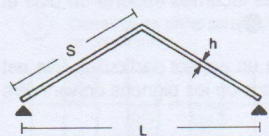
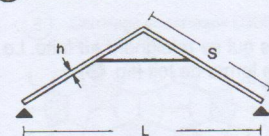


① Limite de rentabilité entre les toits à chevrons et les toits avec entrait supérieur.

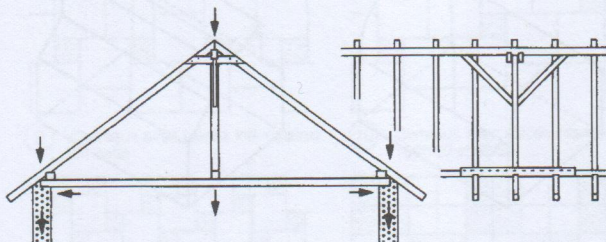


② Toit à chevrons.

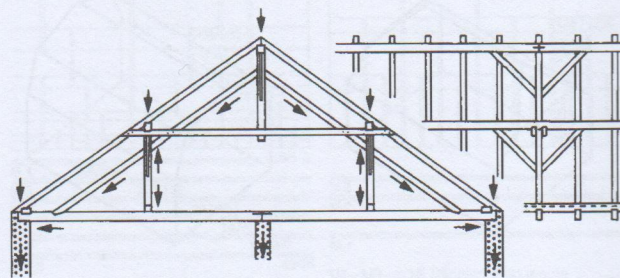


③ Toit avec entrait supérieur (faux-entrait).

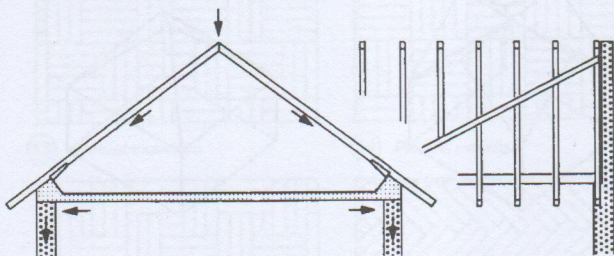
Pente du toit en degrés	Portée L en m	Hauteur de l'élément h
30-60	10-20	$h \sim \frac{1}{30} \cdot S$
15-40	10-20	$h \sim \frac{1}{25} \cdot S$



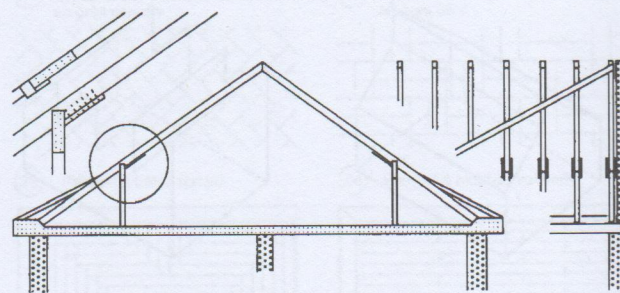
④ Toits à pannes non entretoisées.



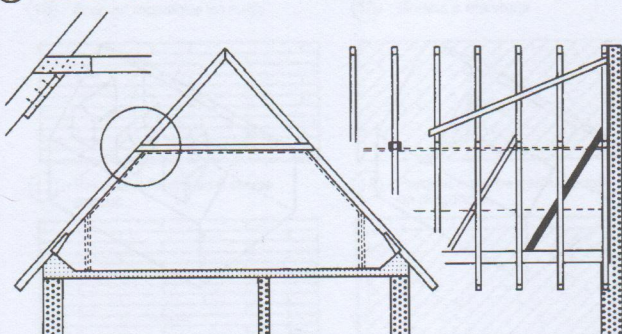
⑤ Toits à pannes entretoisées.



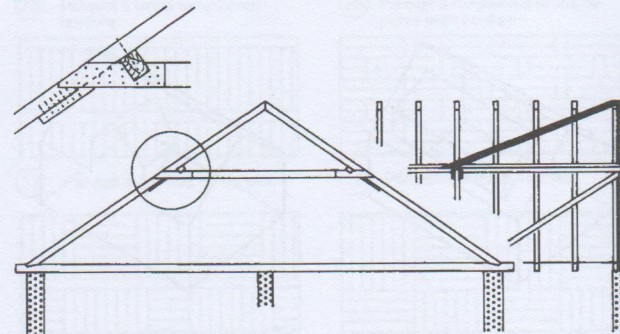
⑥ Toits à chevrons.



⑦ Toits à chevrons avec jambettes verticales.



⑧ Toits à entrait supérieur avec aménagement de combles.



⑨ Toit à entrait supérieur avec pannes.

TOITURES CHARPENTES

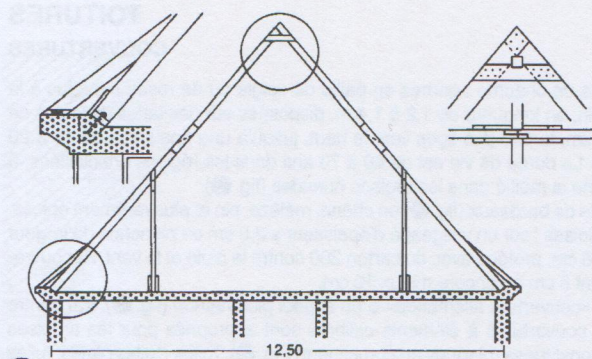


Les toits à chevrons représentent la solution la plus économique pour les largeurs de construction réduites. Les toits à entrait supérieur pour des pentes inférieures à 45° ne constituent jamais la meilleure solution économique, mais ils sont avantageux pour les toits à grande portée. Les toits à simple poinçon sont toujours plus chers que les toits à chevrons, d'où leur emploi limité. Les toits à deux jambettes représentent dans la plupart des cas le système de construction le plus économique. Les toits à poinçon + jambettes n'intéressent que les constructions très large.

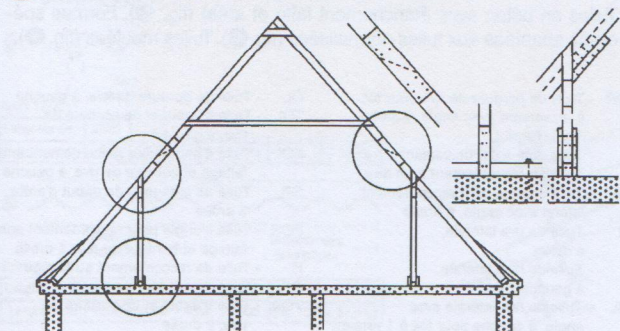
Les toits constituent la fermeture supérieure des constructions et protègent celles-ci contre les précipitations et autres agents atmosphériques (vent, froid, chaleur). Ils comprennent une partie portante et une couverture.

La partie portante dépend du matériau (bois, acier, béton armé), de la pente du toit, de la nature et du poids de la couverture, de la charge, etc. Pour déterminer la charpente, il faut tenir compte des hypothèses de charge (poids propre, charge mobile, charge due au vent et à la neige).

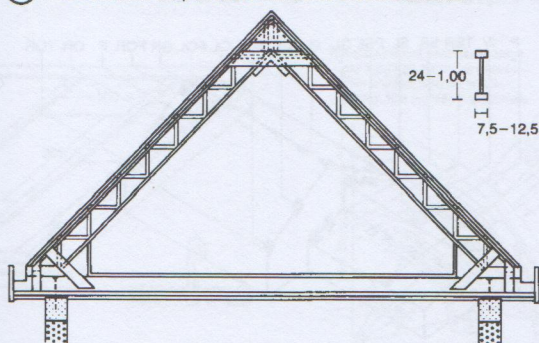
Il faut faire la distinction entre toits à pannes et toits à chevrons (fermettes). Les deux systèmes peuvent être combinés. Ils sont caractérisés par leur fonction respective d'élément porteur et par leur mode de répartition des charges, lequel a des conséquences pour la répartition dans le plan horizontal.



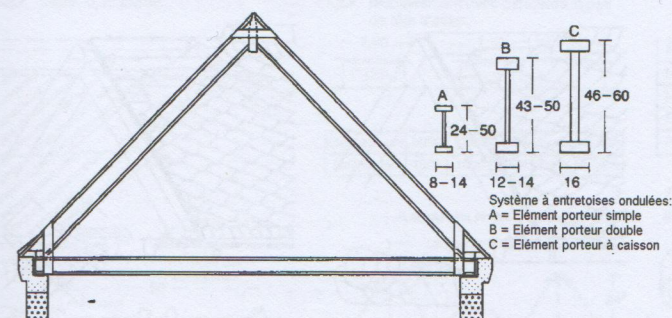
① Toit à chevrons avec jambettes verticales et chevrons articulés.



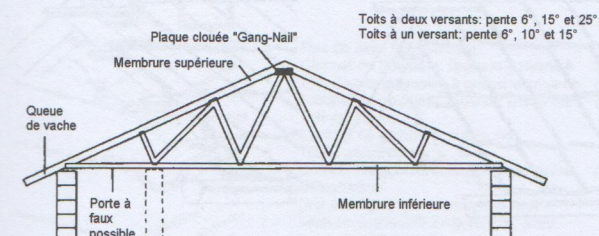
② Toit à chevrons à triple renforcement avec chevrons articulés.



③ Toit à chevron en poutres en treillis de bois, collage garanti à vie, entretoises inclinées à 45°, aussi en poutres jumelées < 25 m.



④ Toit à chevrons en structure porteuse de bois collé et entretoises ondulées. Rapport entre la hauteur du profil et la portée: 1/15 - 1/20.



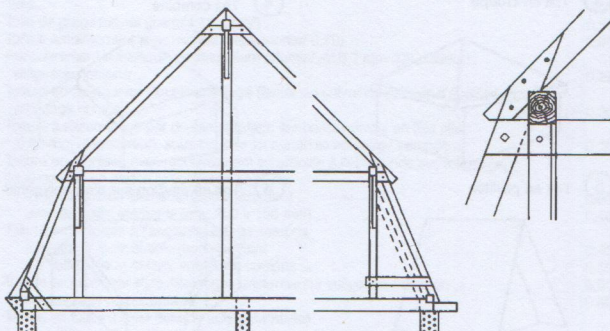
⑤ Portique euro-préfabriqué selon le système "Gang-Nail", dimensions octométriques pour toits plats, toits à un versant et toits à deux versants.

Toit à pannes. Chevrons avec une fonction secondaire (section réduite, bois ronds possibles). Entraits concentrant les charges et les reportant vers les axes de fermes. Rangée d'appuis à l'intérieur ; modèle de configuration initiale du toit (p. 118, fig. ①) ; forme d'origine : charpente à poinçon de faitage. Les toits à deux versants avec arbalétriers ont au moins un poinçon vertical au milieu du toit. Longueur des chevrons $\leq 4,5$ m pour des constructions de largeur importante. Quand la longueur des chevrons est $> 4,5$ m, deux supports verticaux ou plus sont nécessaires.

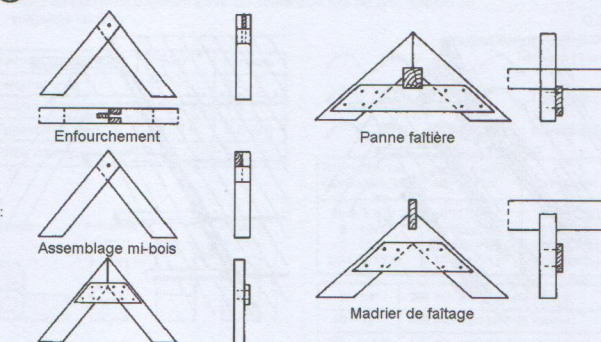
Toit à chevrons (fermette). (Principe du triangle indéformable) Possible dans une forme simple pour des longueurs réduites de chevrons (jusqu'à 4,5 m), sinon renforcement par entrain (p. 118, fig. ②). Système de construction par liaisons fortes et régulières, possible sans supports à l'intérieur du volume. Ancrage résistant à la traction entre les pieds des chevrons et les sablières (caractéristique extérieure d'un toit à chevrons ; report de la sablière sur la partie saillante des entrains — brisure) (p. 118, fig. ⑦).

Éliminer les toits à chevrons et les toits à entrain supérieur dans le cas de chiens assis importants. Si la longueur des chevrons est supérieure à 4,5 m, renforcer avec des entrains (p. 118).

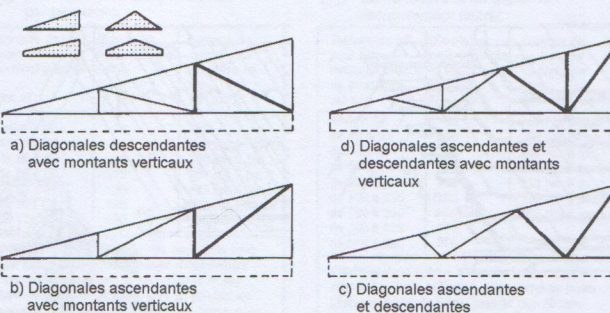
Toits à chevrons pour des largeurs de bâtiment jusqu'à env. 12,0 m ; longueur des chevrons jusqu'à 7,5 m ; longueur des entrains jusqu'à 4 m. Le toit à entrain supérieur est un cadre à trois articulations avec tirant.



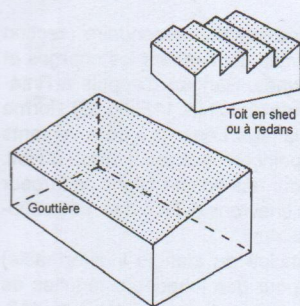
⑥ Toit à la mansard



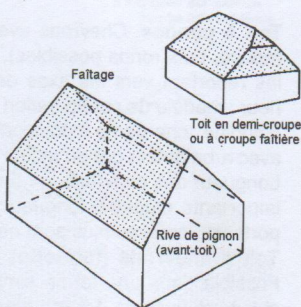
⑦ Joint abouté avec éclisse



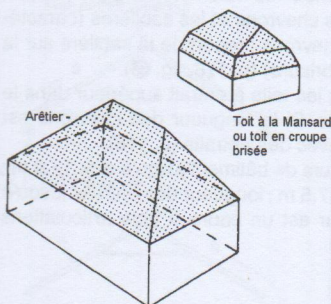
⑧ Formes de fermes de bois et entretoisements.



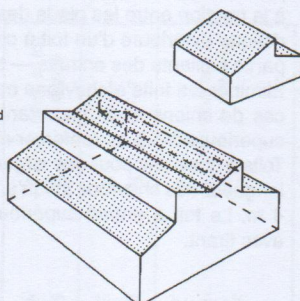
1 Toit à un versant



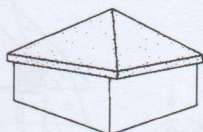
2 Toit à deux versants



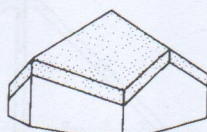
3 Toit en croupe



4 Toit combiné



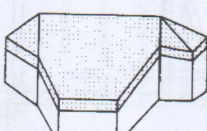
5 Toit en pavillon



6 Toit en pavillon sur plan polygonal

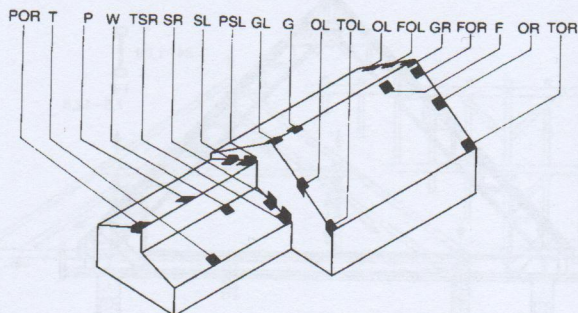


7 Maison-toit

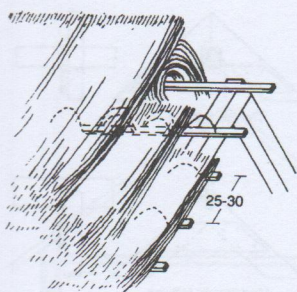


8 Toit à la Mansard sur plan polygonal

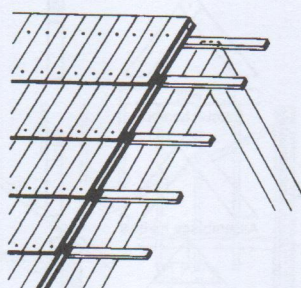
- | | | | |
|-----|--|-----|--|
| POR | - Tuile de bordure de rive pour toit à un versant avec angle, à droite | OL | - Tuile de bordure de rive, à gauche |
| T | - Tuile d'égout | TOL | - Tuile d'égout et de bordure de rive, à gauche |
| p | - Tuile pour toit à un versant | FOL | - Tuile d'angle pour raccordement entre faitage et bordure de rive, à gauche |
| W | - Tuile de raccordement à un mur | GR | - Tuile de faitage et de début d'arête, à droite |
| TSR | - Tuile d'égout pour raccordement latéral avec angle, à droite | FOR | - Tuile d'angle pour raccordement entre faitage et bordure de rive, à droite |
| SR | - Tuile de rive latérale, à droite | F | - Tuile de raccordement au faitage |
| SL | - Tuile de rive latérale, à gauche | OR | - Tuile de bordure de rive, à droite |
| PSL | - Tuile de rive latérale avec angle, à gauche pour toit à 1 versant | TOR | - Tuile d'égout et de bordure de rive, à droite |
| GL | - Élément de faitage, à gauche | F | - Tuile moulée pour milieu de toit |
| G | - Tuile de faitage et d'arêtier | GZ | - Tuile de verre |



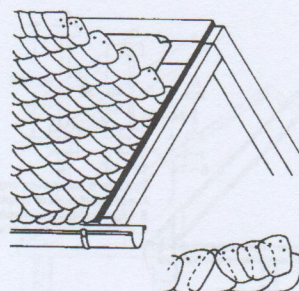
9 Toiles moulées



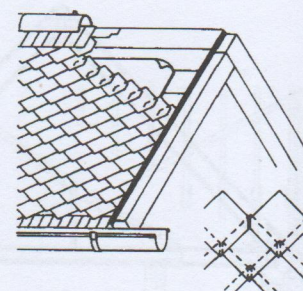
10 Toit de chaume en paille de seigle ou en roseaux 0,70 kN/m².



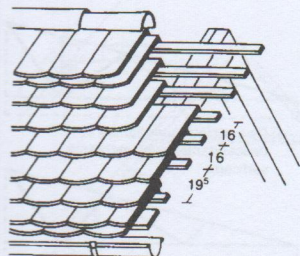
11 Toit de bardeaux 0,25 kN/m².



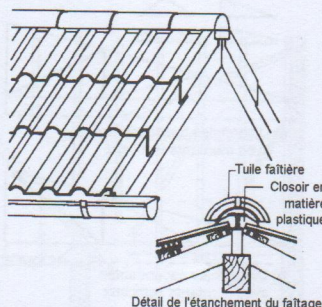
12 Toit en ardoises "à l'allemande". 0,45 à 0,50 kN/m²



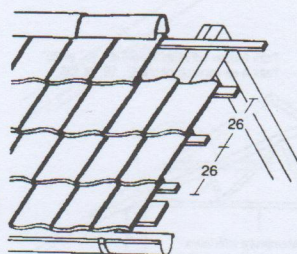
13 Toit en ardoises "à l'anglaise", aussi avec ardoises en fibres-ciment. 0,45 à 0,55 kN/m²



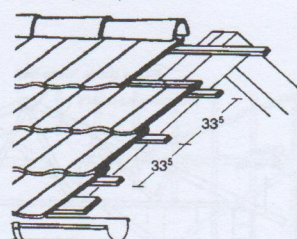
14 Toit double (tuiles plates). Couverture lourde, 0,60 kN/m², 33 à 44 tuiles au mètre carré.



15 Toit en tuiles de béton. Pente 18° 0,60 à 0,80 kN/m²



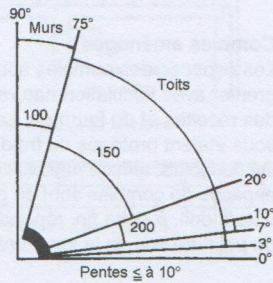
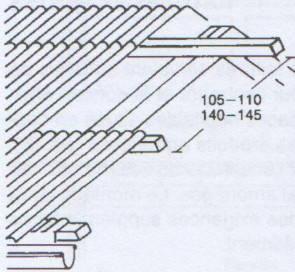
16 Toit en tuiles flamandes, léger. 0,50 kN/m²



17 Toit à tuiles à emboîtement à double encoche. 0,55 kN/m²

TOITURES COUVERTURES

Éléments de construction

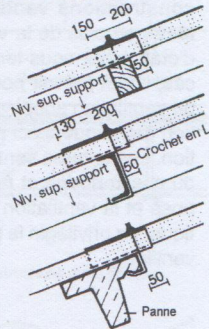


1 Toit en fibre-ciment ondulé avec éléments moulés pour faîtage et gouttière, 0,20 kN/m²

Profil 177/51	Longueur mm				Épaisseur
	2500	2000	1600	1250	6,5
	Largeur mm				Poids
	920	920	920	920	16 à 32 kg

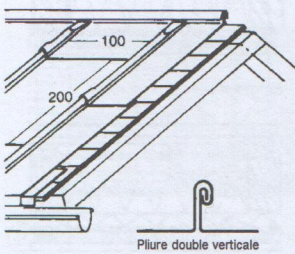
Profil 130/30	Longueur mm				Épaisseur
	2500	2000	1600	1250	6,0
	Largeur mm				Pd.
	1000	1000	1000	1000	15,8 à 31,5 kg

2 Pente minimum de toit et recouvrement (fig. 1).

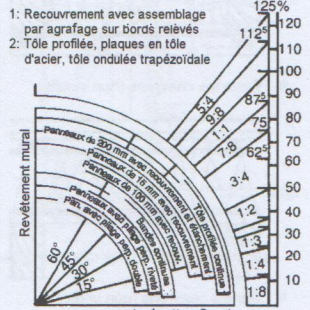


4 Modes de fixation

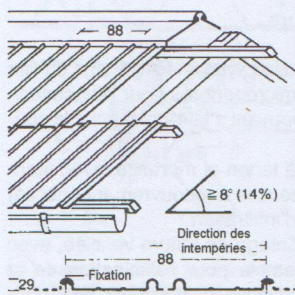
3 Plaques ondulées en fibrociment.



1: Recouvrement avec assemblage par agrafage sur bords relevés
2: Tôle profilée, plaques en tôle d'acier, tôle ondulée trapézoïdale



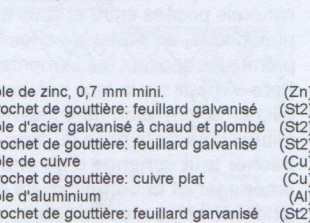
5 Toit en tôle avec recouvrement par pliure, 0,25 kN/m²



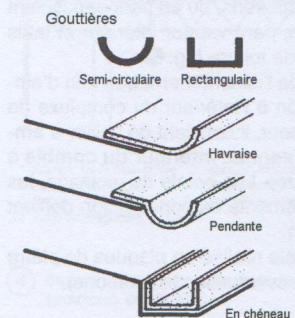
6 Pentés minimales de toit pour recouvrement avec différents types de tôle d'acier.

Longueur mm	9000	7500	4000	Épaisseur
Largeur mm	1000	1000	1000	8,0
	Poids 19 kg/m			

8 Grands éléments préfabriqués pour toit et murs.



7 Couverture de plaques en tôle d'acier, 0,15 kN/m²



11 Forme et position des gouttières.

12 Matériaux.

Tôle de zinc, 0,7 mm mini.	(Zn)
Crochet de gouttière: feuillard galvanisé	(StZ)
Tôle d'acier galvanisé à chaud et plombé	(St2)
Crochet de gouttière: feuillard galvanisé	(StZ)
Tôle de cuivre	(Cu)
Crochet de gouttière: cuivre plat	(Cu)
Tôle d'aluminium	(Al)
Crochet de gouttière: feuillard galvanisé	(StZ)

Désignation:
(par exemple: "gouttière pendante semi-circulaire 333 Zn 0,75 mm; avec crochets 333 St Zn")

Toits en plaques ondulées de fibre-ciment avec distance entre les pannes de 0,70 à 1,45 m pour des plaques de 1,6 m de long, de 1,175 à 2,50 m pour des plaques de 2,50 m de long. Recouvrement respectivement de 150 et 200 mm (fig. 1 et 2).

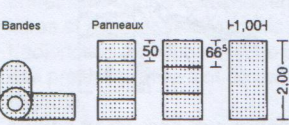
Toits en tôles de zinc, d'alliage de zinc et de titane, de cuivre, d'aluminium, d'acier galvanisé, etc. (fig. 5 à 7). Avec tous éléments façonnés pour faite, gouttière, rive de pignon, etc., tôles de cuivre, formats commerciaux (fig. 9). Le cuivre possède le plus grand allongement à la rupture de toutes les couvertures métalliques. Pour cette raison il est avantageux pour les travaux de repoussage, pour la compression, l'étréage et l'écrasement. La patine caractéristique du cuivre est très appréciée. Les assemblages avec l'aluminium, l'alliage de zinc-titane et l'acier galvanisé sont à éviter. Par contre aucun inconvénient avec le plomb et l'acier inoxydable. Les toits en cuivre sont imperméables à la vapeur d'eau. Pour cette raison ils conviennent particulièrement aux toitures froides à double paroi (voir p. 122).

Charge d'une toiture (calcul du poids en kN par m² de surface de toit). Couverture de toit pour 1 m² de surface de toit en pente sans chevrons, pannes ni poutres.

Couverture de tuiles en terre cuite et tuiles en béton. Le poids s'entend sans mortier mais avec les lattes. Pour le mortier, ajouter 0,1 kN/m².

Tuile plate en terre cuite et tuile plate en béton pour toit à éclipse compris éclisses ...	0,60
pour comble à tuiles plates ou toit double ...	0,80
Tuile mécanique ...	0,60
Tuile à emboîtement à double encoche, tuile reformée, tuile à emboîtement à une encoche, tuile de toit plat ...	0,55
Tuile mécanique ...	0,55
Tuile plate recourbée, tuile creuse ...	0,50
Tuile ...	0,50
Tuile de grand format (jusqu'à 10 m ²) ...	0,50
Tuile à emboîtement avec mortier (sans mortier 0,70) ...	0,90
Recouvrement métallique en aluminium (aluminium 0,7 mm d'épaisseur), voligeage compris ...	0,25
Toiture en cuivre avec double agrafage (feuille en cuivre de 0,6 mm d'épaisseur), voligeage compris ...	0,30
Toiture à assemblage par double agrafage sur bords relevés en tôle pliée (0,63 mm d'épaisseur), sous-couche en carton et voligeage compris ...	0,30
Toiture en ardoises avec recouvrement en ardoise à l'allemande sur voligeage, sous-couche en carton et voligeage compris avec de grands éléments (360 x 280 mm) ...	0,50
avec de petits éléments (env. 200 x 150 mm) ...	0,45
Toiture en ardoises à l'anglaise, lattage compris sur lattage avec double recouvrement ...	0,45
sur voligeage et carton, voligeage compris ...	0,55
Toiture en cuivre de style Allemagne ancienne sur voligeage et carton ...	0,50
avec double recouvrement ...	0,60
Toiture en tuiles d'acier (tôle de tôle galvanisée) sur lattage, lattes comprises ...	0,15
sur voligeage, sous-couche en carton et voligeage compris ...	0,30
Toiture en tôle ondulée (tôle d'acier galvanisée), matériel de fixation compris ...	0,25
Toiture en zinc avec baguette de recouvrement de tôle de zinc numéro 13, voligeage compris ...	0,30

Formats commerciaux	Bandes	Panneaux
Longueur en m	30-40	2,0
Largeur max. en m	0,6 (0,66)	1,0
Épaisseur en mm	0,1-2,0	0,2-2,0
Poids volumique kg/dm ³	8,93	8,93



9 Dimensions commerciales et coupe des rouleaux de feuilles de cuivre pour recouvrement par bandes et par panneaux.

Surface de toit pour gouttières semi-circulaires (en m ²)	Dimension recommandée de la gouttière (Ø en mm)	Largeur de coupe pour gouttière en tôle (en mm)
jusqu'à 25	70	200
de 25 à 40	80	200 (en 10 par.)
de 40 à 60	80	250 (en 8 par.)
de 60 à 90	125	285 (en 7 par.)
de 90 à 125	150	333 (en 6 par.)
de 125 à 175	180	400 (en 5 par.)
de 175 à 275	200	500 (en 4 par.)

Il faut par principe installer les gouttières avec une pente. Plus grande vitesse d'écoulement contre l'engorgement, la corrosion et le gel. Les crochets de gouttières sont en général en acier plat zingué de 20 à 50 mm de large et de 4 à 6 mm d'épaisseur.

13 Dimensions recommandées pour gouttières en fonction de la surface de toit correspondante.

Profondeur toit Gouttière/faîtage	Hauteur profilé 18-25 mm	26-50 mm
jusqu'à 6 m	10° (17,4%)	5° (8,7%)
6-10 m	13° (22,5%)	8° (13,9%)
10-15 m	15° (25,9%)	10° (17,4%)
plus de 15 m	17° (29,2%)	12° (20,8%)

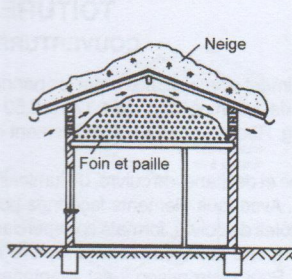
8-10°	200 mm avec joint de recouv.
10-15°	150 mm sans joint de recouv.
plus de 15°	100 mm sans joint de recouv.

10 Couverture en tôle ondulée pour pente minimale de toit avec recouvrement latéral.

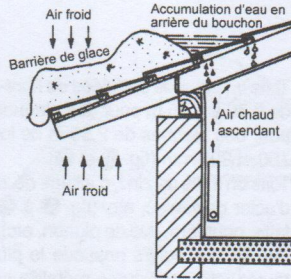
Surface de toit pour tuyaux ronds de desc. de gouttières (en m ²)	Dimension recommandée du tuyau de descente (Ø en mm)	Largeur de coupe pour un tuyau en tôle (en mm)
jusqu'à 20	50	167 (en 12 par.)
de 20 à 50	60	200 (en 10 par.)
de 50 à 90	80	250 (en 8 par.)
de 90 à 100	80	285 (en 7 par.)
de 100 à 120	100	333 (en 6 par.)
de 120 à 180	125	400 (en 5 par.)
de 180 à 250	150	500 (en 4 par.)
de 250 à 375	175	
de 375 à 500	200	

Fixations avec colliers d'attache (anti-corrosion) dont la courbure intérieure correspond au tuyau. Distance minimale entre tuyau et mur 20 mm. Distance entre attaches 2,0 m.

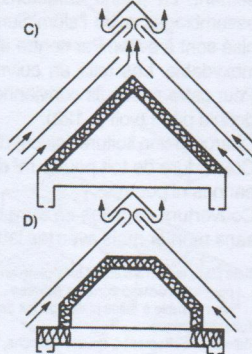
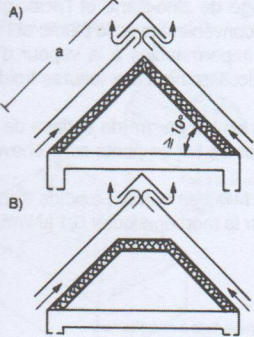
14 Dimensions recommandées pour tuyaux de descente de gouttières en fonction de la surface de toit correspondante.



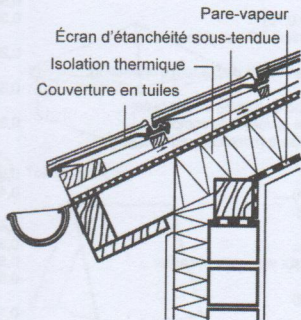
1 Coupe sur une maison paysanne en montagne avec grenier



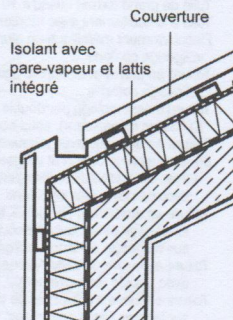
2 Schéma d'un bouchon de neige



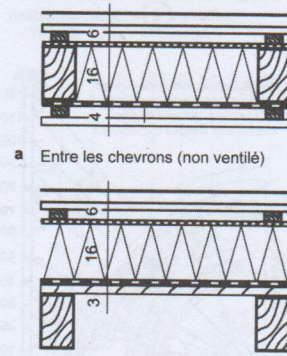
3 Dispositions de l'isolant thermique dans les combles aménagés



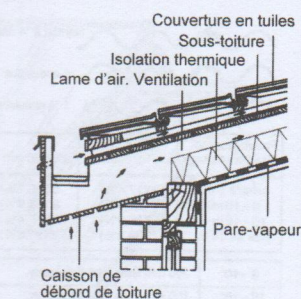
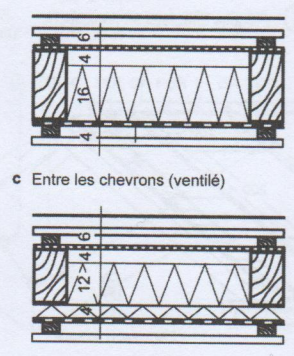
4 Toiture chaude usuelle



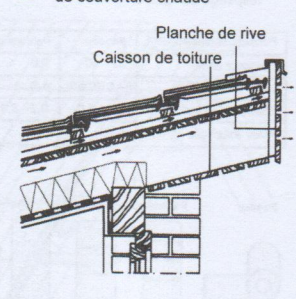
5 Toiture en béton avec complexe de couverture chaude



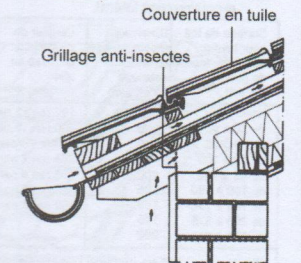
10 Situation de l'isolant thermique dans des toitures en pentes sur combles aménagés



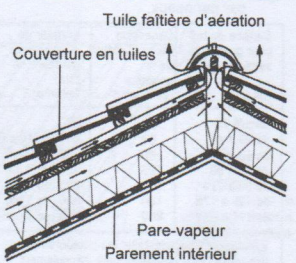
6 Toiture froide. Caisson de débord de toit avec fentes de ventilation dans la volige



7 Toiture froide (toiture à une pente). Façonnage de la rive haute : planche de rive avec fentes de ventilation



8 Toiture froide. Façonnage de l'égot avec chevronnage apparent



9 Type de faîtage pour toiture froide

Combles aménagés

Les espaces des combles sous des toitures servaient autrefois de grenier avec ventilation naturelle pour l'entrepôt et la conservation des récoltes et du fourrage. Les espaces habitables situés en dessous étaient protégés du froid par les produits entreposés (fig. 1). De nos jours, afin de mieux exploiter l'ensemble du volume bâti, les espaces de combles sont en général aménagés. Le montage de la toiture doit, à cette fin, répondre à des exigences supplémentaires du point de vue de la structure du bâtiment.

Types de construction

Dans le cas de toitures avec isolation thermique on distingue les **constructions ventilées** et les **constructions dites non ventilées** : en plus de la ventilation située entre la couverture et le film d'étanchéité sous-tendu (sous-toiture), nécessaire dans tous les cas, il faut prévoir pour la construction dite ventilée une lame d'air de ventilation supplémentaire située entre la sous-toiture et l'isolation thermique, ceci pour évacuer la vapeur d'eau et la condensation. Les toitures ventilées demandent une rehausse de la hauteur du chevonnage et ne fonctionnent que si le pare-vapeur est bien posé et la ventilation bien assurée. Pour cette raison, dans la pratique, on privilégie le plus souvent un montage avec toiture dite non ventilée.

Montage réglementaire de la toiture

Couverture, lattis (voir p. 120-121)

Écran d'étanchéité sous-tendu réalisé avec un film bitumé ou film polyéthylène armé éventuellement microperforés pour l'évacuation d'humidité ou de neige poudreuse pouvant s'introduire sous la couverture.

Écran rigide en volige assemblée à tenon et mortaise, avec étanchéité (par exemple bandes bitumineuses à recouvrement encollé) préconisée en cas de forts risques d'infiltration.

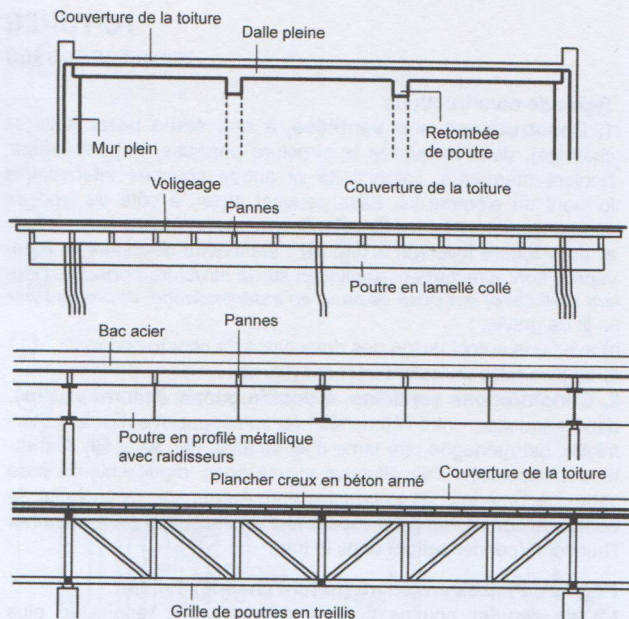
Lame d'air de ventilation pour montage de toiture ventilée, avec ventilation supplémentaire (par exemple pour l'élimination de la condensation). Les sections de ventilation nécessaires sont définies en fonction la pente de la toiture.

Isolation thermique en général sous forme de bandes de laine minérale posées entre et sous les chevrons, ou en panneau isolant préfabriqué, en partie avec feuillure, pare-vapeur intérieur et lattis prémonté reposant sur le montage de toiture (fig. 10).

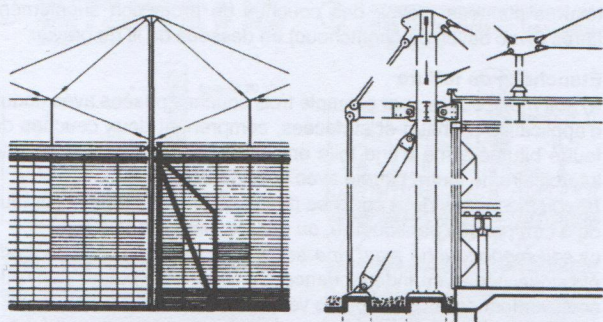
Pare-vapeur sur la face inférieure de l'isolant thermique afin d'empêcher la formation de condensation à l'intérieur du complexe de toiture. Lors de la pose du pare-vapeur, il convient de veiller à **empêcher tout échange d'air entre l'espace intérieur du comble à aménager et le complexe de toiture**. Les points de passage, les jonctions et les raccordements d'éléments de construction doivent être assurés avec le plus grand soin.

Parement intérieur en règle générale réalisé en plaques de plâtre fixées sur un support (attention aux éventuelles fissurations).

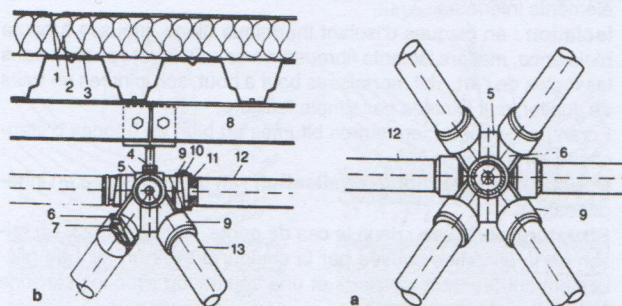
TOITURES TOITS PLATS



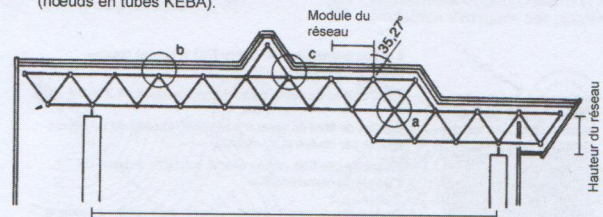
① Structures porteuses pour toits plats (sélection) : constructions avec dalles, poutres et grilles.



② Construction haubannée : usine Fleetguard, Quimper arch. : Rogers et partner.



③ Nœuds supérieurs et intermédiaires d'une structure tridimensionnelle (nœuds en tubes KEBA).



1 Étañch. de la couverture 2 Isolation thermique 3 Tôle acier à profil trap. 4 Entretoise
5 Pièce de centrage 6 Épaulement pour cale 7 Cale 8 Panne, traverse
9 Bague 10 Goupille cannelée 11 Porte-cale 12 Tube horizontal
13 Tube en diagonale

④ Structure tridimensionnelle avec assemblage par nœuds en tubes - KEBA (exemple), détails fig. 3.

Par « toits plats », on entend des toitures avec une pente allant jusqu'à 5 %. Néanmoins des toits à pente nulle, tout en restant des constructions particulières pour des cas exceptionnels, sont réalisables.

En règle générale, les toits plats doivent avoir une pente minimale de 2 %. En raison des inévitables tolérances de planéité et des fléchissements de la construction, il est en tous cas recommandé de réaliser des toits plats avec une pente minimale de 5 % (3°).

Constructions

Pour la construction de toits plats, on dispose d'un grand nombre de structures porteuses différentes. Au fond, la distinction se fait entre les structures porteuses planes et les structures porteuses linéaires.

Les structures porteuses planes sont des éléments de constructions plans, tendus selon un axe ou deux, disposés pour former des lignes ou des nœuds et chargés transversalement par rapport à leur plan (par exemple dalles de couvertures, résille, treillis tridimensionnel).

Les structures porteuses linéaires sont des structures constituées d'éléments porteurs disposés parallèlement (par exemple des poutres à âme pleine, des poutres treillis, des poutres précontraintes) et ne comptant pas d'éléments porteurs secondaires dans leur direction de support de charges (par exemple pannes avec voligeage) pour transmettre le poids de la toiture.

Les deux types de structure sont différenciés par, outre les matériaux, également par différents degrés de liaisons des éléments de l'ossature.

Dalles (fig. ①)

Les toits plats sont, pour la majorité, réalisés comme une dalle massive et plane en béton armé. Elles sont résistantes au feu et ne craignent pas l'humidité et, associées avec un système de murs pleins, forment un ensemble stable du point de vue de la statique. Les inconvénients demeurent l'importance de leur poids propre, l'humidité liée à leur mise en œuvre, tout comme leur faible pouvoir d'isolation thermique et phonique.

Les mouvements consécutifs aux dilatations thermiques, allongements et retraits, doivent être neutralisés par des couches d'isolation rapportées et par une configuration adaptée des appuis et des joints.

Constructions avec poutres maîtresses (fig. ① et ②)

Les constructions avec poutres maîtresses font partie des structures porteuses linéaires. Pour les éléments porteurs sont utilisés des profils courants en bois, en métal, ou bien des éléments préfabriqués en béton armé avec des éléments intermédiaires en matériaux différents. Dans le cas de grandes portées sont mis en œuvre des poutres en treillis constituées de bois équarris ou de barres d'acier, des poutres lamellé collé, des poutres en caissons en contre plaqué et lamellé collé, des poutres à âme pleine spécialement préfabriquées constituées de tôles de grande hauteur avec entretoises contre le fléchissement, tout comme des poutres alvéolaires et des poutres en treillis tridimensionnelle.

L'adjonction de haubans et de tirants permet de réduire les sections des profilés porteurs et de réaliser des projets légers et comme en filigrane.

Grilles porteuses (ou grilles bidimensionnelles) (fig. ① et ②)

Les grilles porteuses qui sont des structures planes faites de poutres assemblées entre elles en s'entrecroisant dans la dimension du plan, couvrent de grandes portées. Elles sont en général réalisées en éléments préfabriqués indépendants (par exemple des poutres en lamellé collé avec gousset d'assemblage ou bien de poutres métalliques en treillis) et sont particulièrement adaptées pour couvrir les halles industrielles etc. En cas d'exigence de protection incendie, des mesures complémentaires doivent être prises pour protéger la structure.

Structure tridimensionnelle (fig. ③ et ④)

Les structures tridimensionnelles sont un développement des grilles porteuses planes. En l'occurrence ce sont des barres métalliques reliées à l'aide de nœuds sphériques pour raidir l'ensemble de la structure tridimensionnelle qui ne nécessite aucune stabilisation supplémentaire.