MÉMENTO *illustré*



Ursula Bouteveille

Mise en œuvre des charpentes en bois

Charpentes traditionnelles, industrielles, panneaux de toiture, aménagement des combles…

EDITIONS LE MONITEUR

MÉMENTO illustré

Ursula Bouteveille

Mise en œuvre des charpentes en bois

Charpentes traditionnelles, industrielles, panneaux de toiture, aménagement des combles…

EDITIONS LE MONITEUR

Sommaire

Introduction 7

Liste des sigles 8

Mode d'emploi 9

1. Bois 11

2. Conception 33

3. Charpentes traditionnelles 59

4. Charpentes industrielles 111

5. Panneaux de toiture monoblocs 145

6. Sous-toitures 157

7. Isolation thermique et phonique 165

8. Aménagement des combles 181

9. Chantier 207

Références – Bibliographie 227

Index 235

Introduction

Les charpentes sont destinées à supporter non seulement la couverture mais aussi le plafond en sous-face. Elles doivent assurer la mise hors d'eau du bâtiment, permettre l'aménagement de combles et résister aux charges permanentes et variables. Lorsqu'elles sont en bois, elles sont constituées de nombreuses pièces dont l'assemblage et la mise en œuvre respectent des règles très précises afin de garantir la pérennité, la solidité et la stabilité de l'ouvrage.

Ce livre fournit les prescriptions techniques relatives à la conception et la construction des charpentes en bois traditionnelles et industrielles.

Richement illustré par de nombreux plans et schémas, ce guide pratique, réalisé avec l'appui d'un réseau d'experts, décrit les différents types de charpentes et leur mise en œuvre dans le respect des normes et des DTU. Il explique de façon didactique le choix des bois, le fonctionnement et le comportement des assemblages. Il détaille également les ancrages dans le gros œuvre et le contreventement.

Des exemples de mise en œuvre fournissent des détails de réalisation des points singuliers, des supports de couverture et des assemblages de panneaux de toiture monoblocs. Ils permettent d'appréhender un projet de construction, mais également d'établir le diagnostic d'une charpente existante.

La structure de l'ouvrage, sous forme de fiches illustrées, favorise à la fois une compréhension immédiate des savoir-faire et règles de l'art nécessaires à la construction d'une charpente, et une maîtrise des principes de conception et des notions utiles pour élaborer et réaliser un projet pas à pas.

Les modifications de charpente liées à l'augmentation du volume, l'éclairage naturel, l'isolation et l'aménagement des combles sont traitées en détail.

Un chapitre dédié à l'organisation du chantier apporte les solutions pour le stockage, le transport et le levage des charpentes, et précise les règles concernant les garde-corps et la protection des chutes de hauteur.

Bonne lecture

Liste des sigles

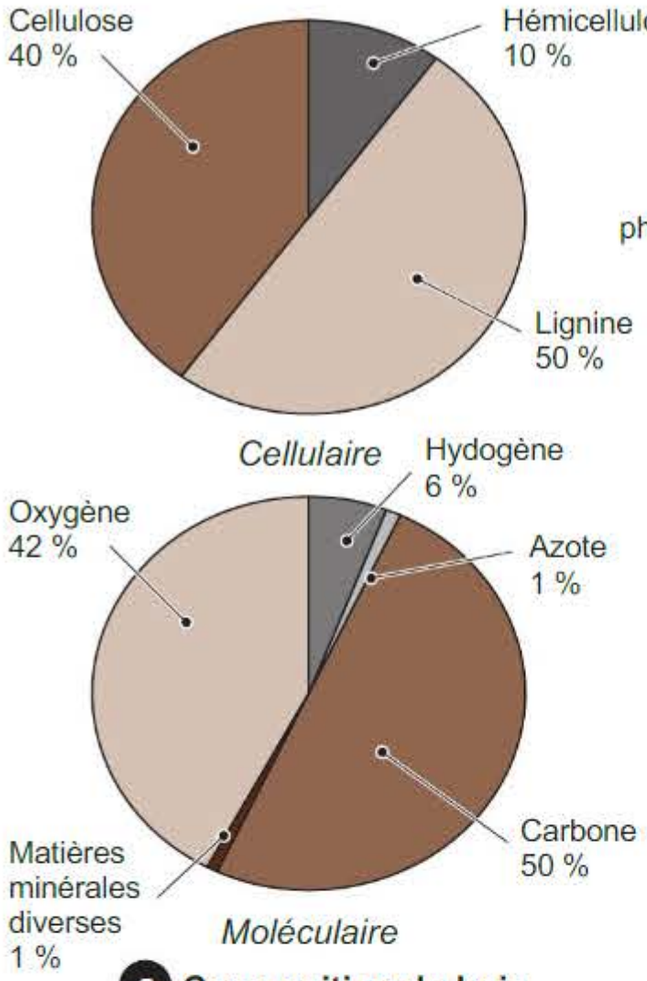
AFA	Antiflambement sous arbalétriers
AFD	Antiflambement sous diagonales
BMR	Bois massifs reconstitués
CTBH	Panneaux de particules agglomérées
CTBX	Panneaux de contreplaqué
CVS	Contreventement de stabilité
CVE	Contreventement sur entraits
DDE	Direction départementale de l'équipement
EPI	Équipements de protection individuelle
EST	Écran de sous-toiture
FA	Filant aux nœuds d'arbalétrier
FE	Filant aux nœuds d'entraits
HPV	Hautement perméable à la vapeur d'eau
LFA	Lisse filante sous arbalétrier
LFE	Lisse filante sous entraits
LVL	Bois reconstitué à partir de feuilles de plaquage
OSB	Panneaux de lamelles minces orientées
PEMP	Plateforme élévatrice mobile de personnel

1 Bois

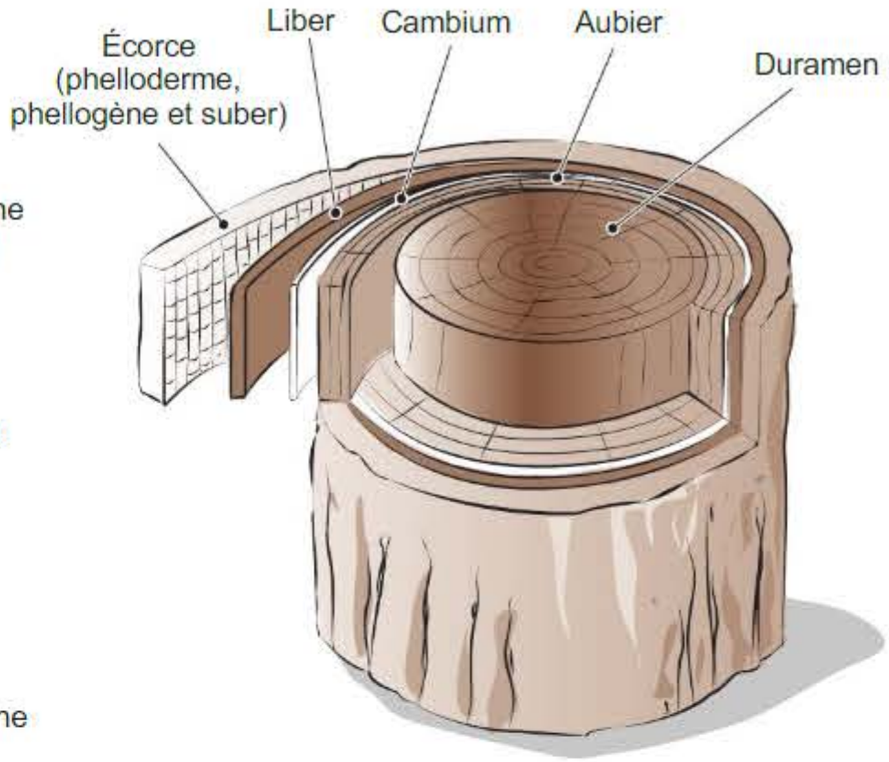
1.01 Composition et caractéristiques

DTU 31-1
Règles CB 71 (DTU P 21-701)
Eurocode 5
NF P 21-400
NF EN 335 et 336
Références

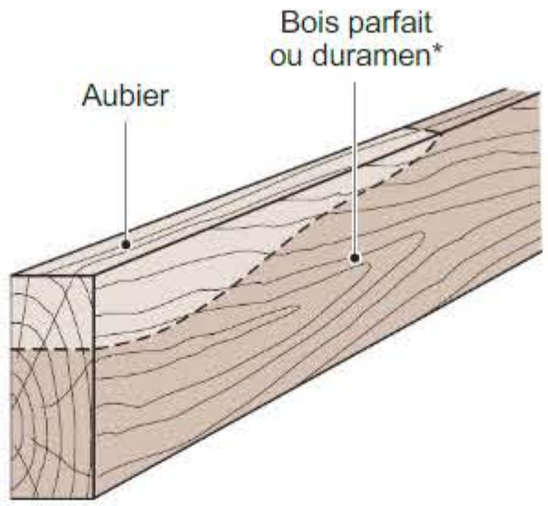
Le bois est un tissu végétal qui constitue la plus grande partie du tronc des plantes ligneuses. Les secteurs de l'industrie et de la construction (en particulier les charpentes) l'utilisent pour ses propriétés mécaniques (résistance à la traction et à la compression). Bien qu'il soit biodégradable, le bois peut durer, dans certaines conditions, pendant plusieurs siècles.
Le bois est une matière organique composée (a) :
- essentiellement de cellulose et de lignine, au niveau cellulaire ;
- essentiellement de carbone et d'oxygène, au niveau moléculaire.
Les bois d'œuvre sont issus des arbres purgés de leur écorce et du cambium (b). Ils sont constitués d'aubier et/ou de duramen (c).



a Composition du bois



b Tissus d'un tronc d'arbre



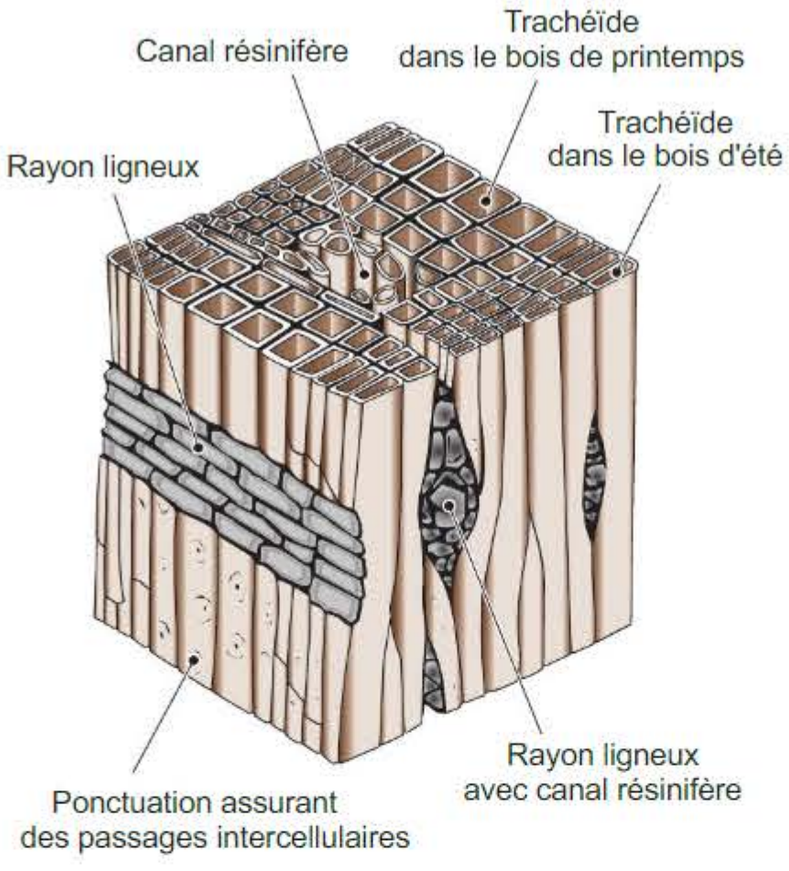
** S'il y a duraminisation (chêne, châtaignier, pin, douglas, mélèze, etc.). Certaines essences comportent un aubier non différencié du bois parfait puisqu'il n'est pas duraminisé (sapin, épicéa, peuplier, etc.).*

c Bois d'œuvre

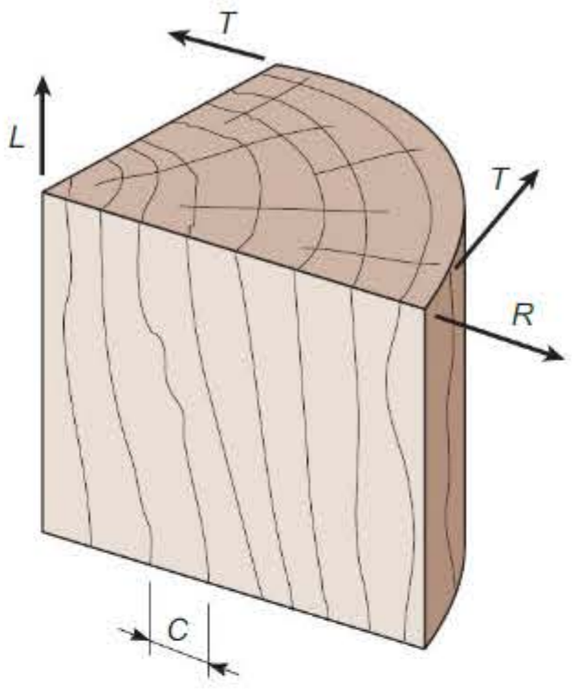
Composition et caractéristiques

Le bois est constitué de cellules, les trachéides, orientées suivant l'axe du tronc et accolées les unes aux autres, formant une structure en nid d'abeille, traversée de canaux résinifères et de rayons ligneux (d). Trois sections de référence sont distinguées (e) :
- une section transversale dite « bois de bout » (perpendiculaire au tronc) ;
- une section radiale dite « bois de fil », longitudinale et parallèle aux rayons ;
- une section tangentielle dite « bois en fil », longitudinale et perpendiculaire aux rayons.

Le bois présente une résistance longitudinale importante (dans le sens des fibres, flexible et élastique) et une résistance radiale faible (il se fend facilement). Dans un tronc (f), le bois de cœur, très résistant, permet la production de poutres et de poteaux ; la découpe radiale permet d'obtenir une résistance optimale pour la production de planches alors que les découpes tangentielles (partiellement dans l'aubier) produisent des planches plus déformables.



d Cellules d'un bois résineux

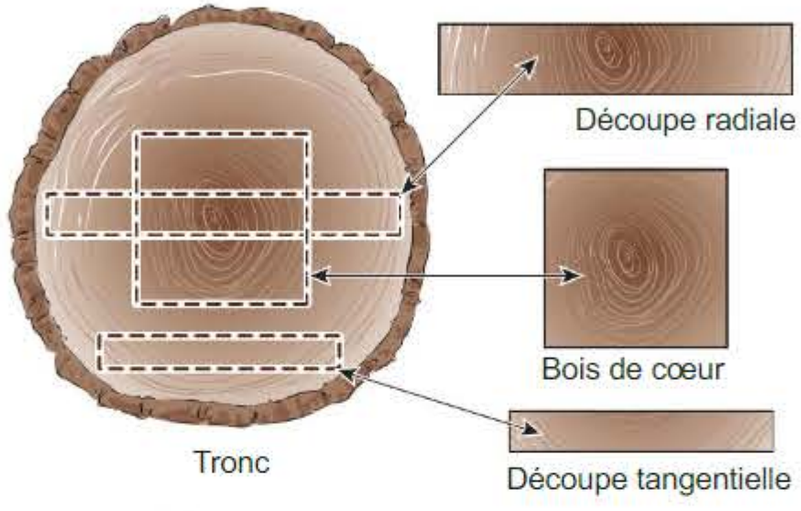


L : sens axial ou longitudinal
R : sens radial
T : sens tangentiel
C : cerne d'accroissement

e Sections de référence



Le bois de bout se fend facilement



f Résistance et débit de bois

1.02 Essences des bois de charpente

DTU 31-1
Règles CB 71 (DTU P 21-701)
Eurocode 5
NF P 21-400
NF EN 335 et 336

Références

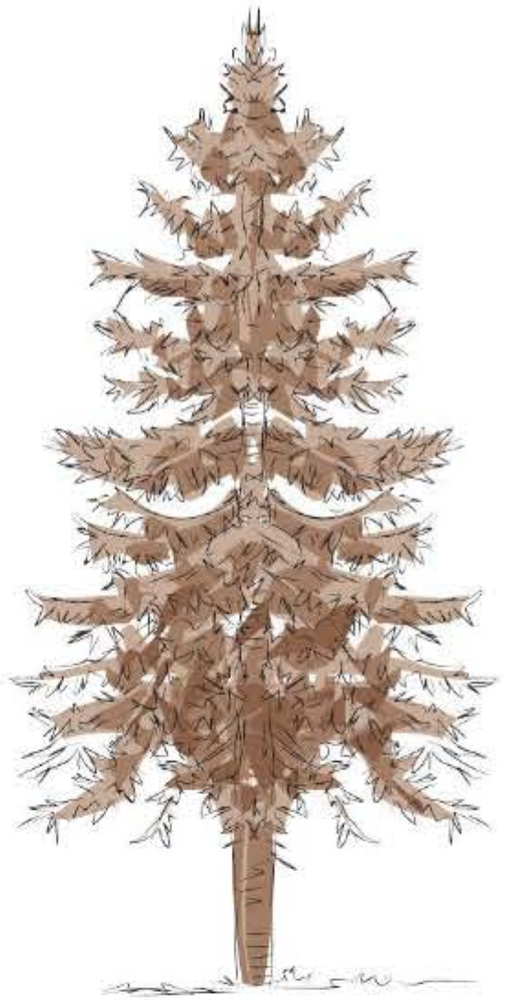
Les bois utilisés en France pour la charpente traditionnelle sont variés et dépendent des régions :
- le chêne dans le Centre et l'Île-de-France : très résistant, il est utilisé pour les charpentes élaborées et apparentes (a) ;
- le sapin dans la plupart des régions métropolitaines, est le plus utilisé (b) ;
- le douglas dans le Centre (c) ;
- le mélèze dans les Alpes du sud (d) ;
- le pin maritime dans les Landes (e) ;
- plus rarement, l'épicéa dans les zones de moyenne montagne (f) ;
- le peuplier dans les zones humides (g).



a **Chêne** (6 à 15 m)



b **Sapin** (3 à 10 m)



c **Douglas** (5 à 18 m)

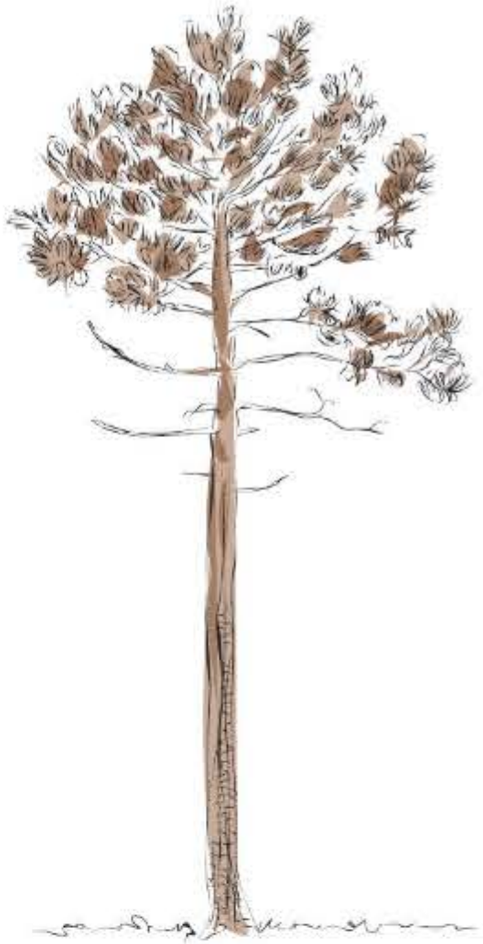
Essences des bois de charpente

Pour les charpentes industrielles, sont utilisés : principalement le sapin (b), l'épicéa en faible quantité (f), le douglas (c) et le peuplier (g).

Des essences provenant d'autres régions du monde peuvent également être utilisées, notamment le sapin Baumier, le pin de Murray ou le pin Ponderosa d'Amérique du Nord, ou encore les bois rouges provenant des Dom-Tom, d'Asie ou d'Amérique du Sud. Les bois aboutés, les bois massifs reconstitués (BMR), le bois lamellé-collé ou le lamiblois (constitué de fines lamelles collées à fibres parallèles) sont de plus en plus utilisés.



d **Mélèze** (6 à 15 m)



e **Pin maritime** (6 à 13 m)



f **Épicéa** (6 à 13 m)



g **Peuplier** (10 à 20 m)

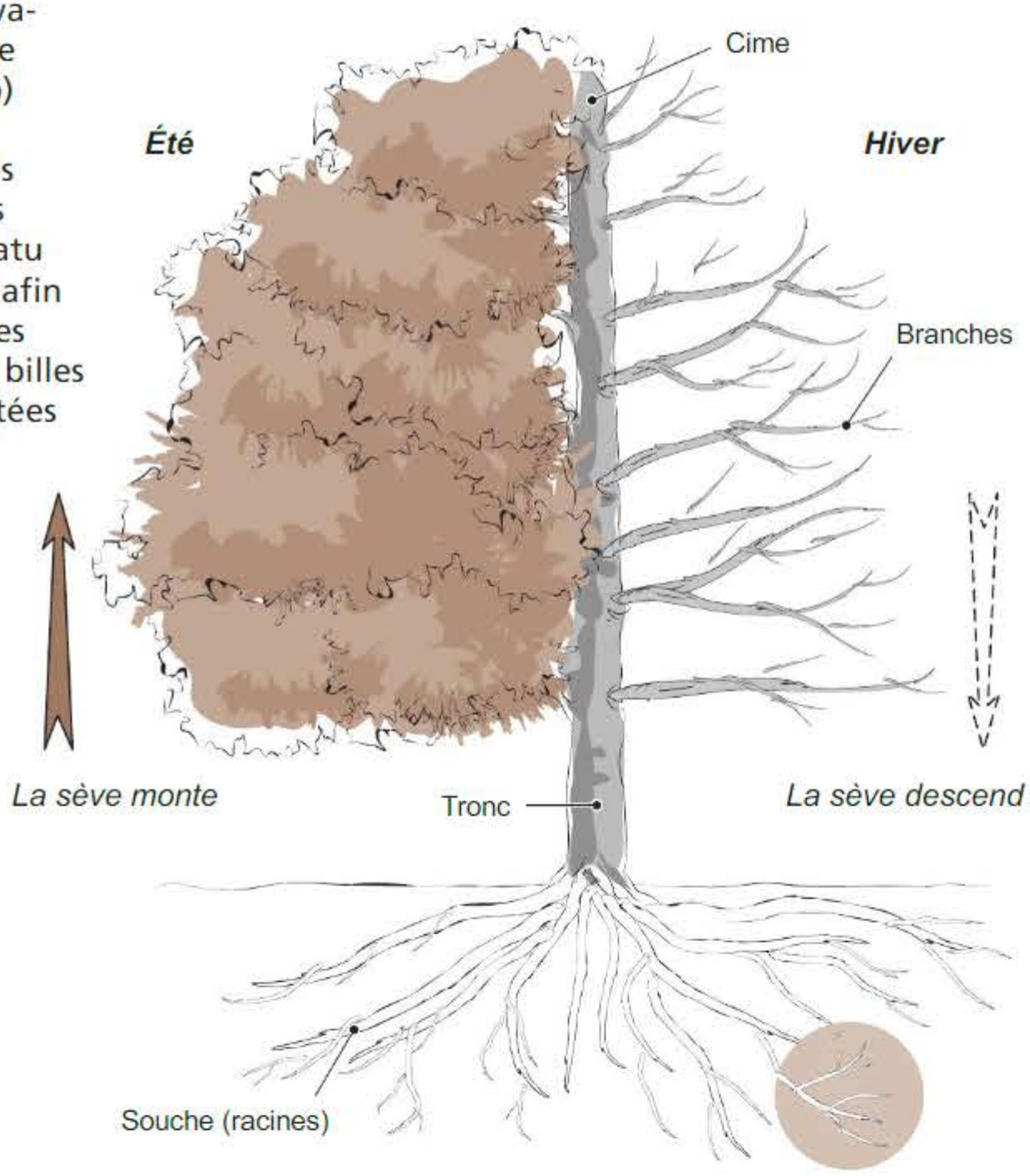
1.03 Abattage et séchage

DTU 31-1
Règles CB 71 (DTU P 21-701)
Eurocode 5
NF P 21-400
NF EN 335 et 336
Références

La saison durant laquelle l'arbre est abattu conditionne sa conservation (a). Elle peut varier en fonction des espèces et des essences. Le sens du parcours de la sève dans l'arbre, des racines aux feuilles (b) dans laquelle se fait la fonction chlorophylienne diffère selon les saisons. De mars à octobre, la sève brute monte des racines vers les feuilles ; puis le flux s'inverse et elle redescend, débarrassée de ses nutriments de novembre à février. Par tradition, un arbre est abbatu en période d'hivernage, lorsque la sève redescend vers les racines afin d'éviter que le bois ne s'échauffe et devienne sensible aux attaques d'insectes xylophages et à l'action de champignons lignivores. Les billes de bois taillées dans les grumes issues de l'abattage sont transportées vers une scierie pour être débitées.



a Abattage des arbres en saison hivernale

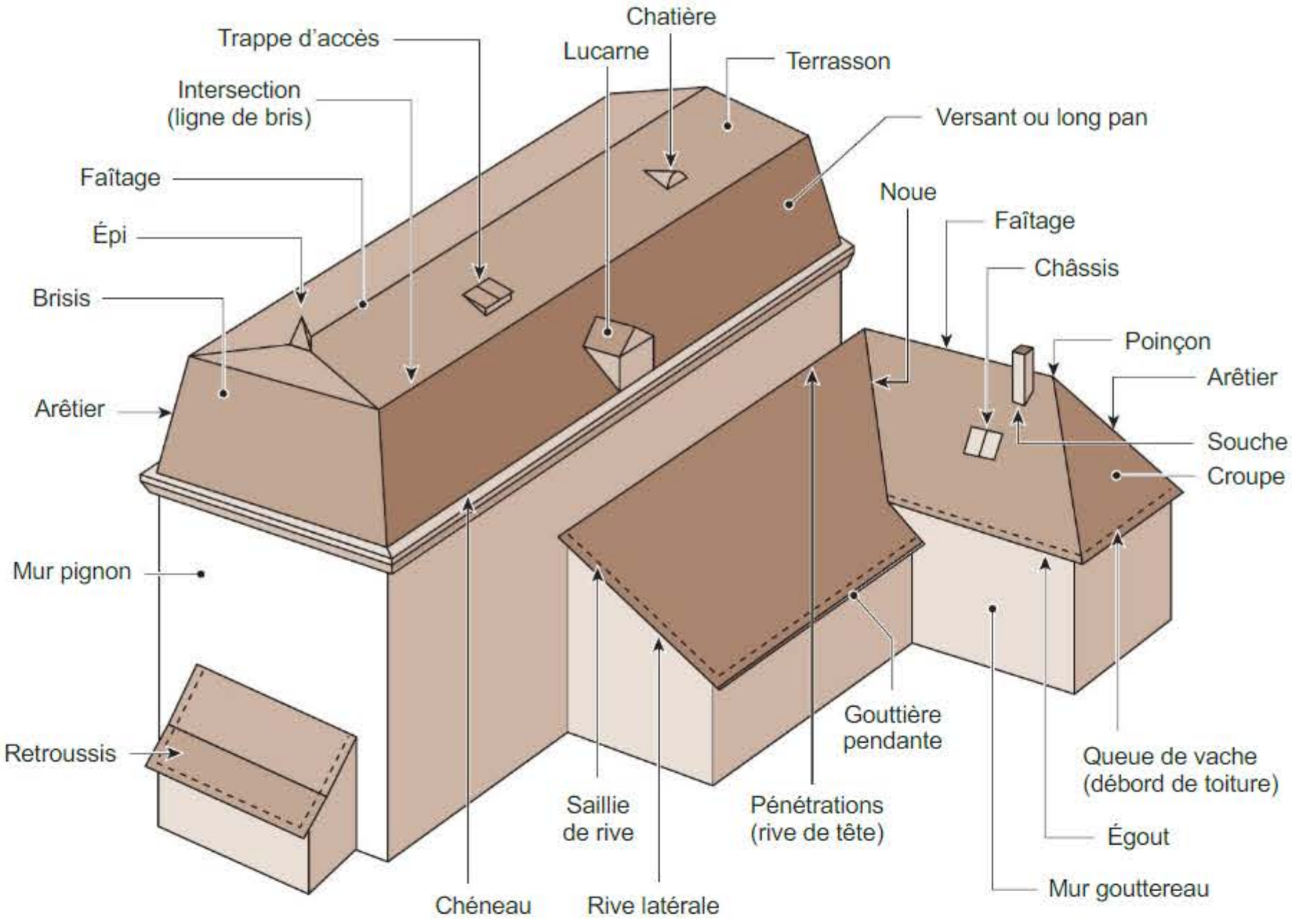


b Parcours de la sève dans l'arbre

2 Conception

2.01 Terminologie des toitures

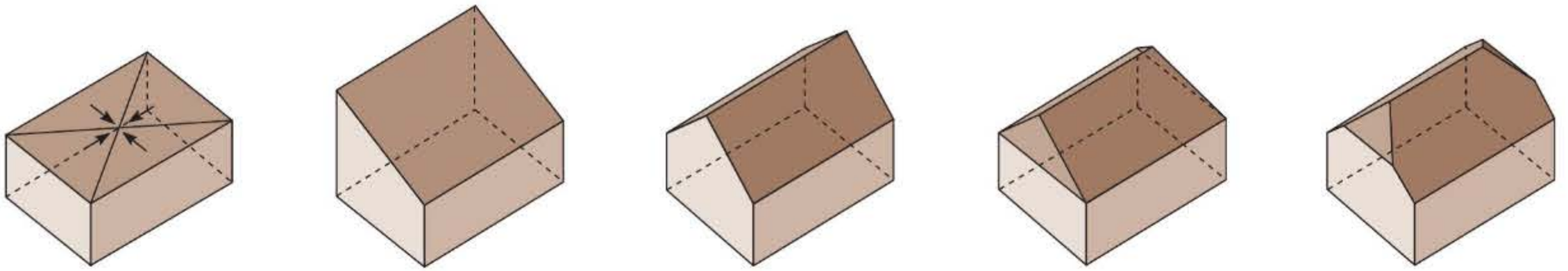
La toiture, aussi appelée couverture, couvre la partie supérieure des bâtiments. Elle a pour fonction de les protéger des intempéries et de l'humidité et ne participe généralement pas à la stabilité du bâtiment. Elle est supportée par une charpente qui peut être en bois, en métal ou en béton. La toiture est conçue et dimensionnée pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales et résister aux charges de neige. Elle doit être esthétique et présenter une bonne résistance mécanique.
L'ensemble charpente et couverture est appelé « comble ».
Sont distingués (a) les combles à un, deux ou quatre versants qui peuvent présenter, selon leur configuration, des pentes faibles et d'autres proches de la verticale.
Des lucarnes, châssis ou fenêtres de toit permettent l'entrée de la lumière du jour dans les pièces situées sous les combles.
Les plans formant le comble sont limités par des lignes de toiture, classées en trois familles :
- les rives, limites des différents plans du comble avec le vide ;
- les intersections, jonctions de deux plans du comble ;
- les pénétrations, jonctions d'un plan du comble avec une partie du bâtiment.



a Vocabulaire des combles et des lignes de toiture

Formes des combles

La forme et l'inclinaison de la toiture conditionnent le choix de la couverture et déterminent l'apparence extérieure du comble (a). La forme du toit est réalisée en tenant compte des fonctions du bâtiment, de son exposition aux intempéries et de la région concernée. Le toit à deux versants est aujourd'hui la forme de toit incliné la plus répandue.



Toiture-terrasse

Toiture à un versant (ou en appentis)

Toiture à deux versants (ou en bâtière)

Toiture en croupe

Toiture en demi-croupe

Toiture à la Mansart

Toiture en berceau

Toiture à versants décalés

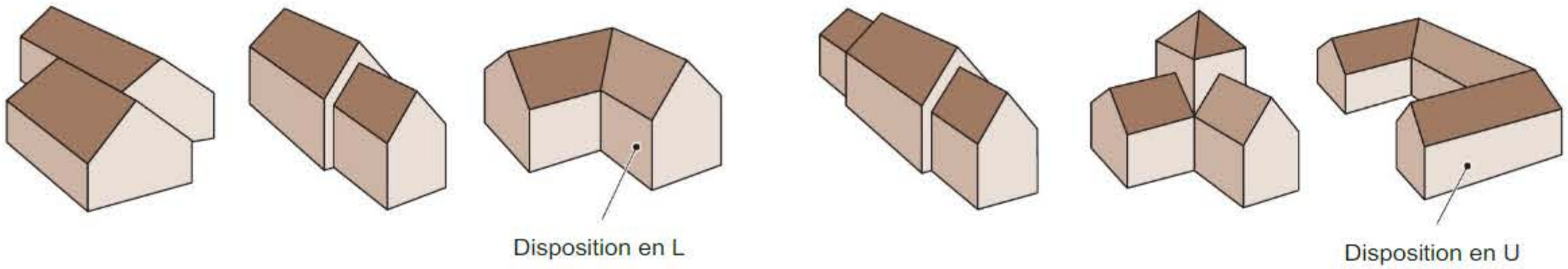
Toiture (shed) à redents

Toiture en pavillon

a Principales formes de combles

2.03 Combles de bâtiments en deux ou trois volumes

Les bâtiments de forme simple, constitués d'un seul volume, enferment la construction dans une enveloppe rigide qui offre peu de possibilités de formes pour les combles. Avec deux (a) ou trois (b) volumes correctement disposés, l'esthétique des formes des combles gagne en caractère.



a Bâtiments en 2 volumes

b Bâtiments en 3 volumes

Fiche
2.05

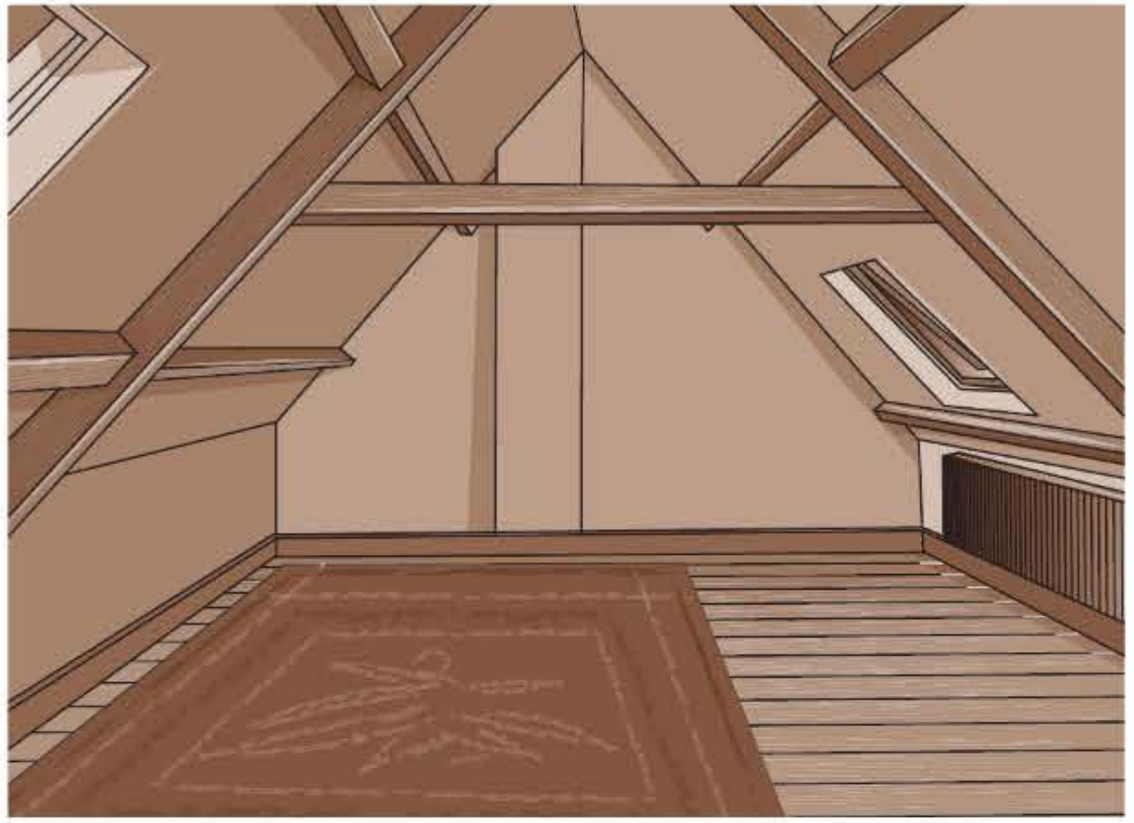
Conception

Choix du type de charpente à mettre en œuvre

La charpente industrielle comporte de nombreux avantages : elle est légère, stable, fiable, économique et permet de nombreuses solutions techniques ; cependant, elle ne peut être apparente et la section des bois utilisés la rend peu résistante au feu (e).
Le gros œuvre doit être géométriquement simple et les murs parallèles. Elle est adaptée à la construction de maisons individuelles et d'immeubles d'habitation, mais aussi de bâtiments commerciaux, industriels, agricoles, de hangars, etc. ;
La charpente traditionnelle ou en bois lamellé-collé (f) permet de réaliser de grandes charpentes esthétiques et décoratives apparentes. Elle permet de réaliser plus facilement un plan de toiture parfaitement aligné et sa résistance au feu est élevée, la section des bois employés étant importante. La charpente traditionnelle permet un large choix d'options dans le cas de bâtiments complexes, mais nécessite davantage de bois et de temps de main-d'œuvre.

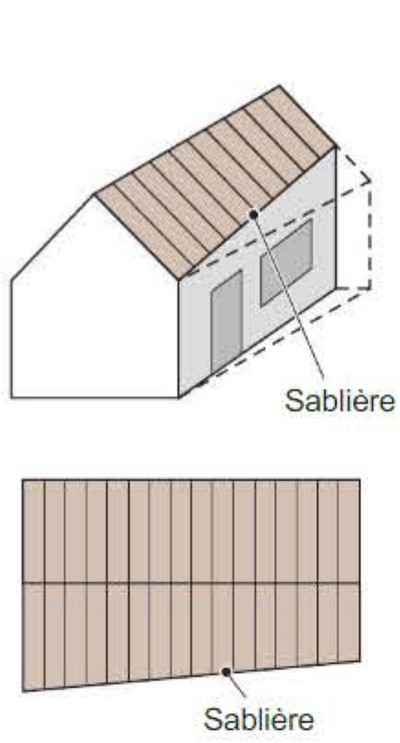
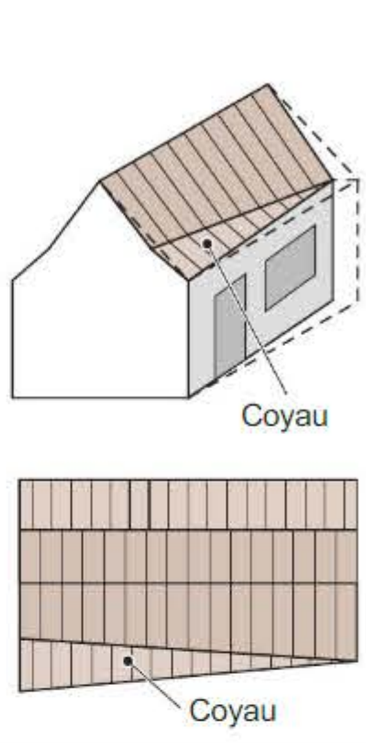
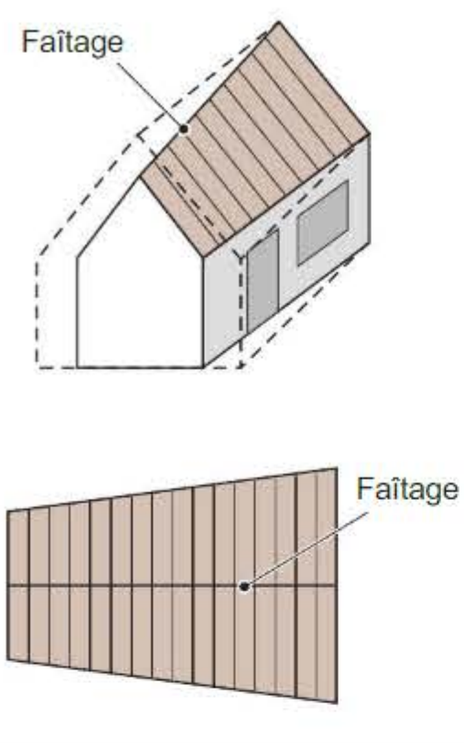
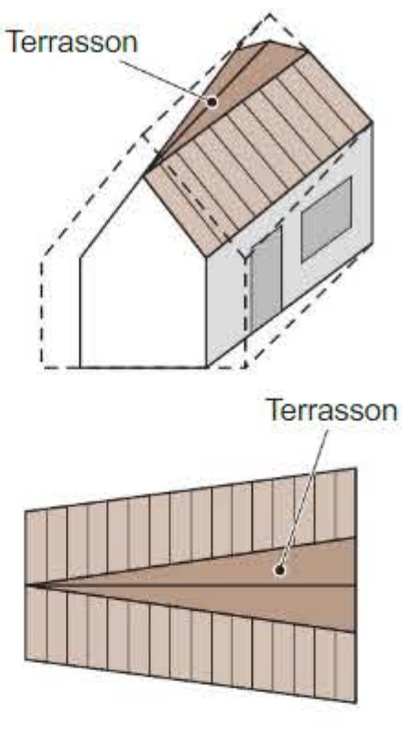


e Charpente industrielle non apparente



f Charpente traditionnelle apparente

Lorsque les façades opposées d'un bâtiment ne sont pas parallèles ou sont de géométrie imparfaite (toiture gauche, altitude de faîtage variable, rive en façade non horizontale), la charpente traditionnelle permet d'éviter les surcoûts de l'adaptation d'une charpente industrielle en fermettes. Elle offre des solutions qui, associées à des pignons de biais, permettent de réaliser une charpente sur un quadrilatère non rectangle (g). Le gros œuvre, et en particulier les murs qui supportent les charpentes, peuvent être en béton, en maçonnerie de petits éléments, en bois ou en acier. Les dimensions du bâtiments doivent être parfaitement définies avant l'étude de charpente car ce sont elles qui déterminent la géométrie et les pentes de la toiture.

Biais traité par une sablière en pente	Biais peu important traité par un coyau	Biais traité par un faîtage en pente	Biais traité par un terrasson
			

------ Bâtiment de forme géométrique parfaite (rectangle)

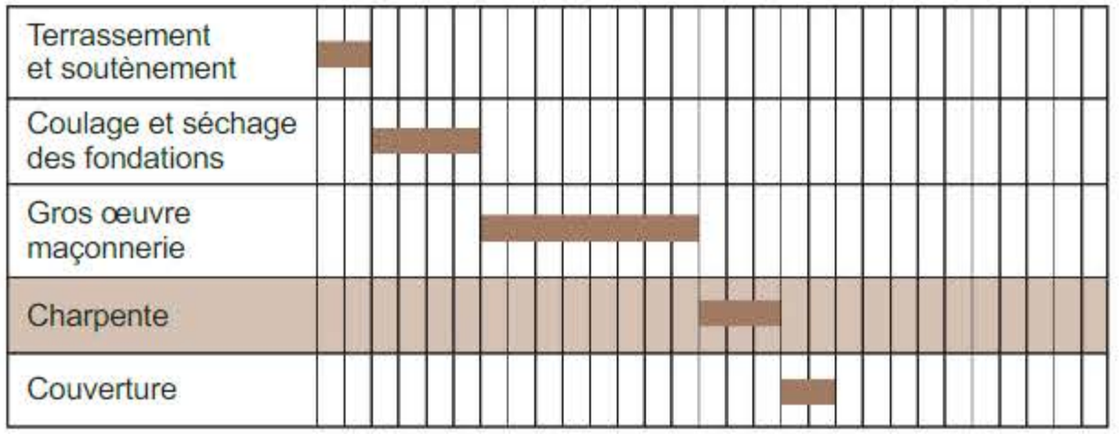
g Solutions de charpente traditionnelle pour bâtiments de biais

Fiche
2.05

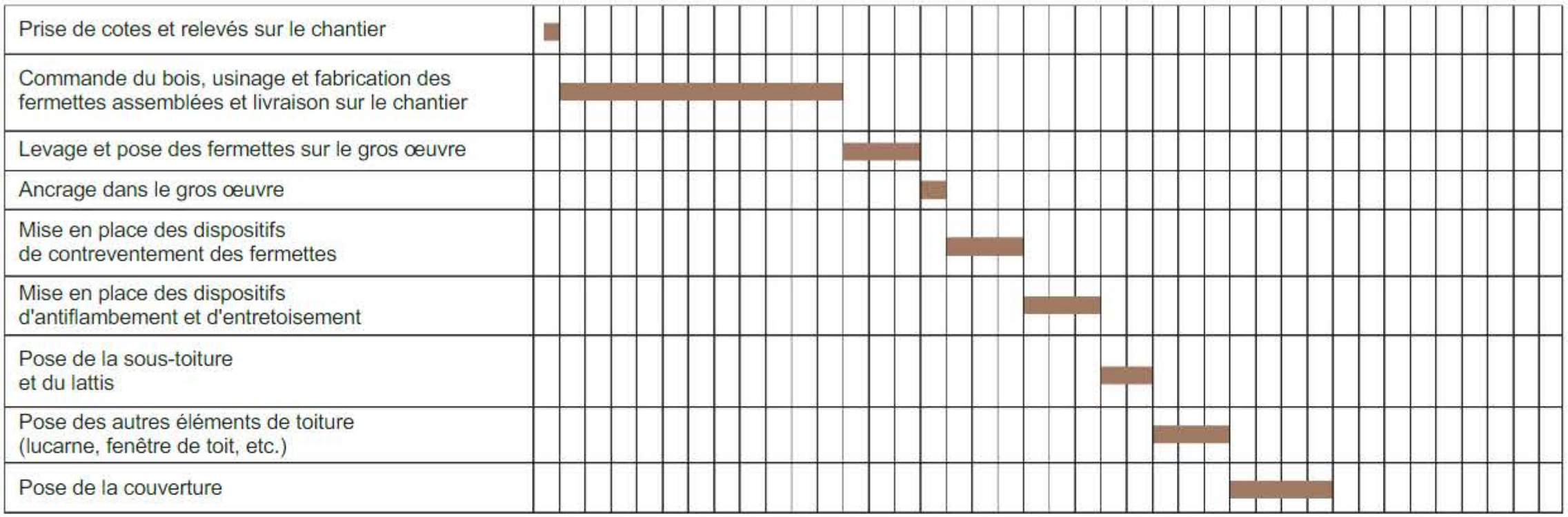
Conception

Choix du type de charpente à mettre en œuvre

Le choix du type de charpente doit être pris en compte lors de l'établissement du planning d'avancement des travaux de la construction (h). Une charpente industrielle (i) nécessite moins de temps de main-d'œuvre qu'une charpente traditionnelle (j), à la fois en atelier et sur le chantier. Les charpentes industrielles sont plus rapidement calculées, usinées et assemblées ; la légèreté des éléments facilite la manutention sur le chantier et leur mise en oeuvre ne nécessite ni pannes ni chevrons.



h Planning global du gros oeuvre (en semaines)

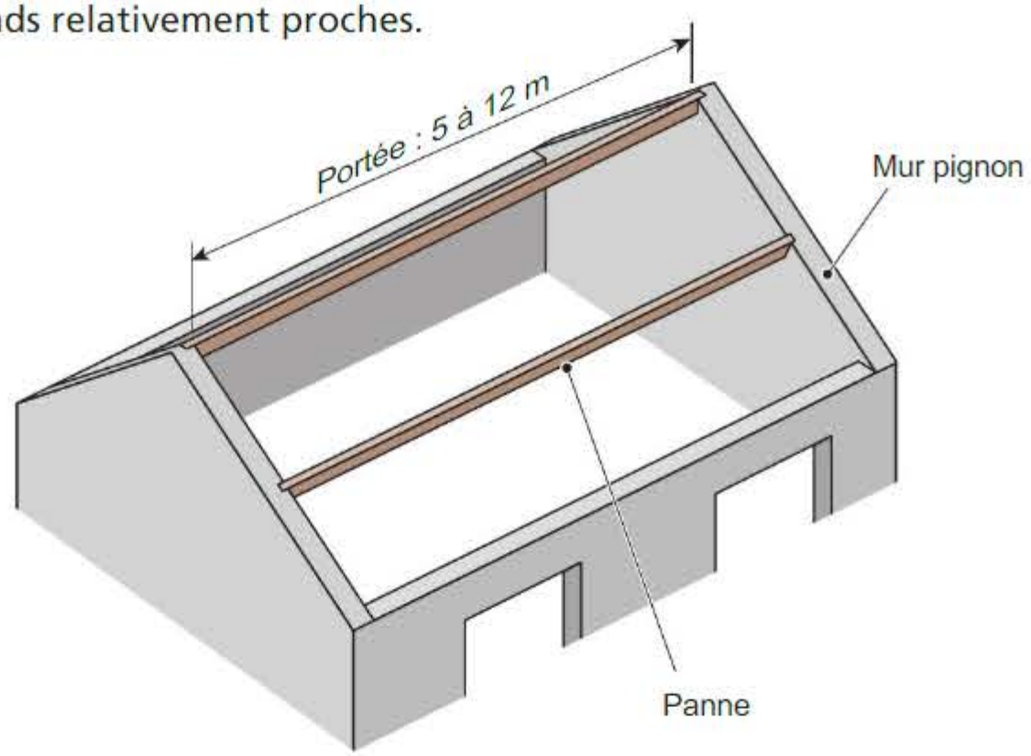


i Planning de construction et de montage d'une charpente industrielle (en jours)

3 Charpentes traditionnelles

3.01 Typologie des charpentes traditionnelles

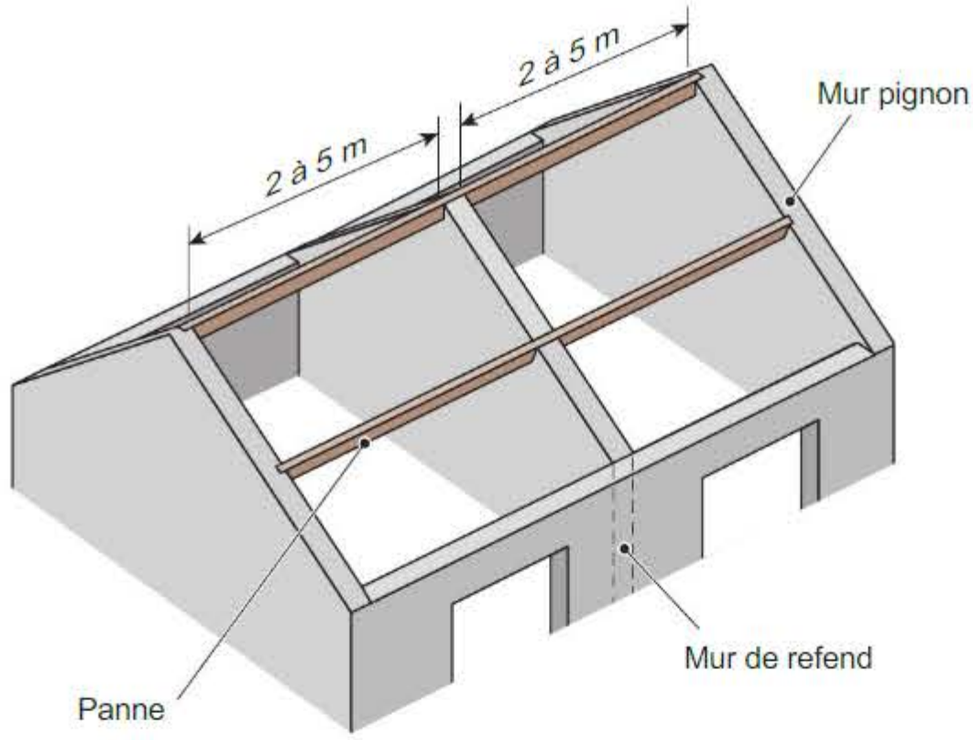
Une charpente traditionnelle est constituée d'une superposition à l'équerre de plusieurs pièces passantes qui prennent appui, selon la complexité de la toiture, directement sur les pignons en maçonnerie ou sur des fermes intermédiaires pour les toitures de grandes portées. Dans le cas d'une charpente simple dite « non assemblée » (a), les pannes s'appuient uniquement sur les pignons en maçonnerie. Économe en bois, ce type de charpente est facile à réaliser mais nécessite, pour les bois massifs, la présence de refends relativement proches.



Pour les portées supérieures à 5 m, il est nécessaire d'utiliser des pannes en bois lamellé-collé dont les sections sont calculées pour résister aux efforts dus à la neige et au vent.

Ce type de charpente évite l'utilisation de fermes ou de refends et permet de s'affranchir des contraintes de distribution des locaux dans les combles en libérant la totalité de l'espace.

Portée de pignon à pignon



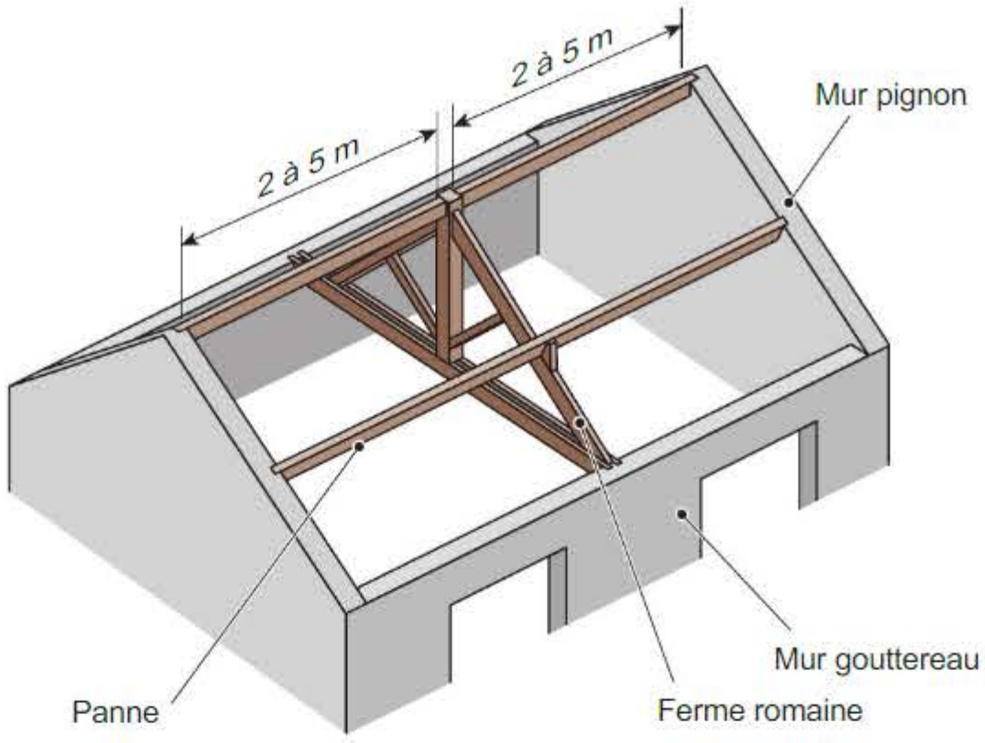
Les refends intermédiaires maçonnés doivent être prévus dès la conception du gros oeuvre. Les pannes en bois massif ne doivent pas excéder 5 m, elles doivent porter sur une profondeur d'appui d'au moins 2/3 de l'épaisseur du mur.

Ce type de charpente qui nécessite d'avoir des refends relativement proches est stable, économique et simple à mettre en oeuvre. Cette solution peut s'avérer intéressante pour de petits ouvrages (combles, garages).

Portée avec refend intermédiaire

a Charpente non assemblée

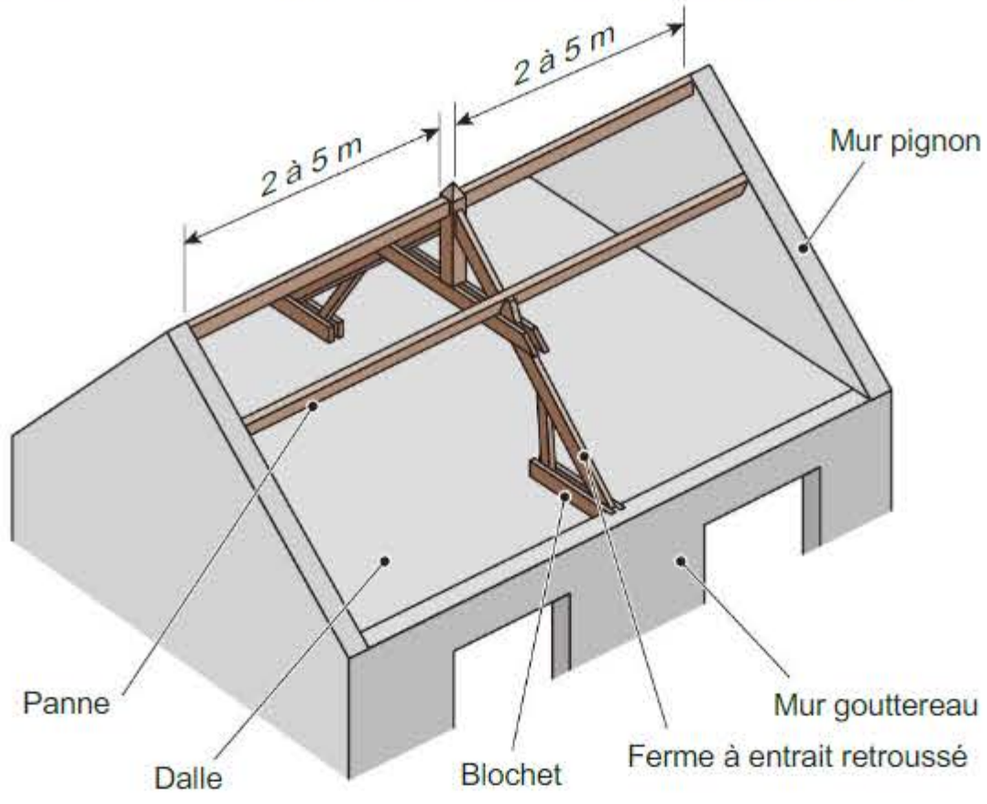
Dans une charpente assemblée (b), la forme de la toiture est donnée par les fermes qui prennent appui directement sur les murs gouttereaux. Celles-ci forment, sur un plan vertical, un assemblage de pièces de charpente composant une unité structurale qui supporte le toit et sa couverture. Espacées de 4 m environ, elles supportent les pièces de charpente horizontales (les pannes), qui soutiennent elles-mêmes les chevrons et la sous-toiture.



L'emplacement d'une ou plusieurs fermes intermédiaires doit être pris en compte pour la création de réservations des appuis dans le gros œuvre. L'espacement entre fermes dépend des sections des pannes en bois massif.

Ce type de charpente, esthétique, évite les refends et implique une utilisation de bois de qualité, aux sections relativement importantes, ce qui augmente son coût.

Portée avec ferme romaine pour combles perdus



La poussée horizontale exercée par les fermes en arc au niveau des appuis est reprise par les ancrages des blochets dans la dalle en béton armé qui se comporte alors comme un entrait et empêche le soulèvement.

Les fermes à entrait retroussé libèrent les volumes dans l'enveloppe de la toiture en dégageant de la hauteur de passage ce qui permet l'aménagement du comble.

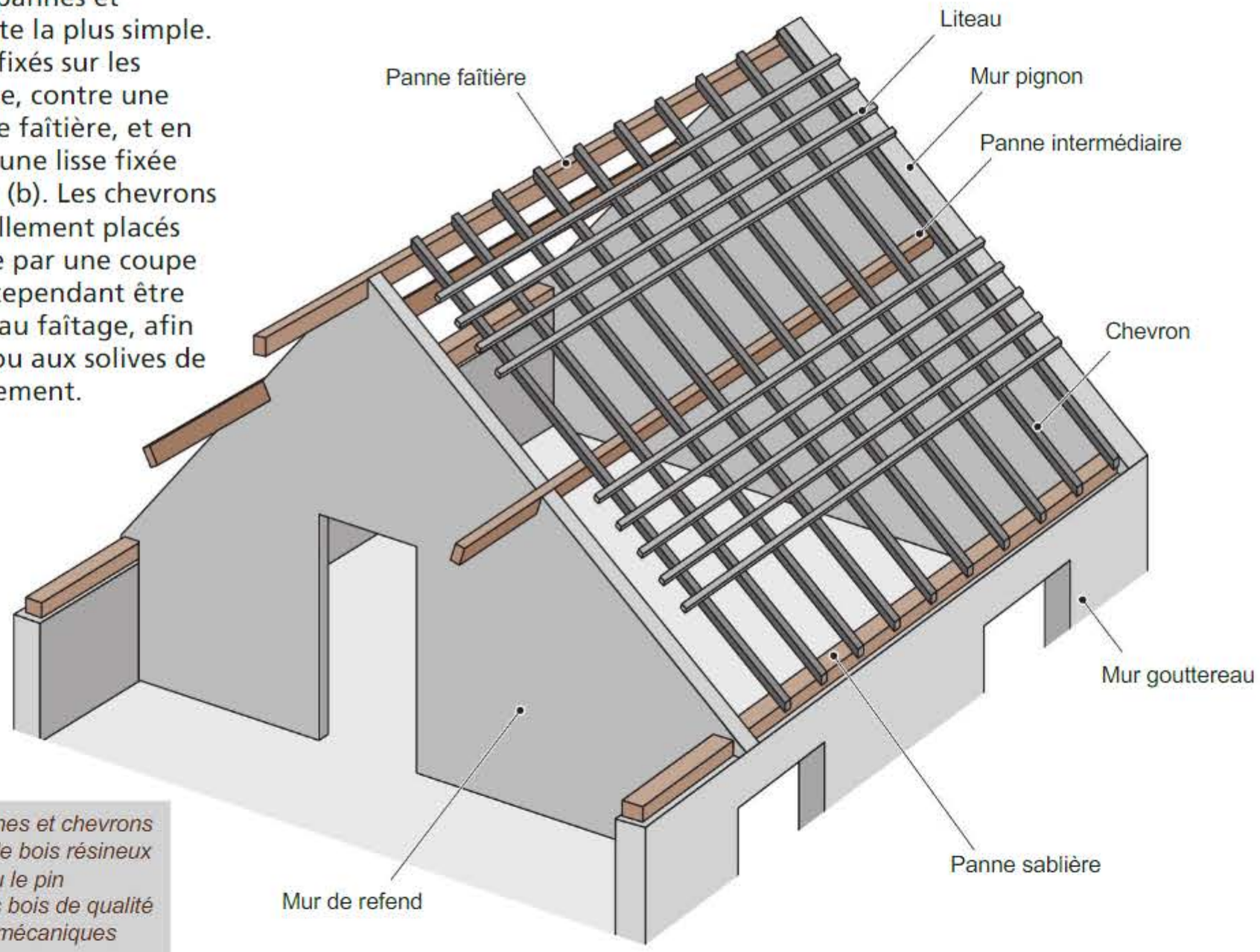
Portée avec ferme à entrait retroussé pour combles habitables

b Charpente assemblée

3.02 Charpente non assemblée à pannes et chevrons

Règles CB 71 (DTU P 21-701)
Eurocode 5
DTU 31.1
Références

Une charpente non assemblée à pannes et chevrons (a) constitue la charpente la plus simple. Les chevrons sont généralement fixés sur les pannes qui les supportent, en tête, contre une planche faîtière ou sur une panne faîtière, et en pied, sur une sablière de mur ou une lisse fixée au-dessus des solives de plancher (b). Les chevrons de chaque rampant sont habituellement placés en opposition et joints en faîtage par une coupe droite ou en onglet. Ils peuvent cependant être décalés de leur propre épaisseur au faîtage, afin de faciliter la fixation entre eux ou aux solives de plancher assemblées par recouvrement.



a Charpente non assemblée à pannes et chevrons

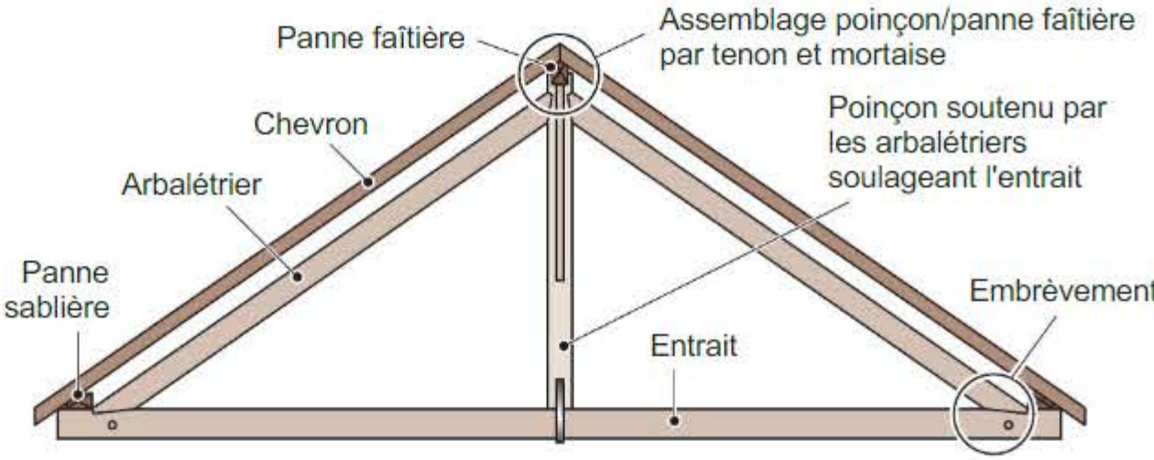
Les charpentes non assemblées à pannes et chevrons sont généralement fabriquées à partir de bois résineux tels que l'épicéa, le sapin, le douglas ou le pin sylvestre. Il est nécessaire d'utiliser des bois de qualité présentant de bonnes caractéristiques mécaniques sans contraintes visuelles.

Règles CB 71 (DTU P 21-701)
Eurocode 5
DTU 31.1

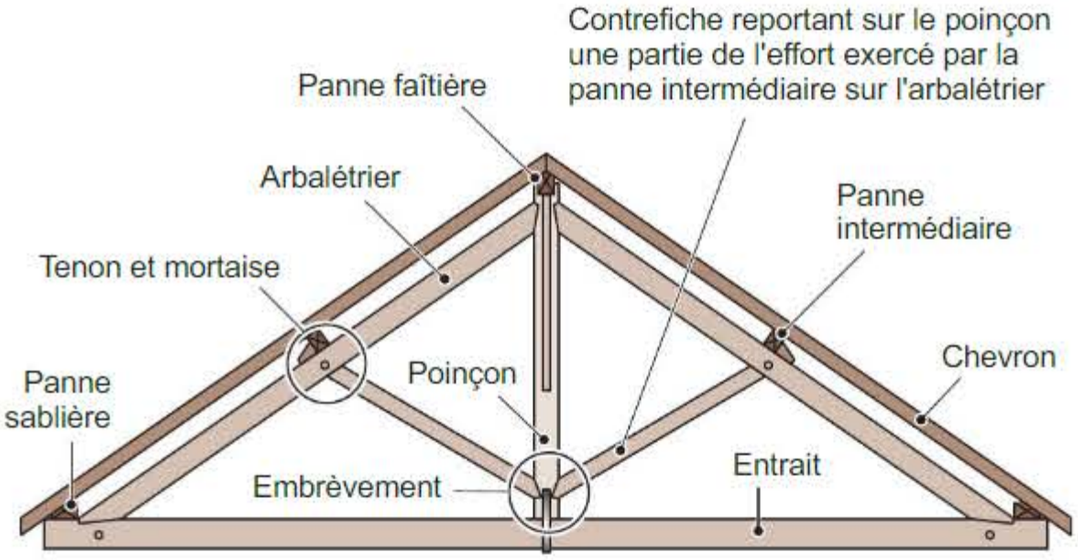
Références

Dispositions constructives par type de ferme

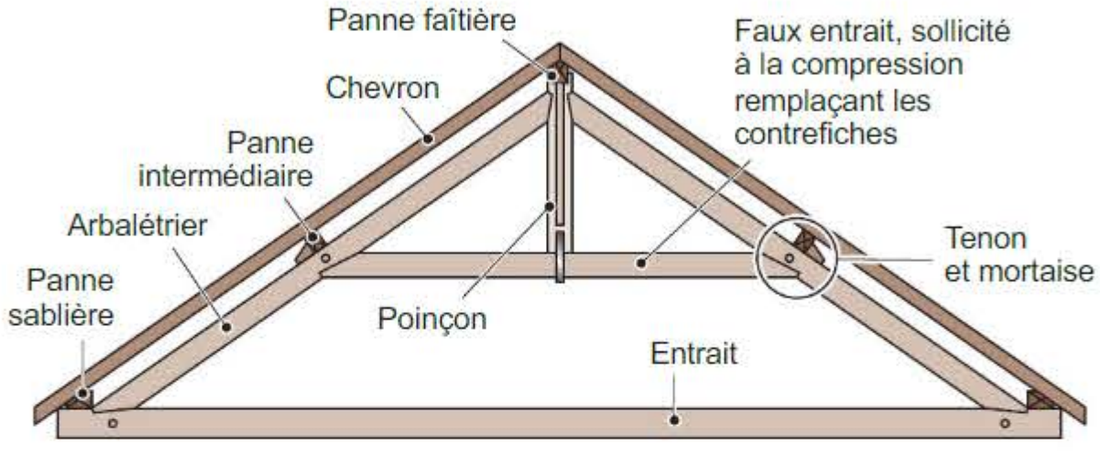
Les fermes des combles à deux versants sont habituellement classées selon le nombre de pannes intermédiaires posées sur les arbalétriers. Ce nombre dépend de la longueur des versants. Sont distinguées :
- les fermes sans panne intermédiaire et avec une panne (a) ;
- les fermes à deux pannes intermédiaires (b) ;
- les fermes à entrait retroussé pour combles habitables (c).



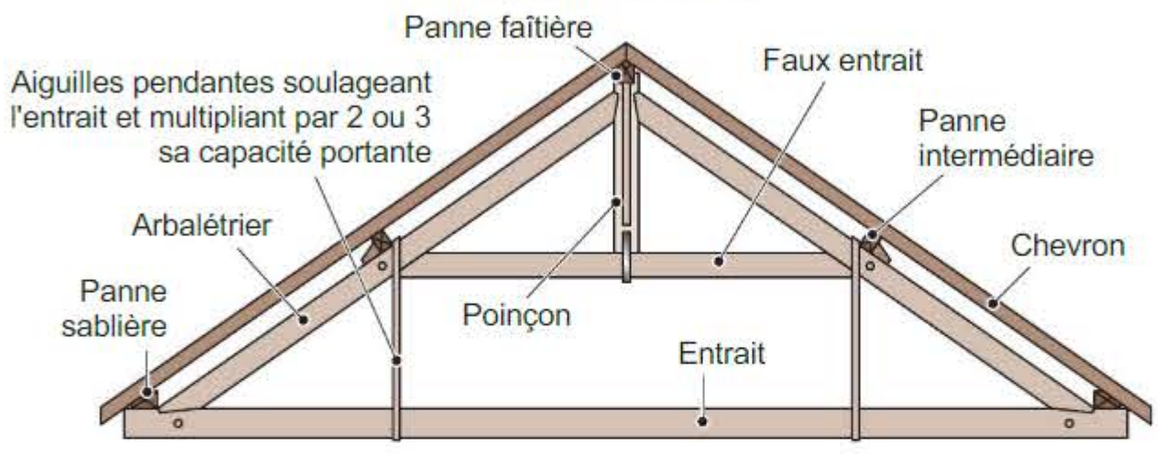
Ferme sans panne intermédiaire



Ferme à une panne intermédiaire et contrefiches « Romaine ou Latine »



Ferme à une panne intermédiaire et faux entrait

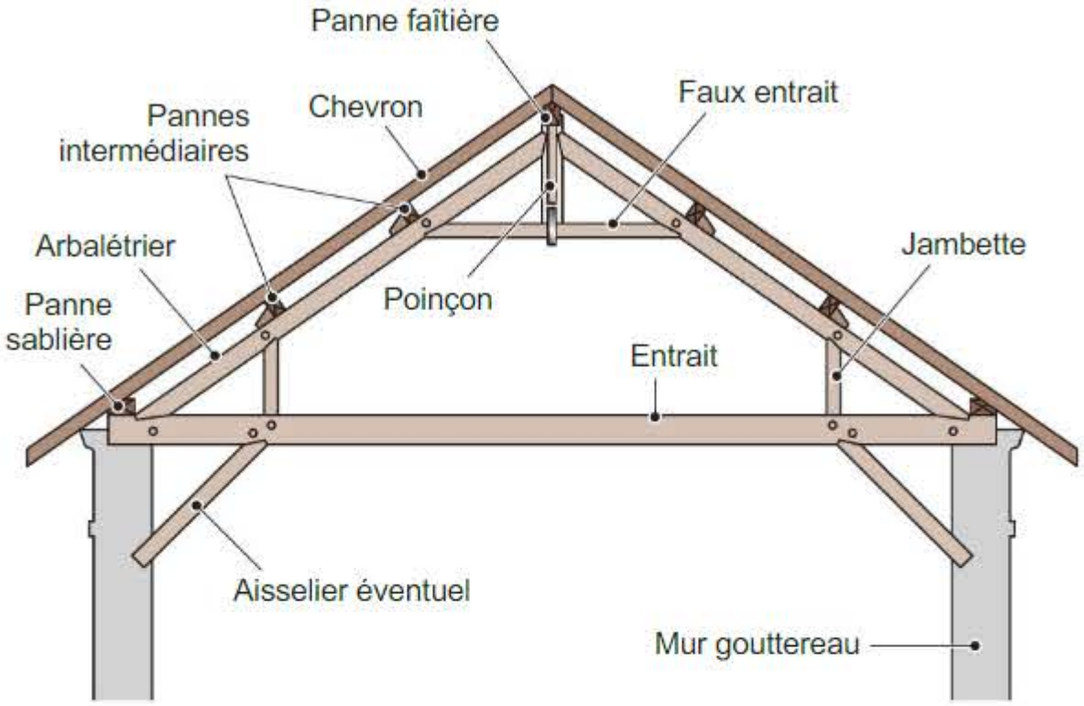


Ferme à une panne intermédiaire « à la Palladio »

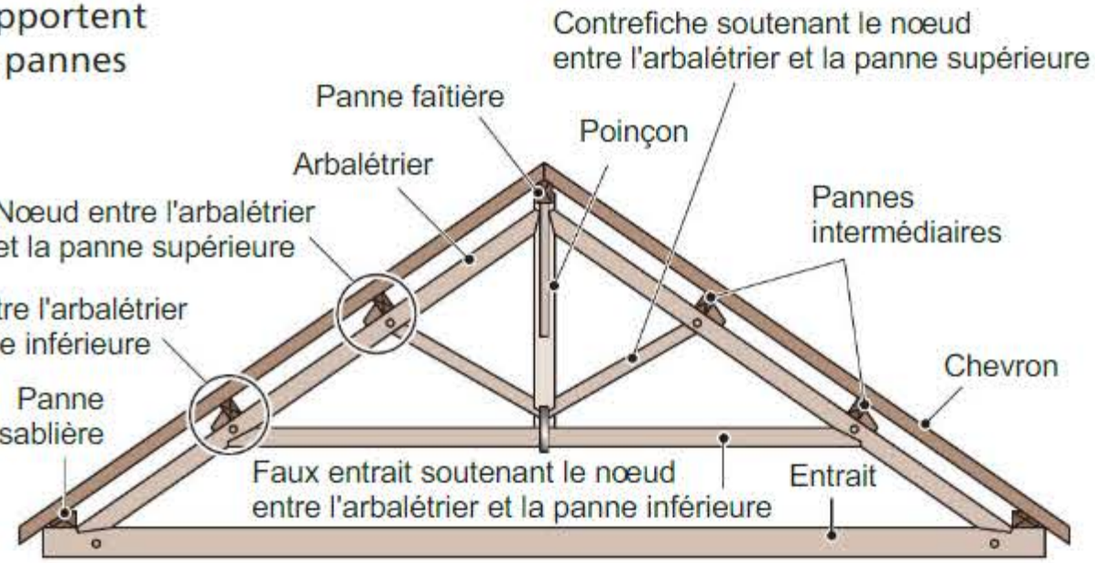
a Fermes sans panne intermédiaire et avec une panne

La logique de conception d'une ferme est d'éviter au maximum que les pièces de bois soient soumises à un effort de flexion. Elle conduit, pour les fermes à deux pannes intermédiaires ou plus (b), à mettre en place des contrefiches, des jambettes et des faux entraits pour soulager les arbalétriers là où les pannes apportent leurs charges. La forme de la ferme dépend du nombre respectif de pannes et de nœuds sur la longueur de l'arbalétrier.

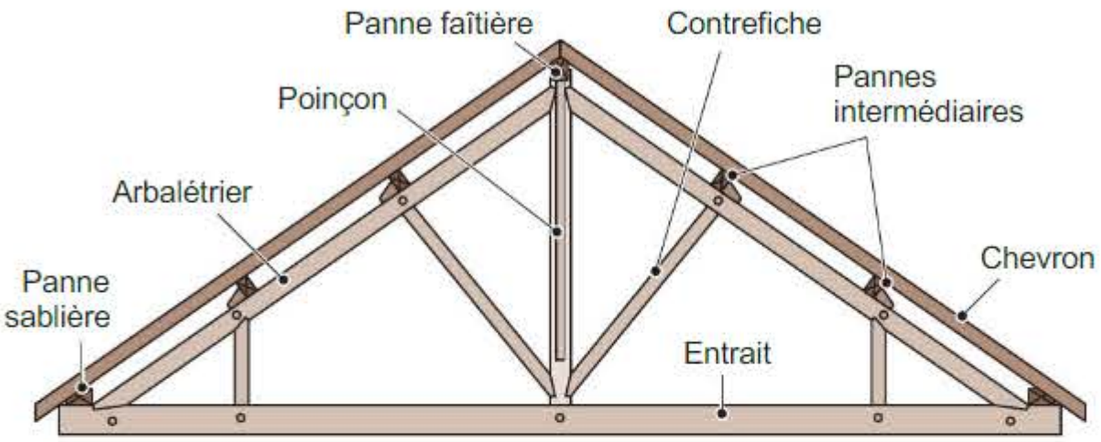
Comme son nom l'indique, la ferme latine ou romaine a été inventée par les Romains. Elle est formée de triangles qui permettent d'éviter les moments de flexion. Le système le plus simple, constitué d'un poinçon et de contrefiches limite la portée à environ 8 m.



Ferme à deux pannes intermédiaires, faux entrait et jambettes



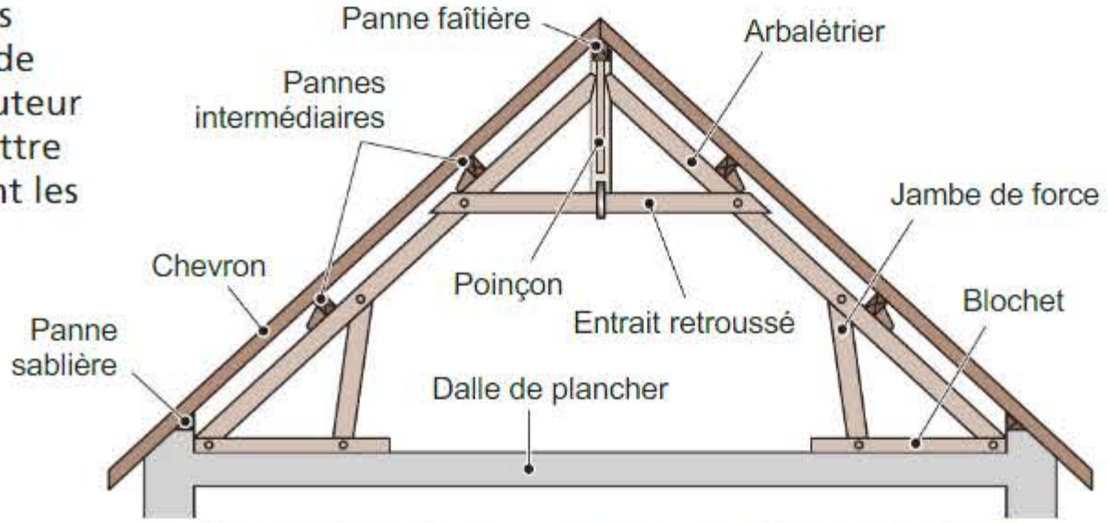
Ferme à deux pannes intermédiaires, faux entrait et contrefiches



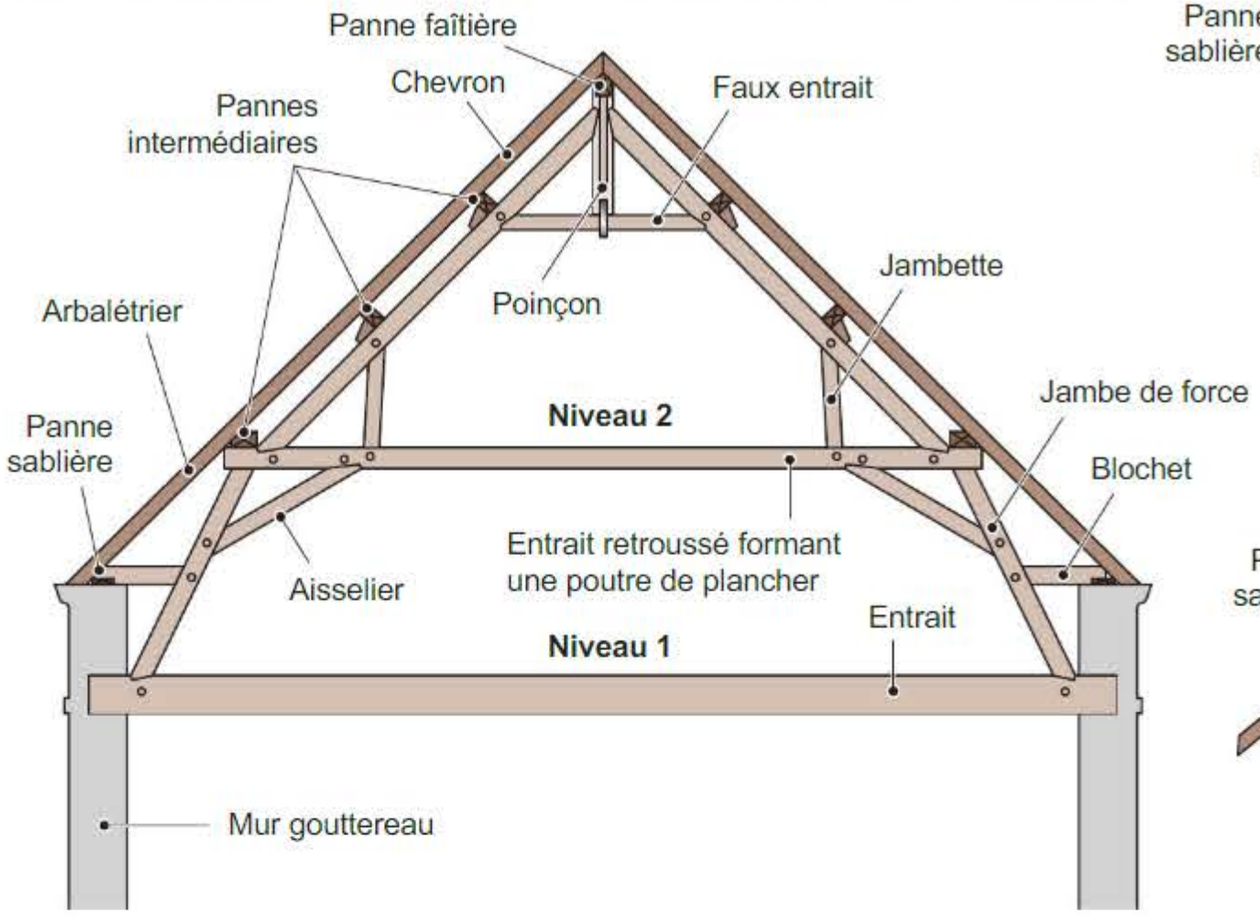
Ferme à deux pannes intermédiaires, contrefiches et jambettes

b Fermes à deux pannes intermédiaires

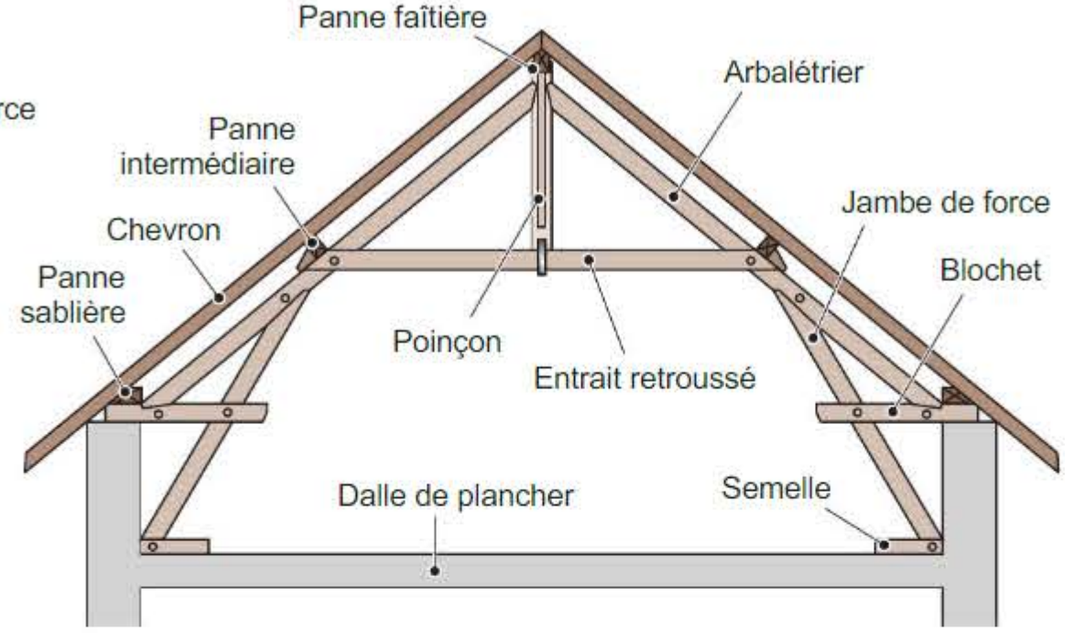
Les fermes à entrait retroussé (c) permettent la création de combles habitables. L'entrait retroussé peut également former une poutre de plancher secondaire et grâce au « surcroît » créé (différence de hauteur entre la poutre de plancher principale et la panne sablière), permettre deux niveaux de combles habitables. Les blochets relient solidement les jambes de force aux pannes sablières et les aisseliers évitent la déformation des angles formés par les jambes de force et l'entrait.



Ferme à deux pannes intermédiaires, à blochets sur dalle



Ferme à trois pannes intermédiaires, à entrait retroussé



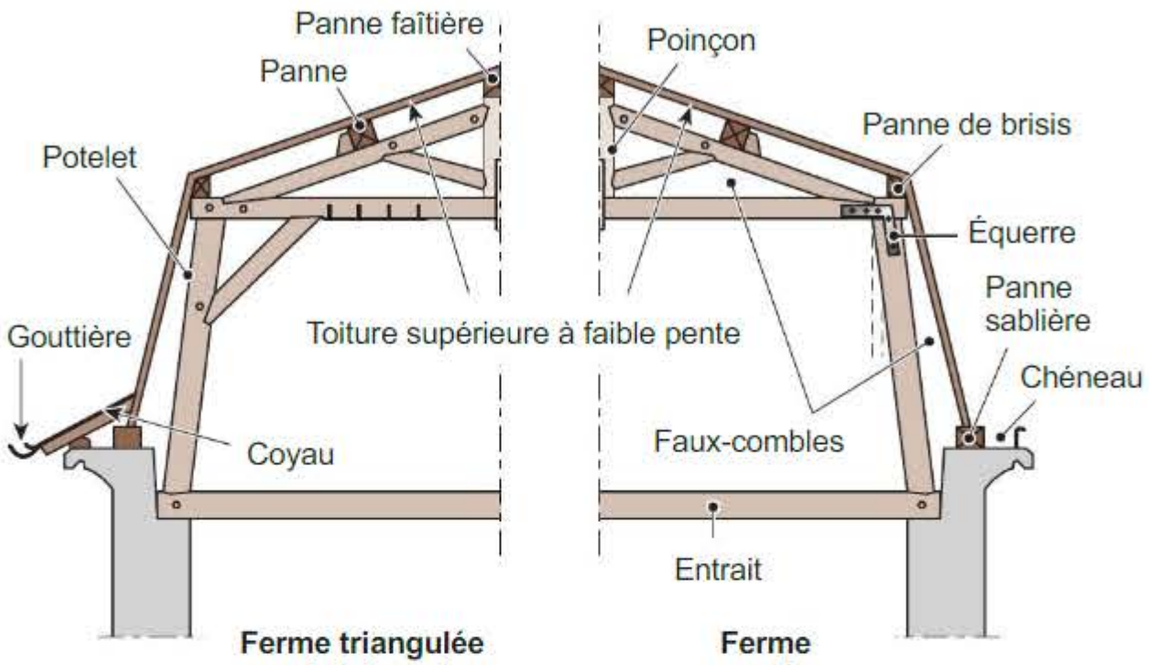
Ferme à une panne intermédiaire, à blochets et semelles sur dalle

c Fermes à entrait retroussé pour combles habitables

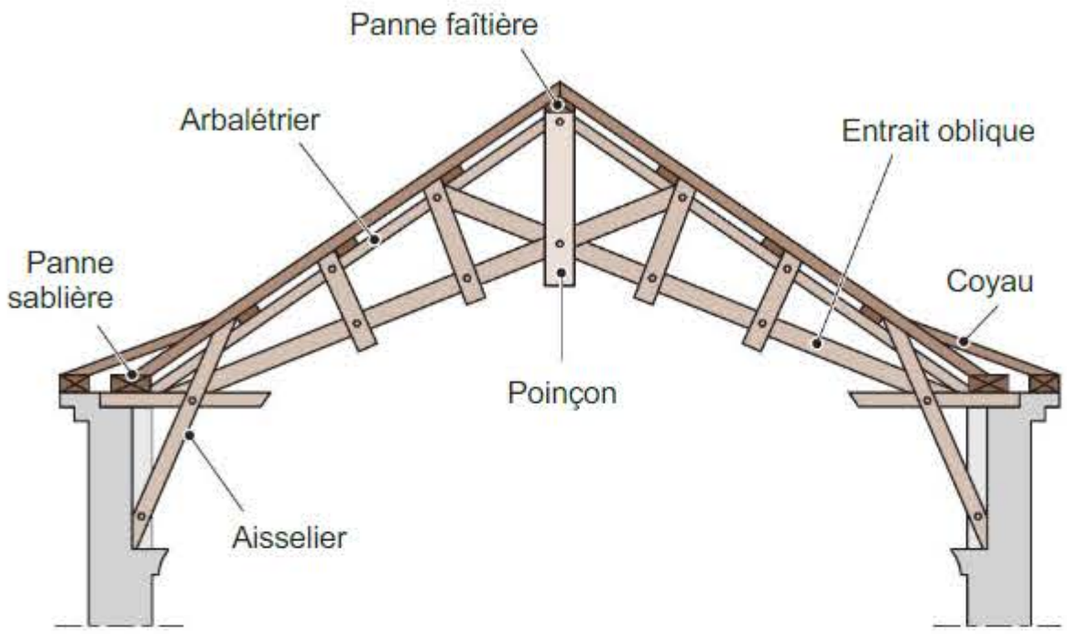
La ferme à la Mansart (d) permet de créer un comble habitable important grâce à l'utilisation de portiques intégrés à la charpente dont ils assurent également la stabilité ; au moyen d'une triangulation complémentaire adaptée (Mansart triangulée) ou d'un fonctionnement en portique (Mansart en portique). La ferme à la Mansart triangulée résiste mieux aux poussées horizontales et aux déplacements latéraux que la ferme à la Mansart en portique. En cas de souplesse transversale excessive, les transferts de charge peuvent affecter les éléments secondaires ou non porteurs, et les assemblages peuvent en souffrir.

Cette ferme, utilisée pour la première fois au Louvre par Pierre Lescot (1515 - 1578), a été attribuée à tort à l'architecte François Mansart (1598 - 1666)

Ne nécessitant pas d'entrait horizontal, la ferme à entraits obliques (e) permet de créer un volume important dans le comble grâce à un effet de voûte. Si les appuis de la ferme sur les murs constituent un réel blocage des déplacements horizontaux, celle-ci exercera des poussées importantes susceptibles d'inverser le sens des efforts dans la triangulation et de compromettre ainsi sa stabilité.



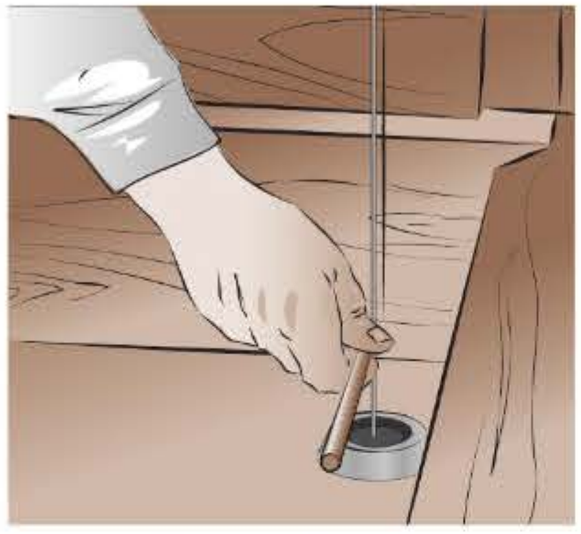
d Ferme à la Mansart



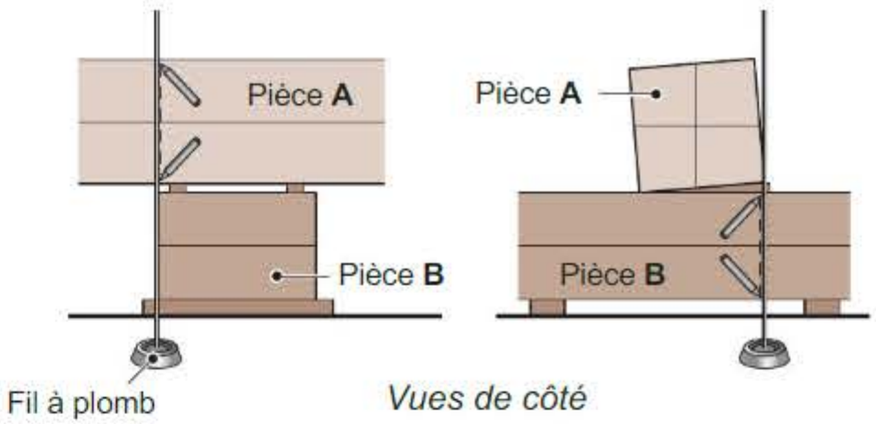
e Ferme à entraits obliques

Une fois les pièces lignées, elles sont positionnées sur le plan d'épure afin d'être piquées (h) et marquées de sorte que leur place définitive soit établie. Le traçage des assemblages ou piquage s'effectue à l'aide d'un fil à plomb. Cette technique ancienne permet de repérer et de faire correspondre les alignements, coupes et assemblages en tenant compte du dévers, du gauche ou du flache des bois anciens de récupération ou peu équarris. Un fil à plomb est approché de l'angle formé par les pièces à assembler afin de comparer l'aplomb avec la face des bois. L'écart constaté appelé polène est reporté sur la face correspondante par des petites marques de crayon ou piqûres. Le crayon de charpentier utilisé pour le piquage doit être taillé assez long pour pouvoir se dégauchir avec les arêtes des bois. Après le taillage et la vérification des assemblages et du chevillage, les pièces de bois sont replacées sur l'épure pour une dernière vérification appelée mise dedans avant d'être transportées sur le chantier.

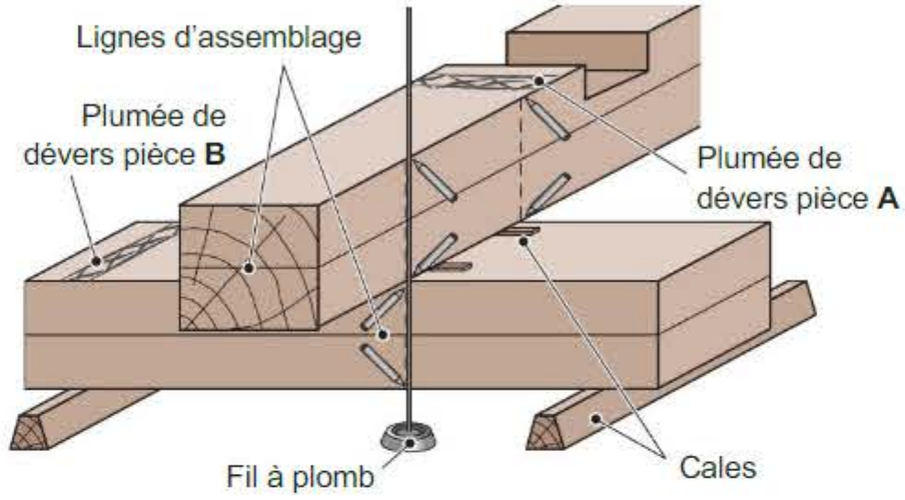
Les fermes doivent être mises sur épure dans l'ordre du montage de la charpente (d'abord l'entrait, puis le poinçon et les arbalétriers).



Traçage au fil à plomb



Vues de côté



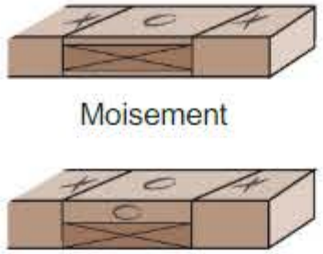
h Piquage

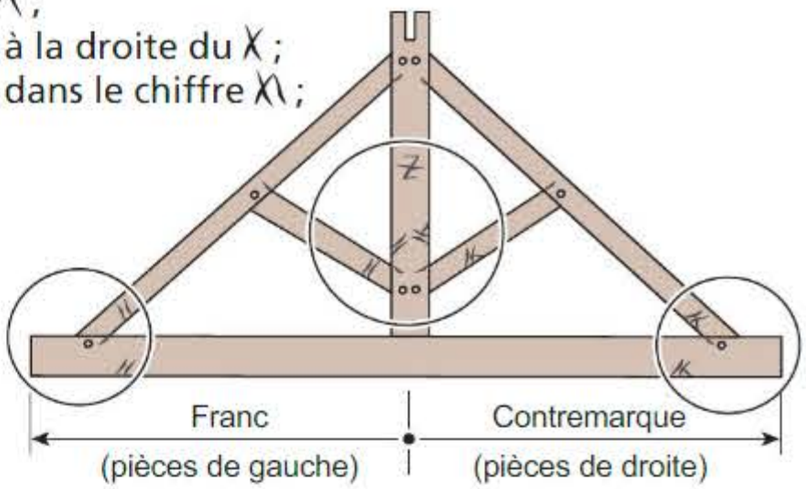


Opération de piquage

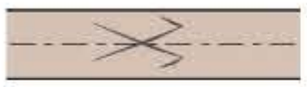
Les signes conventionnels de marquage des charpentiers sont des marques, des lettres et des chiffres (i). Gravées à la rainette ou taillées au ciseau au plus près de l'assemblage et en pied de chaque bois, ils symbolisent la position des pièces dans l'espace (gauche, droite, haut et bas). Une fois marquée sur une face, la pièce est retournée (rembarrée), pour être marquée sur l'autre face. Ces marques guident le montage et le démontage éventuel de la charpente. Les chiffres sont principaux (1, 5, 9, 10, 15, 19, 20) ou composés. Dans ce cas, ils sont formés de la manière suivante :

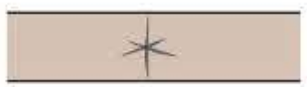
- de 1 à 5 : on répète la marque I ;
- de 6 à 9, on place des I dans le Λ ;
- de 11 à 15, on rajoute des traits à la droite du X ;
- de 16 à 19, on rajoute des traits dans le chiffre XI ;
- etc.

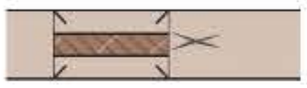




Marquages sur une ferme assemblée









Marques de tracé et d'établissement d'une charpente



Marquage à la rainette

Un franc (pièces de gauche)	I	1	I	17	XΛ
Deux franc	II	2	II	18	XΛΛ
Un contremarque (pièces de droite)	K	3	III	19	XΛI
deux contremarque	KK	4	IIII	20	X
Un double contremarque	K	5	Λ	21	XI
Un crochet	⌐	6	ΛI	22	XII
Deux crochet	⌐⌐	7	ΛII	23	XIII
Un double crochet	⌐	8	ΛΛ	25	XV
Un crochet contremarque	K	9	ΛX	26	XVI
Un monté	T	10	X	29	XIX
Un patte d'oie	⅄	11	XI	30	XX
Un langue de vipère	↑	12	XII	40	XXX
Un franc à la croix	I×	13	XIII	50	L
Un contremarque à la croix	K×	14	XIIII	100	C
Un patte d'oie crochet	⅄	15	XV	156	CLVI
Quatre contremarque un monté	KKKT	16	XVI		

Alphabet du charpentier (marques de montage)

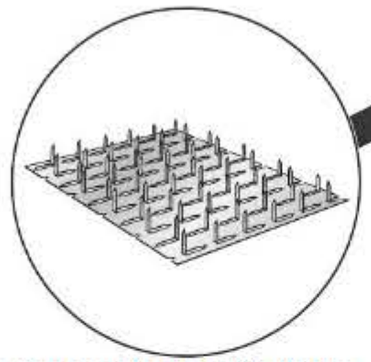
i Marquage des bois

4 Charpentes industrielles

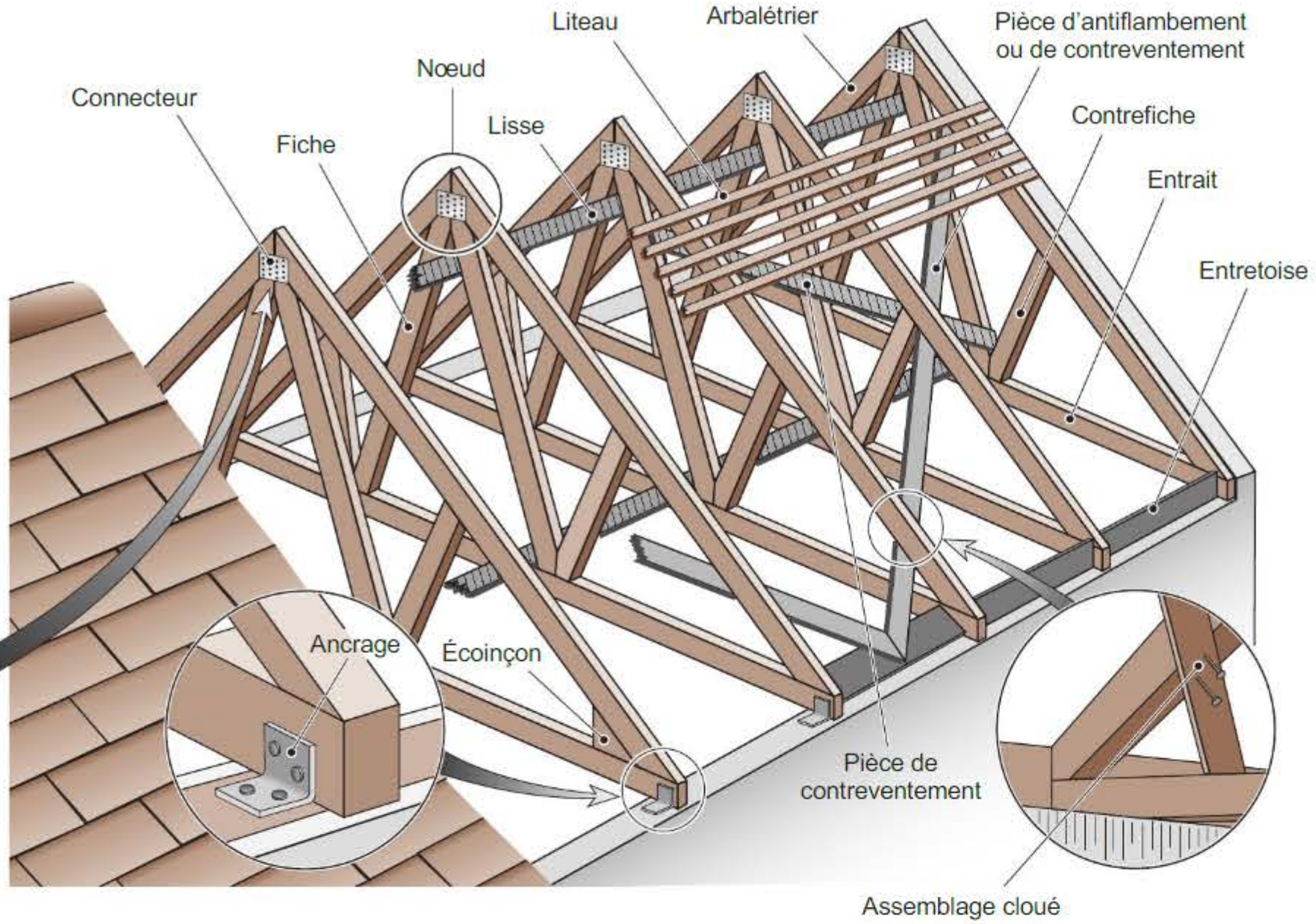
4.01 Dispositions constructives

Règles CB 71 (DTU P 21-701)
Eurocode 5
NF DTU 31.3
Références

Les fermes des charpentes industrielles, appelées « fermettes » ou « charpentes légères » (a), sont réalisées avec des sections de bois standardisées ; elles supportent directement la couverture, sans chevrons ni pannes. L'entraxe limité entre chaque fermette permet d'utiliser des sections réduites de bois, diminue le dimensionnement de leurs assemblages et simplifie le montage. Les bois employés sont de faible section (36 à 45 mm). Les assemblages sont réalisés au moyen de connecteurs métalliques à dents embouties, enfoncés par paires à la presse. Les liteaux de couverture ne pouvant assurer la stabilité de la charpente, un dispositif de stabilisation transversale de contreventement et d'antiflamblement (diagonales, lisses d'antiflambage, lisses filantes et entretoises) doit être mis en place.

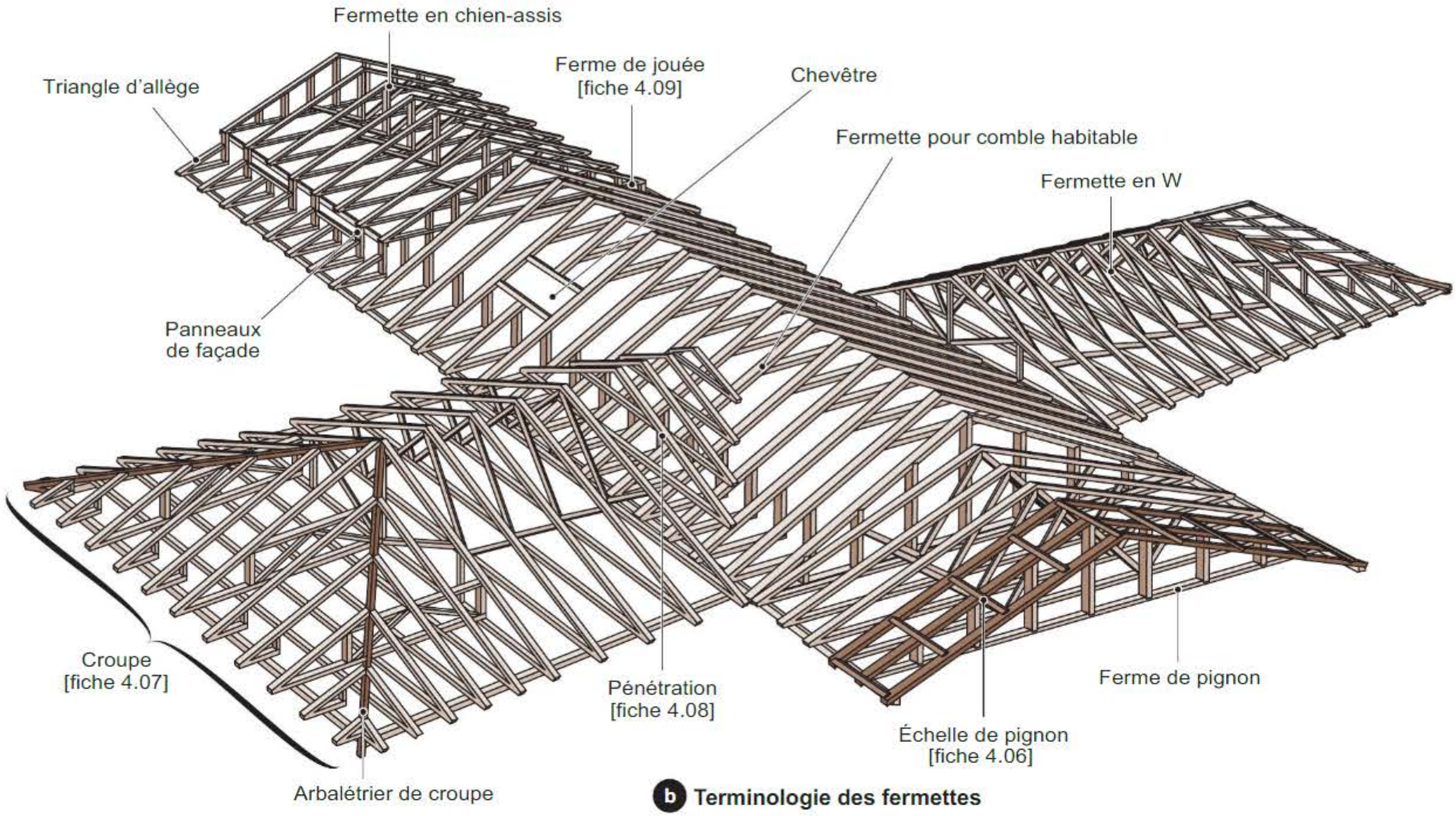


Connecteur métallique à dents embouties



a Éléments composant une charpente industrielle

La conception d'une charpente en fermettes tient compte de la structure porteuse, de la destination des combles, du poids des plafonds, etc. ; les différents modèles disponibles offrent ainsi de nombreuses variantes (b).

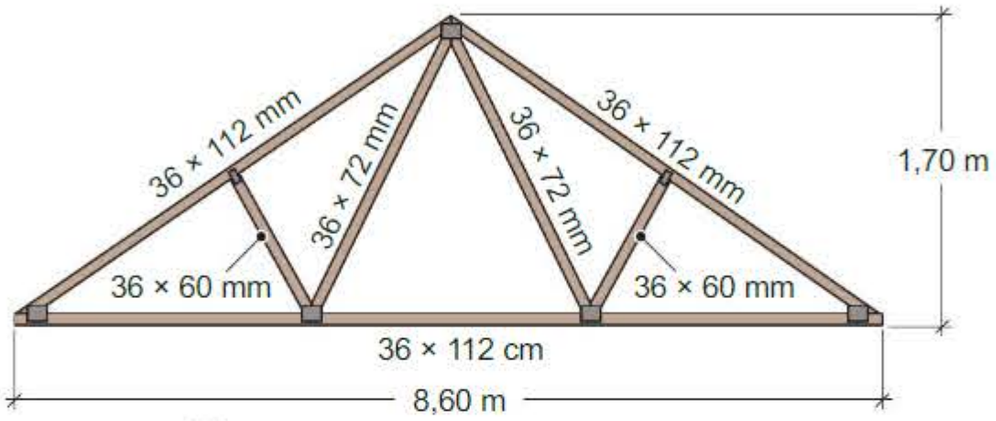


b **Terminologie des fermettes**

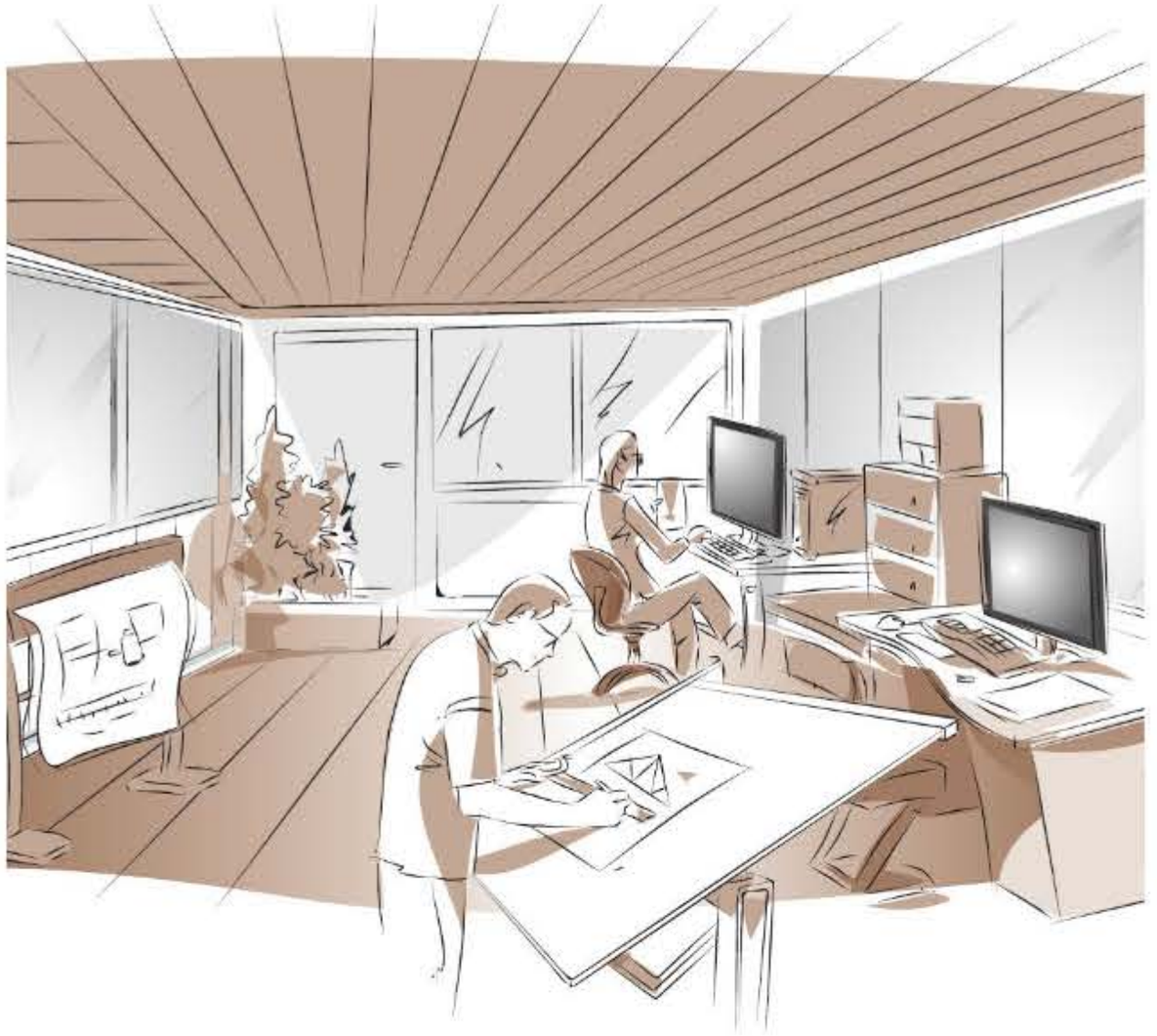
4.02 Conception et fabrication

Les règles de conception, de calcul et de mise en oeuvre d'une charpente industrielle sont définies par la norme NF P 21-205 (NF DTU 31.3). Les bureaux d'études modélisent les fermettes sur ordinateur et utilisent pour leur dimensionnement des logiciels de calcul souvent développés par les fabricants de connecteurs métalliques d'assemblage (a). Le dossier d'étude fournit :
- les notes de calcul, accompagnées des informations sur les hypothèses de charges (neige, vent, type de couverture, plafond, charges d'exploitation, etc.) ;
- la géométrie des fermettes et les sections des bois (b) ;
- l'emplacement des connecteurs ;
- le calcul des réactions d'appui et les déformations ;
- le dispositif de contreventement et d'antiflambement à mettre en place.

L'industriel fabrique et livre sur le chantier les différents éléments accompagnés d'un plan complet et détaillé qui précise toutes les informations nécessaires à la pose (c). En présence de singularités (accidents de toitures, ouvertures, débords de toit), ce plan est complété par des plans annexes et des indications précises, notamment sur les renforts et les assemblages. Les valeurs des réactions aux appuis sont communiquées aux autres corps d'état, notamment aux maçons pour effectuer le calcul des descentes de charges.



b Géométrie et section des bois



a Conception et dimensionnement en bureau d'études

Intersections de toitures

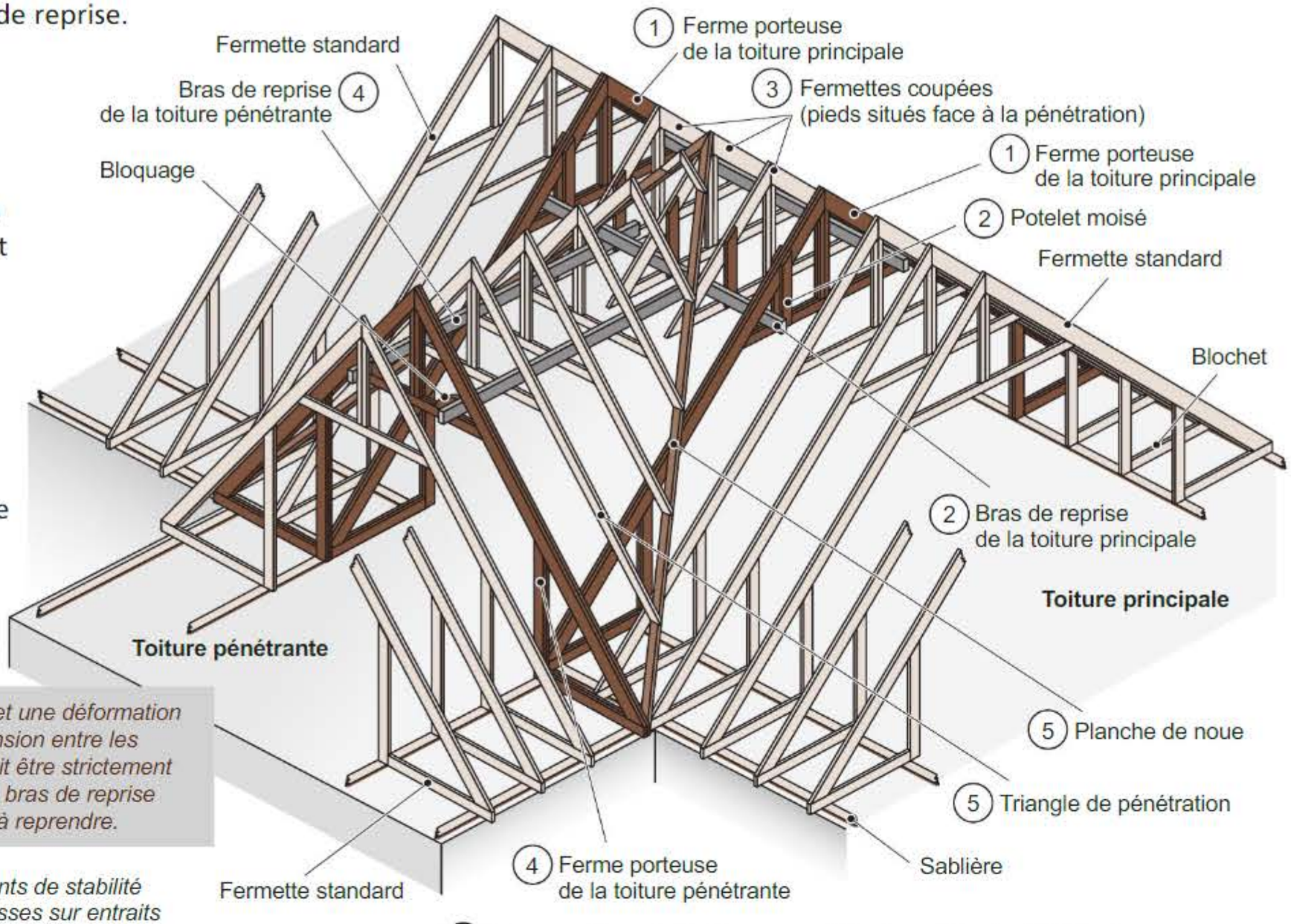
Les intersections (ou pénétrations) de toitures pour combles habitables (a) sont réalisées à partir de deux fermes porteuses pour la toiture principale et d'une pour la toiture pénétrante, ainsi que de triangles de pénétration. L'ensemble est solidarisé par deux planches de noues et des bras de reprise.

Pose d'une intersection de toitures pour combles habitables sur dalle

1 - Pose des 2 fermes porteuses (constituées de l'assemblage de 2 fermettes standard ou plus) et des fermettes standard de la toiture principale.
2 - Pose des bras de reprise et bloquage par des potelets.
3 - Coupe des pieds des fermettes situées face à la pénétration.
4 - Pose de la ferme porteuse de pénétration et de ses bras de reprise.
5 - Pose des planches de noues et des triangles de pénétration.

Afin d'éviter une mise en contrainte et une déformation de la toiture lors de la pose, la dimension entre les blochets des fermes déformables doit être strictement respectée. Le dimensionnement des bras de reprise dépend de la portée et des charges à reprendre.

Pour des raisons de lisibilité, les éléments de stabilité (contreventements, antiflambements, lisses sur entraits et anti-dévers) ne sont pas représentés.



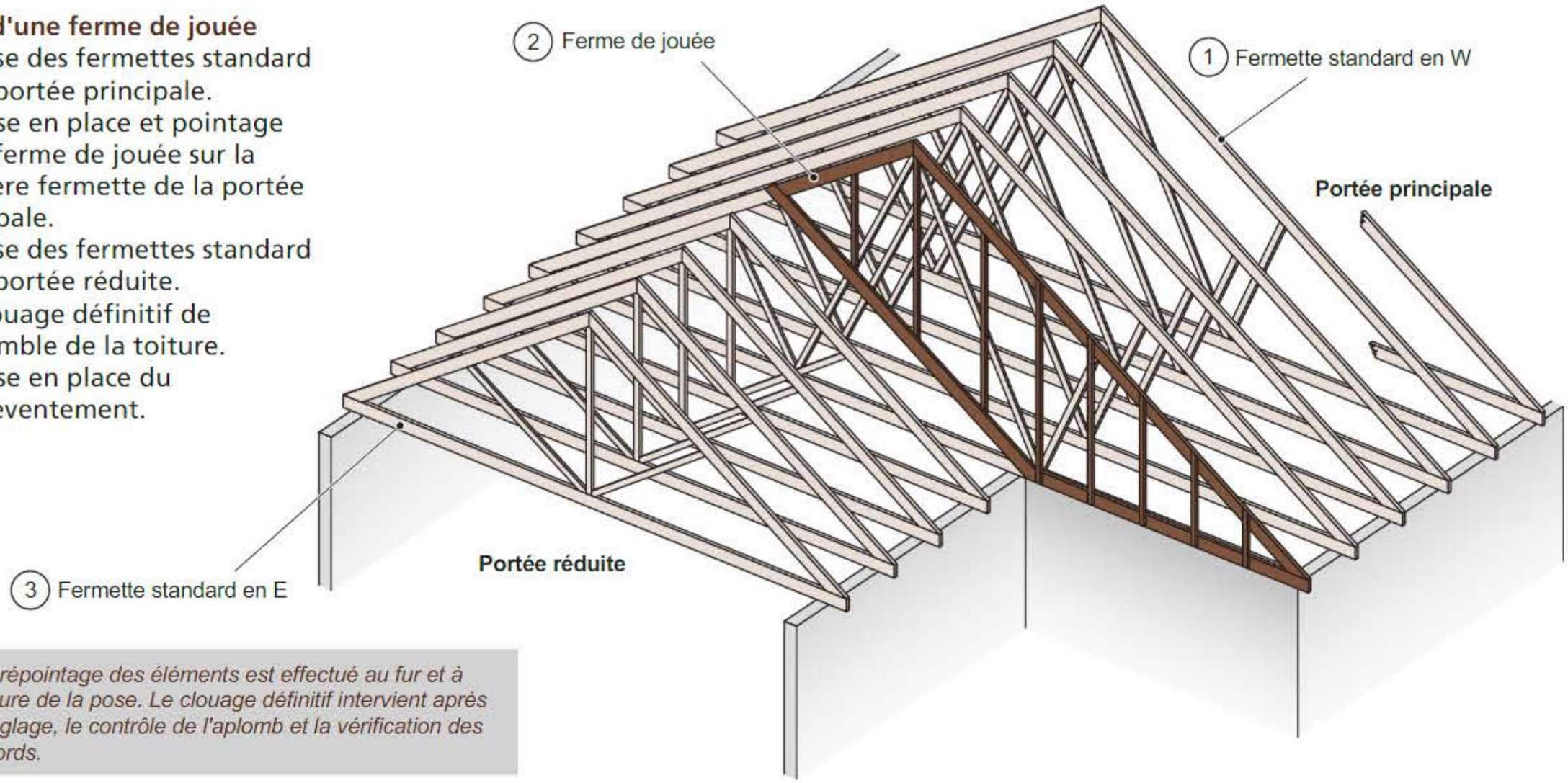
a Intersection de toiture sur dalle (combles habitables)

Jouée

Les fermes de jouée (a) permettent de raccorder deux toitures de portées différentes. Elles sont généralement assemblées par clouage à la dernière fermette de la section de toiture dont la portée est la plus importante. Elles supportent le bardage ou l'habillage destiné à fermer la jouée.

Pose d'une ferme de jouée

1 - Pose des fermettes standard de la portée principale.
2 - Mise en place et pointage de la ferme de jouée sur la dernière fermette de la portée principale.
3 - Pose des fermettes standard de la portée réduite.
4 - Clouage définitif de l'ensemble de la toiture.
5 - Mise en place du contreventement.



Le prépointage des éléments est effectué au fur et à mesure de la pose. Le clouage définitif intervient après le réglage, le contrôle de l'aplomb et la vérification des débords.

Pour des raisons de lisibilité, les éléments de stabilité (contreventements, antiflambements, lisses sur entraits et anti-dévers) ne sont pas représentés.

a Ferme de jouée (combles perdus)

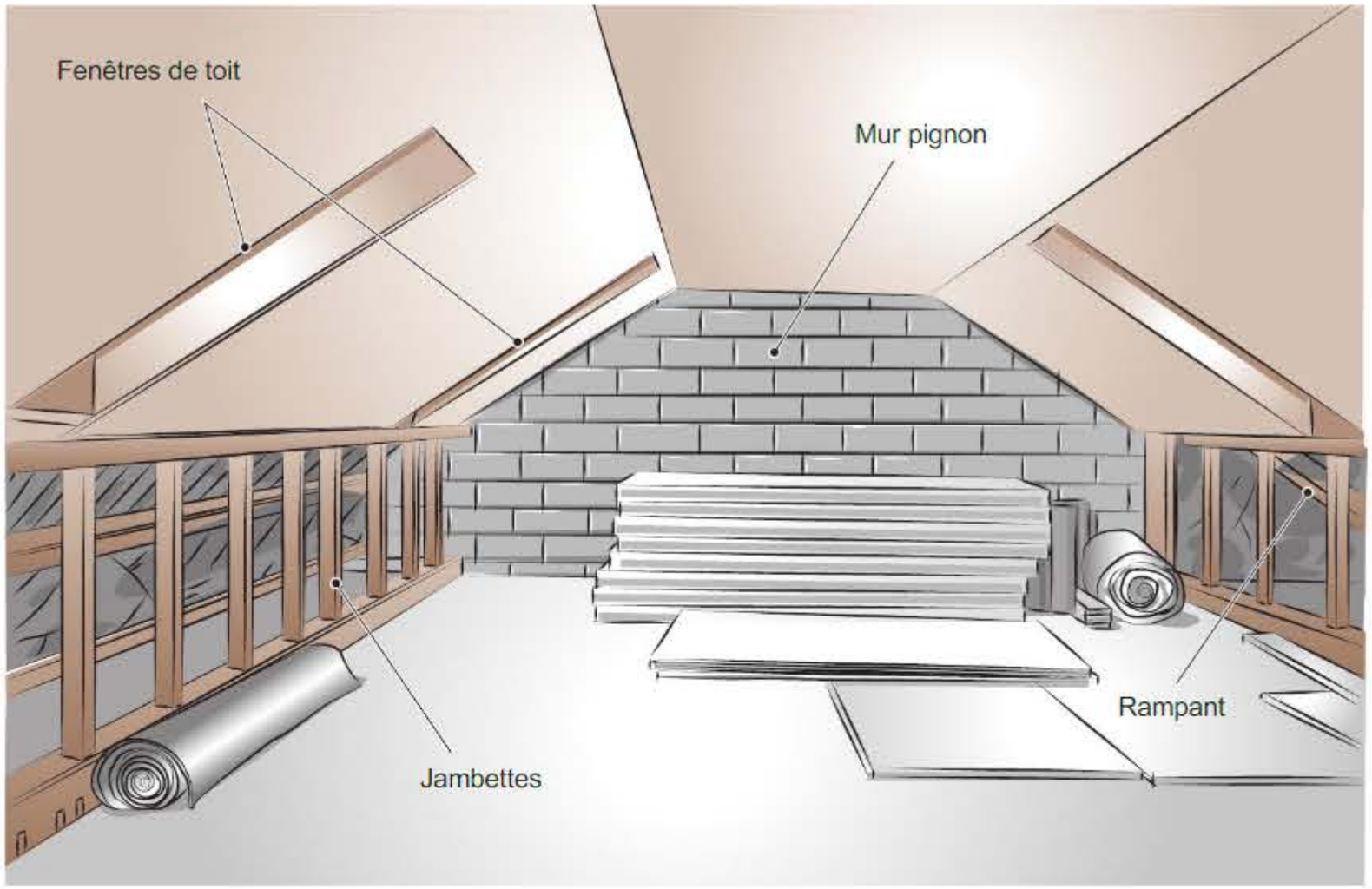
Aménagement des combles



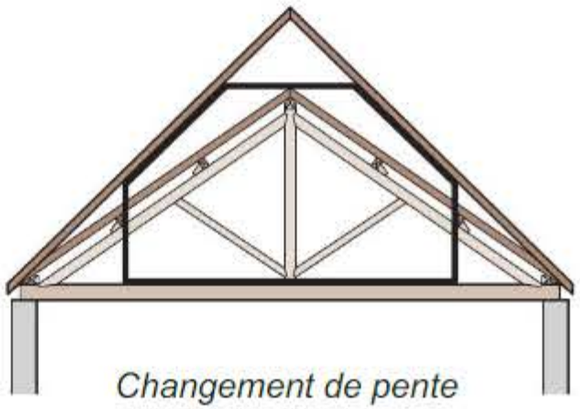
8.01 Principes et aménagements

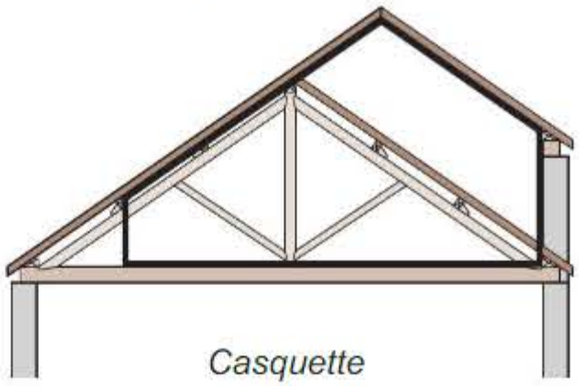
DTU 31.1
NF DTU 31.3
Références

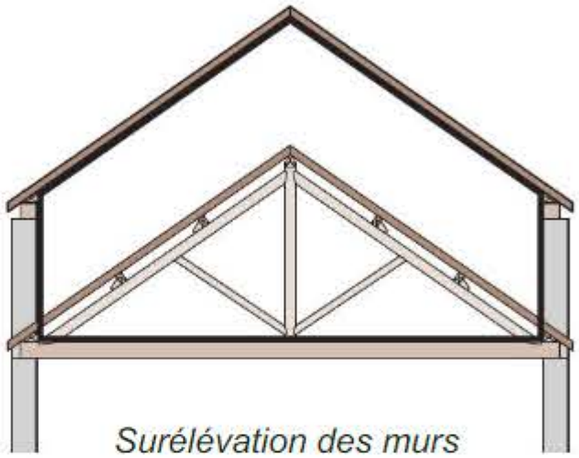
La transformation du volume sous les combles permet d'augmenter la surface habitable d'une habitation en créant des pièces supplémentaires (a). À moins d'avoir été anticipée lors de la construction, la création de combles habitables entraîne des modifications et renforcements de la charpente. Si une surélévation est nécessaire, dans le cas d'une toiture à faible pente, plusieurs techniques sont possibles quel que soit le type de charpente (traditionnelle ou industrielle à fermettes) (b).



a Transformation du volume sous les combles

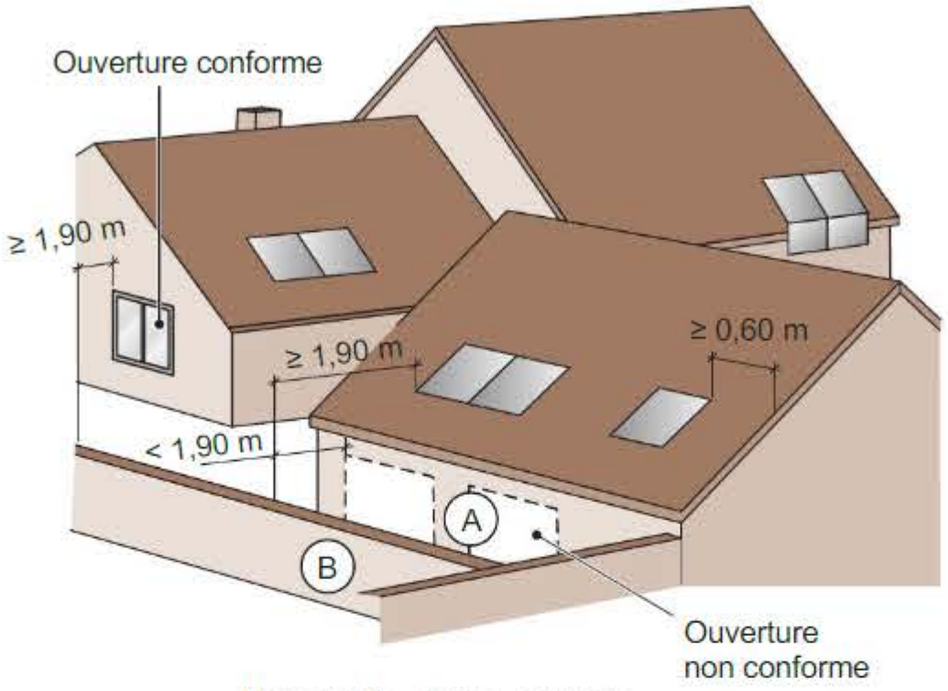






b Surélévation de la toiture

Les créations d'ouvertures permettant de laisser entrer la lumière doivent respecter les servitudes de vue (c) :
- vue droite : 1,90 m minimum entre le bord de la fenêtre (parement extérieur du mur), le rebord extérieur du balcon ou de la terrasse et la limite séparative ;
- vue oblique : la distance de 0,60 m est calculée en se plaçant à l'angle de l'ouverture la plus proche de la propriété voisine. Les espaces perdus sous les rampants du toit, derrière les jambes de force qui soutiennent les arbalétriers de fermes, peuvent être utilisés comme espaces de rangement et aménagés avec des placards, penderies, etc. (d).



Vue droite et vue oblique

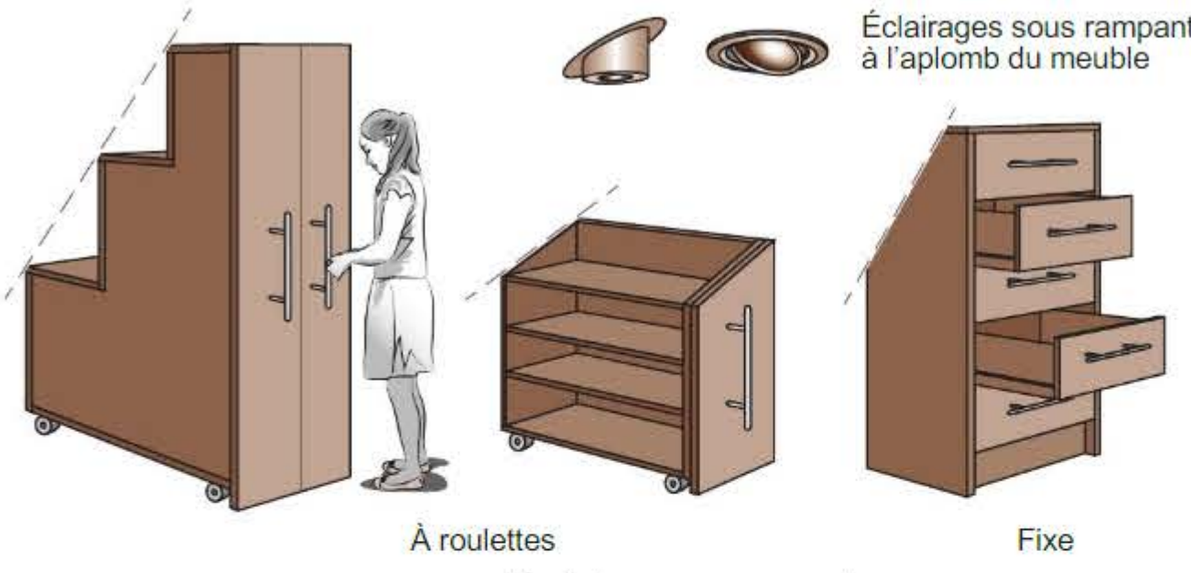
c Servitudes de vue



Placards bas



Dressing / Penderie



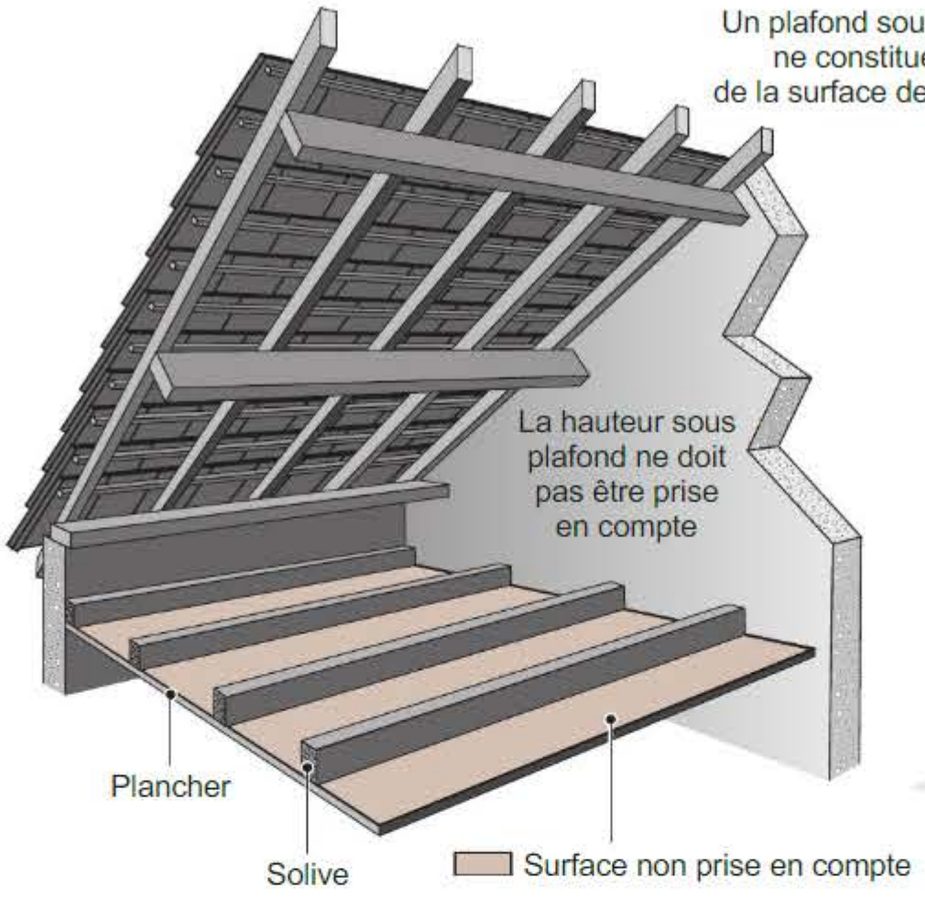
Meubles sous rampants

d Exemples d'aménagements sous les rampants

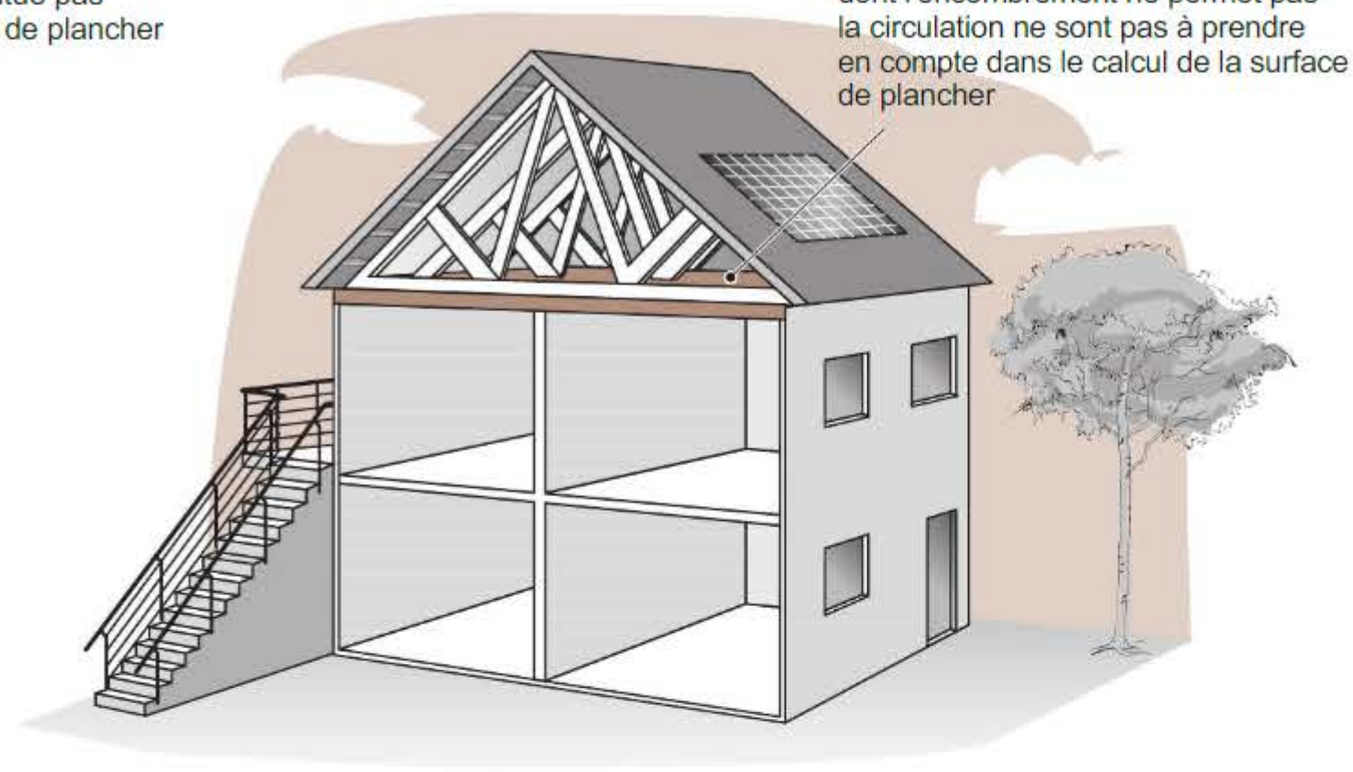
8.02 Surface de plancher

C. urb., art. L. 112-1 et R. 112-2
Circulaire du 3 février 2012
Références

Le Code de l'urbanisme définit une surface de plancher utilisée pour l'obtention d'un permis de construire. Ne sont pas pris en compte dans le calcul de la surface de plancher, et ce, même lorsque leur hauteur est supérieure à 1,80 m, les combles d'une construction considérés comme non aménageables :
- en raison de l'impossibilité pour le plancher de supporter des charges liées à des usages d'habitation ou d'activité (à caractère professionnel, artisanal, industriel, commercial, etc.) ; cette déduction concerne les faux plafonds et d'une manière générale tous les planchers légers non porteurs (a) ;
- en raison de l'encombrement de la charpente ; cet encombrement peut être lié à une charpente traditionnelle ou à la pose de fermes ou fermettes industrielles : dans ce cas, le caractère porteur ou non du plancher n'a pas d'influence (b).



a Plafond sous combles



b Encombrement de la charpente

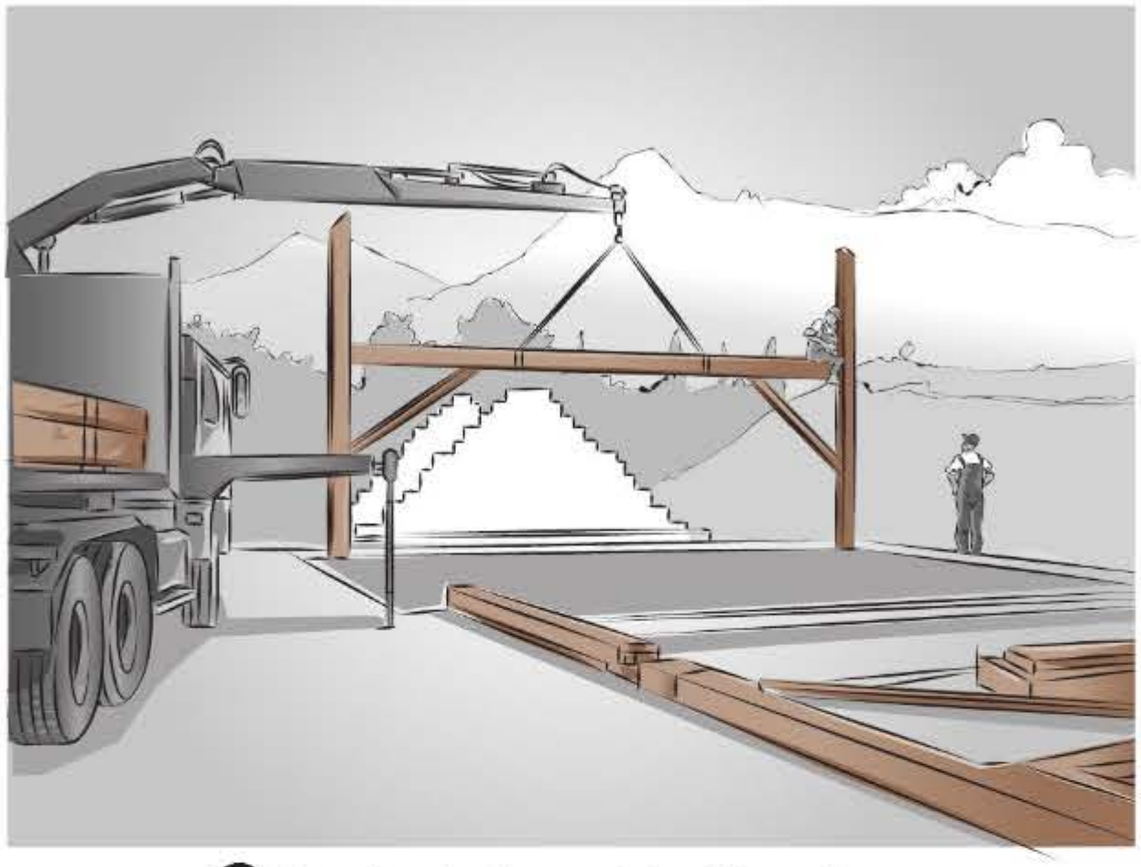
Chantier 9

9.01 Organisation d'un chantier de charpente

DTU 31-1
NF DTU 31-3
Références

L'organisation du chantier présente des règles communes aux charpentes traditionnelles (a) et industrielles (b) :
- le lieu de stockage des éléments sur le chantier doit être choisi en fonction de leur position sur le bâtiment ;
- l'empilement des pièces doit prendre en compte l'ordre du montage ;
- la hauteur des empilements et du stockage doit anticiper le mode de manutention (manuel, avec une grue, un chargeur, etc.).
Chaque élément livré par le fabricant a une place déterminée dans la charpente. Un inventaire précis à l'aide du plan de montage lors de la livraison permet d'optimiser l'organisation du chantier et la manutention en stockant les éléments au plus près des lieux d'assemblage et de levage.

Le montage d'une charpente sur un édifice en chantier est appelé « levage ». La mise en place des fermes ou des fermettes s'effectue toujours de l'orient vers le levant de sorte que les ouvriers ne soient pas éblouis par le soleil. Le levage est dit « orienté ».



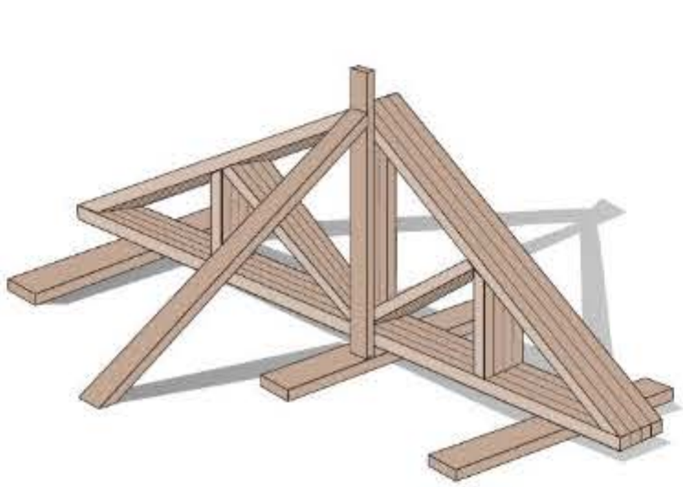
a Chantier de charpente traditionnelle



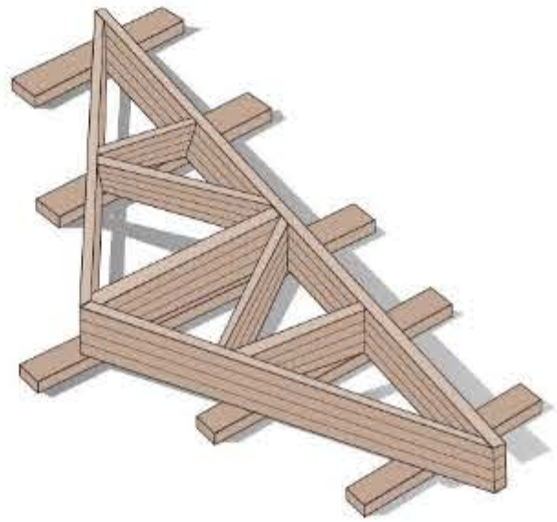
b Chantier de charpente industrielle

Stockage, transport et levage

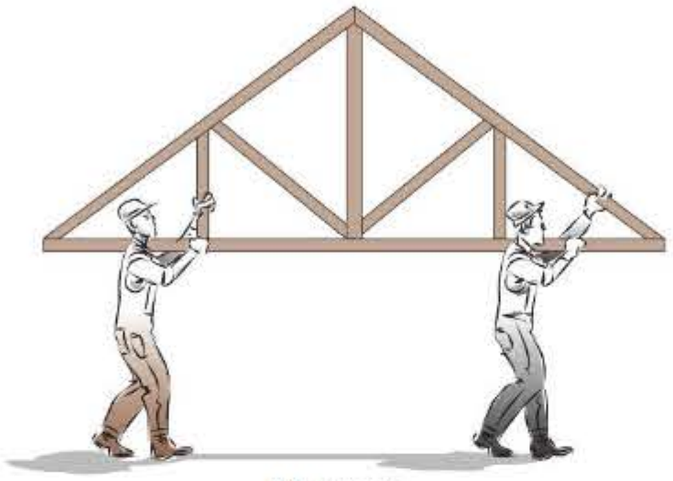
Les fermes sont stockées de préférence verticalement sur des cales disposées sous les noeuds prévus pour les appuis (a). Des chevalets assurent leur stabilité et évitent leur renversement. Elles peuvent également être stockées à plat sur des cales de niveau (b). Tout contact des éléments de structure avec le sol est interdit. Un cerclage approprié évite la déformation des pièces avant le montage. Pour le stockage d'une durée supérieure à 15 jours, les éléments de charpente doivent être protégés des intempéries par un dispositif ventilé. Les fermes sont conçues pour reprendre les efforts dans leur propre plan ; c'est pourquoi il est recommandé de les maintenir en position verticale lors de la manutention et du levage (c).



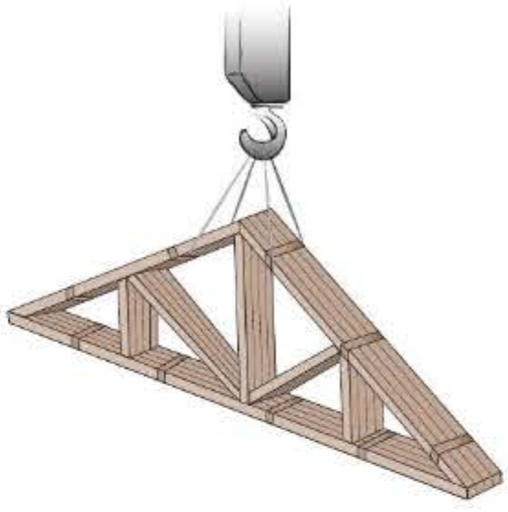
a Stockage vertical



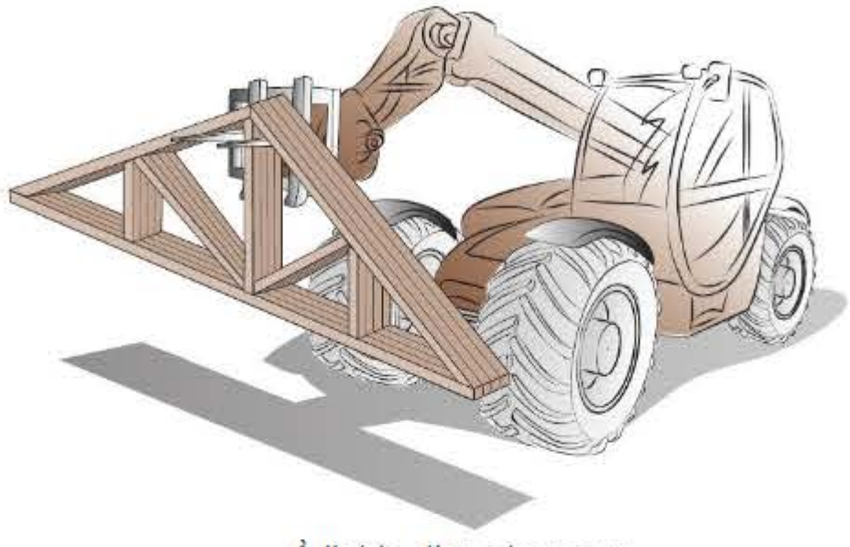
b Stockage à plat



Manuelle



À l'aide d'une grue



À l'aide d'un chargeur

c Manutention des fermes en position verticale

Fiche
9.02

Chantier

Stockage, transport et levage

Pour éviter tout accident de travail lors de la mise en œuvre d'une charpente, des procédés faisant intervenir le réassemblage au sol d'éléments importants de la construction, puis leur levage sur le bâtiment permettent de réduire le temps d'exposition des travailleurs aux risques de chute. Le volume et la masse des pièces de charpente doivent rester compatibles avec la capacité de levage des engins et une stabilisation provisoire de la structure doit être mise en place. L'engin de levage doit être installé sur une base solide, et son périmètre de manœuvre libéré de tout autre matériel et personnel. Les élingues de l'appareil doivent supporter la charge de la charpente et être disposées aux endroits les plus éloignés des points sensibles. Une signalisation temporaire de chantier (d) doit être mise en place avant tout début de travaux en voirie urbaine sous circulation ou en bordure de chaussée, soumis à l'autorisation des services techniques de la mairie et de la DDE.

Danger



AK5 : Travaux



B3 : Interdiction de doubler

Prescription



C18



B15

Exemples de signalisation d'approche



K5a : Dispositif conique

Signaux frontaux



K8 : Multichevron



K2 : Barrages



B31 : Fin de toutes les interdictions

Exemples de signalisation de position

Lorsque la largeur laissée libre à la circulation est comprise entre 2,75 et 4,50 m, elle n'autorise qu'une seule voie de circulation. Il s'ensuit la mise en place d'un alternat assuré par les panneaux B15 (cédez le passage à la circulation en sens inverse) et C18 (priorité à la circulation en sens inverse).

d Signalisation temporaire de chantier