. 10b. 11. Costière en acier galvanisé (10) éventuellement prélaqué, fixée au-dessus des tôles nervurées. Le croquis à gauche indique le mode de recouvrement entre les longueurs adjacentes de costière (10b). Les dimensions minimales (D) du jet d'eau protégeant le haut de l'étanchéité et celles du pied de la costière sont indiquées dans le tableau 23.2. Une fixation en haut de la costière tous les mètres est obligatoire quand  $H \geq 300$  mm. La costière supporte l'isolant (12) et le relevé d'étanchéité (11), d'une hauteur minimale de :

– 150 mm quand la pente du versant adjacent est inférieure ou égale à 20 % ;

– 250 mm si la pente du versant adjacent est supérieure à 20 %.

Le relevé de l'étanchéité est fixé par collage à chaud ou à froid, ou mécaniquement (ce qui est obligatoire quand la hauteur h excède 300 mm – la prudence s'impose toutefois en cas de forte hygrométrie à cause du percement du pare-vapeur : fig. 23.4).

12. Isolation thermique fixée à la costière par vissage.

13. Obturateur du dessus des tôles nervurées (3) (voir la légende (17) pour la longueur admissible de la saillie en porte-à-faux de tôle).

14. 14b. Bardage extérieur (14) vertical (voir fig. 22.4) et bardage du côté du toit, appelé « contre-bardage » (14b), fixé à la structure des baïonnettes (voir le croquis du bas, où l'acrotère haut constitue le garde-corps).

15. Matelas d'isolant thermique en fibres minérales pincé entre les lèvres des plateaux (16) et les creux de nervure

du bardage (14). Si l'isolation thermique est insuffisante, ce matelas peut être épaisse à l'aide de lisses (voir fig. 22.5).

16. Plateaux en acier galvanisé prélaqué constituant la peau intérieure de la paroi verticale (fig. 22.4).

17. Panne sablière support des tôles nervurées (3) au droit de la noue de rive. La largeur d'appui minimale de la tôle nervurée sur l'acier est de 50 mm. La panne doit parfois être vérifiée du point de vue du risque d'instabilité lié au cumul d'eau de pluie d'orage (§ 23.2.2). Dans le cas présenté ici, l'EEP doit se trouver à gauche de la panne ; la saillie maximale (S) admise en porte-à-faux est alors de 50 mm. Dans les autres cas, elle est de 200 mm (voir détail (25)).

18. Tôle pliée en acier galvanisé prélaqué. C'est une tôle de capotage fermant l'écart entre la panne (17) et les plateaux (16).

19. Poteau de l'ossature principale (portique), auquel sont fixés les plateaux (16).

20. Pannes doublées du fait que l'angle  $\alpha$  entre les versants est inférieur à  $174^\circ$ . La saillie maximale admise en porte-à-faux des tôles nervurées des noues par rapport au bord de l'appui est de 200 mm. Toute traversée de toiture dont la dimension perpendiculaire aux nervures des tôles est supérieure à 200 mm exige une enchevêtreture.

21. Pannes faîtières doublées du fait que l'angle entre les tôles nervurées est inférieur à  $174^\circ$ . La saillie en porte-à-faux des tôles nervurées par rapport au bord de leur appui doit être inférieure à 1/10 de la portée adjacente et inférieure ou égale à 300 mm – sauf dans le cas de noues, où cette saillie est limitée à 200 mm (voir légende (20)).

22. Arbalétrier de l'ossature principale.

22b. Poutre de liaison entre arbalétriers, éventuellement nécessaire pour assurer la stabilité et porter des éléments secondaires d'ossature principale (fig. 23.1, détail (3a) par exemple).

22c. Doublement d'un élément de liaison semblable à la poutre (22b) afin de laisser le passage, par endroits, aux descentes d'eaux pluviales (DEP).

23. 24. Panne support de noue centrale (23) ou de faîte (24). Une panne suffit car l'angle  $\alpha$  est supérieur à  $174^\circ$ . Les tôles nervurées (3) présentées ici ne sont pas emboîtées au-dessus de la panne. Chaque tôle doit donc avoir un appui minimal de 60 mm.

## REMARQUE

Un angle de  $174^\circ$  correspond par exemple à deux pentes de 5 %, de chaque côté d'une noue centrale.

25. Panne sablière. La saillie maximale de la tôle nervurée admise en porte-à-faux quand une EEP se trouve à droite de la panne est de 200 mm. Si le diamètre de l'EEP est supérieur à 200 mm, une enchevêtreture est obligatoire (fig. 23.7, en haut à droite) : la costière (10) peut être conçue pour jouer le rôle de cette dernière.

26. 27. Poteau (27) faisant partie d'un « pan de fer » de pignon par exemple (fig. 23.2). Il porte une lisse haute portant les pannes (26).

28. Pièce pliée en acier galvanisé, éventuellement prélaqué pour augmenter la résistance à la corrosion. Elle recouvre le bardage (14) et sert à appliquer l'étanchéité recouvrant le couronnement de la façade. Elle forme également le petit relief (garde d'eau) de 50 mm au minimum.

29. Pièce de raccord entre le toit et la façade, en acier galvanisé prélaqué. Elle est insérée entre les étanchéités, fixée à la tôle nervurée (28) tous les 300 mm, repliée et fixée sur le bardage de façade (14). Aucune protection collective permanente n'ayant été prévue ici, d'autres dispositions doivent être prises (voir partie 3 – Annexes, chap. 28).

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées : noues, faîtes et rives

Figure 23.6

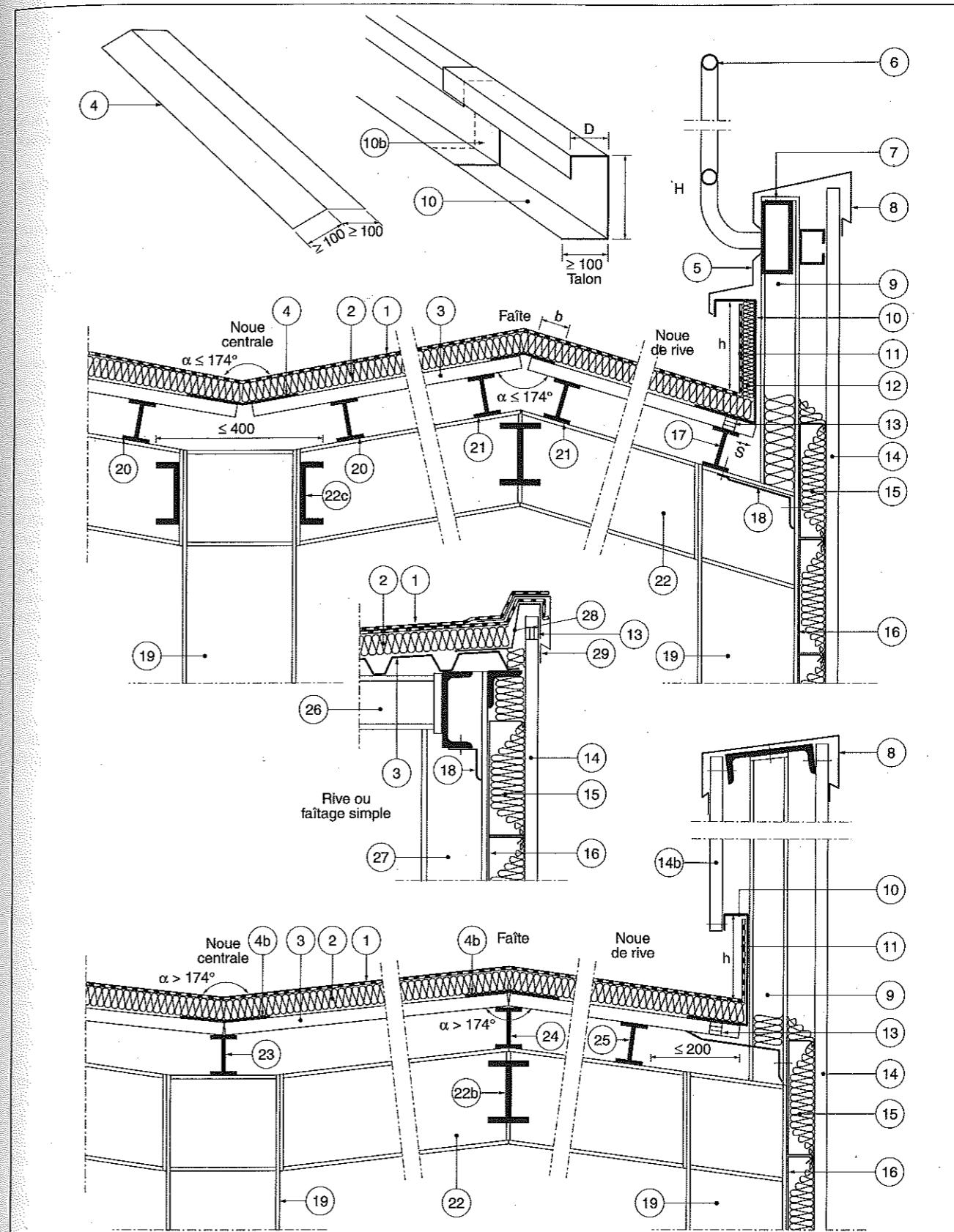


Figure 23.7

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées - Détails : EEP, joints, ventilations, éléments de structure

## Entrées d'eaux pluviales

1. **1a.** Entrée d'eaux pluviales (EEP) : le moignon cylindrique (1) ou tronconique (1a) de diamètre B (pour le rapport entre ce diamètre et la surface drainée, voir partie 1, tab. 13.8) fait corps avec la platine de fond de noue centrale (4) ou de fond de noue de rive (4a). Ces EEP peuvent être réalisées :
- en plomb de 0,8 mm d'épaisseur minimale (à éviter cependant à cause de ses effets sur la santé et l'environnement) ;
  - en zinc de 0,8 mm ;
  - en aluminium de 1 mm ;
  - en acier galvanisé de 1,5 mm ;
  - en acier inoxydable de 0,5 mm ;
  - en cuivre de 0,6 mm ;
  - en élastomère.

Le moignon doit dépasser d'au moins 150 mm sous la couverture. Quand l'EEP est en zinc ou en aluminium, le diamètre maximal du trou d'évacuation est de 0,2 m.

## REMARQUE

Un décaissé de 10 mm au minimum est réalisé dans l'isolant sous les platines (4) et (4a) de manière à éviter les surrépassements au droit des EEP.

2. **Crapaudine.** Son niveau supérieur doit dépasser d'au moins 50 mm le revêtement d'étanchéité. Elle protège l'entrée d'eaux pluviales des débris tels que les feuilles et les plumes d'oiseaux, qui risquent d'engorger les descentes d'eau.

3. **Pannes.** Deux pannes en appui de noue centrale sont nécessaires quand les versants forment un angle inférieur à 174°. Cela correspond, par exemple, à la rencontre de deux pentes supérieures à 5,2 %.

4. **4a.** Platine de fond de noue centrale (4) ou de fond de noue de rive (4a). La distance entre le trou d'évacuation de l'eau et le bord de la platine est supérieure ou égale à 120 mm. La platine est fixée mécaniquement aux tôles d'acier nervurées.

5. **Revêtement d'étanchéité** dans lequel est insérée la platine, recouverte d'un enduit d'imprégnation à froid.

6. **Isolant thermique.**

7. **Portique de la charpente.**

8. **Tôle d'acier nervurée** support d'isolant thermique et d'étanchéité.

9. **10.** Revêtement d'étanchéité (9) relevé verticalement contre les costières (10) en tôle d'acier galvanisé fixées aux tôles d'acier nervurées. Le bord supérieur de la costière peut être plié. Celle-ci fournit alors une protection au relevé d'étanchéité et un appui pour la fixation du contre-bardage (bardage du côté de la couverture). Les costières sont éventuellement revêtues d'un isolant (17).

11. « **Baïonnette** » prolongeant le nu extérieur du poteau de portique (18) au-dessus du plan de la couverture. De section plus faible que le poteau, elle fournit un support aux lisses du bardage extérieur (14) ou aux plateaux, et au contre-bardage éventuel.

12. **13. 14.** Isolant de la paroi extérieure en fibres de verre (13) pincé entre le bardage extérieur (12) et les lisses (14) ou les lèvres des plateaux : il n'a donc pas une épaisseur constante (pour un exemple de configuration complète et d'une meilleure isolation, voir fig. 22.5).

15. **Panne sablière** avec EEP placée du côté extérieur. La saillie maximale de la tôle nervurée admise en porte-à-faux (ici avec EEP à droite de la panne) est de 200 mm. Si le diamètre (B) de l'EEP est supérieur à 200 mm, une enchevêtrement est obligatoire (19).

16. **Grille** couvrant le moignon tronconique. Elle protège l'entrée d'eaux pluviales des débris tels que les feuilles et les plumes d'oiseaux, qui risquent d'engorger les descentes d'eau (ce dispositif n'est pas prévu par le DTU 43.3).

17. **Isolant thermique vertical** en prolongement de l'isolant du toit, diminuant ainsi le pont thermique. Il peut être fixé mécaniquement par vissage dans la costière (la prudence s'impose toutefois en cas de forte hygrométrie).

18. **18b.** Poteau de portique de l'ossature principale (18) ou poteau indépendant de la structure (18b).

19. **Chevêtre.** Il est nécessaire sous une traversée de toiture dont la plus grande dimension (B) perpendiculaire aux nervures des tôles est supérieure à 200 mm. Il permet de soutenir et fixer les tôles nervurées et les autres ouvrages.

## Traversées de toiture

20. **20a. 21. 22. 23.** Conduits ronds d'un diamètre inférieur ou égal à 200 mm (20a) ou supérieur à 200 mm (20) - voir la règle générale d'enchevêtrement à la légende (19) -, traversant la toiture (canalisations, gaines...). Ils passent par un « manchon » (22), fourreau dont le diamètre est légèrement supérieur au leur, et sont donc indépendants des ouvrages de couverture. Ce fourreau est soudé sur une platine (23). C'est un dispositif strictement identique aux entrées d'eaux pluviales, sauf en ce qui concerne la longueur du moignon (qui est plus long puisqu'il traverse l'épaisseur de l'isolant et de la plaque nervurée) : le moignon fait saillie vers le bas, le manchon vers le haut. La platine est insérée dans le revêtement d'étanchéité qui est relevé contre le fourreau. Une collarette (21) fixée de manière étanche au conduit (collarette à collier serré avec joint d'étanchéité, collarette soudée...) recouvre sans le toucher le relevé d'étanchéité et rejette l'eau sur la toiture. Sa géométrie est semblable à celle d'une tête de costière (fig. 23.6 et tab. 23.2).

Les traversées d'éléments de structure indépendants de la toiture (18b) sont traitées de la même manière. Le manchon est d'une section (circulaire, carrée, rectangulaire...) adaptée à la section de l'ouvrage qui traverse la toiture.

## Joints de fractionnement

Deux cas sont présentés :

- le fractionnement entre des éléments d'ossature (pannes (3)) en porte-à-faux (en haut) ;
- le fractionnement entre un élément de structure doublé (pannes (3) ou chevêtres (19)).

24. **25. 26. 27. 27a. 27b.** Relevés d'étanchéité (27) constitués à l'aide de costières placées de chaque côté du joint : l'une des costières a une forme spéciale (25), avec une partie horizontale en tête suffisamment large pour pouvoir recouvrir l'autre costière (26), d'un genre courant. L'étanchéité recouvre entièrement le haut de la première costière (25). Afin d'obtenir la partie du joint qui est visible de l'intérieur, un couvre-joint intérieur en tôle galvanisée prélaquée plate (27a) est fixé à la tôle nervurée sur un côté du joint et inséré seulement entre la costière et la tôle nervurée de l'autre côté. Afin de réduire le frottement entre ces tôles, la partie glissante du couvre-joint peut être couverte avec une bande de téflon. Un isolant en fibres minérales très compressible (24) est inséré dans le joint pour réduire le pont thermique.

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées - Détails : EEP, joints, ventilations, éléments de structure

Figure 23.7

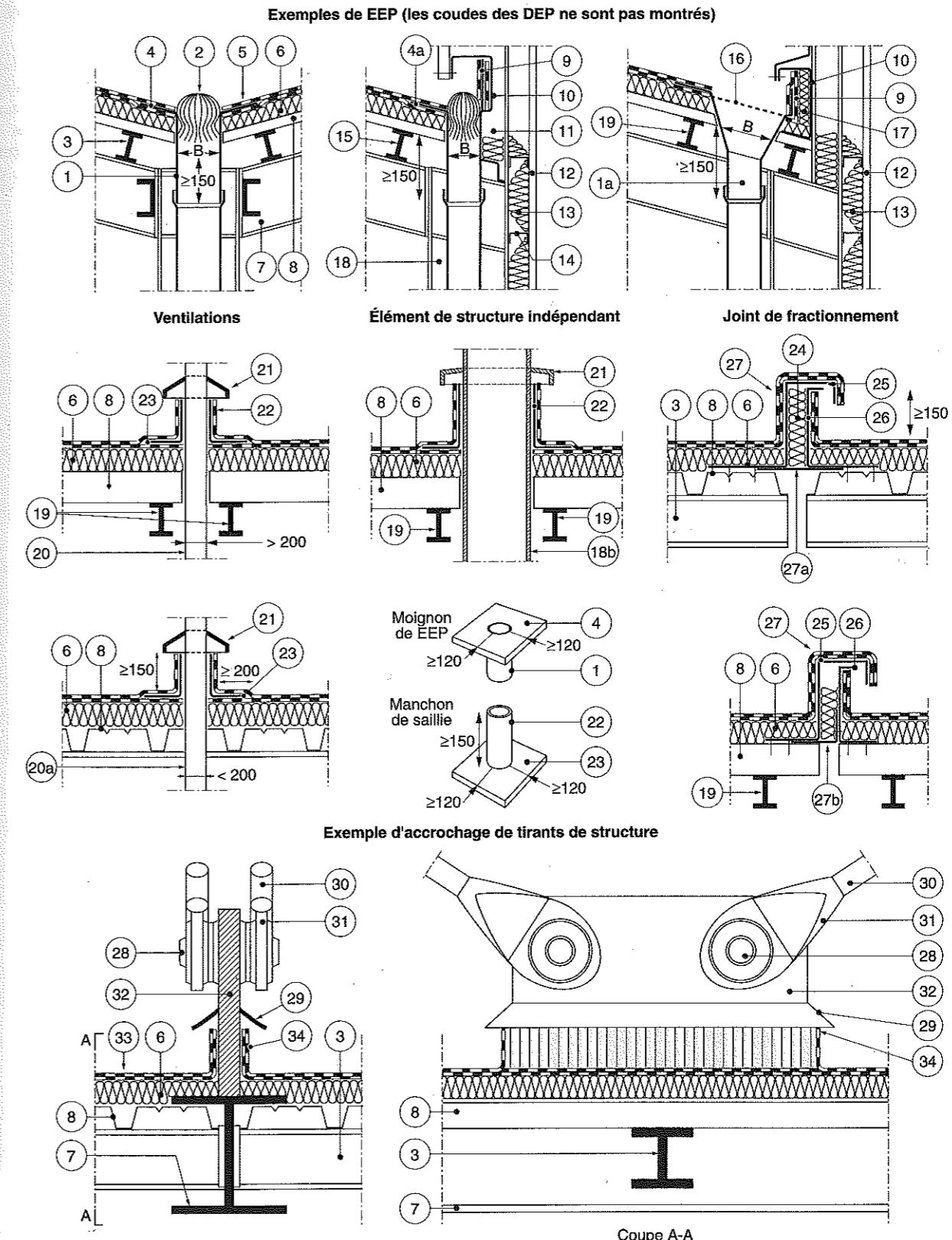


Figure 23.7

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées – Détails : EEP, joints, ventilations, éléments de structure

## SUITE DE LA LÉGENDE

Une variante (27b), en forme de cornière fixée sur un seul côté, est présentée dans le cas d'un doublage des pannes.

## Accrochage de tirants de structure

28, 29, 30, 31, 32, 33, 34. Tirants de structure (30) de section circulaire : câble, barre... Leurs extrémités (31) rapportées, forgées ou moulées, ont une forme aplatie et sont percées pour le passage des axes (28) qui les solidarisent à l'élément de structure (7) par l'intermédiaire de la platine d'ancrage

soudée (32) en tôle de forte épaisseur. Les bords des passages d'axes sont renforcés par un épaulement.

Dans cet exemple tous les ouvrages sont solidaires : l'étanchéité (33) peut être relevée (détail (34)) contre la platine sans interposition d'une costière. Les protections du haut de l'étanchéité (29) sont soudées à l'élément (32) sur le même principe que les traversées. L'emprise de la structure est réduite en insérant les pannes (3) dans la hauteur de l'ossature (7).

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées – Détails : EEP, joints, ventilations, éléments de structure

Figure 23.7

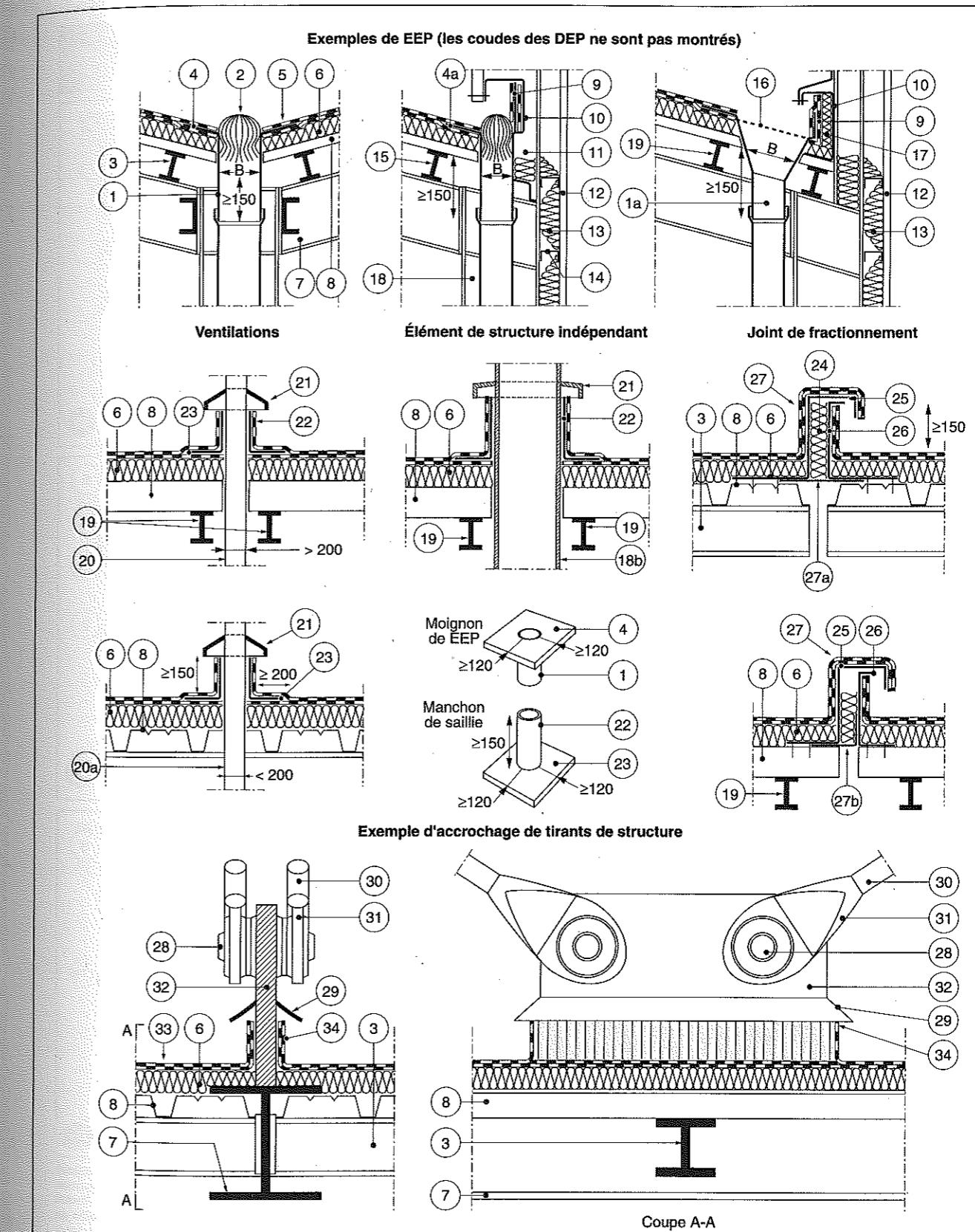


Figure 23.8a

## Étanchéité sur tôles en acier nervurées : détails (hygrométrie faible ou moyenne)

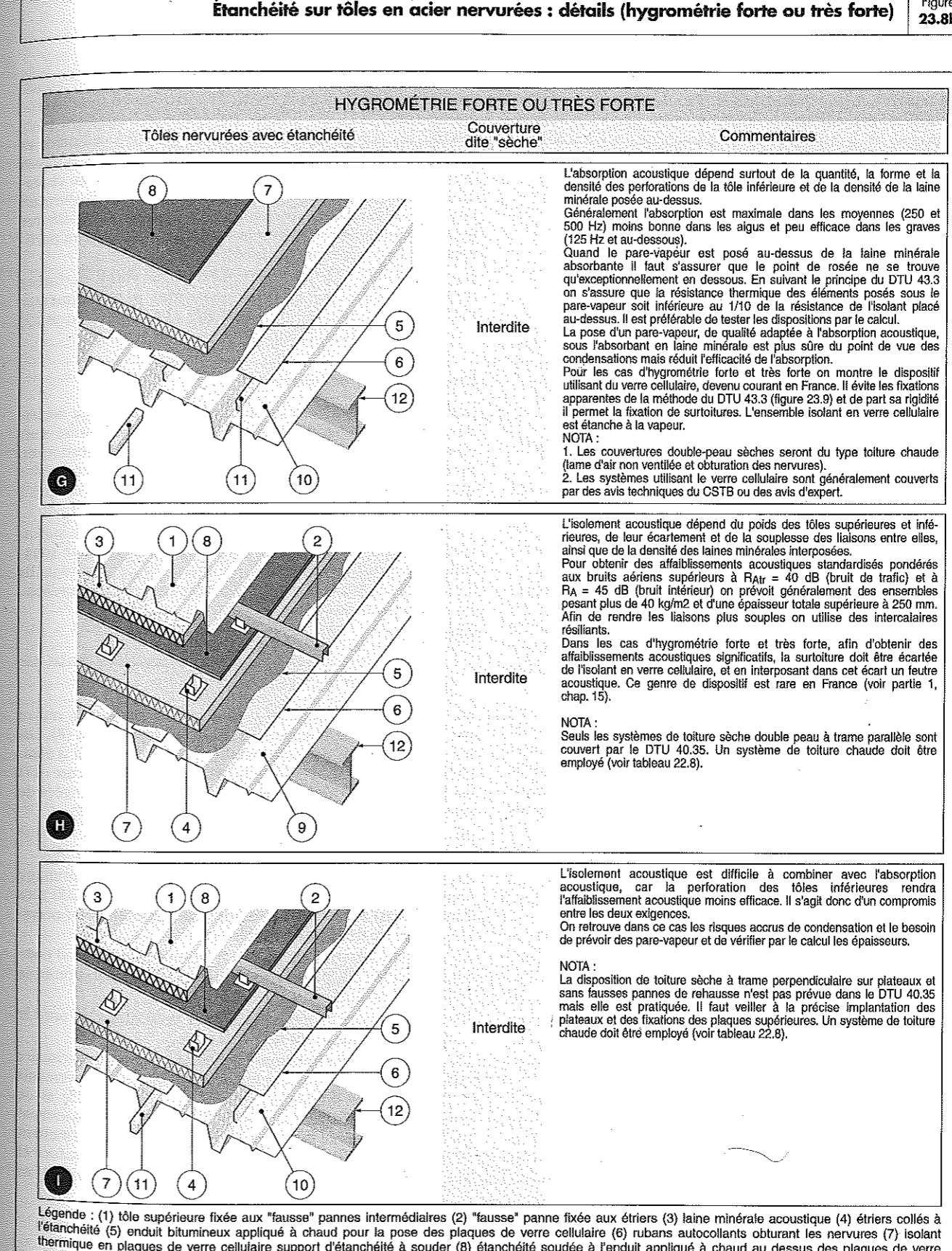
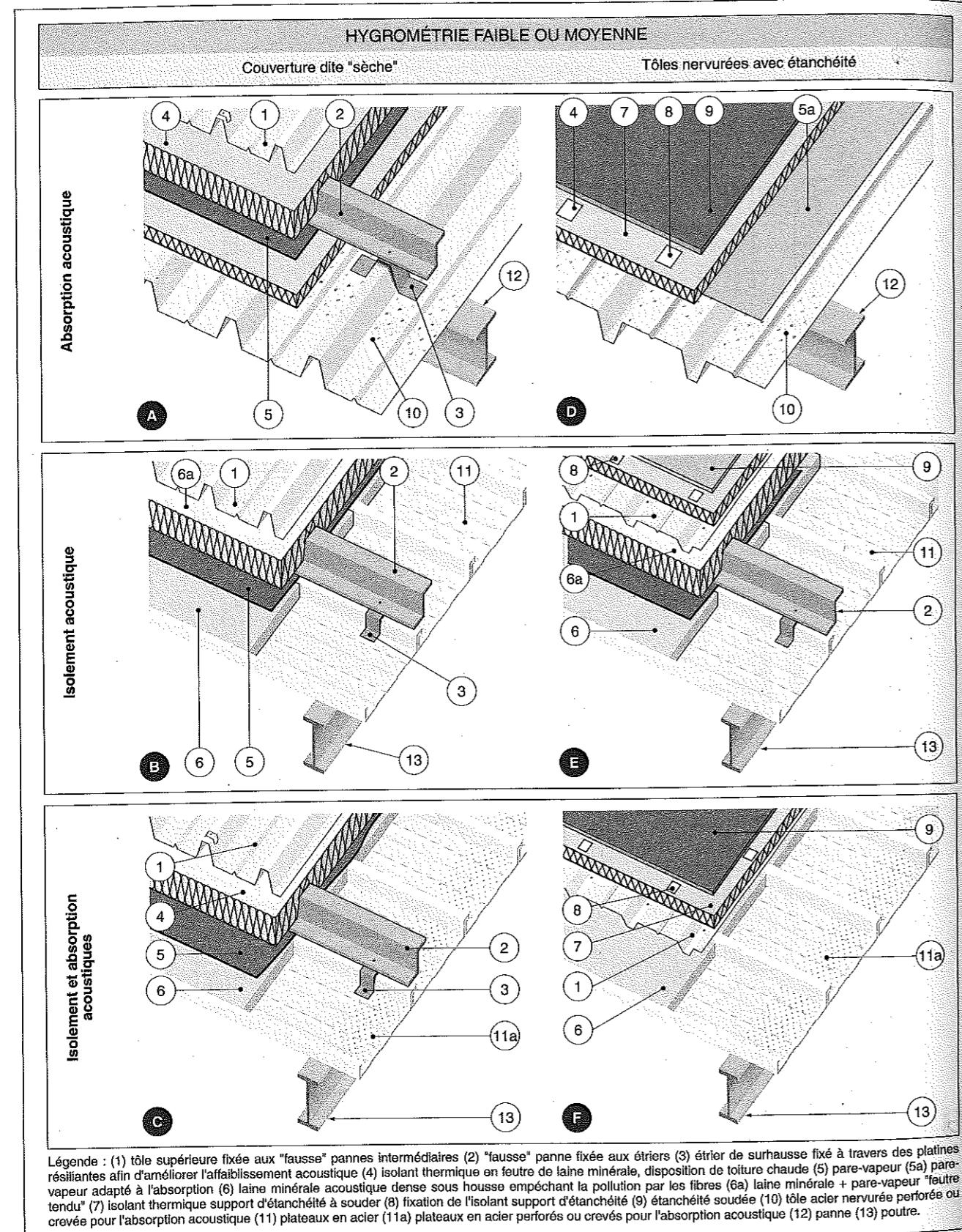


Figure 23.8b

Figure 23.9

**Surtoiture légère appuyée sur les tôles nervurées – Fixation mécanique ou collage : assemblage de la structure secondaire**

On ne peut utiliser le système montré que si les charges sont limitées et les efforts dans le plan du toit, minimes. Des dispositions doivent être prises pour éviter que les efforts ne déforment les fixations et n'endommagent les étanchéités : par exemple, par l'ajout d'entretoises en polymère sous les platines de fixation.

**Phases I et II de l'assemblage**
**Cas général**

1. Pannes.
2. Tôle d'acier galvanisé prélaqué nervurée.
3. Isolant thermique en laine minérale de forte densité (aussi rigide que possible) sur tous locaux hors locaux à forte ou très forte hygrométrie. Il peut recevoir un revêtement d'étanchéité par soudage.
4. Surfaçage bitumé de l'isolant (3) en usine.
5. Fixation mécanique de l'isolant par vissage dans les tôles nervurées (sur les diverses techniques : fig. 23.4).
6. 7. Sous-couche (6) en lés à base de bitume soudée sur l'isolant (cette sous-couche remplit la fonction d'une mise hors d'eau provisoire tout en renforçant la sous-face des platines (8)). Elle est posée à lés jointifs, sans recouvrement (7) sur l'isolant.
16. 17. 18. 19. Revêtement d'étanchéité (16) mis en œuvre par soudage sur la sous-couche (6) et les platines. Les lés sont assemblés par recouvrement (19). Une échancrure (17) est pratiquée au droit du pontet pour permettre le soudage à plat sur la platine (idéalement, les rangées de platines sont implantées au pas des lés d'étanchéité).
8. 9. Platines prépercées en acier inoxydable (8) : les trous sont implantés de telle manière que la mise en œuvre de quatre fixations (9), éventuellement munies d'entretoises résistant aux efforts dans le plan du toit, est assurée quelle que soit la position des nervures. Les platines sont recouvertes d'un enduit d'imprégnation à froid pour le collage de l'étanchéité.
10. Pontets en acier inoxydable sur les platines (8) : ils reçoivent l'ossature de la surtoiture.

**Variante**

Ce procédé, adapté aux locaux à forte ou très forte hygrométrie, emploie du verre cellulaire et offre une possibilité d'absorption acoustique malgré l'hygrométrie élevée.

11. 12. Platines en acier inoxydable sans percements de fixation (11), collées au bitume à la sous-couche (6) – pour la description du montage sous-jacent, voir ci-dessous. Le reflux du bitume (12) sur toute la périphérie de la platine garantit un bon collage.

13. 14. 15. Montage des panneaux de verre cellulaire : il débute par l'obturation des nervures à l'aide de rubans autocollants (13). L'isolant en panneaux de verre cellulaire (15) est collé à la tôle nervurée au bitume chaud (14) – si la tôle est en acier galvanisé non laqué, un enduit d'imprégnation à froid doit être appliqué préalablement afin d'assurer

une adhérence, mais la tôle est habituellement prélaquée pour assurer sa protection contre la corrosion en forte hygrométrie (tab. 23.1). Le bitume est également employé pour remplir les joints entre les panneaux de verre cellulaire et les recouvrir par-dessus. La sous-couche (6) en lés bitumés déroulés sans recouvrement (7) est ensuite soudée au chalumeau. La surface est soigneusement fondue au chalumeau aux endroits où doivent être collées les platines afin d'assurer la transmission des efforts de la surtoiture (suctions en particulier) vers les tôles nervurées (2).

Il est possible d'utiliser des tôles à nervures perforées remplies d'absorbant en fibre minérale pour augmenter l'absorption acoustique du local (fig. 23.4, 23.8 [croquis G] – voir aussi fig. 24.9 et chap. 15).

**Montage de l'ossature**

Les phases III et IV de l'assemblage de la structure secondaire et le montage de l'ossature portant la surtoiture sont communs aux procédés examinés ci-dessus. La question de la relation entre l'ossature principale et l'ossature secondaire qui porte la surtoiture est abordée à la figure 23.10 (croquis I à IV).

La résistance à la corrosion de tous les éléments de la surtoiture (potelets compris) doit correspondre, selon leur situation, à l'exposition extérieure ou intérieure de l'ouvrage. Ils sont de ce fait souvent en aluminium ou en acier inoxydable, au moins au-dessus des pontets.

**REMARQUE**

La soudure entre l'acier de carbone et l'acier inoxydable est possible mais nécessite des précautions particulières.

16. 17. 18. 19. Revêtement d'étanchéité (16) mis en œuvre par soudage sur la sous-couche (6) et sur les platines (8). Les lés sont assemblés par recouvrement (19) (entre le lé d'étanchéité (16) et le lé d'étanchéité (18)). Une échancrure (17) est pratiquée au droit du pontet pour permettre le soudage à plat sur la platine (idéalement, les rangées de platines sont implantées au pas des lés d'étanchéité).

20. Patte de réglage (20) avec lumières horizontales (23) et verticales (24) pour le réglage de l'ossature sur les pontets.

21. Ossature primaire (les éléments de l'ossature primaire sont dimensionnés avec un critère de flèche :  $f \leq 1/200$  sous-vent normal) avec éclissage au droit des pontets : elle nécessite une patte de réglage double.

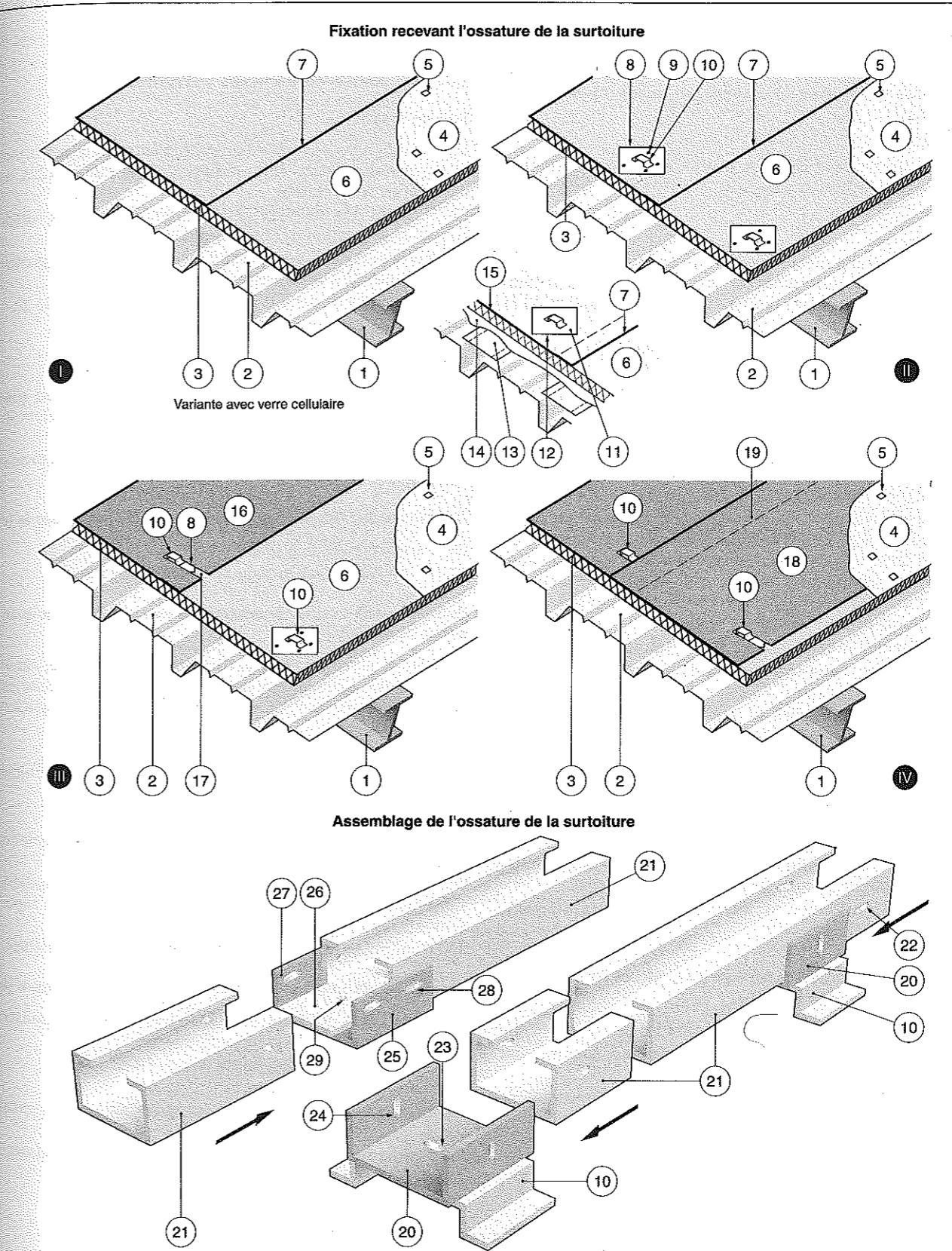
22. Lumière horizontale pour la fixation des éléments d'ossature primaire : elle permet les mouvements de dilatation et de retrait de l'ossature.

23. 24. Lumières horizontales (23) et verticales (24) pour le réglage de l'ossature sur les pontets.

25. 26. 27. 28. 29. Jonction d'éléments d'ossature primaire entre deux pontets qui leur laisse la liberté des mouvements de retrait et de dilatation : utilisation d'éclisses (25) et de contre-éclisses (26) assemblées par vis (29). Les éclisses sont percées de lumières horizontales (27) et (28) qui permettent la fixation par vis des extrémités des éléments d'ossature et autorisent les mouvements de dilatation et de retrait de ces derniers selon le serrage appliqué.

**Surtoiture légère appuyée sur les tôles nervurées – Fixation mécanique ou collage : assemblage de la structure secondaire**

Figure 23.9



Dans les cas présentés ici, la résistance à la corrosion de tous les éléments de la surtoiture (potelets compris) doit correspondre, selon leur situation, à l'exposition extérieure ou intérieure de l'ouvrage. Ils sont de ce fait souvent en aluminium ou en acier inoxydable, au moins au-dessus des potelets.

#### REMARQUE

La soudure entre acier de carbone et acier inoxydable est possible mais nécessite des précautions particulières.

#### 1. Panne.

2. Tête du potelet métallique portant la structure soutenant la surtoiture et protégeant le dessus des relevés d'étanchéité (11). Des trous ovalisés facilitent l'implantation de la structure de surtoiture.

3.4. Potelet métallique soudé (3) ou boulonné à la panne par l'intermédiaire de la platine (4).

5. Tôles nervurées en acier galvanisé prélaqué, support de l'isolant et de l'étanchéité.

6. Platine en tôle d'acier galvanisé, éventuellement prélaqué, fixée aux plaques (5). Elle obture le percement des tôles nervurées qui était nécessaire au montage des potelets (2), (3) et (4) et compense l'affaiblissement de cette zone.

7. Manchon en acier galvanisé, éventuellement prélaqué, soudé à la platine (6) et riveté. Il est détaché du potelet (3). Le relevé d'étanchéité (11) est appliqué contre ce manchon dont la hauteur minimale (en mm) est égale à  $(150 + \text{épaisseur de l'isolant (8)})$ , avec 10 mm de tolérance dimensionnelle.

8. Isolant thermique surfacé de bitume.

9. Fixation de l'isolant dans les plaques en tôle nervurée.

10. Étanchéité autoprotégée appliquée par soudage sur l'isolant.

11. Relevé de l'étanchéité sur le pourtour du potelet appliquée contre le manchon (7). Sa hauteur minimale est de 150 mm.

12. Poutres principales de structure portant la surtoiture.

13. Poutrelles secondaires de stabilité, définissant éventuellement un réseau de joints et de gouttières qui drainent la surtoiture dans le cas où ses joints ne sont pas parfaitement étanches à l'eau (lors de la fonte de neige par exemple).

14. Éléments de surtoiture, en acier ou en aluminium prélaqués par exemple, portés par les poutres (12).

15. Éclissage extérieur et intérieur entre deux éléments adjacents (fig. 23.9).

#### Rapport entre la structure principale et la structure portant la surtoiture

Il est l'objet des croquis et des légendes I à IV.

17. Surtoiture (en coupe et en vue). Elle est soumise aux variations de la température extérieure.

18. 18b. Structure portant la surtoiture et définissant sa géométrie (18). Elle est vouée à subir de fortes déformations et à déformer en conséquence les potelets, à moins de la fractionner pour lui ménager des possibilités de glissement et de rotation (voir cas IV, détail (18b)).

19. Potelets.

20. Plaques en tôle nervurée.

21. Surtoiture déformée.

#### Vues en coupe de diverses variantes

##### Potelet soudé (a)

Les adaptations de l'implantation de la surtoiture en hauteur et en plan doivent se faire au-dessus de la platine (22), au moment de son montage.

22. Élément d'assemblage de la structure portant la surtoiture et de protection des relevés d'étanchéité.

23. Retours faisant coupe-larme pour une meilleure protection des relevés d'étanchéité.

24. Isolant inséré dans le potelet afin de diminuer le pont thermique.

##### Potelet boulonné (b)

Les adaptations de l'implantation en hauteur et en plan peuvent se faire au moment du boulonnage des potelets sur les pannes.

25. Trous ovalisés et cales facilitant une implantation précise des potelets.

##### Potelet soudé : variante pour locaux à forte hygrométrie (c)

26. Partie relevée de l'isolant.

27. Pare-vapeur dans la zone de découpe des tôles.

##### Potelet soudé : variante adaptée à des pentes de toiture assez fortes (d)

Ce potelet ne comporte pas de relevés d'étanchéité, car ils sont coûteux. L'implantation en hauteur doit être précise car les plaques supérieures correspondent au niveau supérieur de l'isolant.

28. Panne ou chevron en pente.

29. Isolant à l'intérieur du potelet (risque de pont thermique important).

30. Plaque inférieure soudée au potelet.

31. Étanchéité coincée entre la plaque inférieure et la plaque supérieure.

32. Boulonnage de la platine supérieure en acier inoxydable. Cette platine supporte l'ossature de la surtoiture (non représentée).

33. Renforcement de l'étanchéité dans la zone des platines.

##### Potelet soudé : variante minimisant le pont thermique (e)

Les adaptations de l'implantation en hauteur sont organisées par la conception de la platine supérieure.

34. Potelet avec boulon préfixé.

35. Garnitures d'étanchéité.

36. Faces rabattues protégeant les relevés à l'aide des garnitures.

37. Platine supérieure portant la structure de la surtoiture.

38. Boulon et écrou d'adaptation en hauteur.

39. Cales d'adaptation à la pente.

#### Fixation par potelet sur l'ossature principale

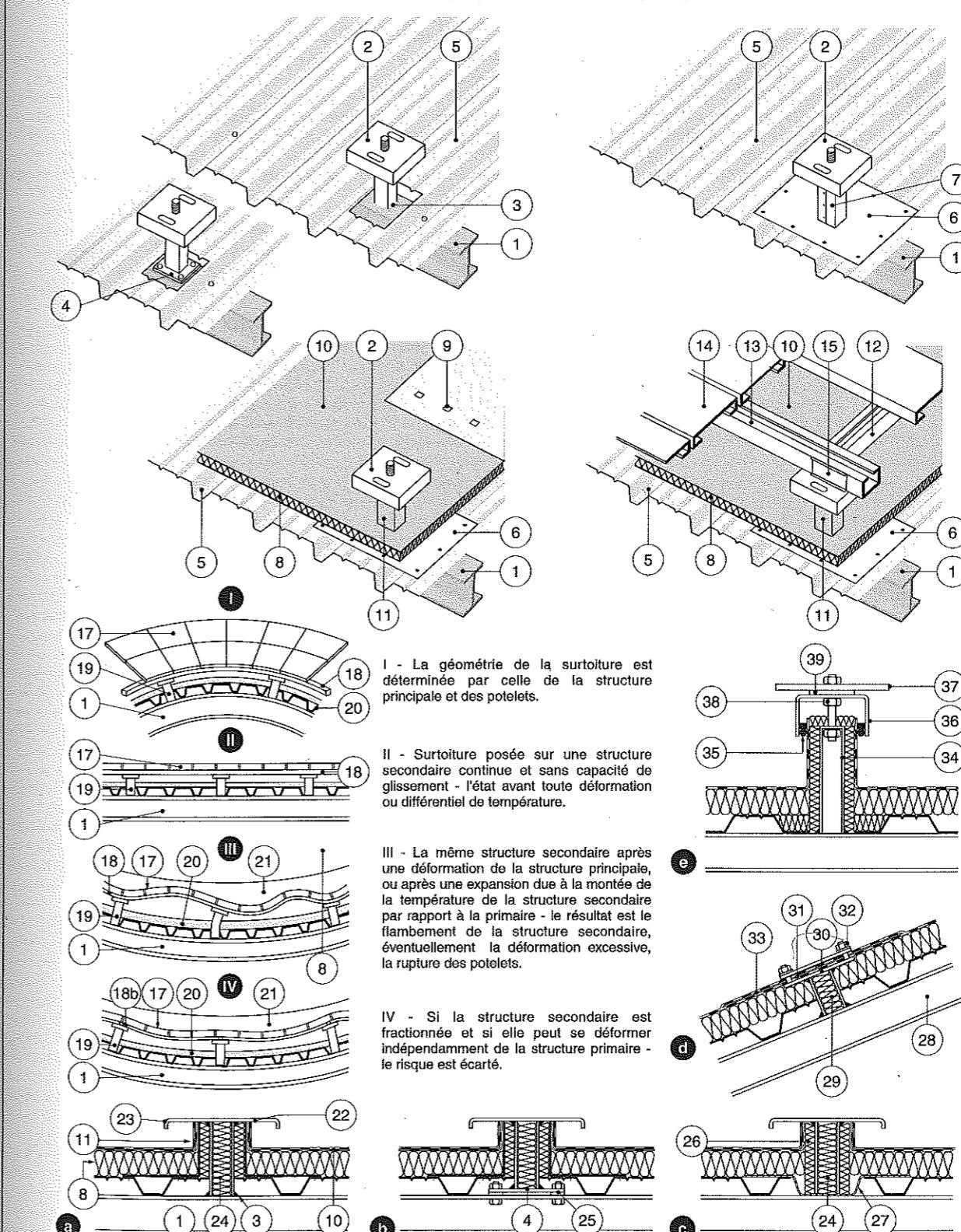


Figure 24.1

## Couvertures et bardages en feuilles métalliques : principes de l'assemblage à tasseaux

Le principe de tous les détails de fixation et d'assemblage des feuilles métalliques est de ne jamais entraver la dilatation et le retrait dus aux évolutions de la température, car une entrave produirait des gondollements et déchirures et par conséquent une perte de l'étanchéité. La feuille est fixée en partie haute, en lui laissant une liberté de mouvement à ses bords longitudinaux et vers le bas (également vers le haut dans le cas de longues feuilles à pente faible – tab. 24.1 et fig. 24.2). Afin d'éviter une concentration d'efforts risquant de déchirer la feuille, le clouage ne s'effectue généralement pas directement dans celle-ci, à moins de multiplier le nombre de fixations et d'ajouter un renfort. La fixation en haut de la feuille est également conçue comme un détail d'assemblage transversal garantissant l'étanchéité entre la feuille inférieure et la feuille supérieure qui la recouvre. Le type d'assemblage en haut de feuille présenté ici est appelé « agrafure ». Pour des pentes faibles, le recouvrement R entre les feuilles est augmenté en ajoutant une « bande d'agrafure » (clouée ou brasée selon le matériau), juste en dessous de la première pliure appelée « pince ». Le dispositif à recouvrement agrandi est appelé « double agrafure ».

En haut à gauche sont représentées les feuilles métalliques, avec l'indication (flèches) du sens habituel de leurs mouvements par rapport aux points fixes. Les tableaux 24.1 et 24.3 indiquent les dimensions correspondant aux cotes l, L, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, B et R. Les feuilles longues sont appelées « longues feuilles » (tab. 24.1). En haut à droite sont présentés, à titre de comparaison, les deux systèmes d'assemblage : à tasseaux et à joint debout (fig. 24.2).

## REMARQUE

Les dimensions indiquées dans les figures et les légendes sont généralement celles du zinc (matériau le plus courant en France). De légères différences peuvent apparaître dans les cas de l'acier inoxydable et du cuivre.

1. Tasseau en bois de section trapézoïdale, de 40 mm de largeur et de hauteur, pour des versants dont la projection horizontale est inférieure à 8 m, et de 50 mm dans les autres cas. Après le placement des « pattes à tasseau » ((5) avant pliage et (5a) en position repliée sur le relevé de la feuille) qui maintiennent les feuilles sur leur longueur, le tasseau est positionné au-dessus et cloué sur les voliges (10). Ce tasseau sert à appuyer les relevés repliés de chaque côté de la feuille métallique et à fixer le couvre-joint (fig. 24.4 et 24.5 pour les séquences de montage).

2. 3. Pli appelé « pince » (2), situé en haut de la feuille et maintenu par des « pattes de feuille » (3) dont la partie haute est clouée au voligeage et la partie basse « agrafée » (c'est-à-dire repliée) dans le pli de la pince. La pince agit également comme élément d'étanchéité supplémentaire en arrêtant l'eau qui a tendance à remonter la pente (du fait de l'action du vent et de la capillarité).

4. Patte soudée ou brasée, selon le matériau, à la feuille et clouée dans sa partie haute. Cela permet de réduire l'épaisseur de la pince en cas de toiture de faible pente. Dans le cas d'une toiture à forte pente ( $> 175\%$ ), le système est renforcé par des fixations supplémentaires. Il est également possible de faire entrer la patte de tasseau (5a) dans une encoche du relevé ou encore de clouer la feuille dans sa partie relevée – cela est cependant exclu dans le cas du cuivre. La patte à tasseau (5a) peut constituer un renforcement du clouage contre la déchirure. Les fixations dans les relevés de la feuille sont particulièrement utiles quand l'assemblage mis en œuvre

n'est pas du type « agrafure » (simple ou double), par exemple au raccord avec le faîte (fig. 24.5) ou avec un ressaut.

5. Patte à tasseau (tous les 0,5 m) avant qu'elle soit repliée (fig. 24.4 et 24.5).

5a. Patte à tasseau après son pliage sur le relevé de la feuille de couverture qui est ainsi maintenue contre la succion du vent.

6. 7. Longues feuilles, plus lourdes que les feuilles traditionnelles, ce qui implique des fixations supplémentaires, notamment en cas de pente forte ( $> 60^\circ$ ), soit par clouage du relevé (5a), soit en clouant à travers une bande de renfort (6) généralement du même matériau (mais en acier galvanisé dans le cas d'une couverture en zinc), insérée dans la pince (7) – ce dernier mode de fixation est bien adapté à l'assemblage en double agrafure.

8. Bande d'agrafure soudée ou brasée, selon le matériau, à la feuille, en dessous de son bord supérieur, afin d'obtenir un recouvrement (R) plus important de la feuille inférieure par la feuille supérieure (voir en bas à droite).

9. Pli relevant la bande d'agrafure au-dessus du plan de la feuille.

10. Voligeage composé de planches en bois ou éventuellement de panneaux à base de bois – à condition qu'un avis technique du CSTB l'admette –, supportant les feuilles sur toute leur surface (§ 24.3.2).

11. 11a. Assemblage courant : couvre-joint inférieur (11) fixé par un clou en haut, où l'on soude ou brase, selon le matériau, une patte (15), servant à maintenir le bas du couvre-joint supérieur (11a). Le recouvrement entre les deux est normalement de 50 à 80 mm. La longueur maximale des couvre-joints est de 1 m.

12. 13. 14. Feuille inférieure (12), recouverte par la feuille supérieure (14). Ce recouvrement est minimal dans le cas de l'agrafure (simple), où la feuille supérieure est « agrafée » (c'est-à-dire repliée) (13) dans la pince (2) de la feuille supérieure. Cet assemblage ne convient pas aux pentes faibles. Un recouvrement plus important est obtenu avec la double agrafure, à l'aide de la bande d'agrafure soudée (8). Les feuilles et les longues feuilles présentent des différences dans les dimensions des pinces, des plis d'agrafage et surtout des jeux assurant la liberté des mouvements (5 mm pour les feuilles, 15 mm pour les longues feuilles).

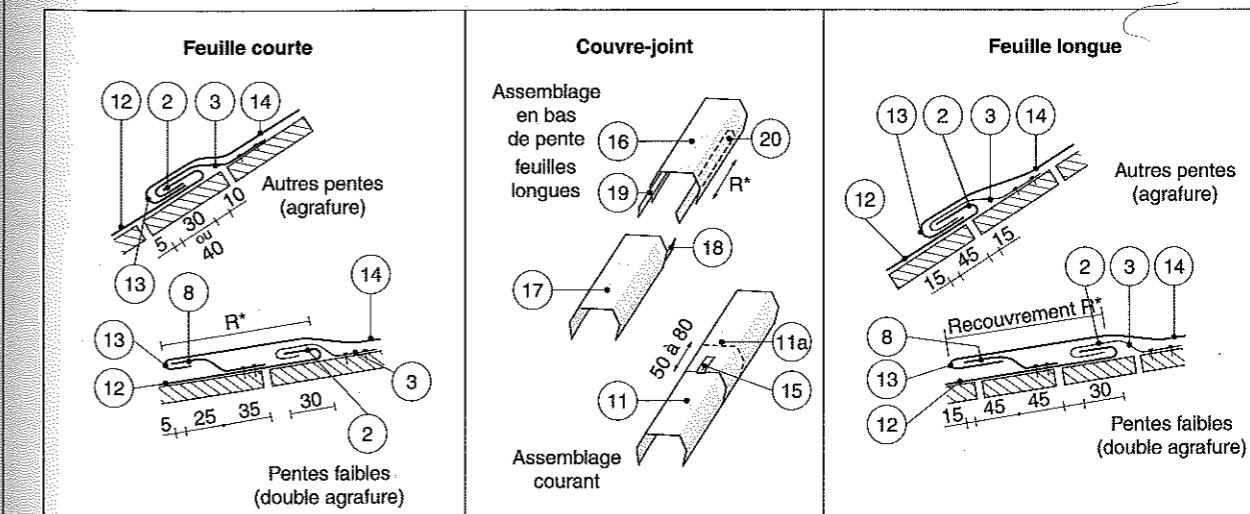
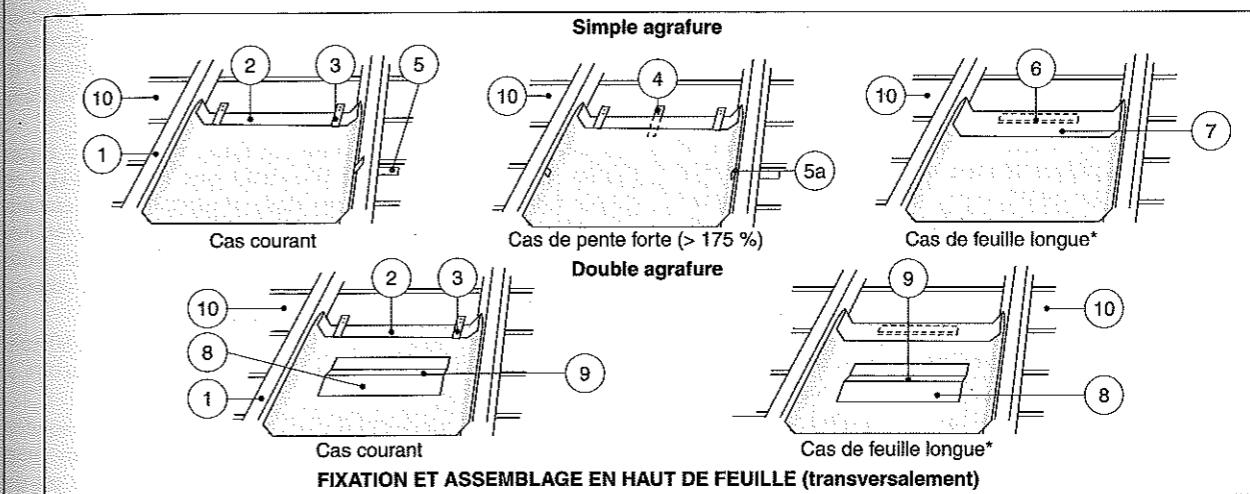
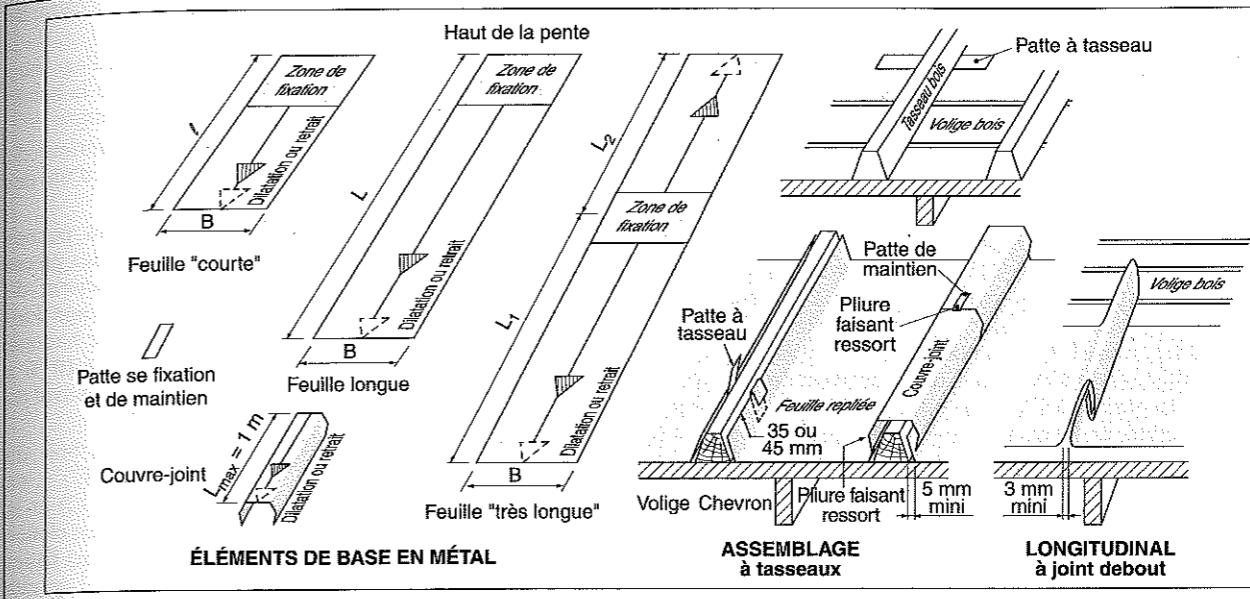
15. Patte de maintien du bas des couvre-joints – voir détail (11).

16. 17. Couvre-joints inférieur (17) et supérieur (16), dans la configuration avec longues feuilles. Afin de permettre une plus grande liberté de mouvement, des dispositions particulières s'imposent, surtout en bas de la pente où les mouvements du rampant cumulent et où il faut éviter qu'ils soient entravés par la liaison à l'égout.

18. 19. 20. Système à gaine, offrant une alternative aux pattes (15) modifiées, dites « à ressort » (ces pattes, qui laissent un jeu important au couvre-joint supérieur, peuvent être utilisées en partie courante dans le cas de feuilles longues). Les deux baïonnettes (19) sont soudées ou brasées (20) au couvre-joint supérieur et glissées dans le couvre-joint inférieur. Elles retiennent le couvre-joint supérieur qui peut ainsi bouger librement. La patte (18) est soudée seulement au couvre-joint jouxtant l'égout et sert à le fixer (par soudure ou par brasure) aux reliefs des feuilles qu'il recouvre. De cette manière, il suit librement les mouvements importants des longues feuilles en bas de la couverture, tout en restant gainé dans le couvre-joint supérieur (16).

## Couvertures et bardages en feuilles métalliques : principes de l'assemblage à tasseaux

Figure 24.1



\* Nota : certains dispositifs et dimensions varient selon le matériau et le contexte

Figure 24.2

## Couvertures en feuilles métalliques à joint debout : principes et exemples

Le système à joint debout est adapté aux grands rampants couverts par de longues feuilles, comme l'indique la figure ci-contre (en haut à gauche) : les longues feuilles sont pliées en atelier, puis assemblées entre elles après interposition des pattes. Le dernier pli est fait sur chantier avec une machine à sertir légère. Les longues feuilles sont soumises à des mouvements de température particulièrement importants. Afin de diminuer leur amplitude, une zone fixe est établie à une certaine distance du haut de la feuille. Cette configuration n'est pas possible quand la pente est forte (la disposition des pattes préconisée par le DTU 40.45 sur les feuilles en cuivre est présentée par les croquis en haut à droite). Les DTU relatifs au zinc et à l'acier inoxydable préconisent des dispositions légèrement différentes. Cependant, l'écartement des pattes est commun à tous les matériaux : il est de 330 mm, sauf en bas de pente où il est de 165 mm (3 pattes) à cause de l'action accrue du vent. Les règles concernant la disposition des pattes définissent implicitement les dimensions maximales des parties de la feuille situées en amont et en aval de la zone fixe. La règle relative au zinc, très restrictive, est en revanche tout à fait explicite (tab. 24.1, note 3).

La zone fixe est maintenue par 5 pattes fixes et la zone libre par des pattes qui coulissent sur leurs bases (présentées en haut à droite). Cette disposition est nécessaire car le sertissage produit une adhérence si forte entre les pattes et les feuilles que tout mouvement est pratiquement impossible entre elles (tab. 24.5).

Du fait que le système à joint debout est le système le plus employé avec les longues feuilles, l'assemblage transversal à double agrafure est plutôt rare, car les feuilles longues se prêtent davantage au système à ressauts (chaque feuille courant d'un ressaut à l'autre par exemple) ou au système analogue dit « à travée continue ». L'assemblage à double agrafure peut néanmoins permettre de réduire la longueur des feuilles afin de faciliter leur manutention ou de s'adapter à une zone de couverture à géométrie particulière.

1. Voligeage constitué de planches en bois ou éventuellement de panneaux à base de bois – à condition qu'un avis technique du CSTB l'admette –, supportant les feuilles sur toute leur surface (§ 24.3.2).

2. 3. 4. Joint debout de la feuille inférieure (2), devant être aplati (ou « couché ») (3) pour qu'elle puisse être recouverte par la feuille supérieure. Afin de réduire les épaisseurs cumulées par les feuilles superposées, le joint supérieur (4) est décalé par rapport au joint inférieur (2).

5. Pli appelé « pince », situé en haut de la feuille. Il peut être maintenu par des « pattes de feuille » (fig. 24.1), mais dans le cas de longues feuilles fixées plus bas, il faut s'assurer que ces pattes n'entrent pas leur libre mouvement. La pince agit également comme un élément de sécurité supplémentaire contre la pluie,

en arrêtant l'eau qui a tendance à remonter la pente à cause de la poussée du vent ou de l'effet de capillarité.

6. 6a. Feuille supérieure repliée (6a) sur la bande d'agrafure (6) soudée (ou brasée) à la feuille inférieure, ou sur la bande d'agrafe (10) fixée au voligeage dans la zone du joint.

7. Manière de fermer et de renforcer le bout inférieur du joint debout, en repliant une portion prolongée d'un des reliefs assemblés sur l'autre relief et de l'y souder.

8. 8b. 9. 9a. Chevron principal (8) porté par les pannes (8b) – voir détail. Il supporte le voligeage (1) et des pièces de rehausse (9) appelées « coyaux », qui permettent de produire les ressauts (9a), sortes de relevés du voligeage dont la hauteur est généralement de 80 à 100 mm. Une hauteur de ressaut de 50 mm est possible avec les pentes  $\geq 10\%$  à condition de couper les joints debout des feuilles en aval du ressaut (cas présenté).

10. 11. 12. Feuilles inférieures relevées contre le bois du ressaut – après avoir aplati (3) leur joint debout (2) –, en laissant un jeu de 10 mm entre le bas du relevé (12) et le ressaut. Une bande appelée « bande d'agrafe » (10) est clouée au voligeage. Constituée de feuilles courtes ( $\leq 0,5$  m) fixées côte à côte, avec un écart maximal entre elles de 0,1 m, elle renforce l'assemblage des feuilles supérieures et inférieures en maintenant le haut du relevé, qui est replié à l'horizontale (11). Finalement, les feuilles supérieures sont repliées sur la bande d'agrafe (10) et sur le repli du relevé (11), en laissant des jeux de 15 mm entre ces éléments.

13. 14. Feuilles se rencontrant au faîte, relevées de façon qu'un des relevés (13) soit plus haut que l'autre (14). Les joints debout, décalés sur les deux rampants, sont ensuite couchés, avant la réalisation du double pli des deux feuilles assurant l'étanchéité (petit croquis). L'assemblage au faîte peut également être effectué à l'aide d'un tasseau, comme dans l'exemple présenté en bas à droite.

15. Tasseau d'arête (ou de faîte), d'une hauteur de 80 mm, supérieur à celle des tasseaux courants de la couverture à tasseaux.

16. 17. Couvre-joint fixé en haut duquel la patte est soudée ou brasée (17) qui maintient le couvre-joint supérieur (non représenté). Le recouvrement entre les couvre-joints est de 50 mm. Dans le cas d'une disposition semblable en faîte, les fixations et pattes sont placées du côté « au vent » des vents de pluie dominants, et le recouvrement entre couvre-joints est de 80 mm.

18. 19. 20. Joint debout (20), couché (18) en partie haute, relevé ensuite (19) de 70 mm contre le tasseau et recouvert par le couvre-joint (16). Une autre solution est d'utiliser à la place du couvre-joint une bande agrafée (deux plis) dans chacun des deux relevés (19) des feuilles, qui doivent alors être augmentés de 10 mm.

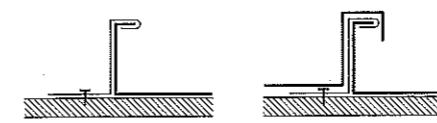
## Couvertures en feuilles métalliques à joint debout : principes et exemples

Figure 24.2

## Assemblage latéral de deux feuilles



Phase 1 Phase 2 Phase 3

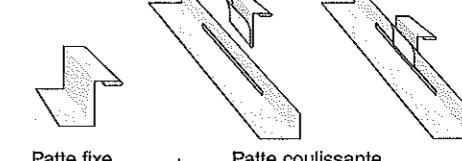


Phase 2 détail A Phase 3 détail B

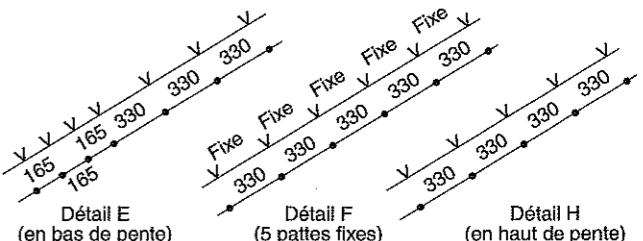


Phase 4 Phase 5

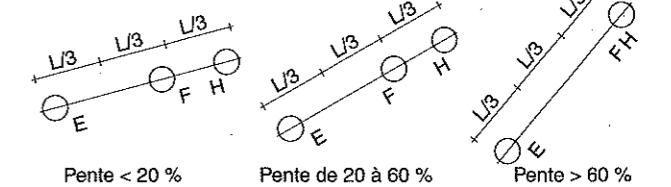
## Pattes des joints debout



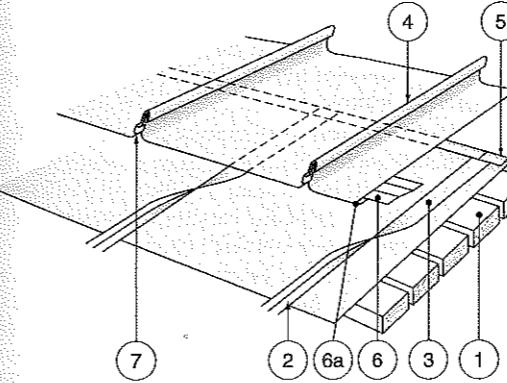
Patte fixe Patte coulissante



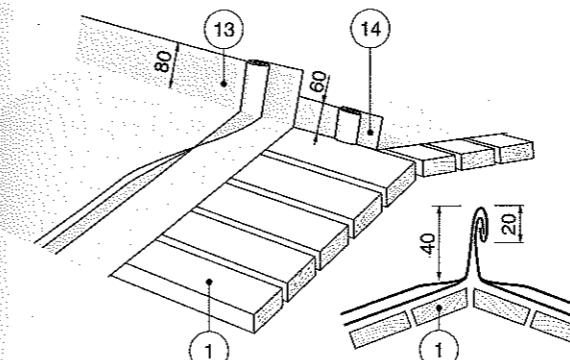
Détail E (en bas de pente) Détail F (5 pattes fixes) Détail H (en haut de pente)



## Assemblage transversal à double agrafure



Exemple d'assemblage au faîte



Exemple d'assemblage sur arête à couvre-joint

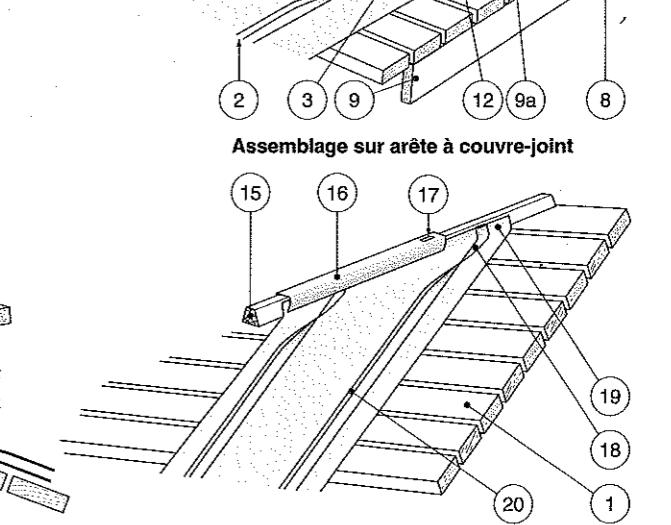
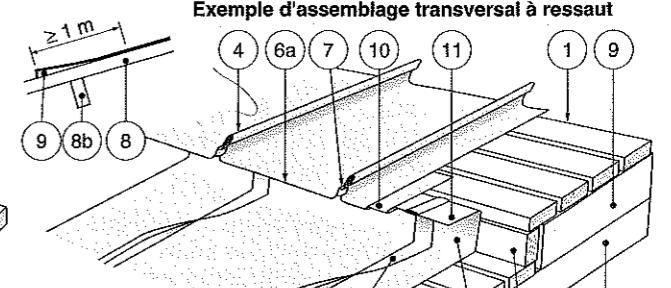


Figure 24.3

## Couvertures et bardages en feuilles métalliques - Assemblage à tasseaux : exemples en coupe

Pour une lecture plus approfondie de la figure ci-contre, se reporter aux figures 24.4 à 24.7, qui en présentent certains détails.

**1. 2. 3.** Dispositif de faîtement avec ventilation haute. La couverte métallique (1) est appuyée sur la pièce en bois (2). La figure 24.7 présente diverses dispositions permettant d'assembler des couvertines longues. La couverte est accrochée par des pinces aux bandes d'agrafe (3) clouées à la pièce (2). Un garde-corps (46) est fixé sur la couverte (détail A) : il s'agit d'une protection collective contre la chute (pour d'autres options, voir partie 3 - Annexes, chap. 28).

**4. 5.** Bardage en feuilles métalliques (4) sur voligeage vertical (5) (voir fig. 24.6 [en haut à droite] et fig. 24.8 sur l'assemblage du bardage), soutenu par une structure en baïonnette accrochée à la structure principale (détails (6), (28) et (32)).

**6.** Poutre longitudinale.

**7.** Menuiserie en bois d'une fenêtre avec double vitrage.

**8.** Appui de la menuiserie en bois, supporté par une structure secondaire située en dessous (non représentée).

**9.** Larmier en bande métallique maintenue et raidie par des bandes d'agrafe clouées sous ou sur l'appui (8). Ce larmier protège également le bois de l'appui. Les étapes de construction d'un tel détail sont présentées à la figure 24.5.

**10.** Relevé des feuilles métalliques couvrant la partie du toit à droite (voir la constitution de ce détail en haut de la figure 24.5). L'écart entre ce relevé et le larmier (9) permet de ventiler cette partie du toit.

**11.** Couvre-joint sur les tasseaux.

**12. 13. 14.** Voligeage (12) portant les feuilles de couverture (13), les tasseaux et les couvre-joints (11) (pour les étapes du montage : fig. 24.1, 24.4 et 24.5). Le relevé longitudinal des feuilles (14) est appuyé contre le tasseau.

**15.** Assemblage à l'égout à l'aide d'une bande d'égout à larmier (fig. 24.4), dispositif bien adapté aux longues feuilles. L'écart entre la bande d'égout et la gouttière ménage un passage à la ventilation.

**16. 17.** Pattes (16) de maintien et de renfort de la gouttière. Des pattes supplémentaires peuvent raidir le corps de la gouttière en se prolongeant jusqu'à sa face de devant, ou bien lui donner une pente (17) (fig. 24.4).

**18.** Bande métallique appelée traditionnellement « recouvrement d'entablement », qui protège de l'eau le dessous de la gouttière. Dans le cas présenté ici, elle s'assemble par-dessous avec la feuille verticale (4) du bardage.

**19. 20.** Pattes en acier galvanisé (19) fixées dans la maçonnerie, portant des chevrons en bois verticaux de 50 × 50 mm ou 63 × 63 mm (20) écartés de 50 à 80 cm, auxquels est fixé le voligeage (5) (pour un dispositif semblable, voir fig. 18.10 et 24.8).

**21. 22. 23. 24.** Encadrement en planches de bois (21) accroché aux chevrons (20) définissant le cadre du percement de la fenêtre (7). Ce cadre est recouvert de bandes métalliques (22)

assemblées entre elles par agrafage ou, dans le cas de petits percements, par soudure (ou brasure). Les bords de la bande recouvrant l'appui sont relevés (23) derrière les feuilles verticales des ébrasements (22). Il faut aussi assurer l'assemblage avec les feuilles du bardage général sur le pourtour et la jonction avec le dormant de la fenêtre, ici à l'aide d'une pliure (24) finie par un petit arrondi qui évite de se blesser.

**25.** Assemblages derrière lesquels il est possible d'aménager des orifices de ventilation.

**26. 27. 28.** Toiture courbe obtenue en incurvant les couvre-joints (26) en atelier et en pratiquant de petites coupes dans les tasseaux (27) qui les supportent. L'ensemble est porté par le voligeage fixé aux chevrons courbes (28), en bois lamellé-collé par exemple.

**29.** Isolant thermique en fibres minérales avec pare-vapeur en dessous placé entre et sous les chevrons.

**30.** Pare-vapeur posé sur le plafond en plaques de plâtre (35) ou en lambris de bois, éventuellement intégré à l'isolant (29) en usine.

**31.** Zone des pannes.

**32. 33. 34.** Structure principale de forme courbe (32) appuyée sur les poteaux (34), qui soutiennent eux-mêmes la structure de la toiture basse à l'aide de la poutre (33).

**35. 36.** Patte de suspension (36) de la sous-structure en rails portant le plafond en plaques de plâtre (35).

**37.** Chevrons portant la couverture.

**38.** Panne portant la ligne de brisure.

**39.** Panne délimitant le percement du lanterneau.

**40.** Ligne de brisure du toit. Le couvre-joint peut être fabriqué en deux parties soudées. Les feuilles peuvent être assemblées soit au-dessus, soit en dessous de la ligne de brisure. Ce dernier cas est décrit en bas à gauche de la figure 24.6 ; un dispositif très différent est présenté dans cette même figure (à droite).

**41.** Chatière de ventilation en zinc, soudée à la feuille.

**42.** Construction en feuilles métalliques soudées en forme de besace en amont, du lanterneau. Le but est d'orienter l'eau qui arrive du haut de la pente vers les deux côtés du lanterneau (pour un exemple semblable : fig. 24.6).

**43. 44. 45.** Le pourtour du lanterneau est constitué par un cadre de bois (45) (en contreplaqué par exemple). Le vitrage encadré par une menuiserie métallique ou en PVC (44) est assemblé par des larmiers (43) aux relevés des feuilles entourant le lanterneau (pour un détail semblable : fig. 24.6 [en haut à gauche]). Les contacts entre métaux différents doivent être évités car ils peuvent aggraver le risque de corrosion (voir partie 1, chap. 13).

**46.** Garde-corps protégeant le personnel chargé de l'entretien. Le détail A montre la capote soudée à la couverture, dont la fonction est de protéger les points de fixation du garde-corps des infiltrations d'eau.

**47.** Partie conique du toit.

## Couvertures et bardages en feuilles métalliques - Assemblage à tasseaux : exemples en coupe

Figure 24.3

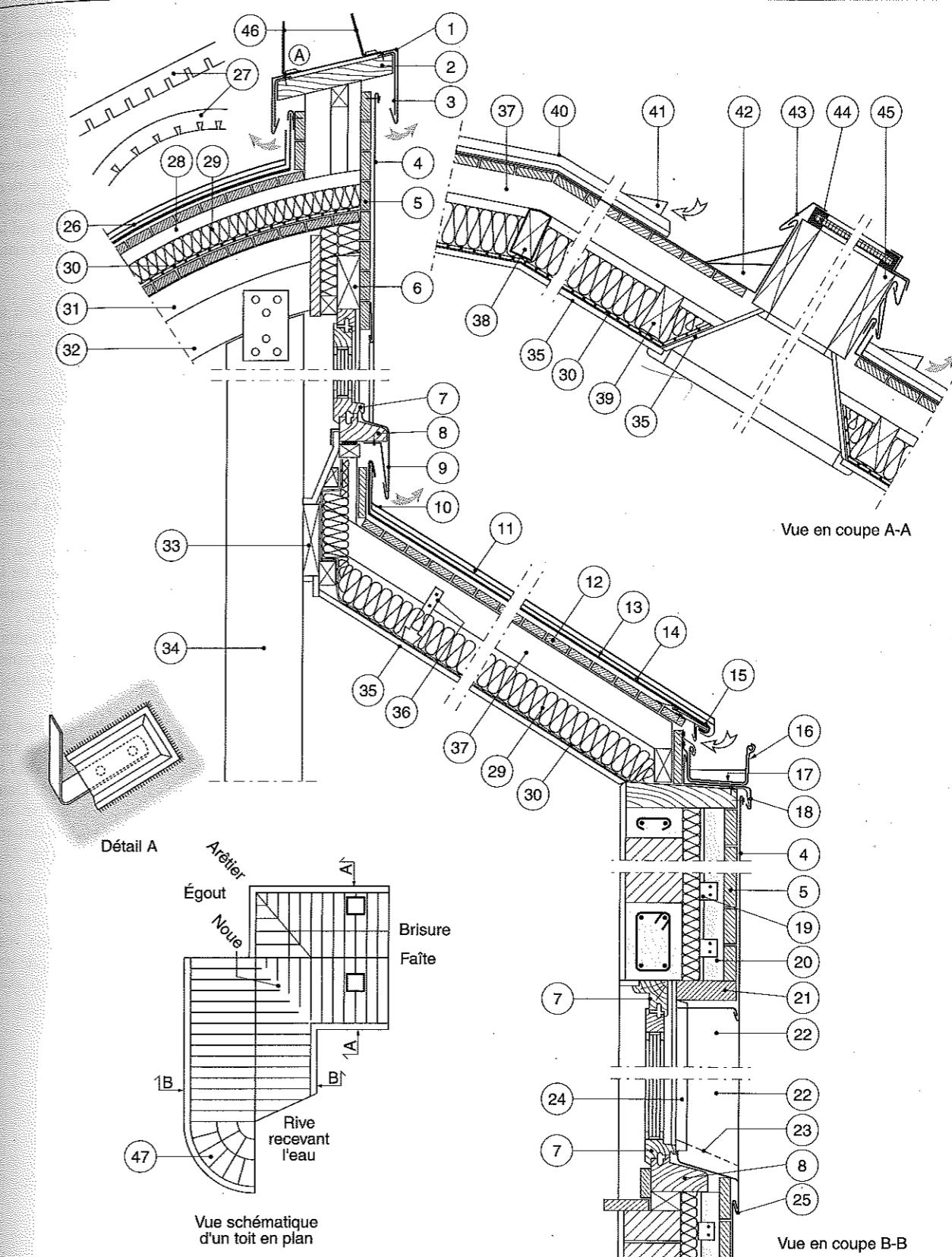


Figure 24.4

## Couvertures en feuilles métalliques à tasseaux – Exemple d’assemblage en bas de pente

La pose de la couverture s’effectue bien évidemment à partir d’un rampant, par le bas. La figure ci-contre décrit par une suite de croquis les détails et procédés d’un montage en bas de pente bien adapté aux longues feuilles (voir aussi fig. 24.3).

**1. 2. 2a. 2b. 3.** Le couvreur doit réceptionner la charpente et vérifier que les écarts dimensionnels sont acceptables. Après le clouage des voliges (1), les pattes à tasseau (2) sont disposées tous les 0,5 m à peu près, et les tasseaux (3) cloués par-dessus. Les pattes sont ensuite repliées vers le haut (2a) afin d’être rabattues (2b) ultérieurement sur les relevés des feuilles (7b). Elles maintiennent la feuille contre le soulèvement par le vent, mais admettent un éventuel mouvement dans le sens de la pente. Le clouage de la planche de rive, dite aussi « planche d’égout » (8b), voir croquis II, et du support de la gouttière (8) en bas du toit font partie de ce stade de l’assemblage.

**4. 4a. 5. 5a.** Après la pose de la bande dite « de recouvrement d’entablement » (9) puis, par-dessus, de la gouttière (8), des pattes (4) destinées à maintenir et à raidir le larmier (5a) et sa saillie (5) faisant bande d’égout sont fixées sur le bord du toit. Par exemple la patte (4) doit être suffisamment rigide pour conserver sa forme. Les pattes (4a) tenant en position le haut du larmier (5) doivent également être fixées. Le rôle de la bande d’égout et du larmier est d’assurer l’étanchéité en bas de pente, en se raccordant aux feuilles (6), et de diriger l’écoulement de l’eau vers la gouttière. Par ailleurs, des ventilations (fig. 24.3) peuvent être aménagées entre le larmier (5a) et la gouttière (8), en prévoyant des orifices dans la planche d’égout verticale qui se trouve derrière la gouttière.

**6. 6a. 7. 7a. 7b.** La première feuille (6) est préparée en faisant des plis et des coupes : un pli en bas (7) et deux plis (7b) sur les longs côtés. La petite coupe aux angles permet d’obtenir deux « oreilles » (7a), qui recouvriront par la suite le bas du couvre-joint (croquis II et III). Un dernier pli est réalisé en haut de la feuille : c’est la « pince » (11b) dans laquelle seront repliées les « pattes à feuille » (11a) et la feuille supérieure (6a). Le cas présenté est un assemblage en simple agrafure, sans recouvrement supplémentaire (fig. 24.1 et tab. 24.2 et 24.3).

**8. 8a. 8b. 9. 10.** La gouttière (8) est posée au-dessus de la bande de recouvrement d’entablement (9) en s’appuyant contre la planche d’égout (8b). Elle est maintenue par des pattes (4) et des crochets de renfort (8a). La bande (9) évite que l’eau pénètre en dessous et à l’arrière de la gouttière, et protège le haut de la paroi verticale. Elle est munie en partie basse d’un arrondi pour une meilleure rigidité. Deux problèmes doivent être résolus dans le cas de gouttières et de bandes longues (9) :

– la conception de jonctions étanches (à coulisseaux par exemple [détail (10)]) qui ne gênent pas les dilatations et retraits (fig. 24.7) ;

– en ce qui concerne plus particulièrement les gouttières, la formation de pentes.

Il est raisonnable de garder un bord horizontal en bas de pente et en haut de la paroi sous-jacente. Quand la gouttière ne s’appuie pas directement sur le haut du mur (entablement), elle est « pendante » et a souvent une section constante. Dans ce cas, la pente est obtenue en modulant la longueur des crochets de suspension (voir fig. 18.6). Quand la gouttière s’appuie sur le haut du mur (l’entablement), il existe deux possibilités :

– soit adopter une géométrie constante ;  
– soit donner à la gouttière une géométrie variable, dont le développé augmente, selon la pente, en avançant vers les descentes d’eaux pluviales (voir fig. 18.5) ; c’est la gouttière nantaise (ou havraise) « portant sa pente ».

Une gouttière très courante dans la tradition de la couverture en zinc en France est la gouttière « à l’anglaise ». Elle a un développé variable et elle est portée par des crochets de longueurs variables, mais, contrairement à la gouttière pendante, ces crochets sont soutenus à leur extrémité extérieure par des retours verticaux attachés à la bande de recouvrement d’entablement par des pontets.

**11. 11a. 11b.** Les « pattes de feuille » (11) sont fixées sur le voligeage et repliées (11a) dans la pince (11b) en haut de la feuille. Il est alors possible de procéder à l’assemblage à simple agrafure avec la feuille placée au-dessus (6a) (croquis II).

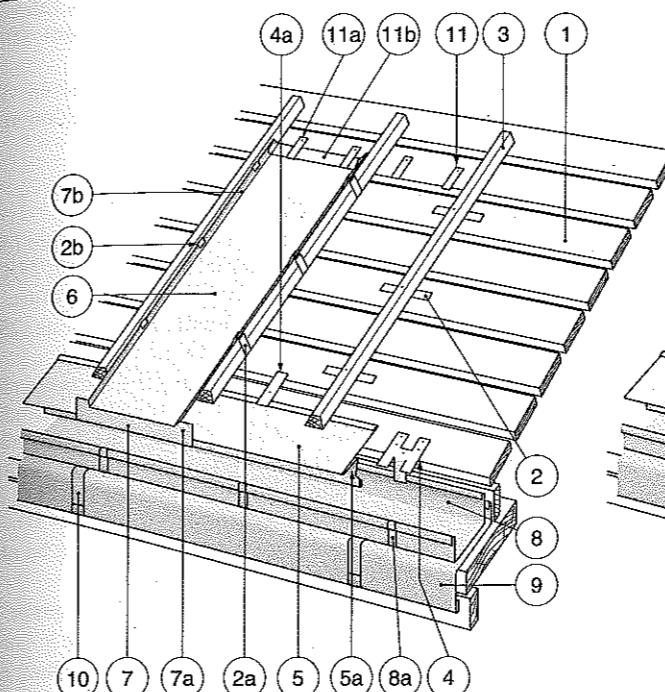
**12.** La feuille (12) est préparée et placée de la même manière que la feuille adjacente (6) (croquis II). Les pattes à tasseau (2b) sont repliées sur les feuilles. Les plis verticaux (7) (à l’égout) se chevauchent.

**13. 13a. 14. 14a.** Le couvre-joint (13) est posé en bas de la pente (croquis III). Il est fixé en haut, où se trouve une patte soudée (voir détail (14)) qui, une fois repliée vers le haut (14a), maintient le couvre-joint supérieur (13a). Dans le cas de longues feuilles, le premier couvre-joint est fixé aux deux feuilles en bas, son point haut étant libre et maintenu par le système de gainage à l’aide de baïonnettes (fig. 24.1 [en bas, au milieu]).

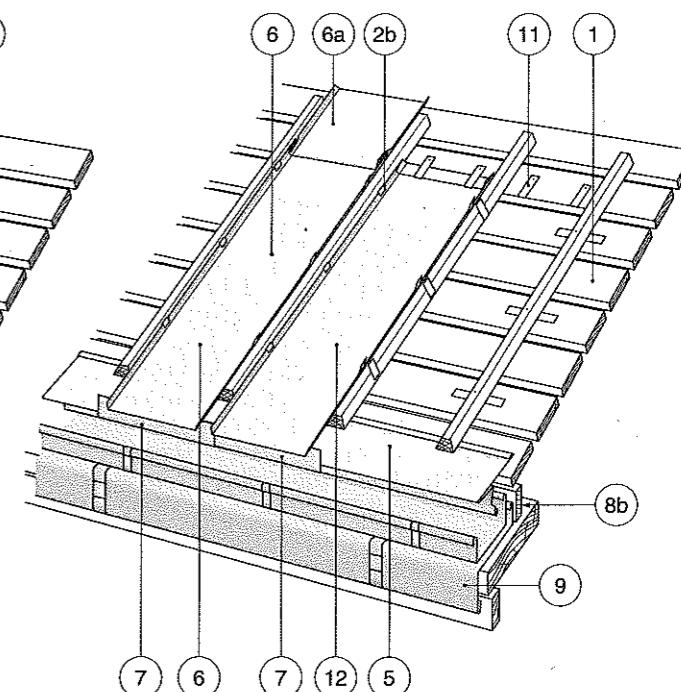
**15. 15a. 16.** Les premiers couvre-joints (13) sont munis (par soudure) d’un talon (15) qui recouvre les plis chevauchant (7) les feuilles (6) et (12). Ces talons sont repliés (15a) vers l’arrière contre les plis (7) et (7a), l’ensemble étant replié par la suite sous la bande d’égout (5) (croquis IV), formant ainsi l’arête (16).

## Couvertures en feuilles métalliques à tasseaux – Exemple d’assemblage en bas de pente

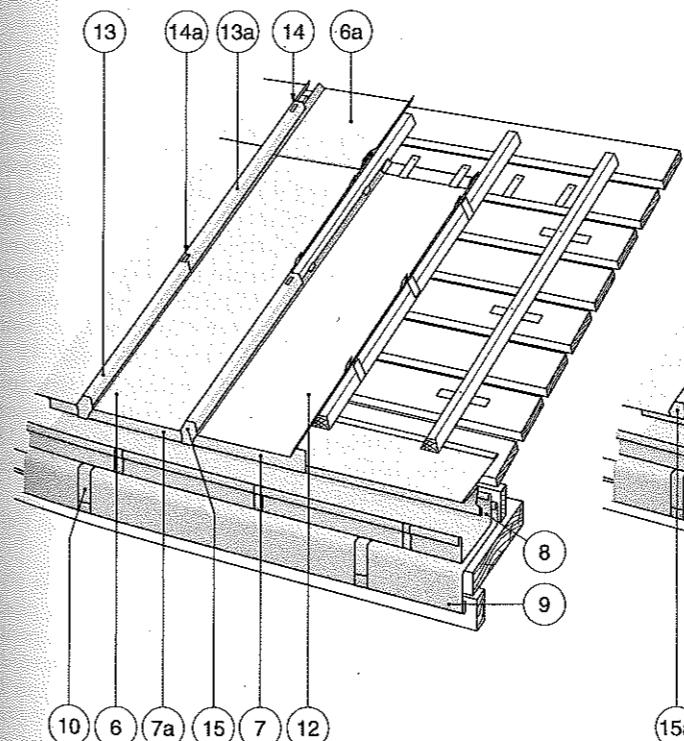
Figure 24.4



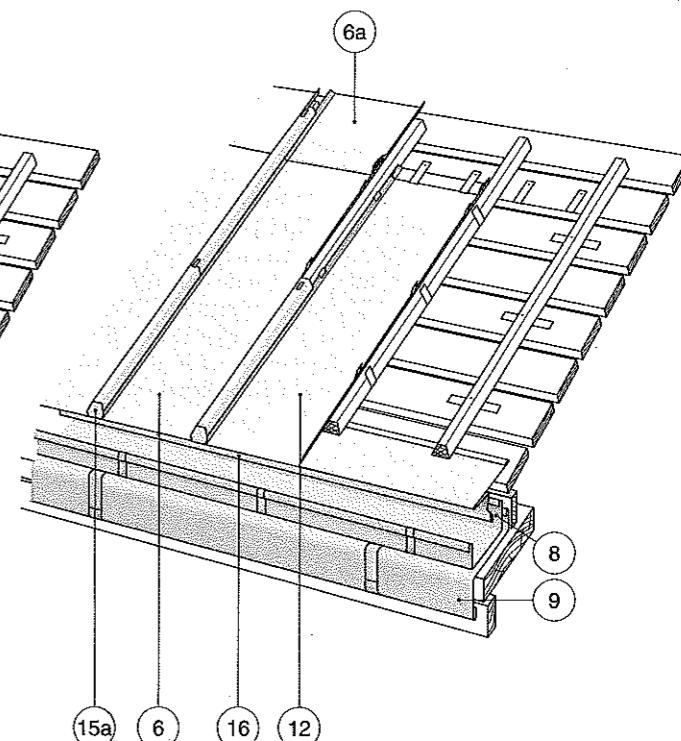
I Pose d’une feuille



II Assemblage de plusieurs feuilles



III Assemblage du couvre-joint



IV Pliage sur la bande d’égout

Figure 24.5

## Couvertures en feuilles métalliques à tasseaux – Arête, noue, rive et haut de pente : exemples

La figure ci-contre illustre par des écorchés et des suites de croquis les détails et étapes des procédés de construction de divers assemblages.

## Assemblage en haut de pente

**1. 2. 2a. 2b. 3. 4. 5.** Au début, les planches en bois formant le voligeage (1) et le relevé en haut de pente sont clouées à l'ossature. Les tasseaux (3) sont cloués sur le voligeage en interposant les pattes à tasseau (2), qui sont repliées vers le haut (2a) par la suite. Ce n'est qu'après la pose des feuilles (6) que les pattes à tasseaux seront repliées sur les relevés (9). Une fenêtre (5) peut éventuellement être posée au-dessus de la planche (4) (fig. 24.3 par exemple).

**6. 6a. 7. 7a. 8. 8a. 9.** Après le clouage des pattes (8) sur la planche (4), les feuilles métalliques (6) et (6a) sont posées l'une à côté de l'autre (croquis II), puis chaque feuille est relevée (détail (7)) contre la planche (4) en laissant un jeu de 10 mm entre celle-ci et le bas du relevé (les relevés adjacents (7) et (7a) se recouvrent). Le rôle de ce relevé est d'éviter que l'eau poussée par le vent ne pénètre à l'arrière des feuilles ; sa hauteur au-dessus du sommet des tasseaux (3) est donc de 45 mm au minimum. Les feuilles sont également relevées (détail (9)) contre les tasseaux (3). La fixation des points dits « fixes » est réalisée selon le type de feuille et de pente (fig. 24.1 et 24.2). Les pattes à tasseau sont repliées (2b) sur les relevés (9) afin de maintenir les feuilles contre le soulèvement par le vent. Les relevés hauts de tête (7) et (7a) sont soudés ou brasés aux relevés longitudinaux (9) afin d'assurer l'étanchéité, et les pattes (8) sont repliées (8a) sur les relevés (7) pour les maintenir. Dans le cas de longues feuilles, ce dispositif permet leur libre mouvement (fig. 24.2).

**10. 10a. 11.** Croquis III : les couvre-joints sont fixés sur les tasseaux (3) en allant du bas (10a) vers le haut (10). Cette fixation se fait en haut du couvre-joint, où se trouve une patte soudée (11) qui est repliée sur le couvre-joint supérieur (10).

**12. 13. 13a. 15.** Chaque couvre-joint jouxtant le haut de pente est muni d'une tête soudée (13) qui assure l'étanchéité de ce point particulier. Le haut de cette tête (13a) doit être protégé par un élément supérieur (croquis IV) qui la recouvre. C'est le rôle du larmier (14) qui protège également le bois de l'appui (5). Ce larmier est maintenu par la bande d'agrafe (12) insérée dans la pince du larmier. La bande d'agrafe (12) doit être préalablement clouée (croquis III) à l'appui (5) ou à la planche (4). Elle est constituée de feuilles courtes ( $\leq 0,5$  m) fixées côté à côté, avec un écart maximal entre elles de 0,1 m.

## Arête

**16. 16a. 17.** La patte (16) est clouée au tasseau de l'arête (18). Elle est rabattue (détail (16a)) sur le relevé de tête (17) des feuilles courantes (6) posées, comme à l'accoutumée, sur le voligeage et dont le bord supérieur est découpé en biais. Ce relevé est l'équivalent du relevé (7) en haut de pente (voir légende (7)). Il doit être d'une hauteur supérieure de 50 mm au moins par rapport au sommet des tasseaux et couvre-joints courants (10).

**18.** Le tasseau de l'arête, équivalent de la planche (4) de l'assemblage en haut de pente, est de dimensions supérieures à celles des tasseaux courants.

**19.** La tête soudée au couvre-joint assure l'étanchéité de ce point.

**20.** Le couvre-joint de l'arête protège le haut des relevés des feuilles (17) et la tête du couvre-joint courant (19) (croquis II).

**21.** Ce détail présente le point de fixation du couvre-joint de l'arête (20) et la patte soudée destinée à maintenir le couvre-joint d'arête supérieur (non représenté).

## Noue

L'exemple présenté est celui d'une noue à double agrafure (de pente  $< 25\%$  par exemple – sur les règles : tab. 24.2 et 24.4), avec raccordement des versants à la noue à simple agrafure.

**22. 22a.** Les pattes de maintien de la feuille faisant noue (25) sont clouées au voligeage (1) (croquis I).

**23. 24. 24a. 25. 25a.** Une feuille de la noue (25) est préparée en effectuant des pliures (pinces) : deux pliures longitudinales (23) et une pliure transversale en haut (24). La bande d'agrafure (24a) soudée en dessous sert à garantir un recouvrement adéquat entre la feuille de noue inférieure (25) et la feuille de noue suivante, qui la recouvre (25a) (croquis II).

**26.** Par ce pli, la feuille supérieure est insérée dans la bande d'agrafure (24a) de la feuille inférieure (croquis II).

**27. 27a. 28.** Les feuilles courantes (6) sont préparées comme à l'accoutumée (voir notamment les relevés (9)), sauf que le bord bas est découpé en biais. Elles sont posées du bas vers le haut en ménageant des recouvrements (27) et (27a) en partie basse. Une fois posées, elles sont assemblées à la feuille de la noue en repliant (détail (28)) le bord biais dans la pince longitudinale (23).

**29. 30.** Les couvre-joints (28) courants recouvrent les tasseaux (3) comme à l'accoutumée, le biais du talon (30) étant soudé en bas.

## Rive recevant l'eau

La rive présentée ici est dite « à crémaillère » (configuration admise avec une pente de rive de 20 % ou 25 % au minimum, selon le matériau – tab. 24.4), car les feuilles spéciales (40) qui raccordent les feuilles courantes (6) à la rive font un dessin en crémaillère le long de cette dernière. Les feuilles courantes sont posées, comme à l'accoutumée, sur les voliges (1), mais leurs bords bas sont décalés. Les feuilles de raccord (40) ont une découpe trapézoïdale. Les noues et rives « à crémaillère » sont adoptées quand l'angle en plan entre les tasseaux (direction de pente maximale du versant) et la noue (ou la rive) est inférieur à 45°.

**31. 32. 33. 34.** La planche de rive (34) est fixée à la structure sous-jacente (chevrons, par exemple) puis munie d'éléments métalliques qui la protègent, telle la bande de rive (32) maintenue par des pattes en haut (43) et par des bandes d'agrafe (31) qui s'insèrent dans l'ourlet en bas.

**35. 36.** Les couvre-joints (35) ont leurs talons habituels (36), mais ils se décalent dans le sens de la pente.

**37. 38. 39. 40. 40a. 41. 42.** Les feuilles de raccord à la rive (40) sont posées au début. Elles sont munies d'une pince (41) en partie haute et de deux relevés, l'un selon la pente des tasseaux, l'autre selon la pente de la rive. Un relevé du raccord trapézoïdal (40) est posé contre le tasseau qui le jouxte du côté bas (à droite sur le croquis) ; l'autre relevé (42) s'appuie sur la planche de rive (34). Les feuilles de raccord sont maintenues par des pattes (39) clouées au voligeage (leur nombre dépend de l'angle de la rive).

## Couvertures en feuilles métalliques à tasseaux – Arête, noue, rive et haut de pente : exemples

Figure 24.5

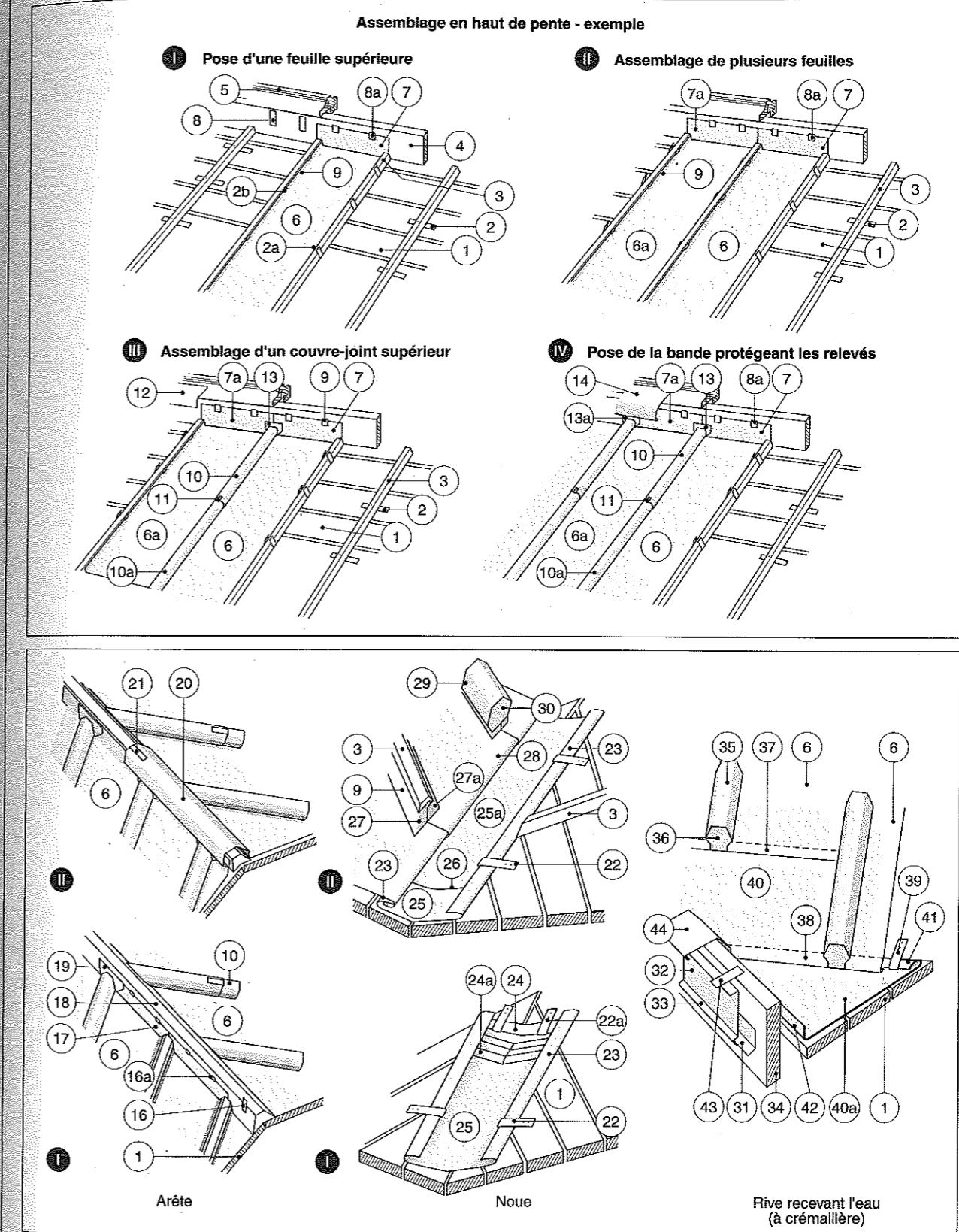


Figure 24.5

## Couvertures en feuilles métalliques à tasseaux – Arête, noue, rive et haut de pente : exemples

## SUITE DE LA LÉGENDE

Les bords inférieurs (37) des feuilles courantes (6) sont repliés (37) dans la pince (41) de même que les bords inférieurs (38) des feuilles de raccord (40), repliées dans la feuille de raccord inférieure (40a) et les talons des tasseaux (36). Des recouvrements avec double agrafure (non représentés) sont également possibles.

**43. 44.** La planche de rive (34) est recouverte d'une couverte (40), dite « main courante », maintenue par les pattes (43) et par des pattes semblables aux pattes de maintien des couvre-joints courants (voir légende (11)). Elle protège le haut de la bande de rive (32) et le haut des relevés (42) des feuilles de raccord (40).

Figure 24.5

## Couvertures en feuilles métalliques à tasseaux – Arête, noue, rive et haut de pente : exemples

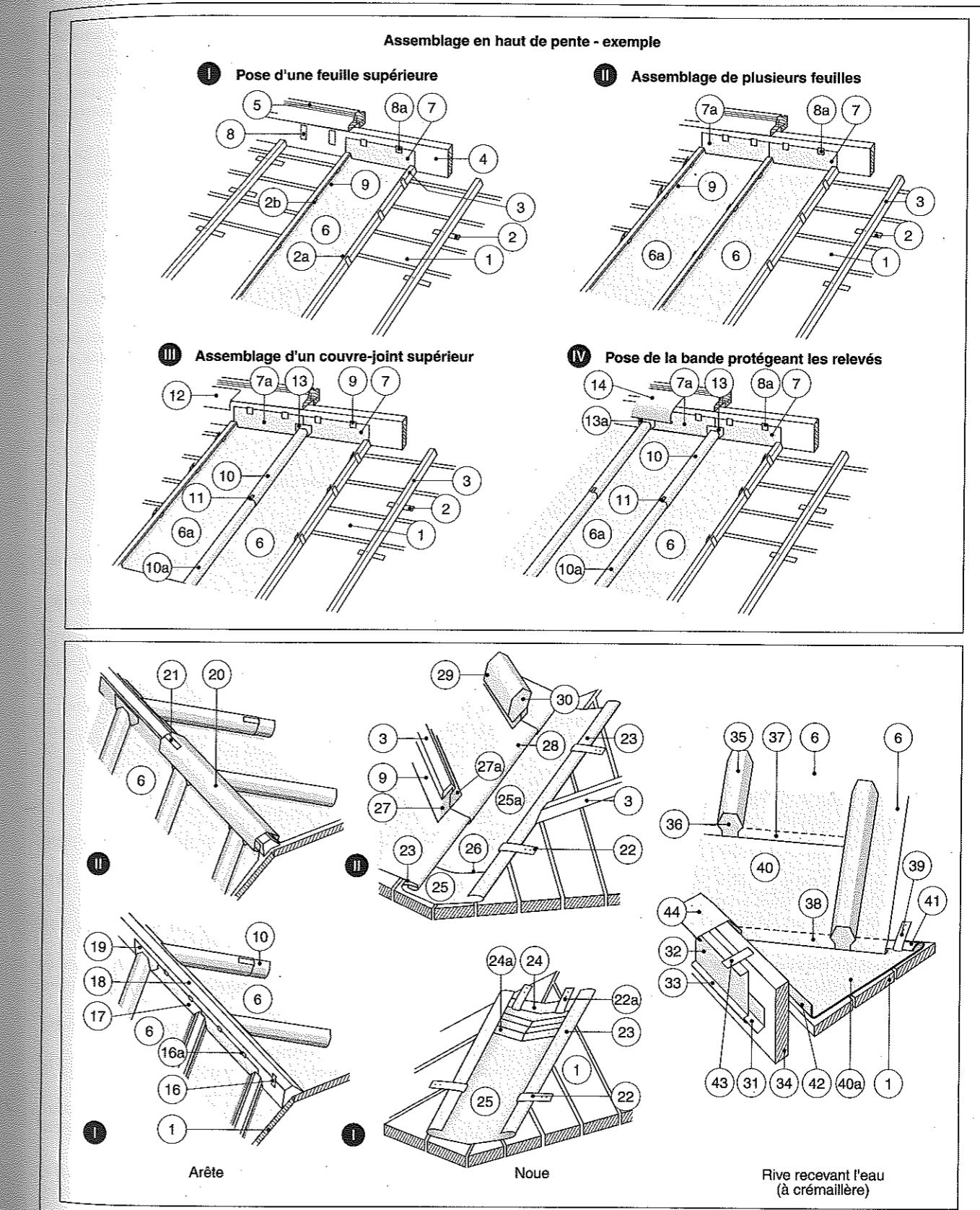


Figure 24.6

## Couvertures et bardages en feuilles métalliques : exemples divers

**Arrière d'une saillie de toit : exemple à tasseaux**

Le choix d'un dispositif précis dépend de la hauteur de la saillie et de sa largeur. L'arrêt des tasseaux (ou joints debout) en amont de la saillie (d'une distance correspondant approximativement à la largeur d'une feuille) est nécessaire afin de permettre le libre écoulement des eaux vers les côtés de la saillie, ce qu'encourage la « besace » placée au pied de la saillie.

1. Élément couvrant la saillie et faisant partie d'une fenêtre de toit ou d'un lanterneau, par exemple.
2. Partie supérieure du cadre délimitant la saillie, en panneaux à base de bois (en contreplaqué par exemple).
3. Chemise métallique repliée sur le dessus de la saillie et soudée à l'angle (ou aux deux angles).
4. Partie latérale du cadre délimitant la saillie, en panneaux à base de bois.
5. Relief des feuilles du toit (6) sur le flanc de la saillie.
6. Feuille du toit jouxtant la saillie. Elle est tenue par des pattes clouées au cadre de la saillie et au voligeage.
7. Feuille située immédiatement à l'amont de la saillie. Elle est généralement posée perpendiculairement aux feuilles courantes du toit (ou selon un autre angle).
8. Découpes et pliures formant la besace qui évacue l'eau vers les côtés de la saillie.
9. « Fer de lance » faisant partie des pièces supplémentaires devant être soudées afin de compléter la besace.
10. Relief de la feuille (7) sur l'arrière de la saillie.
11. Autre pièce ajoutée et soudée pour compléter la besace.
12. Retour de la feuille (7) sur le côté de la saillie. Cet élément, appelé « gousset », est également soudé.
13. Pliure de la feuille (7) sur une bande d'agrafure soudée à la feuille (6) selon le recouvrement nécessaire (fig. 24.1). Des pattes supplémentaires maintiennent éventuellement la feuille en bas.
14. 14a. Relevé habituel de la feuille (7) contre le premier tasseau (14a), continuant, selon la pente, en deçà de la saillie. La largeur de cette dernière détermine l'emplacement du tasseau.
15. Pince de maintien et d'étanchéité sur le bord supérieur de la feuille (7). L'assemblage avec la feuille supérieure présenté ici, du type agrafure simple, est fonction de la pente (tab. 24.2).
16. Patte de maintien de la feuille (7).
17. Relevé de la feuille venant au-dessus de la feuille (7), sur un tasseau arrêté à l'amont de la saillie.

**Bardage vertical : exemple de feuilles posées dans le sens vertical**

Un autre exemple est décrit à la figure 24.8. Les longueurs des feuilles de forte pente ( $\geq 60^\circ$ ) doivent être limitées à cause du poids exercé sur leurs fixations (6 m au maximum pour le zinc).

18. 18a. Feuille (18) posée dans le sens vertical, présentée avant que les éléments adjacents (18a) ne lui soient associés. La fixation et l'assemblage en haut des feuilles successives sont décalés afin d'éviter une surépaisseur aux point de rencontre de 4 feuilles.
19. Pince supérieure servant à fixer la feuille (18) à l'aide d'un renfort métallique (fig. 24.1).

## Couvertures et bardages en feuilles métalliques : exemples divers

Figure 24.6

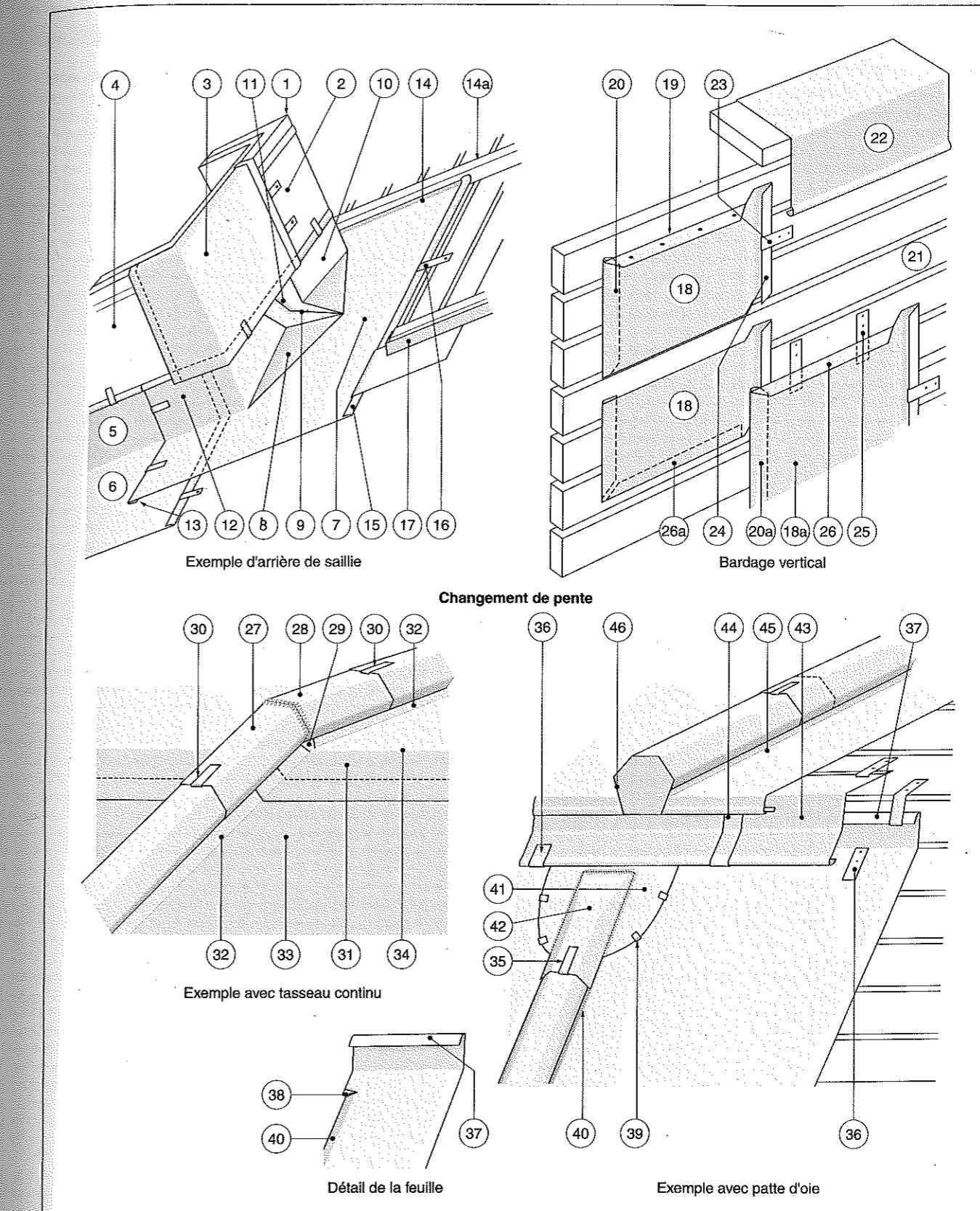


Figure 24.6

## Couvertures et bardages en feuilles métalliques : exemples divers

SUITE DE LA LÉGENDE

43. Bande d'astragale faisant traditionnellement liaison entre les deux parties du toit. Elle est tenue en haut par des pattes clouées au-dessus de la ligne de brisure.

44. Liaison entre bandes d'astragale, soit par coulisseau (pour de petites longueurs), soit par joint debout couché (fig. 24.7).

45. Feuille de couverture située au-dessus de la ligne de brisure.

46. Talon du couvre-joint supérieur (plusieurs solutions sont possibles – pour un exemple : fig. 24.4).

## Couvertures et bardages en feuilles métalliques : exemples divers

Figure 24.6

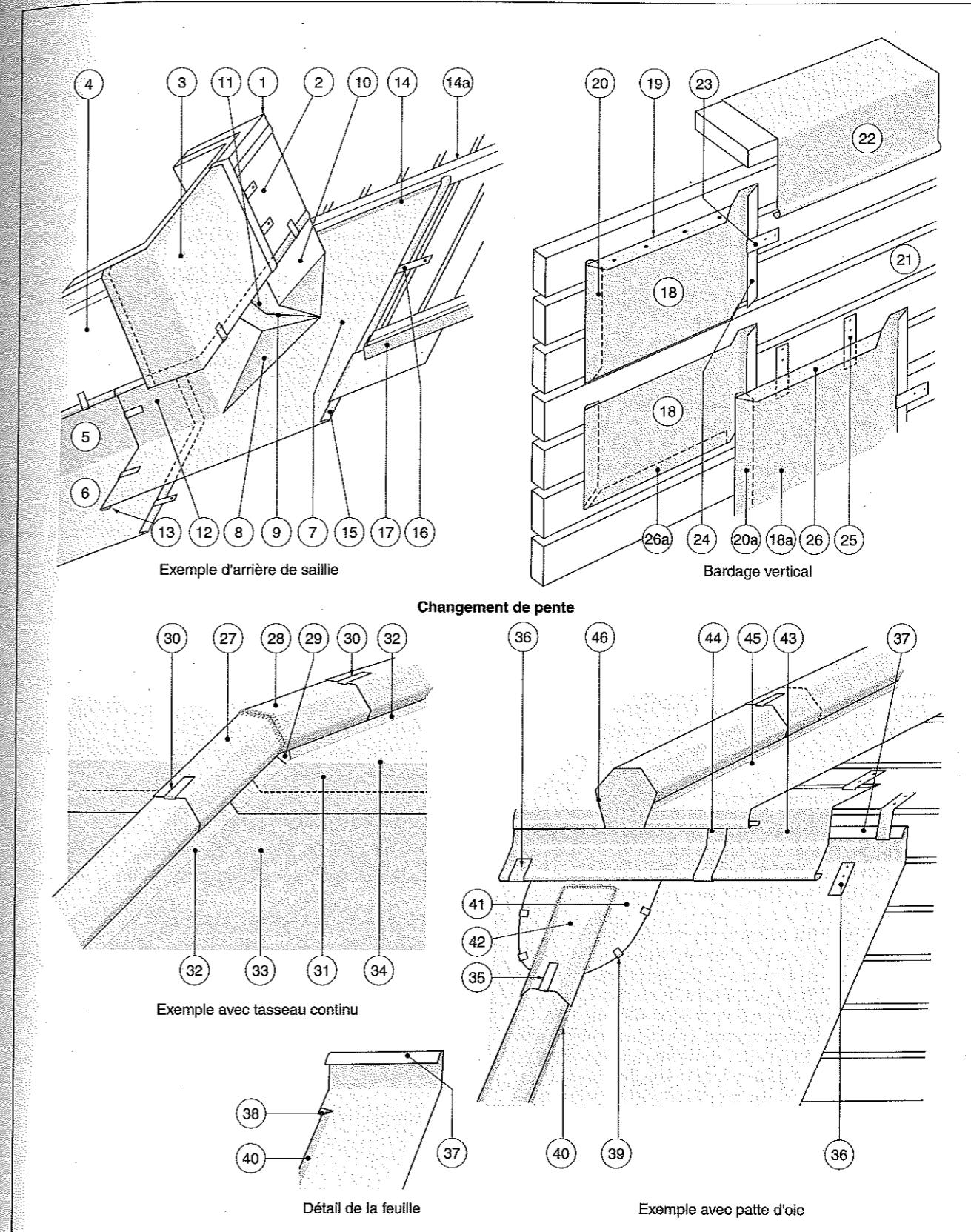


Figure 24.7

## Éléments horizontaux en feuilles métalliques : fixation, assemblage, maintien

Quatre cas différents sont présentés. L'assemblage avec joint en polymère (sous avis technique ou DTA du CSTB) est récent et adapté aux grandes longueurs, les autres assemblages sont traditionnels. Des découpes et pliages astucieux permettent de produire des formes complexes à partir de feuilles et bandes rectangulaires planes, et avec un minimum de chutes.

**Assemblage à coulissoeaux**

Cet assemblage traditionnel est utilisé pour les petites longueurs, en cas de bavette ou de recouvrement de mur (« entablement »).

**1. 1a.** Patte de maintien de la bande insérée dans une pince supérieure (1) et patte inférieure enserrant l'ourlet en bas (ourlet rechassé) (1a).

**2.** Bande de 1 à 2 m au maximum.

**3.** Coulisseau.

**4. 5. 6.** Bouts adjacents des bandes (croquis I) coupés et pliés d'une manière symétrique (détail (4)) et pattes fixes soudées en dessous d'un côté (détail (5)), les pattes libres étant soudées du côté de la bande adjacente (détail (6)). Ces dernières sont insérées, sans fixation aucune, sous la bande voisine (d'où le décalage), tout en maintenant un petit écart entre les bouts des bandes (à gauche). Les autres pinces et ourlets sont formés comme à l'accoutumée.

**7.8.9.** Éléments du coulissoeau découpés de manière à pouvoir être assemblés premièrement avec les bandes (croquis I) à l'aide des plis (8) qui s'insèrent dans les plis (4) des bandes, puis avec la partie du coulissoeau venant au-dessus (7) et en dessous (9). Au coulissoeau bas (croquis II) est assemblé le coulissoeau horizontal (croquis III), en le recouvrant et en soudant le pli (9). Puis le coulissoeau supérieur (IV) s'assemble à la partie horizontale (croquis III) en la recouvrant. La largeur entre les plis (8) de chaque partie du coulissoeau permet les légers mouvements des bandes assemblées sous-jacentes.

**Gouttière avec joint polymère**

Dans la construction traditionnelle, le problème de la limitation des gouttières et chéneaux est souvent résolu en fractionnant les longueurs et en multipliant les descentes d'eau. Les pentes des gouttières et chéneaux sont organisées en conséquence.

L'exemple présenté ici correspond au cas moderne de longueurs de gouttière (ou de chéneau) assemblées à l'aide d'un joint souple en polymère. Cette solution permet d'obtenir de longues gouttières d'un seul tenant. Il permet également de franchir un joint de dilatation général du bâtiment. Le tableau 13.11 indique sommairement les longueurs maximales admissibles, sans compter l'effet de joints souples, selon le matériau et le développé de la gouttière (ou du chéneau). Le contact des gouttières et chéneaux avec d'autres éléments de la construction (par exemple l'appui d'un chéneau encaissé

sur une maçonnerie sous-jacente), qui risque d'empêcher le libre mouvement, influence également ces dimensions.

Les fabricants de zinc proposent de limiter la longueur des gouttières et chéneaux (ou la longueur entre joints) :

- pour une gouttière pendante (avec appui sur crochets), à 15 m ;
- pour des chéneaux et une gouttière à l'anglaise (avec supports ponctuels) en bordure de toit, à 8 à 10 m ;
- pour un chéneau encaissé à l'intérieur, à 6 m.

La descente d'eaux pluviales risque de former un point fixe qui doit être pris en compte dans l'organisation des joints. Un angle (saillant ou rentrant, en plan) est également considéré comme un point fixe.

**10. 11.** Longueurs maximales admissibles de gouttière assemblées, la partie (11) étant située en amont de la partie (10), dans le sens du courant de l'eau.

**12.** Joint souple en polymère.

**12a.** Lèvre du joint souple en polymère.

**12b.** Pièce métallique sertie dans la lèvre en usine.

**12c.** Soudure ou brasure aux bouts des longueurs de gouttière assemblées au joint (12).

**13. 14. 15. 16.** Patte de maintien (13) et liaison (14) repliée sur le bas de la bande d'égout (15) (ou autre élément supérieur à la gouttière) qui est maintenue par la bande d'agrafe (16) fixée entre deux longueurs assemblées. La bande d'agrafe est formée d'éléments courts ( $\leq 0,5$  m) cloués les uns à côté des autres, avec un écart maximal entre eux de 0,1 m.

**17.** Ligne de jonction entre les deux longueurs de gouttière (10) et (11) visible de l'extérieur.

**18. 19.** Pince supérieure de la gouttière en aval (18), recouverte par la gouttière en amont (19).

**20.** Pièce cylindrique en métal recouvrant les ourlets en aval et en amont. Elle garantit ainsi leur alignement et assure l'étanchéité.

**REMARQUE**

Le dessin de la coupe sur le joint est allongé (hors échelle), afin de clarifier l'organisation de ce dernier.

**Bandes de rive traditionnelle**

Pour la bande recouvrant la rive, voir la bande d'égout (15).

**21.** Patte de maintien de la bande recouvrant le dessus de la rive.

**22.** Bande d'agrafure soudée à la bande de rive (28).

**23.** Point fixe (clous) de la bande de rive (28).

**24.** Pli dans la bande de rive (27). Il s'insère dans la bande d'agrafure (22).

**25. 26.** Pattes de maintien (25) clouées sur la planche de rive en bois, puis repliées (26) sur l'ourlet des bandes de rive (27) et (28).

**27. 28.** Deux bandes de rive adjacentes.

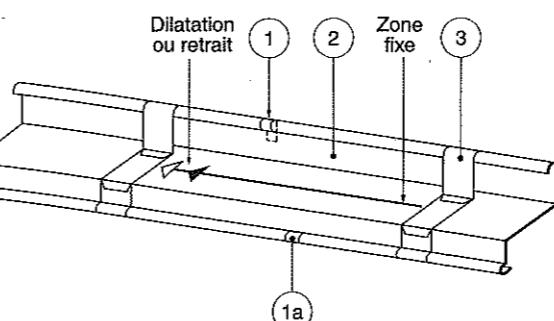
**29.** Ourlet.

**30.** Planche de rive en bois.

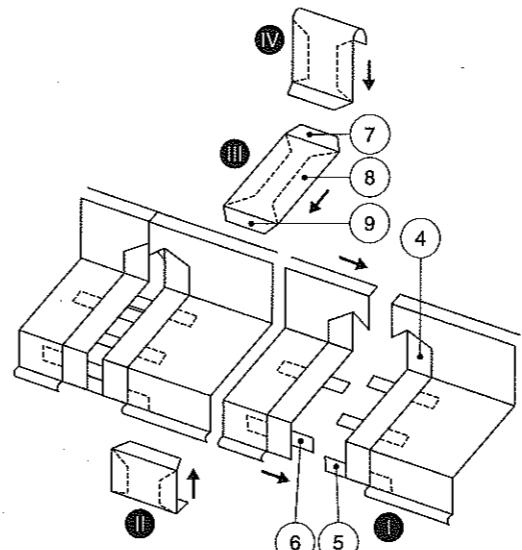
## Éléments horizontaux en feuilles métalliques : fixation, assemblage, maintien

Figure 24.7

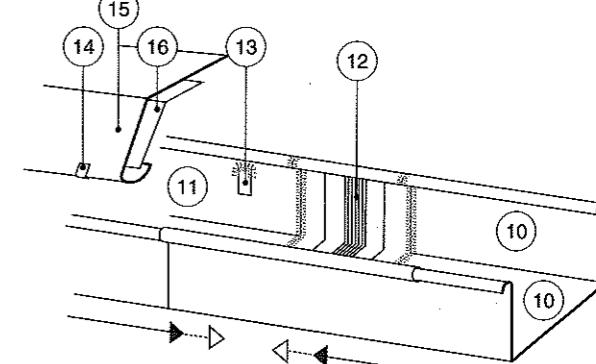
## Bavette ou recouvrement de mur ou d'entablement-coulisseau traditionnel



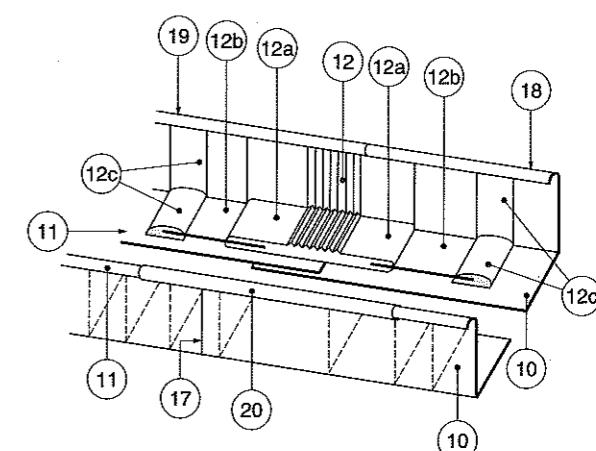
## Assemblage des bandes et des coulissoeaux



## Gouttière avec joint polymère



## Coupe sur le joint



## Bande de rive

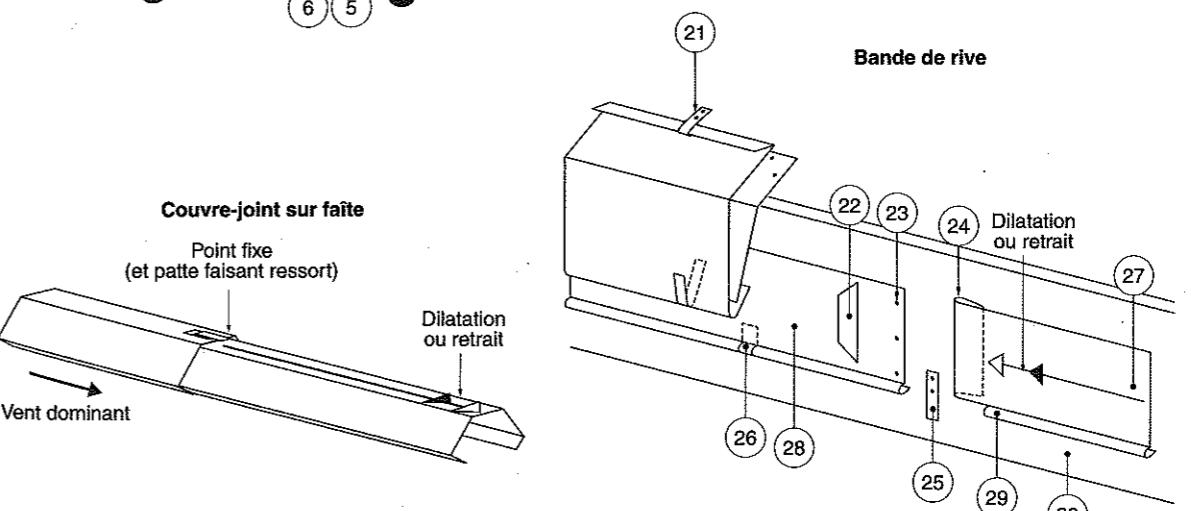


Figure 24.8

## Détails de couverture et de façade en feuilles métalliques à joint debout

Les informations des figures 24.8 et 24.9 sont complémentaires.

Les principes des assemblages à joint debout sont présentés à la figure 24.2. Les problèmes spécifiques des locaux à hygrométrie élevée sont traités en partie 1, au chapitre 4 (voir notamment fig. 4.6).

L'utilisation de verre cellulaire permet d'éviter les ponts thermiques (lieux privilégiés des condensations) et d'obtenir une très bonne continuité de la couche étanche à la vapeur. La couverture en feuilles métalliques procure à l'ensemble une durabilité nettement supérieure à celle des toitures avec étanchéité (voir chap. 23 par exemple). L'avis technique n° 5/06-1858 du CSTB décrit ce système pour les feuilles de zinc (voir aussi fig. 23.8 et 23.9).

Moyennant quelques modifications, il est également possible d'utiliser le procédé montré avec un isolant en fibres minérales de haute densité, plus courant et moins coûteux, à condition que le local soit au maximum d'une hygrométrie moyenne. Un tel système est décrit dans l'avis technique du CSTB n° 5/05-1838.

**1. 1a.** Feuille métallique de couverture (1) ou de bardage (1a), assemblée à joint debout à l'aide des pattes (27) et (27a).

**2. 2a. 2b.** État intermédiaire du joint debout de la couverture et du bardage (2a) avec patte fixe ou coulissante (27a) (voir axonométrie en bas à droite et fig. 24.2) et état après pliage (détails (2) et (2b)).

**3. 3a. 3b.** Membrane (3) en bitume armé de polyester (armature de 180 g/m<sup>2</sup> au minimum), encollée sur le bitume (3b) chaud (voir fig. 24.9). Après fixation des pattes habituelles serties dans le joint debout, un feutre non tissé (3a) de 100 g/m<sup>2</sup> au minimum, est déroulé sur la membrane. La fonction du feutre est de séparer le bitume de la membrane (3) des feuilles métalliques (1) pour éviter qu'elles n'y adhèrent.

**4.** Plaquette en acier galvanisé de 150 × 150 mm et de 1,5 mm d'épaisseur, à retours crantés, qui s'insère dans le bitume (7) et dans l'isolant rigide en verre cellulaire (8). Elle sert à fixer les pattes habituelles des joints debout (fig. 24.2, en haut à droite, et fig. 24.9, détail (30)).

**5.** Bande d'agrafe et de garantie assurant l'étanchéité à la jonction de deux feuilles. Elle est constituée de feuilles courtes (≤ 0,5 m) posées côté à côté.

**6. 6a. 6b.** Dispositif près de l'égout : retour soudé du joint debout (6) et repli des feuilles sur la bande d'agrafe (5) et sur la pince du chéneau (12), l'ensemble formant un larmier. En bas de la saillie du toit (6a) se trouve un dispositif semblable mais sans chéneau. En bas de la paroi verticale (6b), un larmier liaisonné à bavette (28) ferme le bord inférieur de l'assemblage.

**7.** Couche de bitume appliquée à chaud sur un enduit d'imprégnation bitumé appliquée à froid sur les tôles nervurées (10) et (11), ou directement sur le prélaquage de ces tôles (voir tab. 23.1). Cette couche sert de pare-vapeur.

**8.** Isolant thermique en verre cellulaire (matériau rigide). Les panneaux d'isolant sont trempés dans un bitume chaud (7) puis posés sur l'enduit bitumé – appliquée à froid sur les tôles nervurées (10) et (11) – et serrés entre eux. Un surfaçage de bitume à chaud est réalisé par la suite sur la face extérieure de ces panneaux. Il est destiné à encoller les plaquettes (4) et la membrane de bitume armé (3).

**9.** Partie verticale du bitume chaud d'encollage des panneaux de verre cellulaire.

**10. 11.** Tôle pliée de raccord en bas de la pente (10). Elle est fixée à la structure (21) et couturée par rivets aux tôles

nervurées porteuses courantes de la toiture (11). Les tôles de raccord sont en acier galvanisé, prélaqué en sous-face.

**12.** Chéneau encaissé en acier galvanisé ou inoxydable.

**13.** Retour du chéneau assurant l'étanchéité en haut des feuilles métalliques (15).

**14.** Patte de maintien du haut des feuilles (1).

**15.** Relevé en haut des feuilles métalliques à joint debout. Si la longueur du rampant sous le chéneau encaissé (12) le permet, il est également possible de couvrir cette partie du toit de feuilles posées dans l'autre sens avec des joints debout couchés et des jonctions avec un jeu admettant le libre mouvement de dilatation et de retrait. L'aspect obtenu est bien sûr différent.

**16.** Dessous de la saillie du toit portant le chéneau encaissé (12), fermé avec des plaques nervurées, plus résistantes et plus faciles à monter que les feuilles métalliques de la couverture.

**17.** Élément de la structure en console portant l'avancée du toit. Cette avancée cache le chéneau à la vue.

**18. 18a.** Voligeage portant la couverture de l'avancée du toit (18) et le bardage vertical (18a).

**19.** Pattes soudées portant les chevrons (20), qui portent eux-mêmes le voligeage (18).

**20.** Chevrons portant le voligeage (18).

**21.** Ossature principale en acier (ou en bois, ou en béton).

**22.** Menuiserie principale d'un système de maintien du vitrage par serrage (voir chap. 21 et 26).

**23. 23a.** Serreurs horizontaux haut et bas (23a) du double vitrage, avec leur capotage (23).

**24.** Joint d'étanchéité entre la menuiserie et la vitre, servant aussi à la transmission de la pression du serrage vers la vitre (25) ou vers tout autre élément tenu par ce serrage (protection métallique de l'appui (25a) par exemple). Il joue également le rôle de rupteur de pont thermique (fig. 26.12).

**25. 25a.** Double vitrage (25) inséré dans la menuiserie à serreurs et protection métallique de l'appui (25a), également tenue par serrage (23a).

**26.** Chevrons en bois de 50 × 50 mm ou de 63 × 63 mm, portant les planches du voligeage de la façade (18a) (voir axonométrie).

**27. 27a.** Platine ou base (27) de fixation dans le voligeage, dans laquelle s'insère la patte (27a), qui est fixe (cas présenté) ou coulissante. L'axonométrie illustre la situation de la patte (27a) avant repli et sertissage final (détail (2b)).

**28.** Bavette fermant le bas de l'assemblage et contenant les orifices de ventilation de l'arrière des planches (18a).

**29.** Paroi extérieure du mur double (voir chap. 17) dans la zone basse exposée aux heurts, constituée de blocs de béton (ou autre matériau dur) destinés à rester apparents.

**30. 31.** Ossature secondaire en éléments tubulaires horizontaux (30) et verticaux (31) accrochée à l'ossature principale (21).

**32. 32a.** Pattes soudées à l'ossature (31) et servant à soutenir les chevrons (26). Elles ont une partie fixe (32) et une partie coulissante (32a) qui permet de moduler l'épaisseur de l'isolant et d'assurer la verticalité et la planéité des chevrons.

**33. 34.** Carrelage (33) collé aux blocs creux (34) sur un enduit d'apprêt suffisamment rigide (de catégorie IV – voir § 16.4.2).

**35. 36. 37.** Isolant en laine minérale (35) fixé par vissage à l'ossature secondaire ou à la paroi intérieure à l'aide des fixations (36). Un pare-vapeur (37) est fixé derrière la structure secondaire (30 et 31).

## Détails de couverture et de façade en feuilles métalliques à joint debout

Figure 24.8

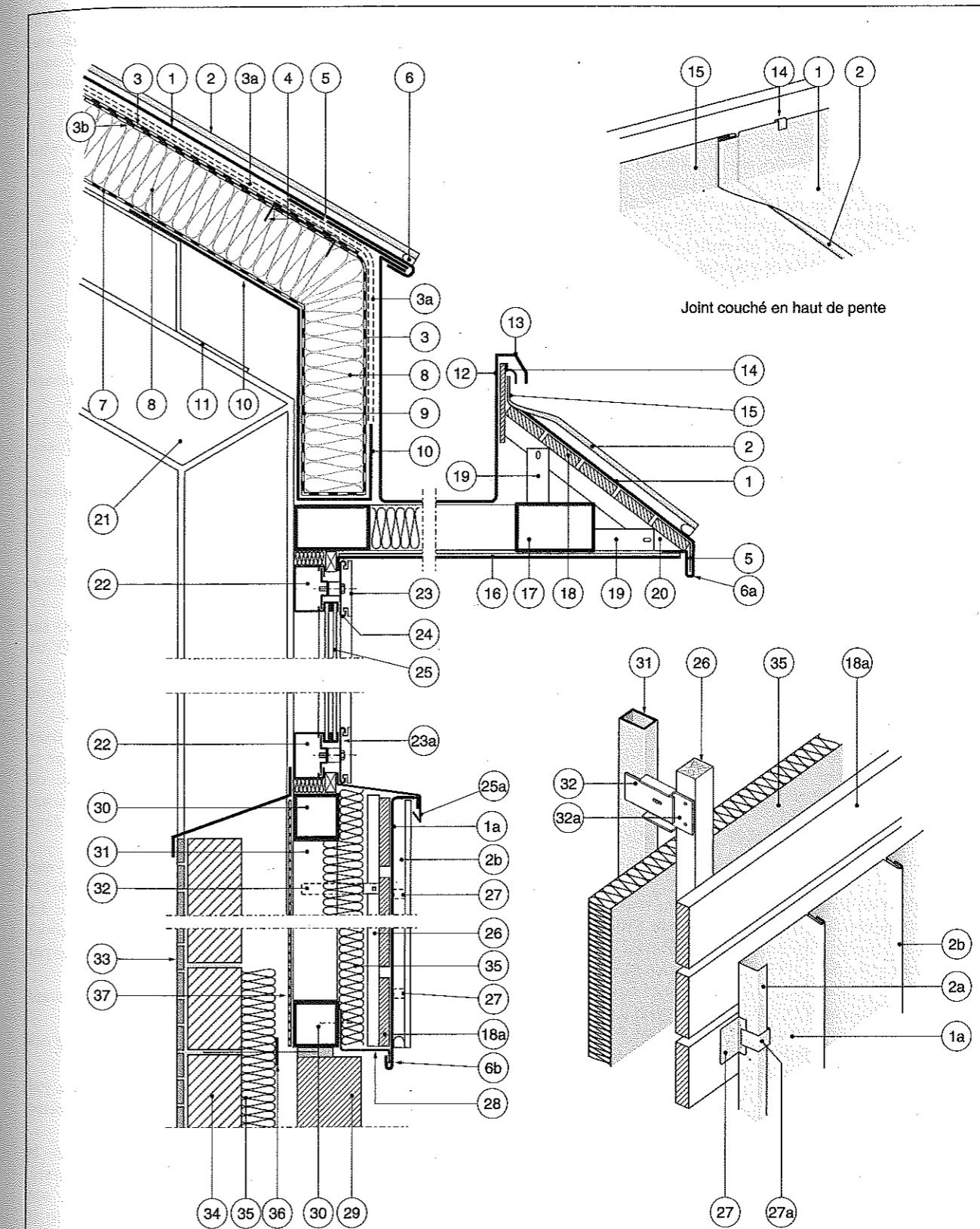


Figure 24.9

**Coupe sur construction avec feuilles métalliques à joint debout : locaux à hygrométrie forte ou très forte avec exigence d'absorption acoustique**

Les informations des figures 24.8 et 24.9 sont complémentaires

Les principes des assemblages à joint debout sont présentés à la figure 24.2. Les problèmes spécifiques des locaux à hygrométrie élevée sont traités en partie 1, au chapitre 4 (notamment fig. 4.6).

L'utilisation de verre cellulaire permet d'éviter les ponts thermiques (lieux privilégiés des condensations) et d'obtenir une très bonne continuité de la couche étanche à la vapeur. La couverture en feuilles métalliques procure à l'ensemble une durabilité nettement supérieure à celle des toitures avec étanchéité (voir chap. 23 par exemple). L'avis technique n° 5/06-1858 du CSTB décrit ce système pour les feuilles de zinc.

**1. 1a.** Couverture en longues feuilles (1a) à joint debout (1) fixées à l'aide de pattes (29) (fig. 24.2).

**2.** Feutre non tissé de 100 g/m<sup>2</sup> au minimum, déroulé sur la membrane (3) en bande d'une largeur correspondant à la distance entre les pattes de fixation (29). La fonction du feutre est de séparer le bitume de cette membrane (3) des feuilles métalliques (1a) pour éviter qu'elles n'y adhèrent.

**3. 3a.** Membrane (3) en bitume armé de polyester (armature de 180 g/m<sup>2</sup> au minimum) encollée sur le bitume (3a) à chaud (éventuellement par soudage au chalumeau). La couche de bitume est appliquée à chaud sur l'isolant (4) (voir détail agrandi).

**4.** Isolant thermique en verre cellulaire (matériau rigide et étanche à la vapeur). Les panneaux d'isolant sont trempés dans un bitume chaud (5) puis posés sur l'enduit bitumé (appliquée à froid sur les tôles nervurées (9)) et serrés entre eux. Par la suite, un surfaçage de bitume (3a) est réalisé à chaud sur le dessus des panneaux. Il est destiné à encoller les plaquettes (30) et la membrane de bitume armé (3).

**5.** Couche de bitume appliquée à chaud sur un enduit d'imprégnation bitumé appliquée à froid sur les tôles nervurées (9), si elles ne sont pas prélaquées, cela afin d'assurer l'adhérence sur la couche de zinc. Cependant, s'agissant d'un local à très forte hygrométrie, le prélaquage s'impose dans la plupart des cas (voir tab. 23.1), et l'enduit d'imprégnation à froid est inutile. Cette couche sert de pare-vapeur.

**6.** Gouttière encaissée en acier galvanisé, en forme de chéneau.

**7. 8.** Disposition en haut de la saillie devant le chéneau (8) avec joint debout couché (7) (fig. 24.8, en haut à droite).

**9. 10. 11.** Tôles nervurées porteuses courantes (9) de la toiture en acier galvanisé, prélaquées en sous-face, et selon l'hygrométrie sur la face cachée également. Les ondes principales de ces tôles (10) sont perforées et remplies d'absorbant acoustique en laine minérale (11). Il est ainsi possible de concilier l'étanchéité à la vapeur d'un système de couverture destiné à des locaux très humides avec un besoin d'absorption acoustique (piscine par exemple). Il faut veiller néanmoins à ce que le point de rosée ne se trouve pas dans la zone de l'absorbant (11) (voir légende (34)).

**12.** Tôle galvanisée pliée et prépeinte, formant costière et support du lanterneau en voûte, constitué dans le cas présenté d'un polymère alvéolaire (voir aussi fig. 22.11). Elle est fixée à la structure (13) et couturée par des rivets aux tôles courantes (9).

**13. 14.** Ossature principale du toit (13) et des poteaux (14) en acier (ou en bois, ou en béton). Dans le cas présenté, elle est courbe. Les tôles nervurées posées avec leurs ondes dans le sens perpendiculaire s'adaptent facilement aux courbures fortes de petit rayon.

**15.** Dessous de la saillie du toit portant le chéneau encaissé (6), fermé avec des plaques nervurées, plus résistantes et plus faciles à monter que les feuilles métalliques de la couverture.

**16.** Chevrons portant la couverture de la saillie (fig. 24.8).

**17.** Voligeage portant la couverture de l'avancée du toit.

**18.** Menuiserie principale avec double vitrage (fig. 24.8 – voir aussi chap. 21 et fig. 26.9).

**19.** Protection métallique de l'appui.

**20.** Voligeage portant le bardage vertical (21).

**21.** Bardage vertical à joint debout (ou à tasseaux) – fig. 24.8, en bas à droite.

**22.** Chevrons en bois portant les planches du voligeage vertical (20) (voir axonométrie en bas de la figure 24.8).

**23.** Isolant thermique en laine minérale placé derrière les chevrons (22) et vissé à l'ossature secondaire (fixée à l'ossature principale (14)).

**24.** Isolant thermique fixé à la paroi intérieure (28) du mur double.

**25.** Lame d'air filant devant l'isolant thermique (24).

**26.** Paroi extérieure du mur double (voir chap. 17) dans la zone basse exposée aux heurts, constituée de blocs de béton (ou autre matériau dur) destinés à rester apparents.

**27.** Carrelage en terre cuite collé aux blocs creux (28) sur enduit d'apprêt suffisamment rigide (de catégorie CS IV ou conforme aux indications du DTU 26.1 – voir chap. 16).

**28.** Paroi intérieure du mur double, en blocs creux de béton ou en briques de terre cuite LD (voir chap. 16 et fig. 24.8).

**29. 29a.** Base (29) de la patte de fixation des feuilles, fixée à la plaque (30), déjà recouverte (détail (30a)) par la membrane de bitume armé (3). La patte elle-même (fixe ou coulissante – fig. 24.2) y est insérée par la suite (29a), ayant d'être repliée et sortie dans le joint debout reliant deux longues feuilles adjacentes.

**30.** Plaquettes en acier galvanisé de 150 × 150 mm et de 1,5 mm d'épaisseur, à retours crantés, s'insérant dans le bitume (3a) et dans l'isolant (4) en restant perpendiculaires à la pente. La plaque sert à fixer les pattes habituelles des joints debout (fig. 24.2, en haut à droite). Les plaquettes sont recouvertes par les membranes (3), ce qui donne l'aspect (30a).

**31.** Bande autocollante fermant les grandes ondes avant l'application du bitume chaud (5).

**32.** Fixations des platines de base dans la plaque (30) des pattes des joints debout.

**33.** Voûte de lanterneau en vitrage polymère alvéolaire (en polycarbonate par exemple – voir partie 1, chap. 8), portée par les costières (12) (voir fig. 22.11).

**34.** La température de rosée doit rester en dessous de la température régnant dans les couches de la couverture, surtout dans la zone de la nervure perforée (10) et de son absorbant acoustique (11) (voir fig. 4.6 en haut à droite et tab. 4.7).

**Coupe sur construction avec feuilles métalliques à joint debout : locaux à hygrométrie forte ou très forte avec exigence d'absorption acoustique**

Figure 24.9

