

# Sommaire

## Introduction

## Charpente fermette-Charpente traditionnelle: Les différences

## Charpente fermette

### Concevoir

- [Le projet](#)
- [Solutions](#)
- [Calculer](#)
- [Analyser](#)

### Fabriquer

- [Préparer](#)
- [Usiner](#)
- [Livrer](#)

### Mettre en œuvre

- [Réceptionner](#)
- [Préparer](#)
- [Assembler](#)
- [Contreventer](#)

### Prescrire

- [Respect des normes](#)
- [Consistance des travaux](#)
- [Justifications techniques](#)
- [Coordination - délais](#)

# Charpente traditionnelle

## Concevoir

- [Le projet](#)
- [Solutions](#)
- [Calculer](#)
- [Analyser](#)

## Fabriquer

- [Préparer](#)
- [Usiner](#)
- [Livrer](#)

## Mettre en œuvre

- [Réceptionner](#)
- [Préparer](#)
- [Assembler](#)
- [Contreventer](#)

## Prescrire

- [Respect des normes](#)
- [Consistance des travaux](#)
- [Justifications techniques](#)
- [Coordination - délais](#)

## Gérer durablement

# **Introduction**

Les techniques de la charpente en bois sont plusieurs fois millénaires. On en trouve les premières traces en Grèce et en Asie Mineure au VIII<sup>e</sup> siècle avant j.-c. Et l'on a pu reconstituer virtuellement la charpente de temples grecs construits au milieu du VI<sup>e</sup> siècle avant J. -C.

Depuis, il y a eu des progrès énormes. En particulier à partir du XIII<sup>e</sup> siècle où l'on voit apparaître les charpentes de châteaux ou de cathédrales ainsi que la technique du trait. Puis suivra une évolution continue qui atteindra son apogée à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, comme on peut le voir dans les livres des compagnons charpentiers réputés à l'époque, comme Mazerolle ou Delataille et bien d'autres dont les ouvrages sont d'une précision et d'une complexité remarquable.

**Dans la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle la charpente allait subir une triple évolution :**

1. **L'industrialisation** du sciage qui a permis la fourniture de sections de bois précises et régulières.
2. **Les calculs** de résistance du matériau bois avec en France les travaux de l'ingénieur Jean Campredon permettant d'optimiser les sections de bois pour une économie de matière. L'évolution ultime viendra des USA avec la charpente assemblée par connecteurs, dite "fermettes".
3. Avec **l'informatisation**, l'on a pu calculer et dessiner des formes de plus en plus complexes et utiliser des machines de taille directement sans passer par l'art du trait.

**Sur ce site nous allons présenter en parallèle les bonnes pratiques issues de ces nouvelles techniques appliquées à la charpente fermette et à la charpente dite traditionnelle.**

Il est destiné à tous ceux qui s'intéressent à la charpente :

1. Architectes, constructeurs, Bureaux d'Etudes et Bureaux de Contrôle
2. Charpentier
3. Particuliers
4. Etudiants

Les premiers pourront trouver dans [concevoir](#) tous les éléments pour adapter leur projet à la technique, et dans [prescrire](#) ce qu'il faut noter dans un bon descriptif.

Les seconds pourront trouver des règles et des méthodes dans [mettre en œuvre](#) et un fournisseur proche de chez eux parmi la liste des adhérents du SCIBO.

Les troisièmes et quatrièmes pourront découvrir la fabrication de fermettes et ses règles dans [fabriquer](#).

Si vous vous intéressez à l'avenir de la planète vous regarderez dans [gérer durablement](#).

Mais si le métier vous intéresse, nous vous conseillons de parcourir l'ensemble du site. Par contre, ce site n'aborde pas la technique du calcul proprement dit, c'est un autre domaine.

Les textes de ce site ont été rédigés par Jacques Rollet.

# Charpente fermette - Charpente traditionnelle

## Les différences

### Fermette



Une charpente fermettes est constituée d'un treillis de bois de faible section assemblés par des plaques généralement métalliques, appelées "connecteurs", munies de pointes enfoncées de force.

Cette charpente, produit technique et moderne, est désormais un produit incontournable dans la construction (plus de 65% des maisons individuelles l'emploient). Elle est utilisée avec succès aussi bien dans les maisons individuelles que dans les immeubles, les bâtiments collectifs, administratifs, commerciaux, industriels ou agricoles.

Ce succès tient premièrement à la rigueur et à la souplesse de conception et de fabrication de cette charpente. De plus, le système d'assemblage par connecteurs est simple et très efficace.

La deuxième raison de son succès est sa facilité de mise en œuvre. Il s'agit d'assembler des éléments légers, selon des règles simples et répétitives.

Enfin, troisième raison de succès, l'**excellent rapport délai/qualité/prix** basé sur une optimisation de la matière première et une faible consommation d'énergie.

### Traditionnelle



La charpente traditionnelle est celle que l'on peut voir dans les vieilles charpentes ; elle est constituée généralement de bois de forte section et utilise des assemblages variés : bois sur bois, boulons, etc....mais jamais de connecteurs.

En premier lieu, elle représente une conception de la charpente ancrée dans l'inconscient collectif à laquelle de nombreuses personnes sont très attachées. Notons que la notion de traditionnel peut varier considérablement d'un pays à l'autre.

**La charpente traditionnelle est naturellement belle**, et sera particulièrement appréciée lorsqu'on la laissera apparente.

L'emploi de grosses sections de bois lui donne un avantage pour la tenue au feu.

Grâce à sa souplesse de conception, pratiquement sans limite, elle sera bien adaptée pour les formes complexes.

L'utilisation du bois reconstitué (lamellé, lamibois, etc.) a élargi le champ de ses possibilités.

Enfin la charpente traditionnelle en bois est particulièrement économe en énergie et contribue à stocker pour très longtemps le CO<sub>2</sub> qu'elle contient.

# Charpente fermette

## Concevoir

### Le projet

Dans cette partie sont traités les points de conception suivants :

- Types de toiture
- Supports
- Ouvertures
- Cotes et spécifications

Concevoir un projet en [Charpente fermette](#)

### Solutions

Découvrez les solutions de charpente fermette et charpente traditionnelle :

- Structures porteuses
- Choix des fermes
- Aménagements de combles
- Chevêtres de toiture
- Singularités
- Assemblages
- Contreventements

Solutions en [Charpente fermette](#)

### Calculer

Dans cette partie sont données des indications pour le calcul des :

- Fermes
- Assemblages
- Contreventements

Calculer la [Charpente fermette](#)

### Analyser

Dans cette partie sont traités les points suivants :

- Incidence sur l'architecture
- Classes d'emploi et de service

- Contraintes technique et pathologie

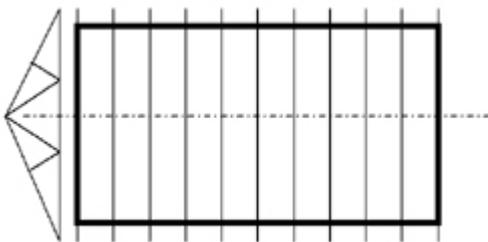
Analyser la [Charpente fermette](#)

# Le projet - Charpente fermette

## Les types de toitures

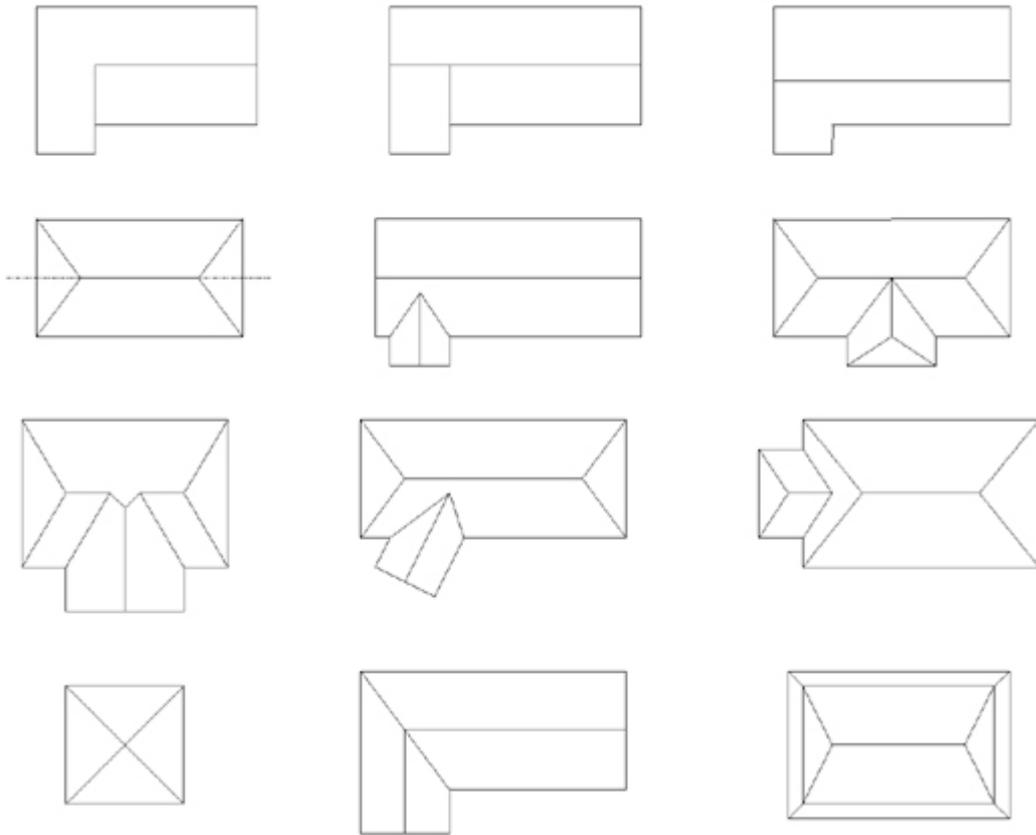
La technique de la fermette est un dérivé de la "ferme chevrons" traditionnelle que l'on retrouve dans un grand nombre de nos vieux châteaux et dont l'apparence fait irrésistiblement penser à une coque de bateau renversée.

Cette technique ancestrale a été simplifiée, rationalisée et industrialisée en calculant très précisément les sections de bois et en appliquant un mode d'assemblage simple et très efficace : le connecteur métal (voir [usiner](#)).



Grâce à cette industrialisation, la fermette est la solution de charpente la plus économique à ce jour en rapport qualité/prix (notamment pour des charpentes comme celle dessinée ci-contre). En effet, elle permet une optimisation de la matière (bois), une simplicité de conception et de fabrication et une robustesse confirmée par près d'un siècle d'expérience. Elle économise les murs de refend, et supporte en même temps les composants de couverture et de plafond.

Mais grâce aux progrès de l'informatique et du matériel de fabrication (voir [fabriquer](#)) la fermette reste extrêmement compétitive pour des structures de charpentes plus complexes.

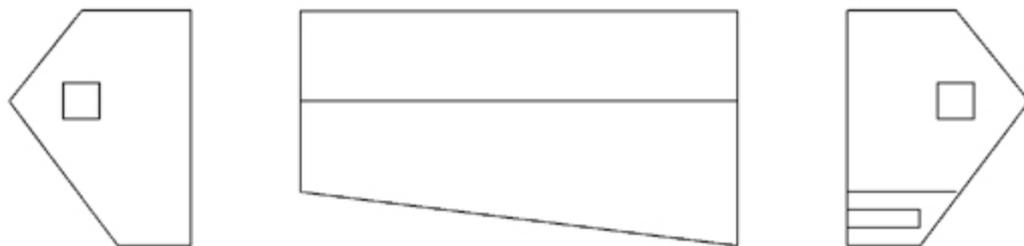


Bien entendu, cette série de toitures n'est pas limitative et l'on peut imaginer des solutions encore plus complexes comme celles-ci :



Mais n'oubliez pas que la complexité a un coût pour toutes les techniques, même pour les plus performantes comme la fermette.

Par ailleurs, la facilité accordée par la fermette ne doit pas faire oublier les principes fondamentaux de la géométrie, ainsi vous remarquerez que les façades opposées des bâtiments ci-dessus sont parallèles, en effet, dans le cas contraire, nous aurons soit des solutions fort onéreuses aussi bien du point de vue charpente, que du point de vue couverture (toiture gauche, altitude de faîtage variable, voir [solutions charpente traditionnelle](#)); soit une rive en façade non horizontale, ce qui est facilement oublié.



## Les supports

### Le gros œuvre

Le gros œuvre et en particulier les murs peuvent être en béton, en bois ou en acier. Les côtes doivent être parfaitement définies avant l'étude de charpente car ce sont elles qui déterminent la géométrie avec les pentes de toiture. Il ne suffit pas de donner les côtes de la périphérie du bâtiment mais aussi les diagonales pour vérifier les angles des murs. Si le gros œuvre n'est pas certain de ses côtes (tolérance 1 cm), il sera parfois nécessaire de faire un relevé avant la fabrication. Les appuis de la charpente doivent être suffisants pour reprendre les charges transmises par les fermes.

### Les poutres

L'entraxe des fermes étant généralement de 60 cm, il faudra nécessairement des poutres ou linteaux pour assurer les appuis sur les discontinuités des murs. Elles font souvent partie intégrante du gros œuvre mais dans certains cas le charpentier sera amené à fournir des poutres en bois ou en acier pour assurer ses supports de fermes ou demander à l'entreprise de G. O. de les réaliser. Il y a là une source d'erreur non négligeable. Il faudra donc être très précis sur les poutres à réaliser par les uns ou les autres.

### Les poteaux

Il sera quelquefois nécessaire d'ajouter un poteau en bois ou en acier ou plus rarement en béton pour assurer la stabilité de la structure.

Généralement ces poteaux viennent soulager une poutre ou une ferme porteuse trop sollicitée. Plus rarement, pour assurer une descente de charge ponctuelle où il n'y a pas de mur.

### Les portiques

C'est la réunion de poteaux et de poutres. Ils sont très utiles pour décaler des descentes de charges.

## Les ouvertures

Rares sont les toitures de combles aménagés qui ne sont pas percées. Généralement ces ouvertures ont une largeur supérieure à 60 cm et donc coupent nécessairement des fermettes (voir dans [solutions](#) les accidents de toiture).

Mais **attention** de ne pas couper des poutres, ou des fermes porteuses, ou un arêtier.

Dans une toiture, on trouve généralement :

- **Fenêtre de toiture** (vélux ou similaire)  
Il faudra, dans ce cas, indiquer les dimensions du fabricant.
- **Lucarnes et houteaux**  
Outres les dimensions de la menuiserie, il faudra indiquer la nature et les dimensions du cadre support.
- **Puits de lumière**  
Les côtes extérieures devront être indiquées très précisément.
- **Cheminées**  
Elles peuvent passer entre les fermettes mais à condition que le conduit puisse être dévoyé. En outre, il faudra généralement écarter légèrement les fermettes pour assurer la garde au feu (voir dans [solutions](#) les accidents de toiture). Il est donc nécessaire de connaître leurs positions avant de faire la répartition des fermes.
- **Les escaliers pour accès aux combles**  
L'escalier coupe des entrants de fermettes : c'est très défavorable pour la stabilité mécanique. Il faut donc en couper le moins possible.  
Éviter de placer un escalier d'accès aux combles perpendiculairement aux fermettes.



## Les côtes et spécifications

Les conditions d'une charpente bien réussie dépendent beaucoup de la précision des informations qui sont données au bureau d'étude du fabricant de fermettes.

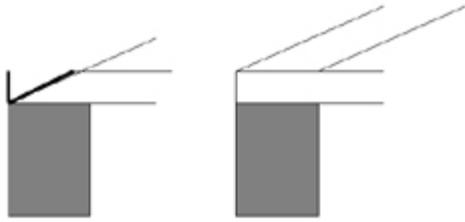
Le plan d'architecte doit compter au moins :

- Une vue de dessus
- Une vue des combles
- Une coupe sur chaque type de toiture ou fermettes
- Une vue de chaque façade
- Éventuellement, un détail des singularités (débords, porches, etc....)

Sur ces plans, on doit retrouver impérativement :

- Les cotations horizontales et altitude des murs, refends et si possible des diagonales (tolérance  $\pm 1$  cm) jusqu'au sous-sol pour les descentes de charges.
- La position des murs coupe-feu si nécessaire
- Les positions et dimensions des ouvertures :
  - Lucarnes,
  - Velux,

- Cheminées, Escaliers,
- Etc...



Le détail des débords de toit doit être particulièrement soigné car c'est lui qui va déterminer les points d'épure de la charpente. Par exemple la charpente n'est pas la même si on a une gouttière havoraise ou une gouttière pendante. La dimension du comble peut être changée de 10 cm ou plus.

**Toutes les indications géométriques destinées au dessin de la charpente devront être complétées par les indications de charges permettant de calculer les sections de bois nécessaires à la stabilité de la charpente.**

- Type de couverture
- Lieu de construction (pour déterminer la zone climatique et sismique)
- Charges d'exploitations (privé ou recevant du public)
- Charges particulières
- Type de plancher
- Type de débord

# Solutions - Charpente fermette

## Structures porteuses

Il s'agit généralement des murs ; le technicien commence par les dessiner car ce sont eux qui vont servir de base à la réalisation de la charpente. Les dimensions doivent être parfaitement définies (voir [le projet](#)) pour la bonne réalisation de la charpente.

Une fois le dessin des murs établi, le maçon devra respecter rigoureusement les côtes (tolérance  $\pm 1$  cm).

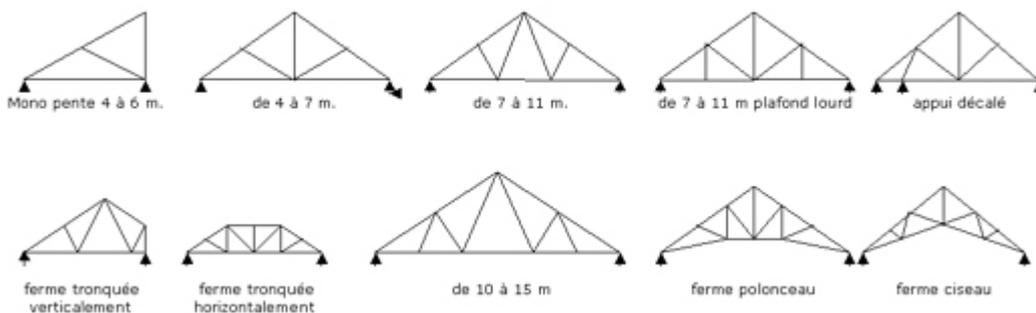
## Le choix des fermes

La structure porteuse et les indications données par le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage (voir [le projet](#)) vont conduire à un choix de fermes parmi les nombreuses solutions possibles.

On distingue :

- Fermes combles perdus et fermes combles habitables
- Fermes sur appui et fermes sur dalle
- Fermes isostatiques, fermes hyperstatiques
- Fermes porteuses et poutres treillis servant d'appui pour les autres fermes
- Portiques

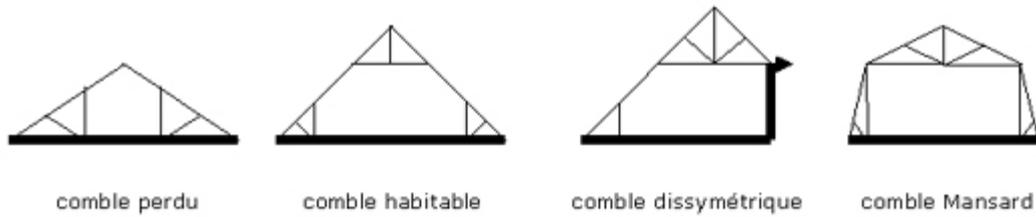
**Les croquis ci-dessous ne sont pas limitatifs et ne servent qu'à illustrer les différentes catégories de fermes. Les dimensions des portées sont données à titre indicatif. 1. Les fermes combles perdus sur appuis généralement isostatique**



## 2. Les fermes combles habitables sur entrait porteur bois généralement hyperstatiques



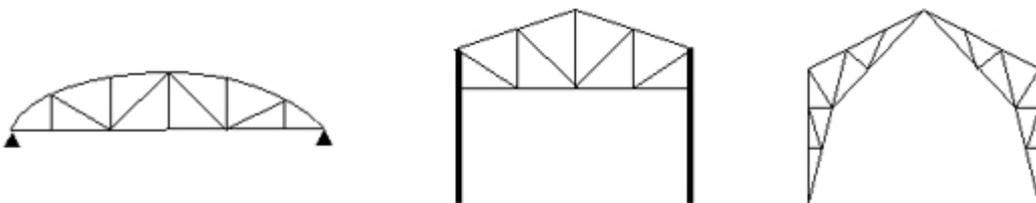
## 3. Les fermes combles habitables sur dalle



## 4. Fermes porteuses et poutres treillis (généralement doublées)



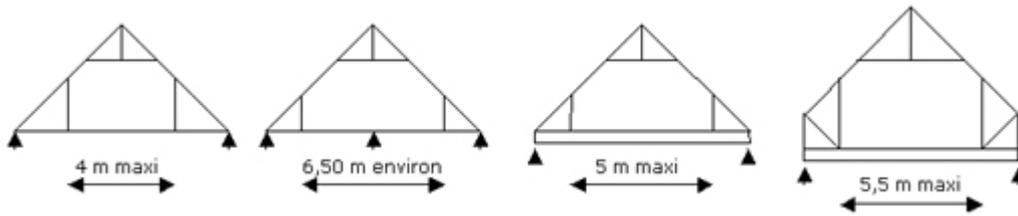
## 5. Divers



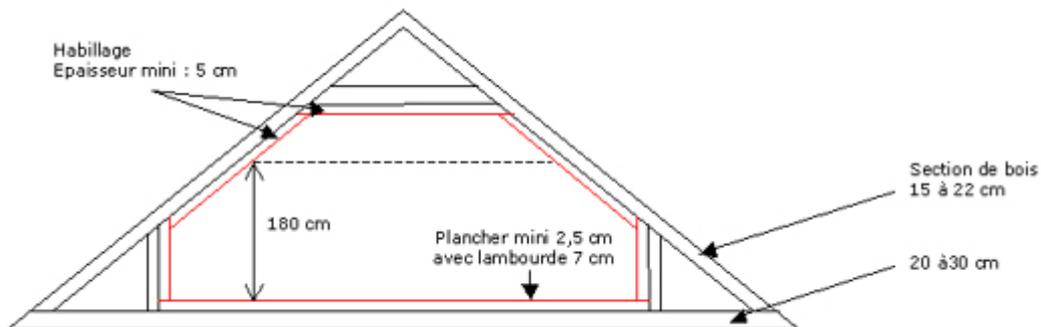
## Les aménagements de combles

Avec les fermes combles aménageables sur appuis ou sur dalle que nous venons de voir ci-dessus, il est possible d'aménager des combles confortables mais il y a quelques erreurs à éviter pour le concepteur.

1. La portée entre blochet n'est pas illimitée, donc la largeur utilisable sera plus ou moins importante selon la solution adoptée.

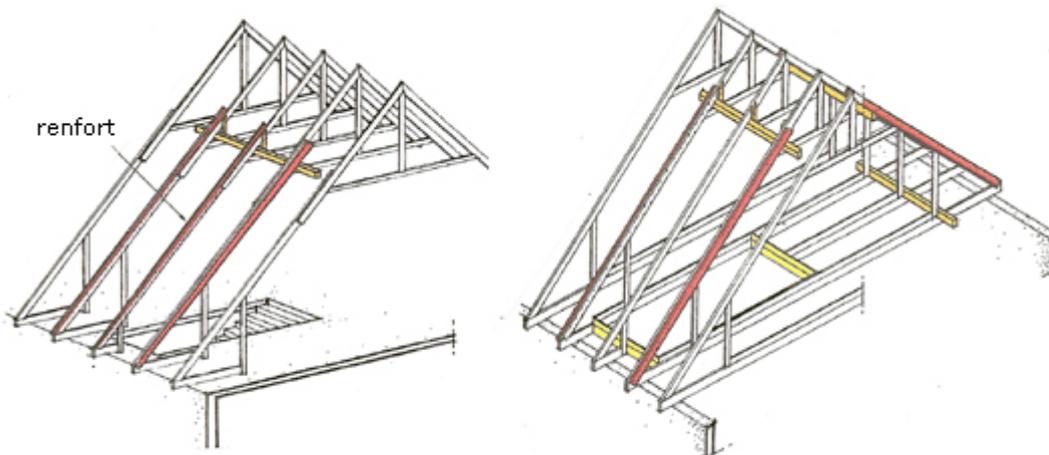


2. La surface habitable, c'est-à-dire supérieure à 1.80 m, lorsque le comble est aménagé, est généralement surestimée car on ne tient pas compte des épaisseurs de bois et de l'habillage.



Pour plus de précision, consulter votre fabricant habituel.

L'aménagement du comble nécessite généralement un chevêtre d'escalier qui coupe ou modifie une ou deux fermes. Il est alors nécessaire de renforcer les fermes de chaque côté.



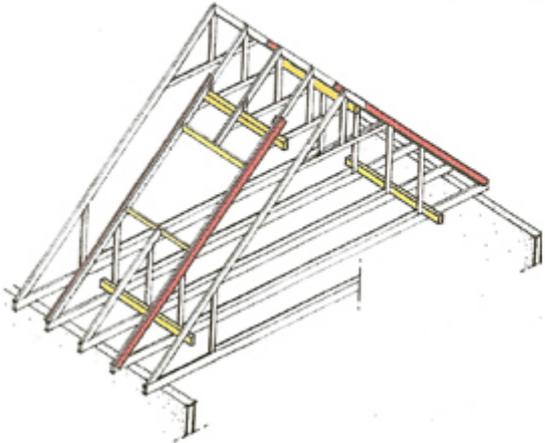
Escalier sur comble sur dalle

Escalier sur comble sur entrait porteur

# Les chevêtres de toiture

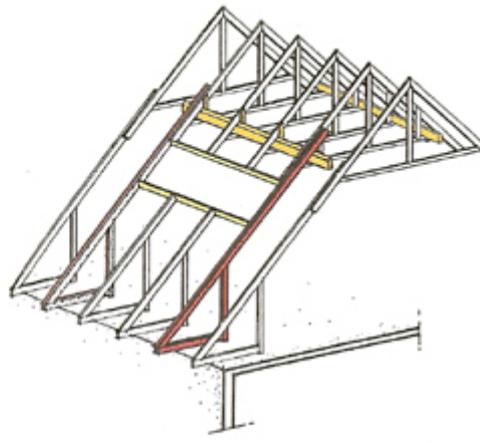
Il est possible de couper une ou deux fermes pour créer un chevêtre destiné à recevoir une lucarne ou une fenêtre de toit.

Comme on peut le constater sur les dessins suivants les charges sont reportées sur les fermes non coupées adjacentes, il est nécessaire de les renforcer. Il ne faut pas couper trop de fermes à la suite car il devient impossible de neutraliser les déformations différentielles.



## Comble sur entrait porteur, 1 ferme coupée

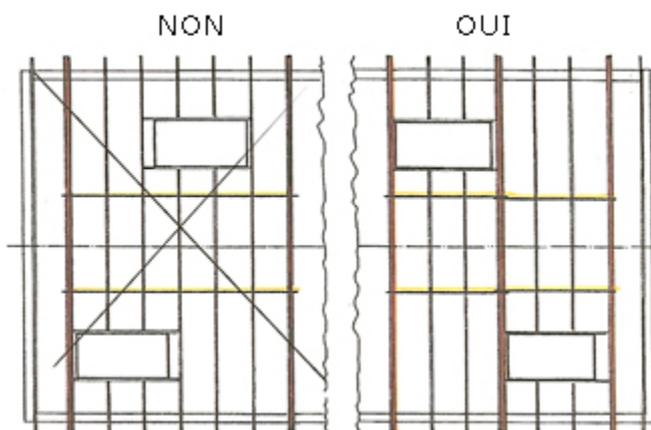
- doublage des arbalétriers
- reprise des charges pour des bois massifs s'appuyant sur les fermes adjacentes



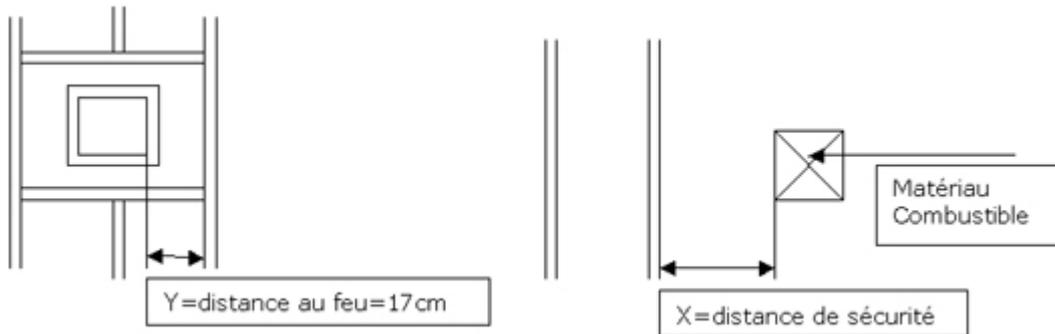
## Comble sur dalle, 2 fermes coupées

- doublage des fermes adjacentes
- reprise des charges par des bois massifs s'appuyant sur les fermes adjacentes

Dans la mesure du possible, il faut éviter de couper trop de fermes successives; demander à votre fabricant de vous conseiller à ce sujet.



Pendant longtemps on a défini la distance au feu ; maintenant, pour les conduits de fumée, on définit la distance de sécurité.

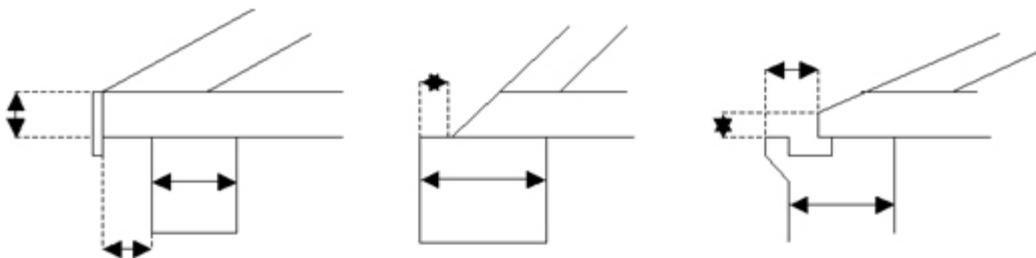


La distance de sécurité est définie dans la norme P 51-201 (DTU 24-1) de février 2006 en fonction de la classe de température et de la résistance thermique. X varie de 2 cm à 10 cm pour les conduits maçonnés et de 2 à 15 cm pour les conduits métalliques. L'ancienne règle donnant 17 cm de distance au feu (intérieur du conduit) est pratiquement toujours suffisante.

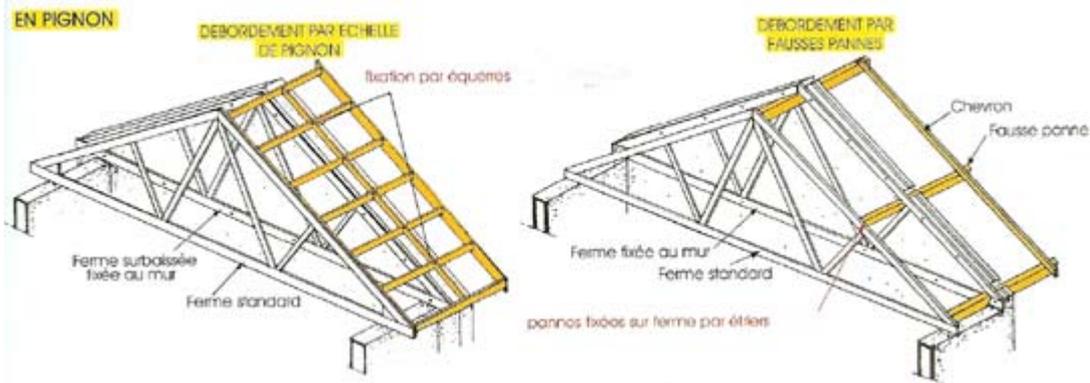
## Les singularités

Elles peuvent être multiples dans les cas complexes, mais celles que l'on retrouve toujours sont présentées ci-dessous.

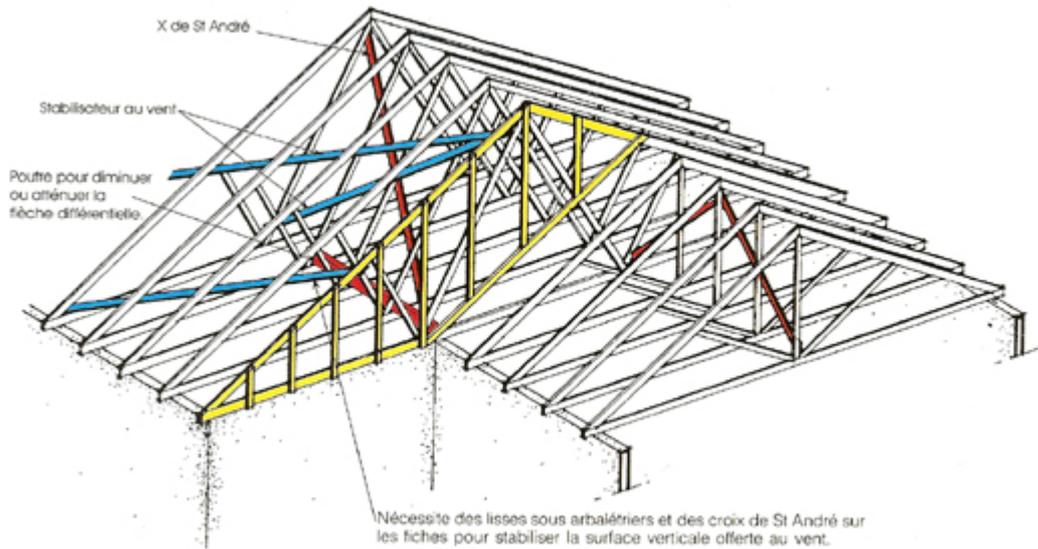
### Les débords de toit en façade dont il faut toujours donner une description précise



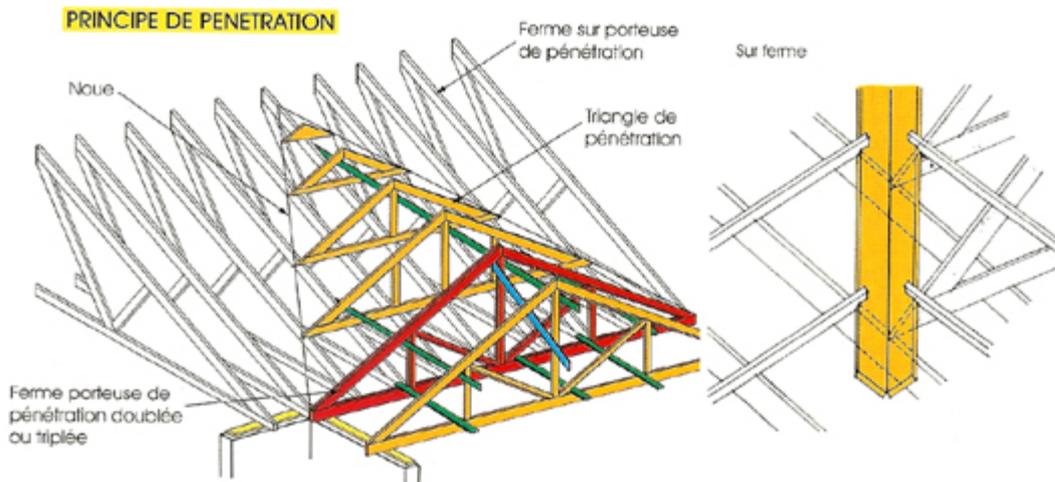
Les débords de toit en pignon où plusieurs techniques sont utilisées en fonction du débord prévu



## Les jouées bardées

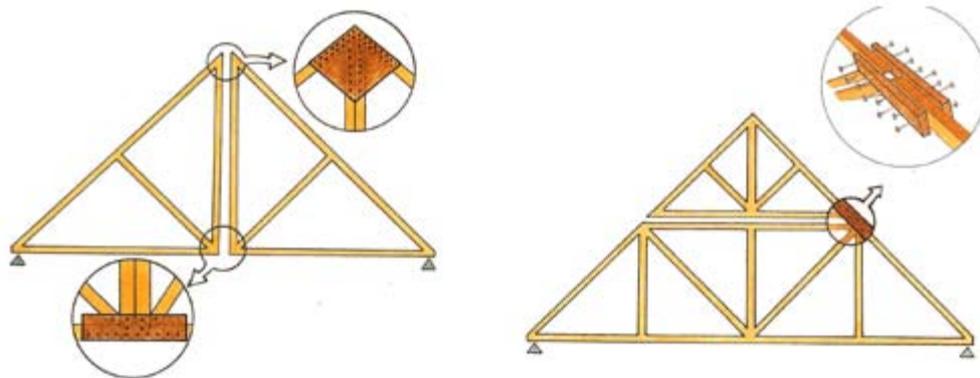


## Les pénétrations et fonds de noue

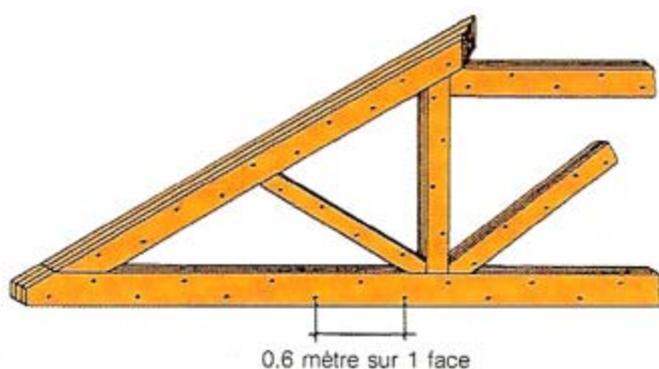


## Les assemblages

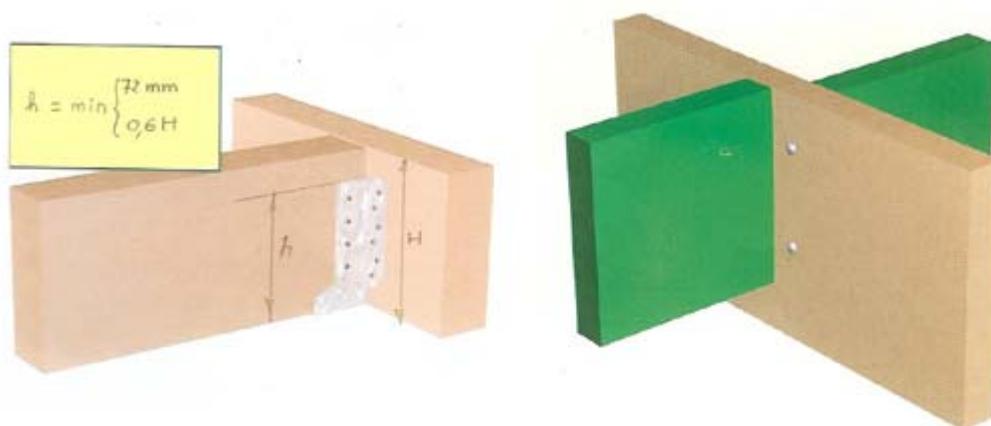
Dans la technique utilisée par la fermette les assemblages sont en général très simples. Il peut s'agir d'assemblages d'une ferme qui a dû être coupée pour le transport.



Pour renforcer certaines fermes, notamment les fermes porteuses, il faut les lier par un clouage rapproché.



Pour appuyer certaines fermes sur d'autres appelées porteuses, on utilise généralement des étriers. Dans le cas où les charges seraient faibles, un simple clouage pourra suffire mais il faudra toujours respecter les plans fournis par le fabricant.



**Reprise ferme sur porteur**

**Reprise des entretoises**

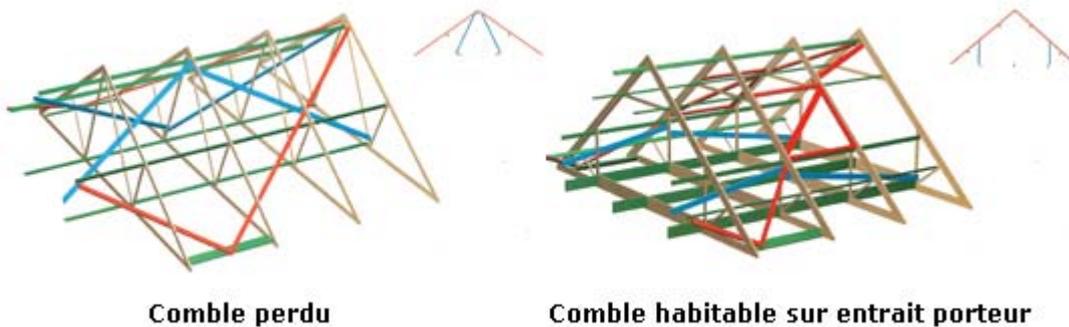
Pour des efforts particulièrement importants, il pourra être utilisé quelques fois des boulons.

# Les contreventements

On les appelle aussi bois de stabilité car les fermettes n'ont aucune stabilité transversale. On les distingue de la manière suivante :

- **Lisses filantes sur entrails**  
Fixées sur les entrails le plus près possible des nœuds. Leur fonction est de maintenir l'espacement des fermettes et d'éviter les déformations transversales (lorsque la couleur est utilisée, elles sont jaunes).**Entretoises entre les entrails**  
La fonction est la même que les lisses filantes mais en plus elles assurent le déversement des entrails en cas de charges importantes, par exemple : plafond lourd ou plancher (jaune)
- **Lisses filantes sous arbalétrier**  
Fixées sous les arbalétriers ou sur les fiches, le plus près possible des nœuds, elles maintiennent le parallélisme des arbalétriers (indiquées en vert).**Contreventements**  
Ce sont des diagonales fixées sur les fiches ou potelets à 45° environ et reliant les lisses filantes des arbalétriers avec les lisses filantes des entrails. Ils maintiennent l'aplomb des fermes sous l'effet du vent, répartissant les efforts sur plusieurs fermes (en bleu).
- **Antiflambement sous arbalétriers**  
Ils sont fixés sous les arbalétriers dans le plan de la toiture. Avec un angle de 45° environ, ils relient le faîtage aux chaînages. Ce sont des pièces prioritaires car elles empêchent le flambement des arbalétriers (déformation en S de la toiture) et stabilisent les pignons (en rouge).**Antiflambement sur fiches**  
Certaines fiches comprimées sont très minces par rapport à la longueur. Il est donc nécessaire de les empêcher de flamber en clouant un ou deux filants au milieu qui seront calés aux extrémités sur les pignons (en rouge)

**Dans tous les cas, il faudra se référer précisément au plan de pose du fabricant.**Exemples de contreventements :



Pour les différents cas se reporter au livre " La charpente industrialisée en bois ".

## Calculer - Charpente fermette

### Les fermettes et supports

Le calcul des fermettes est devenu très complexe avec l'obligation de faire le calcul des contraintes et des déformations sur 6 à 8 cas de charges combinant :

- Les charges permanentes : couverture, plafond,...
- Les charges temporaires : la neige, le vent,...
- Les charges d'exploitation : privé, recevant du public, etc...

et ceci pour chaque type de fermes d'un bâtiment qui peut en comporter plusieurs.

On imagine aisément que le recours à la puissance de calcul des ordinateurs est devenu indispensable.

Pour ceux qui voudraient approfondir la question, ils peuvent se reporter à l'Eurocode 5 et les règlements Neige et Vents.

Pour les différentes valeurs attribuées aux caractéristiques mécaniques du bois, voir [fabriquer/préparer](#) puis le paragraphe sur les matériaux.

Voici les principales déformations et flèches que doivent respecter les fermes dans le cadre de la norme P 21-205 encore en vigueur quelque temps.

- Globalement : 1/400 de la portée
- Entrait : 1/400 de la portée de la barre, 1/500 si plafond lourd
- Arbalétrier : 1/300 de la portée de la barre
- Structures porteuses ou poutres : 1/500 sans tenir compte de contre flèche,
- Etc...

Dans l'Eurocode 5, la flèche limite  $W_{inst,Q} = 1/300e$  de la portée.

Les calculs étant faits, les réactions aux appuis donneront les descentes de charges à communiquer aux autres corps d'état et notamment les maçons.

Pour connaître les propriétés mécaniques du bois, reportez-vous à [fabriquer/préparer](#) puis "matériaux".

## Les assemblages

Lorsqu'il s'agit de sabots ou équerres, les fabricants doivent donner les indications sur les charges qu'ils sont capables de reprendre et clous et boulons nécessaires ([liste des fabricants adhérents au SCIBO](#)).

Mais la mise en œuvre des fermettes nécessite surtout du clouage et parfois du boulonnage. Le fabricant doit indiquer clairement sur les plans tous les assemblages de ce type qu'il aura calculés très précisément selon les règles de la norme P 21-701 et des Eurocodes ; la mise en œuvre doit les respecter scrupuleusement.

## Les contreventements

Nous rappelons qu'ils sont constitués de :

- Lisses filantes sur entrants
- Entretoises entre les entrants
- Lisses filantes sous arbalétriers
- Contreventements
- Anti-flambements sous arbalétriers
- Anti-flambements sur fiches

Pour connaître leurs fonctions, reportez-vous aux [solutions](#). Ils peuvent être calculés mais à défaut, leurs sections sont les suivantes et doivent être justifiées par le calcul si nécessaire.

	Entraxe des fermettes en m		
	< 0.70	0.70 à 0.92	0.92 à 1.10
Antiflambement sous arbalétriers	25 mm x 100 mm	36 mm x 96 mm	36 mm x 122 mm
Contreventements sur diagonales	25 mm x 72 mm	25 mm x 72 mm	36 mm x 96 mm
Lisses filantes et Antiflambement sur fiches	25 mm x 60 mm	25 mm x 72 mm	36 mm x 72 mm

# Analyser - Charpente fermette

## Incidence sur l'architecture

La fermette comporte de nombreux avantages :

- Légèreté
- Nombreuses solutions techniques
- Fiabilité
- Stabilité
- Economique
- Etc...

Ses domaines de prédilection sont la maison individuelle et l'immeuble d'habitation. Bien sur, d'autres utilisations sont possibles, notamment les bâtiments commerciaux, industriels, tertiaires, administratifs, agricoles, hangars, etc. (voir dans [solutions](#) le "choix des fermettes"). On l'utilise assez peu pour des portées supérieure à 15 m.

Un point faible qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est sa faible résistance au feu du fait des sections de bois utilisées.

En résumé, si l'on cherche à faire une charpente, même compliquée mais non apparente, la supériorité de la fermette est incontestable. Si l'on cherche à faire une grande charpente décorative, il vaut mieux chercher du côté de la charpente traditionnelle ou du lamellé-collé.

## Classes d'emploi et classes de service

Il faut distinguer les **classes d'emplois** pour estimer les risques biologiques en fonction de l'exposition à l'humidité de la structure en situation d'emploi :

- **Classe d'emploi 1**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est sous abri, entièrement protégé des intempéries et non exposé à l'humidification.
- **Classe d'emploi 2**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est sous abri et entièrement protégé des intempéries mais où une humidité ambiante élevée peut conduire à une humidification occasionnelle mais non persistante.
- **Classe d'emploi 3**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois n'est ni abrité, ni en contact avec le sol. Il est soit continuellement exposé aux intempéries, soit à l'abri des intempéries, mais soumis à une humidification fréquente.
- **Classe d'emploi 4**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est en contact avec le sol ou de l'eau douce et est ainsi exposé en permanence à l'humidification.
- **Classe d'emploi 5**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est en permanence exposé à l'eau salée.

Et les **classes de service** servant au dimensionnement de la structure à cause des risques de fluage provoqués par l'humidité ambiante :

- **Classe de service 1**  
Classe de service caractérisée par une teneur en humidité dans les matériaux, qui correspond à une température de 20 °C et une humidité relative ambiante ne dépassant 65 % que quelques semaines par an.
- **Classe de service 2**  
Classe de service caractérisée par une teneur en humidité dans les matériaux, qui correspond à une température de 20 °C et une humidité relative ambiante ne dépassant 85 % que quelques semaines par an.
- **Classe de service 3**  
Classe de service caractérisé par des conditions climatiques conduisant à des taux d'humidité plus élevés qu'en classe de service 2.

Une charpente se trouve normalement en classe d'emploi 2. La quasi-totalité des fermes assemblées par connecteurs se fait donc avec du sapin (ou épicéa) traité par trempage lui conférant une résistance à cette classe d'emplois, mais il arrive fréquemment que des singularités ou des pièces massives se trouvent en classe 3 et quelquefois 4. Il faudra alors utiliser un traitement plus pénétrant ou un bois naturellement résistant. Il sera alors utile de consulter le mémento " Durabilité des ouvrages en bois" édité conjointement par la FIBC et FCBA (ex-CTBA).

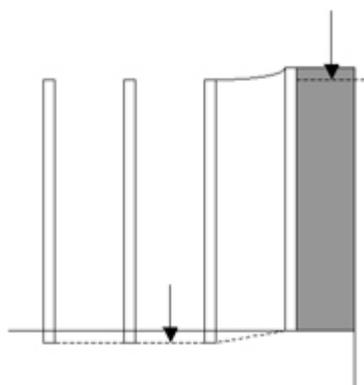
## **Contraintes techniques et pathologie**

En parcourant le site, on peut voir que le principe de la fermette est de fabriquer avec des bois de faible section et d'une manière industrielle des kits de charpente prêts à être assemblés avec toutes les garanties d'une fabrication contrôlée en usine.

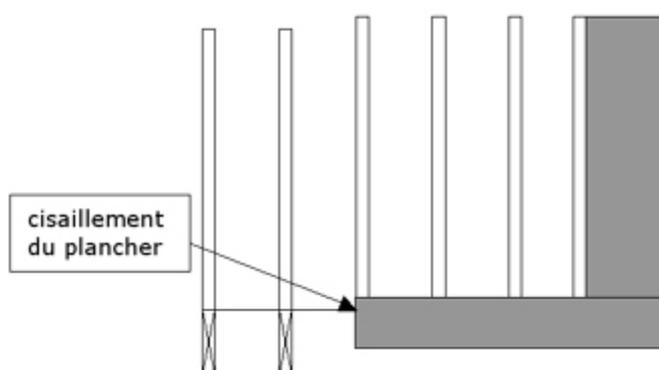
Il en découle que tout projet aura un grand avantage s'il est conçu dans le respect des contraintes propres à cette technique et qu'il y aura toujours intérêt à consulter votre fabricant pour une solution adaptée au projet et au moindre coût.

Citons quelques problèmes techniques qu'il faudra essayer d'éviter au moment de la conception :

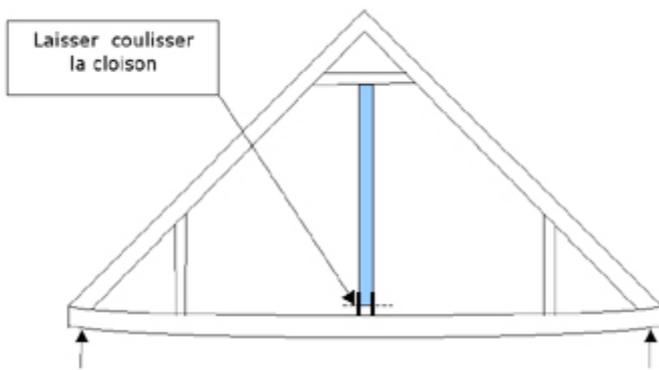
### 1. Problèmes de flèches différentielles



Les pointes de pignons en maçonnerie sont parfaitement rigides. Par contre, les fermettes ont une flèche autorisée de 1/300<sup>ème</sup> de la portée d'ou un décalage qui peut donner un effet de pagode à la toiture. Pour éviter cela, il faut faire une très bonne liaison du contreventement et des lisses filantes qui répartiront les différentiels sur plusieurs charpentes et « à l'œil » l'effet sera neutralisé. En outre, il est important de faire la pointe de pignon décalée de 1 cm au-dessous de la ferme.

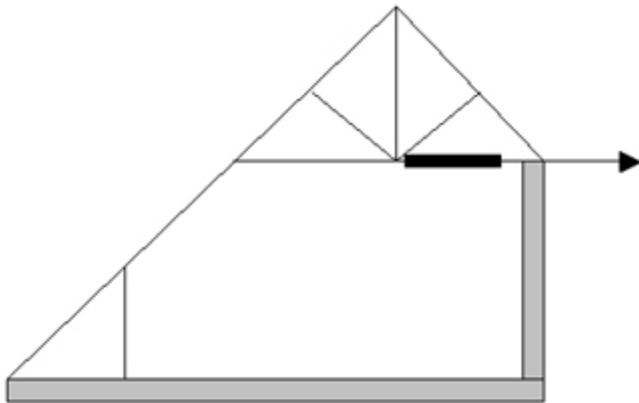


Eviter absolument de mettre sur un même plan un plancher béton et un plancher bois car pour les mêmes raisons que ci-dessus et en plus un séchage des entrants aux environs de 10 % H %, le plancher sera inmanquablement cisailé.

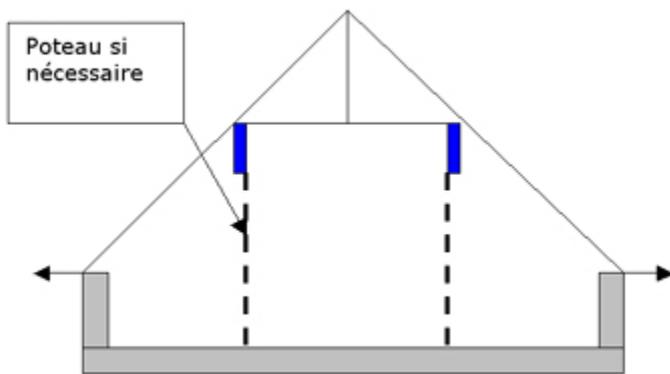


Attention aux flèches différentielles, dans l'exemple ci-contre la cloison clouée en haut et en bas sans possibilité de jouer, se fissurera au niveau des ouvertures.

## 2. Problèmes de poussée horizontale

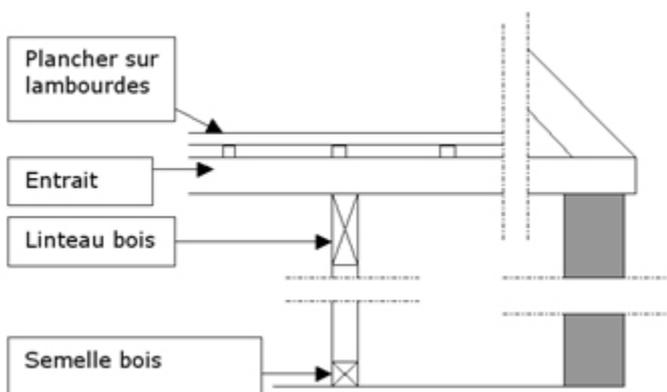


Une ferme dissymétrique crée une poussée horizontale qui peut être reprise par une poutre, mais il faut éviter une trop grande longueur.



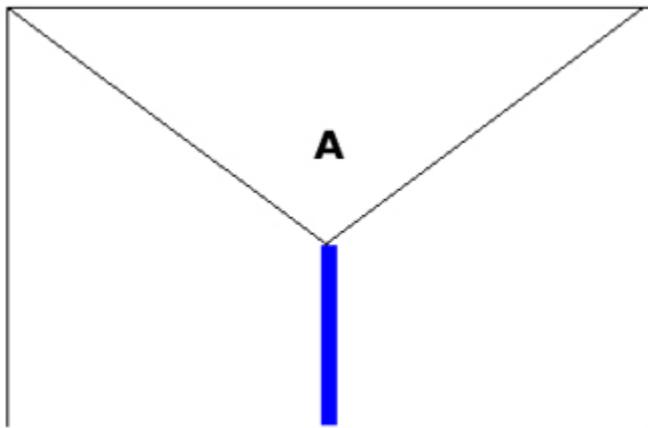
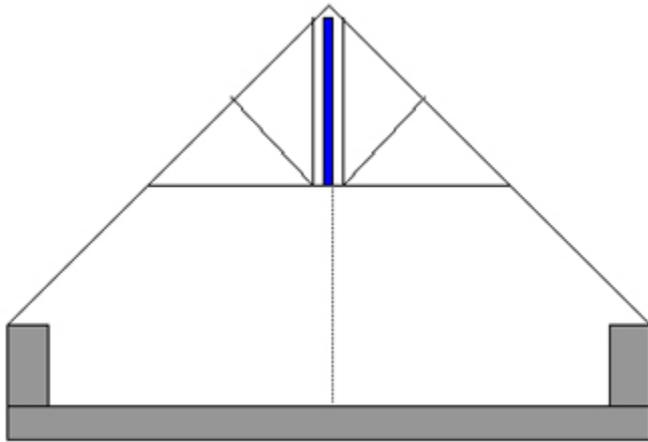
Ici, il faudra une poutre au faîtage ou aux aisselles car la maçonnerie ne pourra pas résister à la poussée horizontale. Un mur en béton solidement ferrailé pourra éventuellement la reprendre. Si la poutre est trop longue il faudra mettre un poteau intermédiaire.

### 3. Variations hygrométriques



Eviter les empilements de bois car avec les différences d'états hygrométriques de l'air entre l'été et l'hiver, on peut avoir une forte variation de hauteur. Dans l'exemple ci-contre la hauteur peut varier de 15 mm, même si le bois est livré conforme aux normes (voir [Prescrire/Respect des normes](#))

#### 4. Absence de point d'appui



Dans le croquis ci-contre il faut prévoir un point d'appui en A, pour supporter la poutre en faîtage. Attention la descente de charge est

## Fabriquer

### Préparer

Informations sur la préparation à la fabrication :

- Plans
- Matériaux : bois, assembleurs, accessoires

Préparer la fabrication de [Charpente fermette](#)

### Usiner

Découvrez les principes et étapes de l'usinage des charpentes :

- Technique

- Process et étapes
- Tolérances

Usiner la [Charpente fermette](#)

## Livrer

Les bonnes pratiques pour la livraison des charpentes :

- Stockage
- Livraison

Livrer la [Charpente fermette](#)

# Préparer - Charpente fermette

## Les plans

Historiquement la conception des charpentes est passée de l'Atelier avec un traçage au sol, puis sur la table à dessin au 10ième ou 20ième, puis maintenant sur ordinateurs avec des logiciels de très haute technologie.

Bien que les deux premières méthodes soient encore utilisées notamment pour le traditionnel, on peut dire que la quasi-totalité des charpentes fermettes sont conçues et dessinées sur ordinateur.

A la sortie du Bureau d'Etudes, un dossier pour un chantier doit comporter :



1. La liste des bois à approvisionner,

2. La liste des plans de découpe des bois, indiquant la longueur hors tout, la longueur à l'axe, les angles de découpe et le nombre,
3. Les plans des différentes fermes à réaliser et leur nombre;
4. Le type et les dimensions des connecteurs utilisés ainsi que leur position sur les fermes,
5. La liste des accessoires et renforts,
6. Les plans des singularités (débord de toit, porche, .etc...)
7. Les notes de calcul,
8. Les plans de montage, y compris les contreventements
9. Tout plans de détail nécessaires à la mise en œuvre, notamment des renforts et des assemblages,
10. Plan de situation du chantier pour la livraison

La liste est impressionnante et indique l'importance du BE dans la charpente moderne, cependant un certain nombre de ces documents peut être dématérialisé, c'est le cas de 2-4-7.

## Les matériaux

### Le bois

Le bois employé en France est essentiellement du sapin (un peu d'épicéa) bien que d'autres essences puissent être utilisées, en particulier : le Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) et le Peuplier (*Populus nigra*). Mais les circuits commerciaux ne peuvent pas en permettre actuellement une utilisation courante.

Dans d'autres régions du monde, on pourra trouver des habitudes différentes. Par exemple, en Amérique du Nord on trouvera du sapin Baumier aussi bien que du pin de Murray ou du pin Ponderosa, toutes ces essences ayant un classement mécanique bien défini à la sortie de la scierie.



En France, les sections les plus couramment utilisées sont 35 mm en épaisseur, en hauteur : 60, 75, 97, 112, 125, 150, 175, 200, 222, 250. Les longueurs pouvant aller jusqu'à 6.5 m

L'humidité doit être de 22 % maximum selon la norme européenne EN 14250.

Pour les déformations, les planches de bois doivent satisfaire aux critères suivants :

- flèche de rive : 4 mm maximum pour 2 m de longueur

- flèche de face : 6 mm maximum pour 2 m de longueur
- gauchissement : 2 mm maximum par 25 mm de largeur et 2 m de longueur
- tuilage : 2 mm maximum pour 10 mm de face

Il est aussi nécessaire de connaître les résistances mécaniques des bois utilisés. Un classement est donc fait généralement en scierie, soit sur l'aspect visuel en tenant compte de la largeur d'accroissement des cernes, des nœuds, des fentes, etc..., selon la norme EN 518, soit par un test mécanique.

Très bientôt, la norme Européenne EN 14081 imposera un marquage CE pour les bois sortant de la scierie. Ces bois seront classés suivant cette norme.

Le bois de fermettes seront généralement de classe mécanique C24. Les tableaux de valeurs dans la phase de transition où nous sommes, sont :

	Symboles		Unité	Bois certifié C 24	
	CB 71 Valeur admissible	EC 5 Valeur caractéristique		NF P 21 - 400 Valeur admissible	EC 5 Valeur caractéristique
Flexion	$\sigma_f$	$f_{m,k}$	N/mm <sup>2</sup>	11,5	24
Traction axiale	$\sigma$	$f_{t,0,k}$	N/mm <sup>2</sup>	6,7	14
Traction perpendiculaire	$\sigma_t$	$f_{t,90,k}$	N/mm <sup>2</sup>	0,2	0,5
Compression axiale	$\sigma'$	$f_{c,0,k}$	N/mm <sup>2</sup>	10	21
Compression perpendiculaire	$\sigma'_t$	$f_{c,90,k}$	N/mm <sup>2</sup>	2,5	2,5
Cisaillement	$\tau$	$f_{v,k}$	N/mm <sup>2</sup>	1,2	2,5
Module axial moyenne	$E_f$	$E_{m,mean}$	N/mm <sup>2</sup>	11 000	11 000
Module cisaillement moyenne	$E_g$	$G_{0,mean}$	N/mm <sup>2</sup>	680	690
Masse volumique moyenne	$\rho_{max}$	$\rho_{mean}$	Kg/m <sup>3</sup>	420	420
Module axial caractéristique		$E_{0,05}$	N/mm <sup>2</sup>		7 400
Module cisaillement caractéristique		$G_{0,05}$	N/mm <sup>2</sup>		460

Les bois à entures multiples (ou aboutés) doivent satisfaire aux exigences de l'EN 385 pour la classe de service appropriée.

### Les connecteurs



Ce sont des plaques embouties dont les dents assurent la tenue dans le bois. Ils doivent être anti-corrosion ou protégés contre la corrosion. Leur dimension est calculée en fonction des efforts à transmettre. Ils devront satisfaire aux exigences de la norme en préparation en EN 14545.

Ils doivent comporter un marquage permettant d'identifier le producteur D'autres assembleurs sont possible mais peu utilisés : les goussets contreplaqué cloués, les plaques à clous.

Pour des cas particuliers, il peut être fait appel à des clous, boulons, etc.

### Les accessoires

La fourniture d'accessoires peut être très variable d'un fabricant et d'une région à l'autre, il est souhaitable que tout ce qui se trouve sur les plans soit fourni dans un ensemble kit pour garantir la conformité avec le calcul, citons :

La quincaillerie :

- équerres métalliques de fixation au chaînage
- sabots métalliques support de fermes
- chevilles pour le béton
- pointes et boulons
- etc.

Les éléments de finition :

- poutres et poteaux en bois ou en métal
- porches en bois
- consoles en bois
- cadre de lucarne en bois
- planches de rives en bois, plastiques ou panneaux composites
- sous-face en frise, contreplaqué ou panneaux
- débords de toit en pignon
- etc.

Les voiles :

- planchers en panneaux de particules ou contreplaqué
- éléments de bardage en clins, panneaux ou contreplaqué
- éléments de contreventement en panneaux
- refends ou murs en ossature bois
- etc.

# Usiner - Charpente fermette

## La technique



Le principe est très simple, il consiste à assembler des planches de bois avec des plaques métalliques munies de pointes à l'aide de presses hydrauliques. Les planches de bois étant préalablement découpées à des côtes et des angles bien précis.

Ce procédé a vu le jour au milieu du siècle dernier aux Etats-Unis. C'est en 1965 que le système s'implanta en France, son développement fut très rapide grâce à l'économie de temps et à l'optimisation du matériau bois.

Les premières années le procédé fut utilisé surtout pour les grandes séries. Mai peu à peu, grâce à la capacité de calcul et de dessin des ordinateurs, le procédé s'est étendu à toutes les variétés de charpente.

# Le process

## 1. Trempage



La première opération consiste à protéger le bois contre les attaques d'insectes et de champignons. Les charpentes fermettes sont toujours protégées de la pluie par une couverture. Nous sommes donc en classe d'emploi 2 (voir [concevoir/analyser](#)).

Pour conférer la protection nécessaire à cette classe d'emploi le bois est trempé dans un bac contenant un produit insecticide et fongicide. Ensuite, le bois est égoutté, puis stocké sous abri pendant que le produit de préservation se fixe. Ces opérations sont quelques fois exécutées chez le fournisseur de bois.

## 2. Sciage



L'atelier reçoit du Bureau d'Etudes une liste de bois à préparer : nombre, sections, longueur et angles de coupe, qui va être directement utilisé par les opérateurs sur les machines de découpe. De plus en plus, on utilise des machines à commandes numériques qui reçoivent directement ces informations du B. E.

Compte tenu des tolérances admises, ce découpage des bois doit être extrêmement précis, de l'ordre du mm sur une planche de 5 m.

## 3. Assemblage

Les bois sciés et dûment triés sont posés à plat sur un gabarit et les connecteurs sont enfoncés à l'aide d'une presse hydraulique.

De nombreux systèmes sont utilisés :



- La monopresse qui consiste à agraffer chaque nœud avec une seule presse qui est déplacée manuellement. Système de plus en plus délaissé à cause des temps de fabrication.
- La multitête, système où il y a une presse à chaque nœud qui presse simultanément. Très rapide, mais longue à régler, convient pour les grandes séries (photo 1).



- Les presses "à rouleaux", où l'on fait passer la ferme entre deux rouleaux de grande dimension pour enfoncer les connecteurs. Rapide mais elle a tendance à déformer les connecteurs au passage des rouleaux.
- Les presses "à vérins", avec une poutre supportant un ou plusieurs vérins qui se déplacent sur une table supportant la ferme à agraffer. Ce système économique et précis a tendance à se généraliser (photo 3)



- Les presses "pont", c'est la poutre elle-même qui vient enfoncer les connecteurs. Elle est peu répandue en France probablement à cause de son coût (photo 2).

Souvent les presses à "vérins" ou "pont" sont équipées de système d'évacuation des fermettes et de stockage automatique.

### **Tolérances**

Définies dans la norme EN 14250, elles sont les suivantes :

1. dimensions du bois
  - épaisseur  $\geq 35$  mm
  - hauteur pour les éléments externes  $\geq 68$  mm (entraits, arbalétriers)
  - hauteur pour les éléments internes  $\geq 58$  mm
2. flaches tolérées sauf dans les assemblages et sur les appuis
3. écartement moyen entre deux membrures  $\leq 1.5$  mm
4. teneur en humidité  $\leq 22$  %
5. écart par rapport aux plans des dimensions hors tout de la ferme
  - Ferme jusqu'à 10 m  $\pm 20$  mm
  - Ferme  $> 10$  m  $\pm 2$  mm/m
6. écart dimensionnel des fermes d'un même lot  $\pm 10$ mm
7. limite de tolérance de la contreflèche définie par le calcul : 25 %
8. déplacement du connecteur par rapport à sa position théorique  $\leq 10$ mm
9. les fentes, les nœuds non adhérents et les trous de nœuds sont tolérés sous les connecteurs à condition que le nombre de pointes efficaces (dans la partie saine) soit conforme au calcul
10. l'écartement entre la surface du bois et la face inférieure d'un connecteur ne doit pas excéder 1 mm sur 25 % de la plaque
11. la plaque doit être exempte de déformations

12. les connecteurs en saillie sur les bords extérieurs ne sont pas tolérés

13. sur les bords inférieurs et au-dessus d'un point d'appui, les connecteurs doivent être en retrait d'au moins 3 mm du bord.

## Livrer - Charpente fermette

### Stockage

Après la fabrication, les charpentes sont stockées sur un parc aménagé en attendant leur livraison.

Ce stockage peut se faire à l'air libre mais dans de bonnes conditions, notamment surélevées par rapport au sol, sans déformation du bois, et bien cerclées.



### Livraison

La livraison est généralement effectuée par un camion-grue. Il est toutefois conseillé au client d'avoir une équipe à la réception, ce qui permettra le stockage dans de bonnes conditions

#### Conditions d'une bonne livraison

- Un bon plan de situation du chantier
- Un chemin d'accès compatible avec les camions de transport
- Une date précise
- Une plage horaire qui tient compte des aléas de la route et des chantiers
- Une aire de stockage saine et bien dégagée
- Un représentant du client à la réception (si possible)

### Mettre en œuvre

## Réceptionner

Cette partie présente les différents aspects liés à la réception des charpentes :

- Documents
- Vérifications à réception
- Stockage
- Manutention

Réceptionner la [Charpente fermette](#)

## Préparer

Découvrez les différents éléments de préparation avant assemblages :

- Lecture des plans et traçage
- Organisation du chantier

Préparer la mise en oeuvre de la [Charpente fermette](#)

## Assembler

Suivez les étapes successives de l'assemblage des charpentes industrialisées :

- Pose des fermes
- Mise en œuvre des liaisons
- Points singuliers

Assembler la [Charpente fermette](#)

## Contreventer

Cette partie donne les indications nécessaires au bon contreventement des charpentes assemblées.

Contreventer la [Charpente fermette](#)

# Réceptionner - Charpente fermette

## Les documents

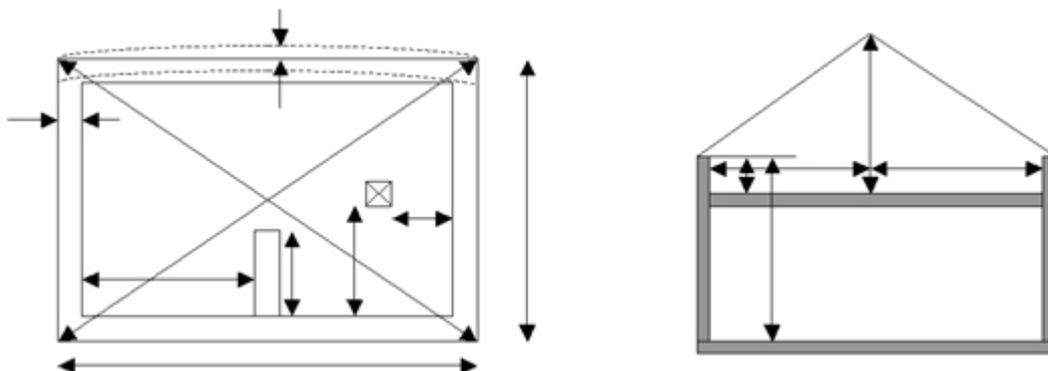
Au moment de la livraison, la personne qui réceptionne la marchandise doit s'assurer que tous les documents nécessaires à la bonne mise en œuvre de la charpente sont fournis et complets:

- **Le bordereau de livraison** où sont répertoriés tous les types de fermes, et la liste détaillée des accessoires (voir dans [préparer](#) puis "accessoires").
- **Les plans** sur lesquels doivent apparaître le repérage des fermes, le plan de répartition des fermes, les contreventements et anti-flambages, le détail des assemblages et des ancrages, le dessin des singularités et tous les détails nécessaires à la mise en œuvre.

## Les vérifications

La maçonnerie doit être vérifiée. Il faut notamment contrôler :

- Les dimensions hors tout
- La position des trémies et réservations
- L'équerrage
- En élévation, l'altitude des planchers et des chaînages
- D'une manière générale, les alignements (tolérance 1cm)



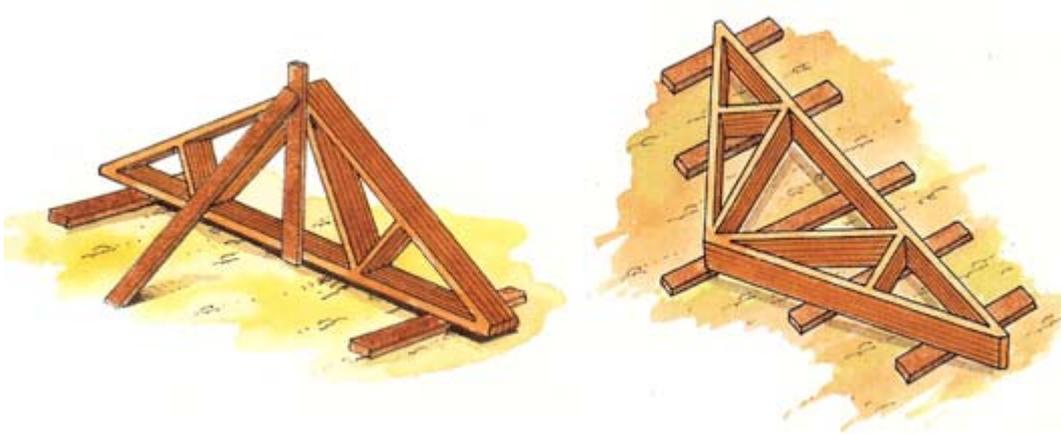
1. S'assurer que les descentes de charges fournies par le BE de charpente, ont bien été prises en compte par le gros œuvre, car il ne faut pas oublier que la mise en place de la charpente revient à une acceptation du support, donc en cas d'incident, la responsabilité de l'entreprise qui met en œuvre peut être engagée.

2. Vérifier que les plans utilisés par le fabricant de charpente sont bien les derniers plans validés par le maître d'œuvre. On voit malheureusement trop souvent un manque de coordination entre le maître d'ouvrage, l'architecte, les BE bois et béton et le maçon.

3. Vérifier à partir du bordereau que la livraison est complète. En effet, cela évitera de chercher et éventuellement réclamer les pièces manquantes en cours de chantier et donc de retarder, voir arrêter, l'exécution si elles sont indispensables pour continuer (par exemple : sabots métalliques, poutres support, etc...)

## Le stockage

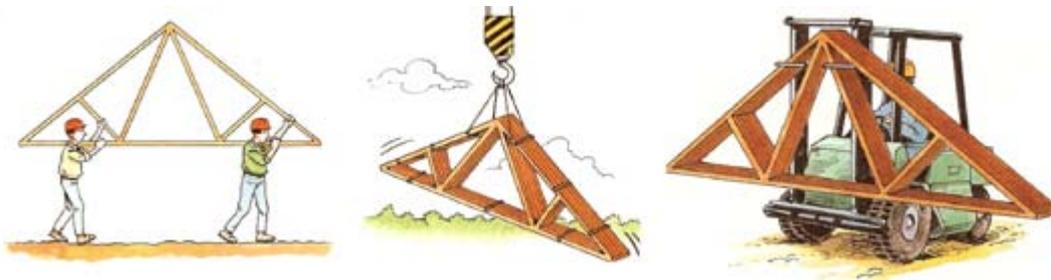
La meilleure solution est de les stocker verticalement, si ce n'est pas possible il faut les poser sur des chevrons distants de 3 mètres maximum. Il faut éviter le contact avec le sol.



Dans le cas de stockage supérieur à quinze jours, il est nécessaire de protéger les charpentes des intempéries par un dispositif permettant la circulation de l'air.

## Les manutentions

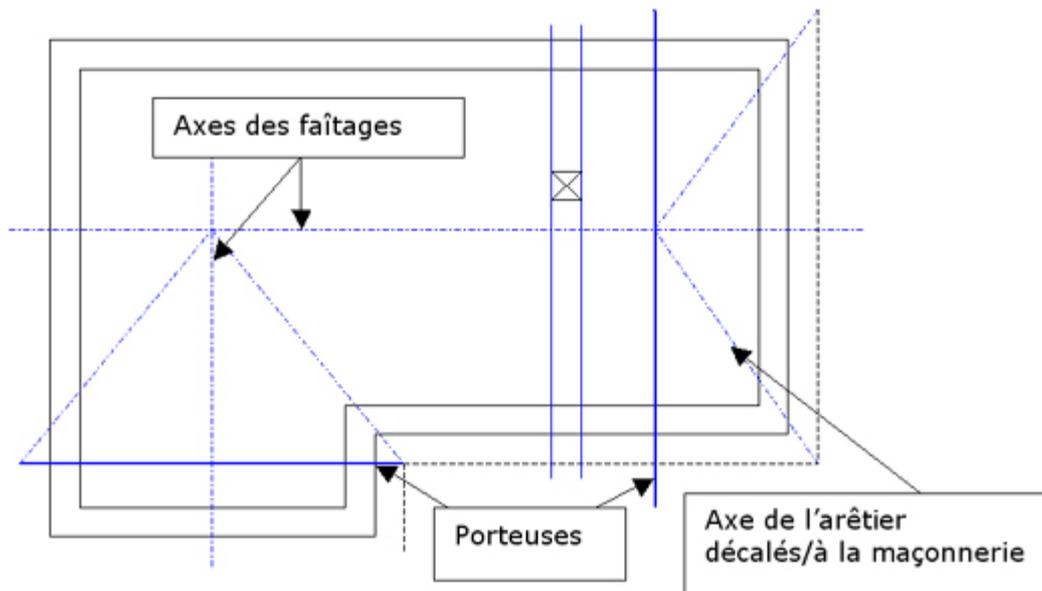
La manutention doit toujours se faire en position verticale.



## Préparer - Charpente fermette

### Lecture des plans et traçage

La bonne exécution d'un chantier c'est d'abord une bonne préparation qui commence par la lecture du plan sur lequel on se sera assuré que l'on a tous les éléments pour travailler (voir dans [réceptionner](#) puis "les documents"). C'est à partir des plans que le chef d'équipe va organiser son travail et décider de la succession des opérations. Il faut toujours débiter par les fermes, ou les pièces dont la position doivent être rigoureuse (arêtiers, noues, porteuses).



L'étape suivante consiste à tracer sur le GO :

- Les axes de faîtage,
- Position des arêtiers et noues
- La position des fermes porteuses
- La position des fermes encadrant les chevêtres

On voit trop souvent des équipes commencer par une extrémité et finir par l'autre en s'alignant sur la maçonnerie, ce qui immanquablement donne de très mauvais résultats sur la qualité de la toiture. De plus, le traçage permettra de repérer dès le début les erreurs de maçonnerie, ou de charpente et ainsi résoudre le problème rapidement.

Bien entendu, ceci est aussi vrai pour un support en ossature bois, béton ou métal.

## Organisation du chantier

Il faut répartir les éléments de la charpente autour et dans le bâtiment à charpenter en se posant les questions : où, quand, comment, pourquoi.

**Où** : parce qu'il faut éviter de stocker des fermes sur le pignon gauche si elles vont sur celui de droite, et ne pas mettre la quincaillerie sous le tas de contreventements qui sera posé en dernier, etc.

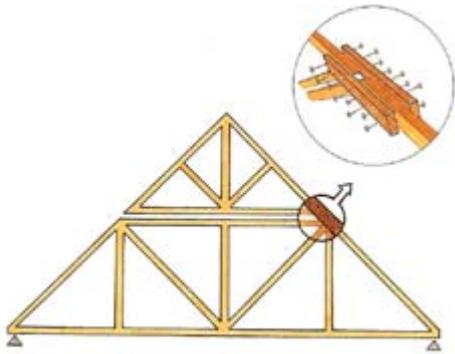
**Quand** : se demander si l'on aura besoin de tel ou tel accessoire au début ou à la fin, dans ce dernier cas, il sera peu être utile de le mettre à l'abri des vols éventuels.

**Comment** : car le stockage sera différent si les éléments sont montés manuellement, avec une grue, ou un élévateur.

**Pourquoi** : le fabricant livre, en principe un kit où toutes les pièces ont une utilité et une place bien précise. Par exemple, il n'est pas toujours évident de faire la différence entre un contreventement et un renfort de fermette. Donc, avant de modifier quoi que ce soit, le chef d'équipe devra se poser la

question : "pourquoi m'a-t-on livré cette pièce ?" et si nécessaire interroger le fabricant pour des explications ; à l'ère du téléphone portable, ce sera sûrement un gain de temps. Il ne faudra utiliser la scie que dans le cas d'erreur manifeste.

## Assembler - Charpente fermette



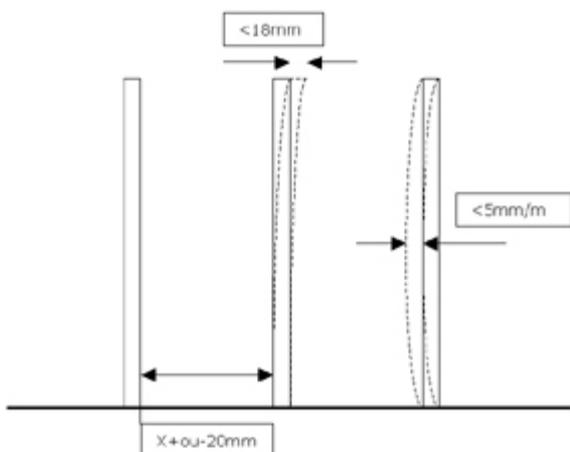
Il faudra commencer par assembler les fermes qui sont en deux parties, trois quelques fois, pour faciliter le transport. Ce sont généralement des fermes avec une forte pente et/ou une grande portée. Le fabricant doit fournir le plan d'assemblage.

Les tolérances sont les mêmes que pour la fabrication des fermes, soit  $\pm 2$  cm par rapport aux côtes du plan pour les fermes jusqu'à 10 m, 2 mm/m pour les fermes supérieures à 10 m et les variations dimensionnelles d'une ferme à l'autre  $\pm 10$  mm.

Ensuite, il faudra poser les fermes suivant l'ordre et le traçage qui a été préparé (voir dans [préparer](#)).

### Pose des fermes

- Commencer la pose par une extrémité. Si c'est une croupe on posera d'abord la porteuse de croupe et son caisson s'il y a lieu;
- Respecter l'alignement du faîtage (voir dans [préparer](#) puis "lecture des plans") même si l'on trouve un défaut entre l'alignement de la rive et le chaînage;
- Préparer quelques entretoises de la longueur de l'espacement standard pour tenir la verticalité des fermettes et simplifier la pose;
- Bien respecter l'écartement et la position des trémies, si ce n'est pas possible consulter le bureau d'étude.

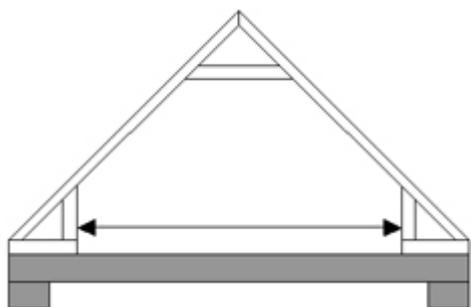


Les tolérances de pose sont définies dans la norme P

21-205, elles concernent :

1. l'aplomb par rapport aux appuis de la ferme, l'écart ne devra pas dépasser 5 mm par m de hauteur de ferme, sans excéder 18 mm au faîtage.
2. la position par rapport au plan de pose ne doit pas s'écarter de  $\pm 20$  mm.

Il se peut que pour des raisons techniques l'entreprise qui met en œuvre soit obligée de s'écarter au-delà de cette deuxième tolérance (X), elle devra dans ce cas demander l'accord du BE du fabricant qui vérifiera si les contraintes restent dans les limites admissibles et si les éléments de pose de couverture doivent être renforcés.



Attention aux fermes déformables comme celle ci-contre. La dimension entre les blochets doit être strictement respectée. Sinon il y aura une mise en contrainte de la pose et une déformation de la toiture.

## Mise en œuvre des liaisons

Elles sont de deux types.

### 1. L'encrage de la charpente dans la maçonnerie (ou l'ossature).

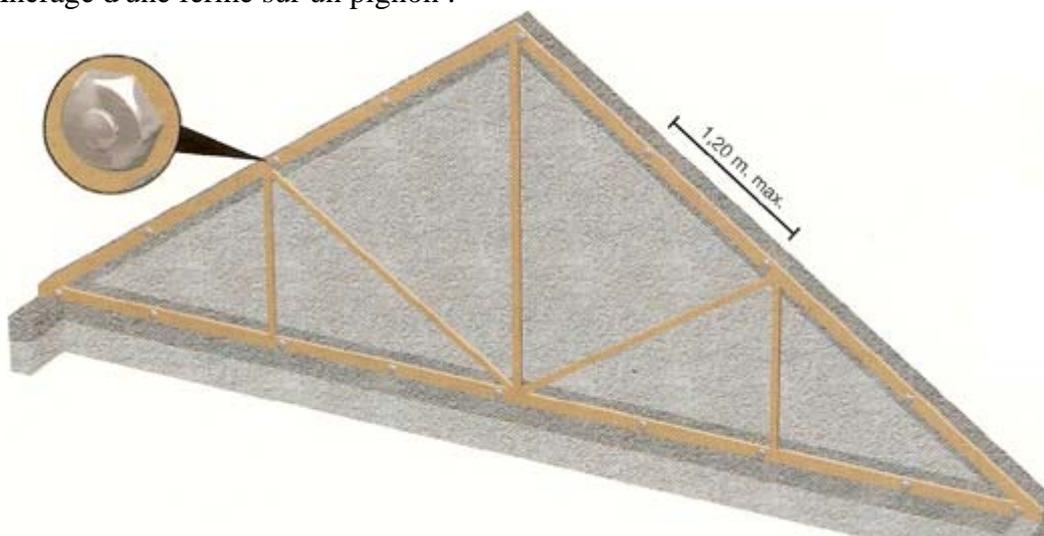
Par exemple : ancrage sur les chaînages, ancrage des poutres, liaisons aux pignons, accrochage sur des porteuses, etc.... Les ancrages sont réalisés à l'aide d'équerres ou sabots métalliques, parfois de chevilles.

Fixation des fermes sur les chaînages :



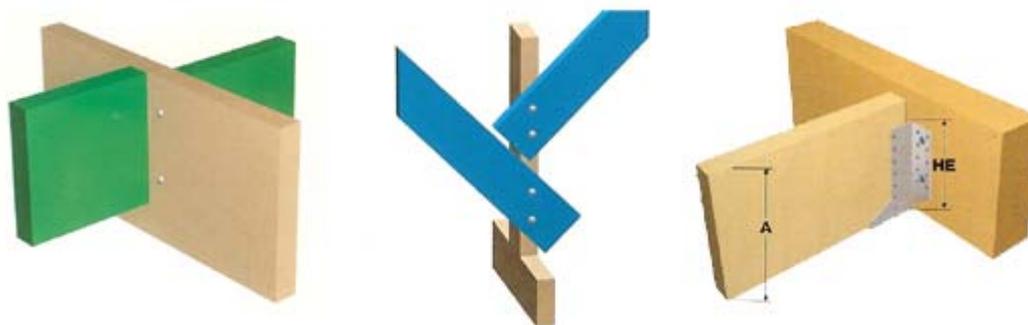
Qu'il y ait une sablière ou non la fixation doit se faire par l'intermédiaire d'une équerre. Les plans doivent clairement indiquer les pointes et chevilles à utiliser.

Ancrage d'une ferme sur un pignon :



## 2. Assemblage entre les pièces de la charpente.

Par exemple : pièces de contreventements sous les arbalétriers, pièces de trémies, etc  
On utilise généralement des pointes, parfois des boulons. Minimum 2 pointes.



## Les points singuliers

Il y a principalement ce que l'on appelle les "accidents" de toiture, pour le passage des trémies, d'escaliers, de cheminées, éclairage qui ne doivent pas être improvisés sur le chantier car ils

conduisent souvent à couper des fermes. En conséquence, les fermes voisines doivent être renforcées selon les indications précises du Bureau d'Etudes (voir dans [concevoir/solutions](#) puis "les chevêtres").

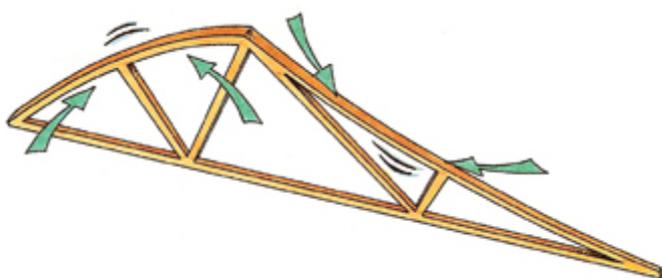
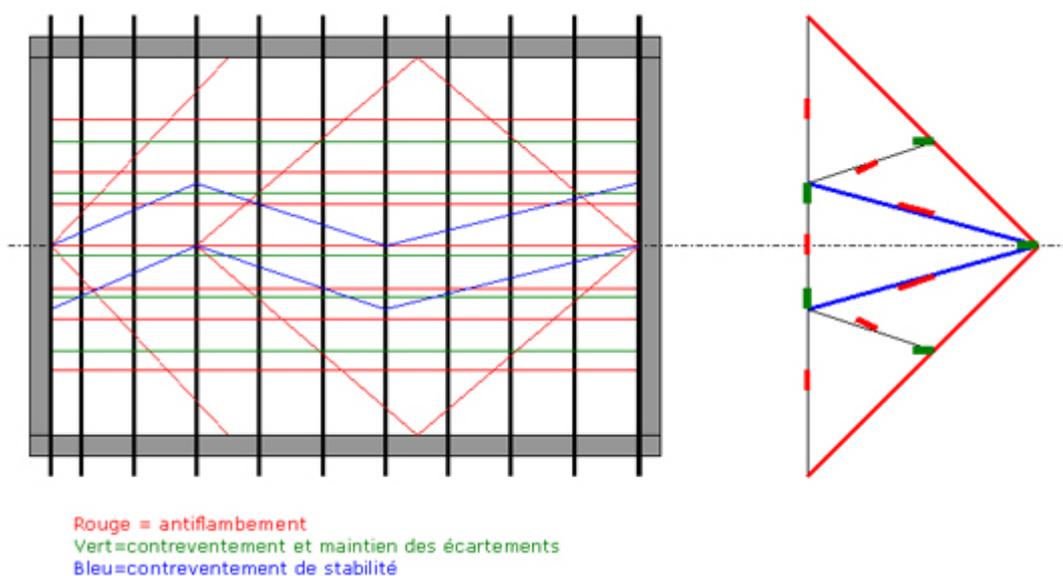
On trouve aussi des débords de toit en pignon (voir dans [concevoir/solutions](#) puis "singularités") qui nécessitent une attention particulière s'ils sont importants car la prise au vent est considérable et demande une étude et un plan particulier.

Citons ensuite les pénétrations, noues, bardage, etc...

## Contreventer - Charpente fermette

L'entreprise qui met en œuvre doit porter une attention toute particulière sur les antiflembages et contreventements (voir dans [concevoir/calculer](#) puis "contreventements") car c'est la principale source de sinistre des charpentes fermettes.

Le plan de contreventements se présente schématiquement de la manière suivante :

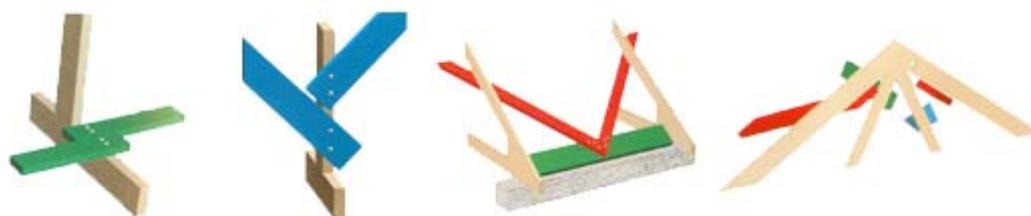


déformation des pièces des fermes comprimées.

Le dispositif d'antiflambement évite la

Ci-contre le type de déformation que l'on pourra observer en l'absence d'antiflambage sous les arbalétriers.

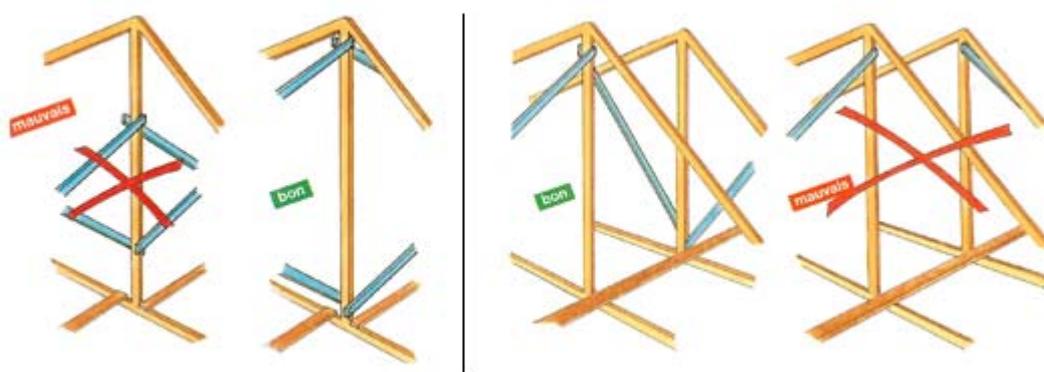
Fixation correcte du dispositif antiflambage et contreventement :



Les antiflambements des diagonales comprimées ne sont efficaces que si elles sont bloquées à leurs extrémités. On utilise des pointes torsadées, annelées ou crantées en excluant les pointes lisses. Les règles de clouages sont :

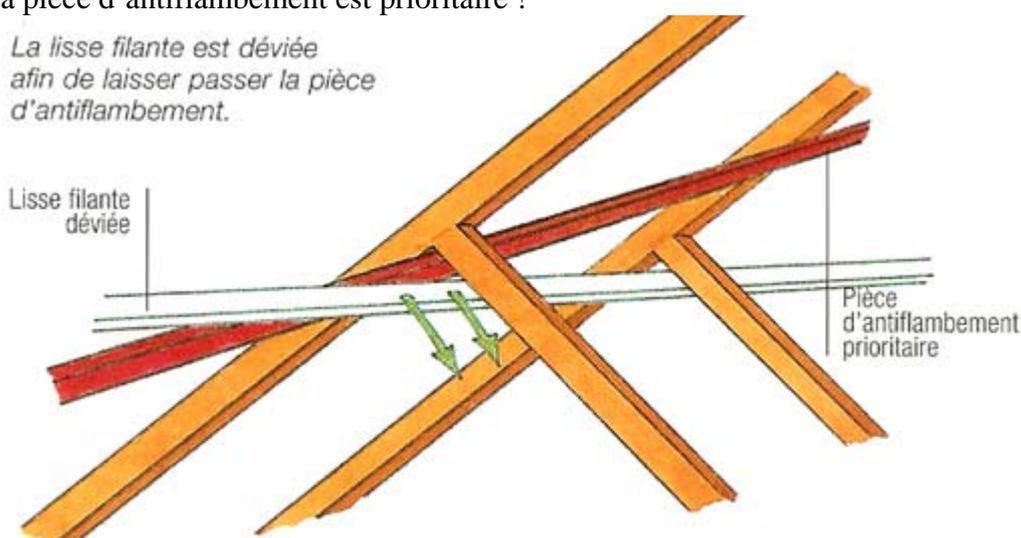
- 2 pointes de 70 mm pour les bois de stabilité d'épaisseur 25mm
- 2 pointes de 90 mm pour les bois de stabilité d'épaisseur 35mm

Erreurs à ne pas commettre :



La pièce d'antiflambement est prioritaire !

*La lisse filante est déviée afin de laisser passer la pièce d'antiflambement.*



**Attention DANGER**

Le contreventement étant nécessairement posé après les fermettes, il faudra obligatoirement stabiliser la charpente par un dispositif provisoire pendant la pose, cela peut être la mise en place partielle du contreventement définitif indiqué sur les plans. En outre, si les pointes de pignons ne sont pas autoportables, il y a un fort risque de renversement et il est indispensable de les stabiliser provisoirement, soit par un échafaudage, soit au moyen d'un étayage approprié.

# Prescrire

## Respect des normes

Dans cette partie, vous trouverez :

- Des commentaires
- Des listes de normes
- Des informations sur le marquage CE
- Des références aux règles professionnelles

Les normes de la [Charpente fermette](#)

## Consistance des travaux

Les travaux de charpente industrialisée peuvent être de deux types :

- Fourniture
- Fourniture et pose

Consistance des travaux de [Charpente fermette](#)

## Justifications techniques

Des informations sur les justifications techniques de la charpente industrialisée :

- Obligations du maître d'ouvrage ou de son mandataire
- Obligations de l'entreprise
- Obligations du fabricant, marché des fournitures

Justifications techniques en [Charpente fermette](#)

## Coordination - Délais

Des informations sur la coordination et les délais :

- De fourniture
- De pose

Coordination/délais en [Charpente fermette](#)

# Respect des normes - Charpente fermette

## Commentaires et listes

Nous sommes actuellement dans une période un peu compliquée pour les règles de construction. Traditionnellement, les normes étaient établies par l'AFNOR et les règles de construction étaient rassemblées sous l'appellation DTU (Documents Techniques Unifiés).

Depuis quelques années les normes sont établies au niveau européen et doivent peu à peu remplacer les normes et DTU français.

Donc à ce jour, on doit tenir compte des normes européennes ratifiées et des normes françaises qui n'ont pas d'équivalent européen.

Il faut donc distinguer :

### **1. Les normes produits** définissant les caractéristiques de ces produits

Par exemple : EN 14250 – exigences des produits relatives aux éléments de structures préfabriquées utilisant les connecteurs à plaque métallique emboutie que nous développons dans le paragraphe suivant.

### **2. Les normes d'essai** qui permettent de déterminer les caractéristiques des produits

Par exemple : EN 335 – durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois.

### **3. Les normes d'exécution ou de mise en œuvre** (dénommées aussi DTU, que l'on peut qualifier aussi de "règle de l'art")

En 1993, les DTU sont devenus les normes françaises et seront peu à peu remplacés par des normes européennes, les deux coexistent actuellement.

Par exemple : la norme P 21205 partie 1 ou DTU 31.3 partiellement remplacée par la EN 14250, reste applicable pour la mise en œuvre des fermettes.

### **4. Les normes de conception** notamment pour le calcul des structures

Par exemple : pour le bois, l'Eurocode 5

On distingue les normes obligatoires imposées par décret et les normes d'application volontaire.

Néanmoins, l'article 6 du nouveau code des marchés publics 2006 stipule :

*"Les prestations qui font l'objet d'un marché ou d'un accord-cadre sont définies dans les documents de la consultation par des spécifications techniques formulées :*

*- soit par références à des normes ou à d'autres documents équivalents accessibles aux candidats, notamment des agréments techniques ou d'autres référentiels techniques élaborés par les organismes*

*de normalisation ;*

*- soit en termes de performances ou d'exigences fonctionnelle. Celles-ci sont suffisamment précises pour permettre aux candidats de connaître exactement l'objet du marché et au pouvoir adjudicateur d'attribuer le marché "*

La deuxième option étant généralement insuffisante pour le bâtiment, on retrouvera dans un marché la liste des normes applicables.

Les normes que l'on peut considérer comme applicables à un marché de charpentes fermettes sont listées dans le tableau à télécharger ci-dessous :

### [Tableau des normes Fermette](#)

A ces textes il convient d'ajouter des normes exclusivement françaises :

- P21-205-partie 2 et 3 - Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets
- B52-001 - Règles d'utilisation du bois dans la construction, classement visuel pour l'emploi en structure des principales essences résineuses et feuillues
- P21-400 - Bois de structures et produits à base de bois – classe de résistance et contraintes admissibles associées

Cette liste n'est pas limitative mais concerne l'essentiel pour les fermettes uniquement.

## **Le marquage CE**

Une résolution du Conseil de l'Europe du 7 mai 1985 précisée par une directive du 21 décembre 1988 établit les principes fondamentaux pour la libre circulation des produits en Europe, notamment la conformité aux normes CE adoptées par les organismes comme le CEN (Comité Européen de Normalisation).

La France par un décret du 8 juillet 1992 prévoit que tout produit mis sur le marché et pour lequel existe une norme CE doit obligatoirement revêtir le marquage CE et se conformer à la norme et au système de contrôle qu'elle indique.

L'Arrêté du 27 janvier 2006 rend obligatoire le respect de la Norme EN 14250 sur la fabrication des fermettes.

Cette Norme faisait partie intégrante des règles de l'Art. Elle s'impose à tous, même aux produits qui ne sont pas commercialisés.

Elle définit à la fois les exigences auxquelles doivent répondre les fermettes et les modalités du marquage CE.

L'originalité par rapport aux DTU et Normes Françaises précédents est la mise en place d'un Contrôle de Production en Usine équivalent à un plan d'assurance qualité.

## Le CPU (Unité de Production en Usine)

La norme 14250 prévoit que le fabricant "doit établir, documenter et maintenir un système de contrôle de la production en usine pour garantir que les produits mis sur le marché sont conformes aux caractéristiques de performances déclarées par le fabricant, et que les produits sont fabriqués correctement, en conformité avec la conception".

Le CPU est proche d'un contrôle de production de type ISO 9001.

Voici son déroulement :

### 1. Contrôle quotidien :

- Avant/lors de la coupe, vérification statistique de :
  - La classe du bois
  - Dimensions du bois
  - Défauts géométriques
  - Teneur en humidité
  - Traitement (pour le sapin)
- Au début de l'assemblage :
  - Type de connecteur
  - Position du connecteur
  - Jeux des assemblages
  - Flèches et nœuds dans la zone d'ancrage
  - Précision des dimensions
  - Marquage et étiquetage normalisés

### 2. Contrôle hebdomadaire :

- Les écarts de dimensions hors tout des fermes (voir dans [fabriquer](#))
- Les schémas de fabrications et autres documents nécessaires à la mise en œuvre

### 3. Contrôles réguliers des appareils de mesure

### 4. Enregistrements pour chaque lot et conservation pendant 5 ans des documents suivants :

- Numéro de commande et nom du client
- Date et poste de production
- Plans de fabrication
- Résultats des contrôles

### 5. Marquage identifiant :

- Le producteur
- Le lot
- La référence de la norme

L'attestation sera de niveau 2+, c'est-à-dire que l'organisme certificateur vérifiera la mise en place et le bon fonctionnement du système CPU à sa mise en place, puis contrôlera le bon fonctionnement du système lors d'une visite annuelle. Contrairement au label CTB-CI aucun contrôle du produit fini n'est prévu.

La Marquage CE pourra éventuellement être complété par le label CTB-CI qui 3 fois par an vérifie que les produits fabriqués sont bien conformes aux normes y compris les plans et note de calcul.

## Les règles professionnelles

Malgré le nombre de normes éditées en France ou en Europe, les professionnels réunis au sein du SCIBO ont été amenés à éclaircir et compléter certaines d'entre elles pour qu'elles soient d'un usage clair au quotidien. Aidé par des organismes aux compétences reconnues comme le FCBA (ex CTBA - Centre Technique du Bois et de l'Ameublement), le CNDB (Centre National pour le Développement du Bois), CAPEB, FNB, etc..., un certain nombre de livres ou documents ont été édités à cet effet.

Nous citerons :

- La charpente industrialisée en Bois (Eyrolles)
- Durabilité des ouvrages en bois (FIBC/FCBA)
- Guide AQCEN (FCBA)
- Les cahiers d'IRABOIS (Institut de recherches appliquées aux bois)
- Les publications du FCBA ([www.FCBA.fr](http://www.FCBA.fr))

Pour tous ces documents, prenez contact avec les éditeurs (notés entre parenthèses).

# Consistance des travaux - Charpente fermette

## Fourniture

Dans une charpente réalisée en fermette la prestation minimum du fabricant est la fourniture des fermes, avec tous les plans nécessaires à la mise en œuvre; l'ensemble étant réalisé conformément à la norme EN 14250.

Mais il ne s'agit pas d'un produit interchangeable, il est généralement vendu comme un ensemble formant un kit complet. Les documents particuliers du marché devront donc préciser les éléments à livrer; ce sont :

- Bois accessoires ; poutres, contreventements, liteaux, etc...
- Quincaillerie ; équerres, sabots, etc...
- Boulonnerie, vis, clous, chevilles, etc
- Tout autre élément spécifié dans le marché
- Transport – déchargement

Les plus souvent ces éléments du kit sont précisés sur un devis détaillé qui une fois accepté constitue un élément du marché précisant la consistance de la fourniture.

## **Fourniture + Pose**

Dans ce cas les travaux de charpentes assemblées par connecteurs métalliques comprendront la totalité de la prestation de fabrication vu ci-dessus plus les éléments obligatoires suivants :

- Pose y compris toutes manutentions et réglages
- Fixations et scellements à sec
- Dispositifs d'hygiène et sécurité
- Evacuation des déchets

Feront également partie du marché si les documents particuliers l'exigent :

- Percements et scellements humides
- Support de couverture ou d'étanchéité
- Lasure, peinture
- Notes de calcul
- Etc.

## **Justifications techniques - Charpente fermette**

### **Obligations du maître d'ouvrage ou de son mandataire**

Il devra fournir des précisions écrites sur les ouvrages à réaliser :

- Destination (logements, bureaux, ERP, etc...)
- Lieu d'implantation y compris plan d'accès
- Nature des ouvrages liés (planchers, cloisons, plafonds, poutres, etc...)
- Type de couverture
- Conditions particulières d'exploitation si nécessaire (hygrométrie, agressivité, etc...)
- Caractéristiques d'autostabilité de l'infrastructure
- Positions et natures des conduits de fumée
- Charges ponctuelles exceptionnelles (réserve d'eau, etc...)
- Consistance des travaux (voir page "consistance des travaux")
- Plans d'architecte complets (plans de tous les niveaux, coupes et élévations)
- Tous plans nécessaires à la bonne compréhension des travaux

### **Obligations de l'entreprise**

L'entreprise présente ses plans d'implantation, réservations et d'ensemble au maître d'ouvrage aux dates qui lui ont été précisées dans l'ordre de service, à condition d'avoir toutes les précisions indiquées ci-dessus.

Les plans de l'entreprise doivent préciser :

- Axes et dimensions des trous de scellement
- Feuillures et logements à réserver

- Descentes de charges, poussées et moments à reprendre
- Côte d'arase des maçonneries au droit des appuis
- Niveau des faîtages
- Dimensions et natures de pignons
- Emplacement des abouts de poutre
- La répartition des fermes
- Les contreventements
- Fixations
- Renforts
- Détails de l'habillage
- Tous plans nécessaires à la bonne réalisation des travaux

Les justifications techniques des dispositions adoptées ne sont fournies au maître d'ouvrage ou à ses mandataires que si les documents particuliers du marché le précisent.

## **Obligations du fabricant, marché des fournitures**

Ce sont les mêmes que celles de l'entreprise.

# **Coordination - délais - Charpente fermette**

## **Coordination fourniture**

L'entreprise soumet ses documents ainsi que les dates d'intervention et les moyens prévus pour approbation et pour permettre au maître d'ouvrage ou à son mandataire, d'en transmettre un exemplaire à chacun des autres corps d'état intéressés. S'ils ne sont pas retournés par le maître d'ouvrage dans un délai compatible avec l'exécution, ils sont considérés comme approuvés.

L'entreprise fournit à l'entreprise de GO dans un délai fixé d'un commun accord les scellements, réservations et descentes de charges prévus.

Sauf stipulation contraire, le maître d'ouvrage ou son représentant fait son affaire de la diffusion des documents aux autres corps d'état impliqués dans la construction. Il fera remonter à l'entreprise de charpente les observations éventuelles dans les meilleurs délais.

Toute modification pourra faire l'objet d'un avenant si les documents du marché sont modifiés.

## **Coordination pose**

L'entreprise réceptionne la nature et la géométrie des supports sur lesquels la charpente prendra appui.

Si pour des raisons de calendrier ces constructions ne sont pas encore exécutées, cette vérification est faite d'après les côtes finies faisant partie des documents particuliers du marché qui feront foi.

La livraison et la pose des charpentes ne peuvent être entreprises que si les accès aux aires de stockage et de levage permettent l'acheminement des engins de transport et de levage, sans difficulté particulière. Les aires de levage doivent être sensiblement planes et débarrassées de tous matériaux et matériel gênants.

Si l'entrepreneur constate que les conditions requises ne sont pas réalisées, il en avise, par écrit, le maître d'ouvrage ou son mandataire dans un délai de huit jours, ce qui n'empêche pas nécessairement de faire la livraison. La décision du maître d'ouvrage ou de son mandataire fait l'objet d'un nouvel ordre de service

Pour des petits chantiers de type maison individuelle isolée, les conditions de la coordination peuvent être simplifiées d'un commun accord.

## Gérer durablement

### Ressources renouvelables

La charpente industrialisée utilise essentiellement du sapin et de l'épicéa provenant de la forêt européenne. Cette forêt est gérée durablement car les organismes privés ou publics, comme par exemple l'Office National des Forêts ([www.onf.fr](http://www.onf.fr)) en France, ont le souci de la conservation des espèces aussi bien végétales qu'animales. L'ensemble forme un écosystème équilibré que nos forestiers européens étudient et perpétuent en permanence.

De plus en plus de forêts sont suivies et certifiées par un organisme.

- Soit le PEFC ([www.pefc-france.org](http://www.pefc-france.org)) dont le but est de garantir aux utilisateurs et consommateurs que les produits en bois achetés proviennent de forêts suivies dans le cadre d'une certification de type ISO notamment ISO 14 000 pour l'impact sur l'environnement.
- Soit le FSC ([www.fsc.org](http://www.fsc.org)) plus connu dans le monde anglo-saxon et qui délivre une certification consistant à évaluer une gestion qui tienne compte de l'environnement et des impacts sociaux.

D'une manière générale la forêt européenne est vivante et se développe. L'occupation forestière ne cesse de croître en France depuis le début du XXième siècle. **Et ne pas utiliser le bois qu'elle produit serait un non sens écologique et économique.**

### Economie d'énergie et qualité environnementale

Le bois est principalement constitué de carbone et d'oxygène. En effet, sous l'effet de la photosynthèse le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) de l'air est absorbé par les feuilles pour fabriquer du bois. **Si l'on stocke 1 m<sup>3</sup> de bois, on prend 1 tonne de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.** Donc, construire en bois c'est participer à l'amélioration de l'air de la planète. Les charpentes fermettes qui peuvent durer des siècles, stockent le CO<sub>2</sub> pour longtemps.

De plus, le bois est peu gourmand en énergie pour sa transformation et en particulier la fermette qui ne nécessite que des outils de découpe et de pressage dont les besoins énergétiques sont très faibles (voir dans [fabriquer](#)).

Ses déchets sont récupérables pour des emplois variés :

- Fourniture d'énergie
- Litières d'animaux
- Fabrication de panneaux composites
- Etc.

Les vieilles charpentes sont réutilisables, soit en tant que matière première en les redécoupant, soit directement en les plaçant sur des constructions restaurées.

Enfin, et surtout, le bois est un très bon isolant thermique qui permet de limiter les consommations d'énergie en chauffage.

# Charpente traditionnelle

## Concevoir

### Le projet

Dans cette partie sont traités les points de conception suivants :

- Types de toiture
- Supports
- Ouvertures
- Cotes et spécifications

Concevoir un projet en [Charpente traditionnelle](#)

### Solutions

Découvrez les solutions de charpente fermette et charpente traditionnelle :

- Structures porteuses
- Choix des fermes
- Aménagements de combles
- Chevêtres de toiture
- Singularités
- Assemblages
- Contreventements

Solutions en [Charpente traditionnelle](#)

### Calculer

Dans cette partie sont données des indications pour le calcul des :

- Fermes
- Assemblages
- Contreventements

Calculer la [Charpente traditionnelle](#)

### Analyser

Dans cette partie sont traités les points suivants :

- Incidence sur l'architecture
- Classes d'emploi et de service

- Contraintes technique et pathologie

Analyser la [Charpente traditionnelle](#)

# Le projet - Charpente traditionnelle

## Les types de toiture

Tous les types de toitures sont réalisables avec la charpente traditionnelle. Seule la portée était autrefois une limite en fonction des arbres dont on disposait. Maintenant les bois lamellé collé ont rendu cette limite obsolète.

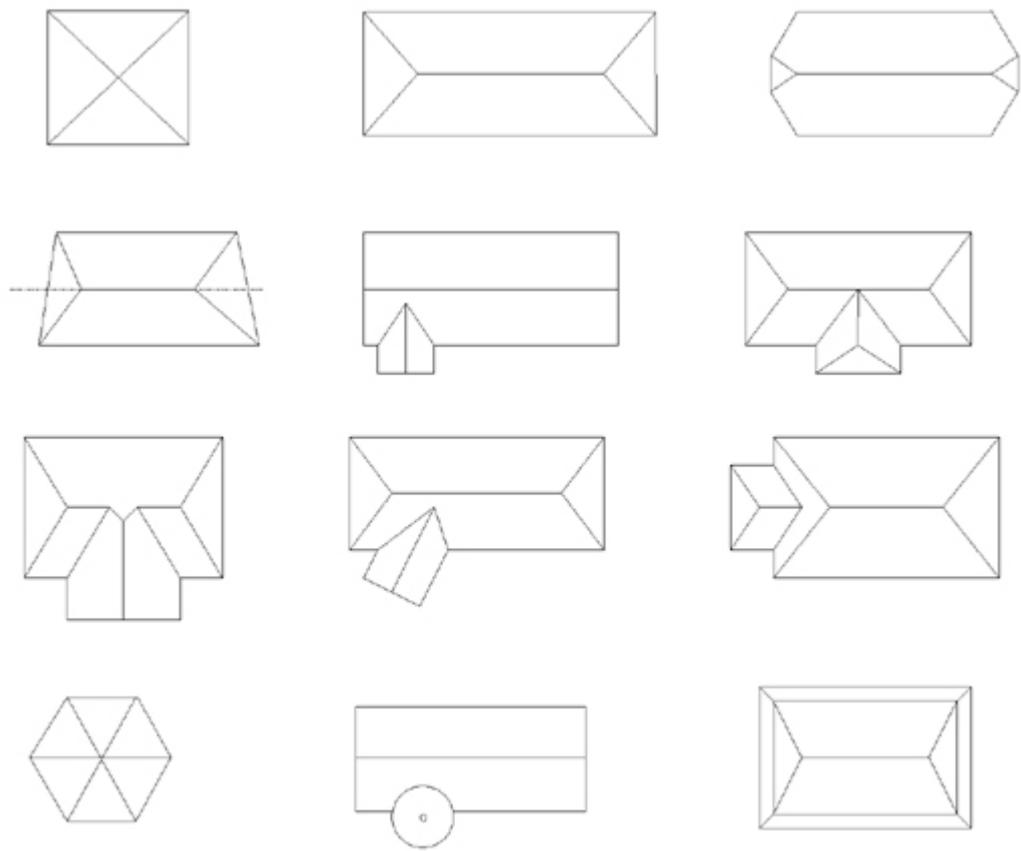
Nous ne considérons ici que les ouvrages de dimension restant en dessous de 20 m de portée. Au-delà c'est le domaine réservé de la "charpente lamellé collé" et d'un autre type d'atelier de fabrication.



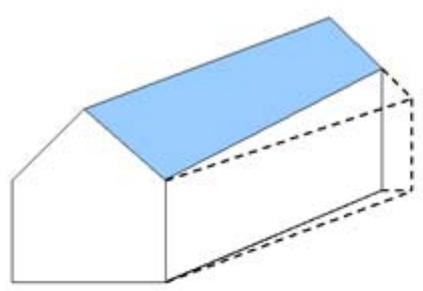
Notons cependant que la majorité des machines automatiques de taille ne sont prévues que pour usiner des formes droites, ou faiblement courbées sur une face, donc les bois "croches", autrement dit courbes, sont généralement taillés d'une manière manuelle ou semi manuelle.

Mais grâce aux progrès de l'informatique et du matériel de fabrication, la charpente traditionnelle est particulièrement compétitive pour des charpentes complexes ou devant rester apparentes.

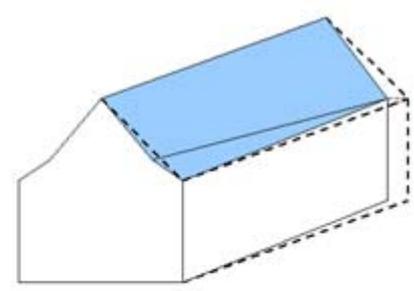
**Voici quelques exemples de toitures vues de dessus.**



La complexité d'un bâtiment n'est pas un obstacle pour la charpente traditionnelle, et les solutions sont souvent multiples.  
 Par exemple quand les façades opposées d'un bâtiment ne sont pas parallèles. On trouvera ci-dessous les différentes façons de résoudre le problème. Ces solutions combinées avec des pignons de biais permettent de faire une charpente sur un quadrilatère quelconque.



Le biais est récupéré avec une sablière en pente

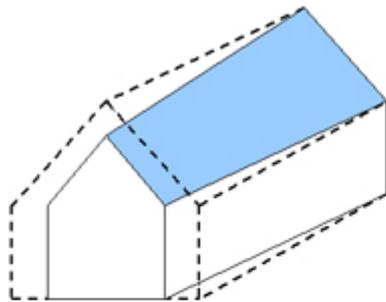


Le biais s'il n'est pas très important est récupéré avec un coyau

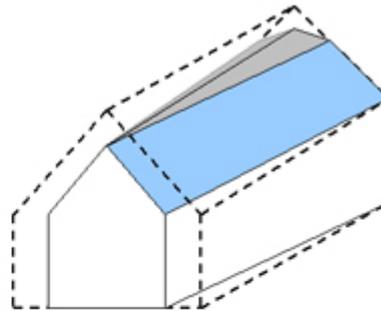


Vues en plan

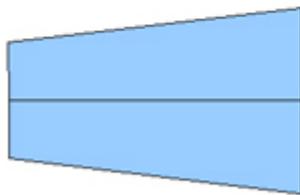




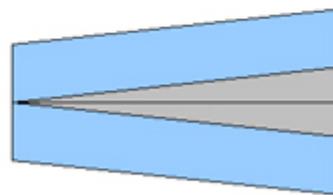
Le biais est récupéré avec un faitage en pente



Le biais est récupéré avec un terrasson



Vues en plan



## Les supports

- **Le gros œuvre**

Le gros œuvre et en particulier les murs peuvent être en béton, en bois ou en acier. Les côtes doivent être parfaitement définies avant l'étude de charpente car ce sont elles qui déterminent la géométrie avec les pentes de toiture. Il ne suffit pas de donner les côtes de la périphérie du bâtiment mais aussi les diagonales pour vérifier les angles des murs. Si le gros œuvre n'est pas certain de ses côtes (tolérance 1 cm), il sera parfois nécessaire de faire un relevé avant la fabrication.

- **Les poutres**

L'entraxe des fermes étant généralement de 4 mètres environ, il y aura une descente de charge importante en pied de ferme, donc il faudra éviter de les poser sur des poutres, notamment les linteaux de fenêtre. Si on ne peut pas faire autrement, il faudra que le charpentier indique au maçon la charge à reprendre.

- **Les poteaux**

Il sera quelquefois nécessaire d'ajouter un poteau en bois ou en béton ou plus rarement en acier pour assurer la stabilité de la structure. On les utilise généralement pour assurer une descente de charge.

- **Les portiques**

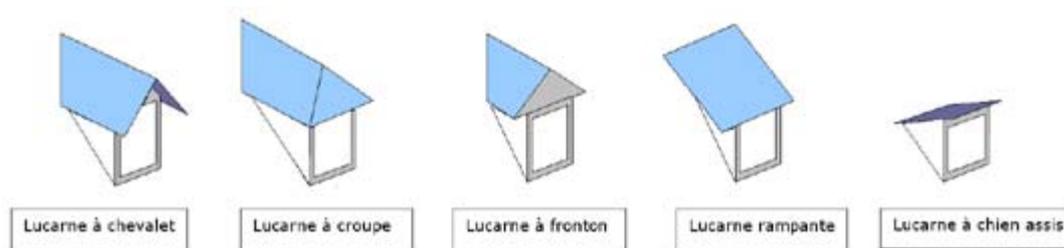
C'est la réunion de poteaux et de poutres. Ils sont couramment utilisés en charpente traditionnelle pour réaliser des hangars des halles ou des appentis.

## Les ouvertures

Rares sont les toitures qui ne sont pas percées.  
**Mais attention de ne pas couper des fermes, ou un arêtier.**

Dans une toiture, on trouve généralement :

- **Fenêtre de toiture** (vélux ou similaire)  
Il faudra, dans ce cas, indiquer les dimensions du fabricant.
- **Lucarnes et houteaux**  
Ces éléments ont une double fonction : éclairer le comble et décorer la toiture. Les solutions sont très nombreuses et on pourra consulter les ouvrages consacrés à ce sujet pour les adapter au style de la construction et aux particularités régionales. Les principaux types de lucarnes sont les suivants :



Outres les dimensions de la menuiserie, il faudra indiquer la nature et les dimensions du cadre support.

- **Puits de lumière**  
Les côtes extérieures devront être indiquées très précisément.
- **Cheminées**  
Elles devront être suffisamment éloignées des pièces de charpente et éventuellement dévoyées pour assurer la garde au feu (voir dans [solutions](#) les accidents de toiture). Il est donc nécessaire de connaître leurs positions avant de faire la répartition des fermes.

## Les côtes et spécifications

Les conditions d'une charpente bien réussie dépendent beaucoup de la précision des informations qui sont données au bureau d'étude du fabricant.

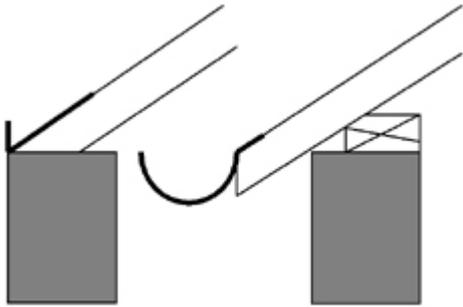
Le plan d'architecte doit compter au moins :

- Une vue de dessus
- Une vue des combles
- Une coupe sur chaque type de toiture ou de ferme
- Une vue de chaque façade
- Eventuellement, un détail des singularités (débords, porches, etc...)

Sur ces plans, on doit retrouver impérativement :

- Les cotations horizontales et altitude des murs, refends et si possible des diagonales (tolérance  $\pm 1$  cm) jusqu'au sous-sol pour les descentes de charges.

- La position des murs coupe-feu si nécessaire
- Les positions et dimensions des ouvertures :
  - Lucarnes,
  - Velux,
  - Cheminées, Escaliers,
  - Etc...



Le détail des débords de toit doit être particulièrement soigné car c'est lui qui va déterminer les points d'épure de la charpente. Par exemple la charpente n'est pas la même si on a une gouttière havraise ou une gouttière pendante. La dimension du comble peut être changée de 10 cm ou plus.

**Toutes les indications géométriques destinées au dessin de la charpente devront être complétées par les indications de charges permettant de calculer les sections de bois nécessaires à la stabilité de la charpente.**

- Type de couverture
- Lieu de construction (pour déterminer la zone climatique)
- Charges d'exploitations (privé ou recevant du public)
- Charges particulières
- Type de plancher

# Solutions - Charpente traditionnelle

## Structures porteuses

Il s'agit généralement des murs ; le technicien commence par les dessiner car ce sont eux qui vont servir de base à la réalisation de la charpente. Les dimensions doivent être parfaitement définies (voir dans [concevoir / le projet](#)) pour la bonne réalisation de la charpente.

Une fois le dessin des murs établi, le maçon devra respecter rigoureusement les côtes (tolérance  $\pm 1$  cm).

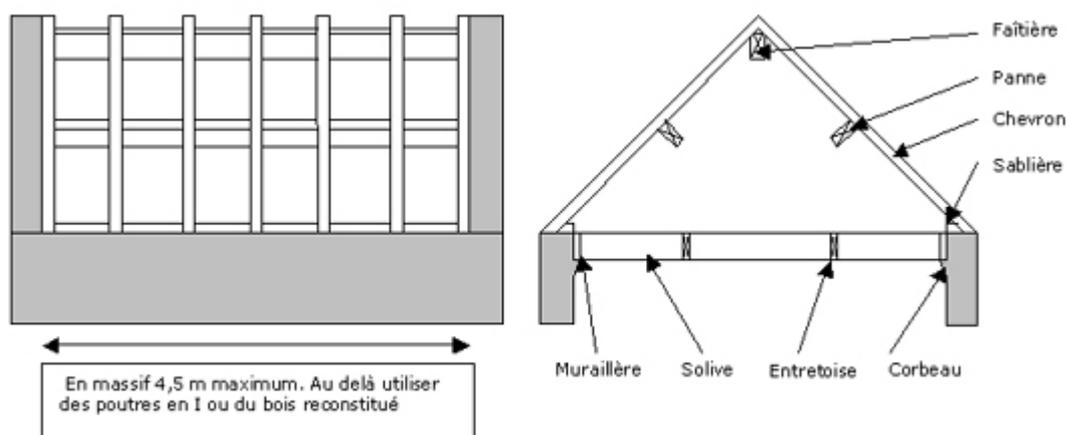
## Le choix des fermes et les pièces passantes

Une charpente traditionnelle est constituée généralement d'une superposition à l'équerre de plusieurs pièces :

- La ferme qui est la structure porteuse
- Les pannes qui s'appuient sur la ferme
- Les chevrons ou empannons qui sont cloués sur les pannes
- Les liteaux ou voliges pour le support de couverture

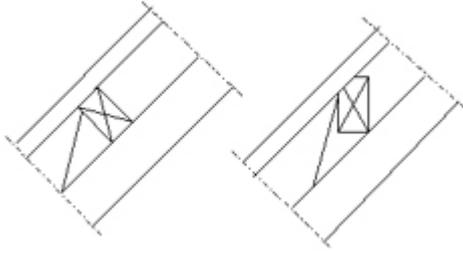
Aux quels il faut ajouter les solivages

### Les pièces passantes et solives



Ce sont les pièces droites qui s'appuient sur les fermes. Dans le cas de charpente très simple il peut n'y avoir que des pièces passantes comme dans l'exemple ci-contre ou la charpente s'appuie uniquement sur des pignons en maçonnerie. Cette solution peut s'avérer intéressante pour des petits ouvrages par exemple des garages mais est coûteuse pour des maisons ou des bâtiments.

### Les pannes



Elles sont posées soit verticalement, soit plus généralement perpendiculaires à l'arbalétrier de la ferme.

Si elles sont en sapin on choisira une section rectangulaire. Pour une portée entre ferme de 4 m et un espacement de 1,80 m environ on utilisera souvent une section commerciale de 75 x 225 mm. Plus rarement on utilise des pannes en chêne de section carrée 150 x 150 mm.

Dans tous les cas les pannes devront être calculées soigneusement car c'est souvent un point faible de la charpente traditionnelle.

### **La sablière**

C'est une panne généralement de plus faible section que l'on vient sceller sur le chaînage de la maçonnerie. Bien que cela ne soit pas conseillé on la voit quelquefois appuyée sur l'entrait de la ferme.

### **La faîtière**

C'est une panne qui se trouve au sommet de la toiture. Elle est délardée sur deux côtés pour tenir compte des deux versants de la toiture

### **Les chevrons**

Ils sont toujours présent sur une charpente traditionnelle .ils servent de support à la couverture et sont posés dans le sens de la pente ; ils sont posés parallèlement avec un écartement compris entre 40 et 60 cm en fonction de la charge sur la toiture et de la section des liteaux de couverture. Ils sont cloués sur les pannes, en tête sur la faîtière et en rive sur la sablière

### **Les empanons**

Ce sont des chevrons avec une coupe biaisée pour s'appuyer sur une noue ou un arêtier

### **Les solivages**

Ce ne sont pas des pièces passantes à proprement parler Ce sont des pièces droites et horizontales généralement sur deux appuis .Elles ont pour fonction le support d'un plancher, d'un plafond ou les deux à la fois. Pour éviter le déversement il faut les entretoiser, sauf si la portée est faible. Elles s'appuient sur de la maçonnerie, des poutres ou des fermes ,mais dans ce dernier cas pour porter un plafond

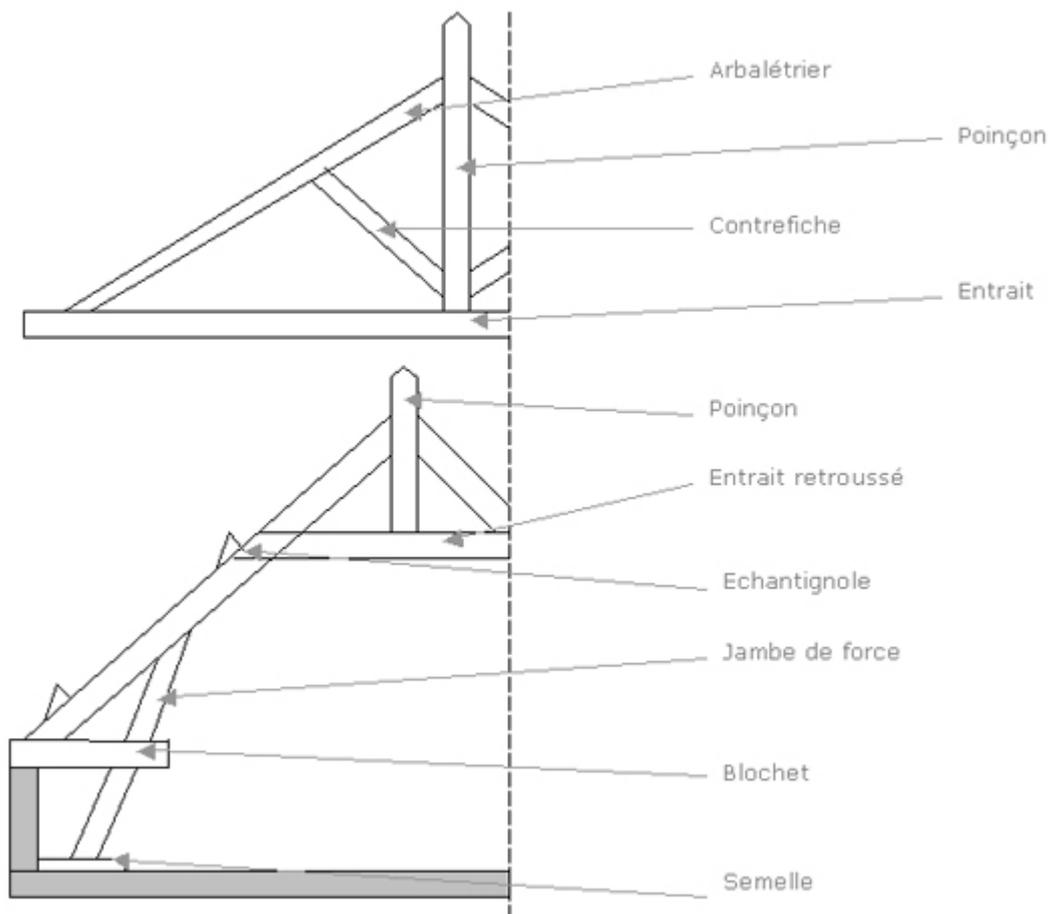
## Les fermes

La structure porteuse et les indications données par le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage (voir dans [concevoir / le projet](#)) vont conduire à un choix de fermes parmi les nombreuses solutions possibles.

On distingue :

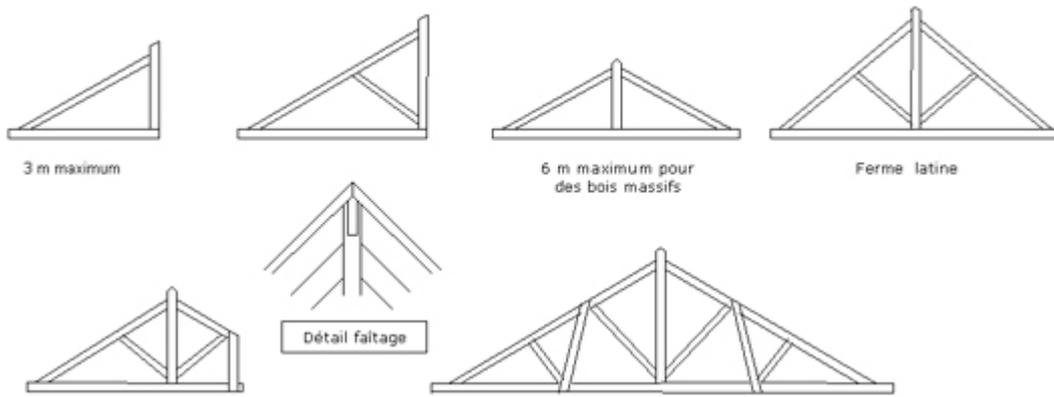
- Fermes combles perdus
- Fermes combles habitables
- Fermes boiteuses
- Fermes d'arêtières ou de noues
- Portiques

Les principales pièces d'une ferme sont les suivantes :



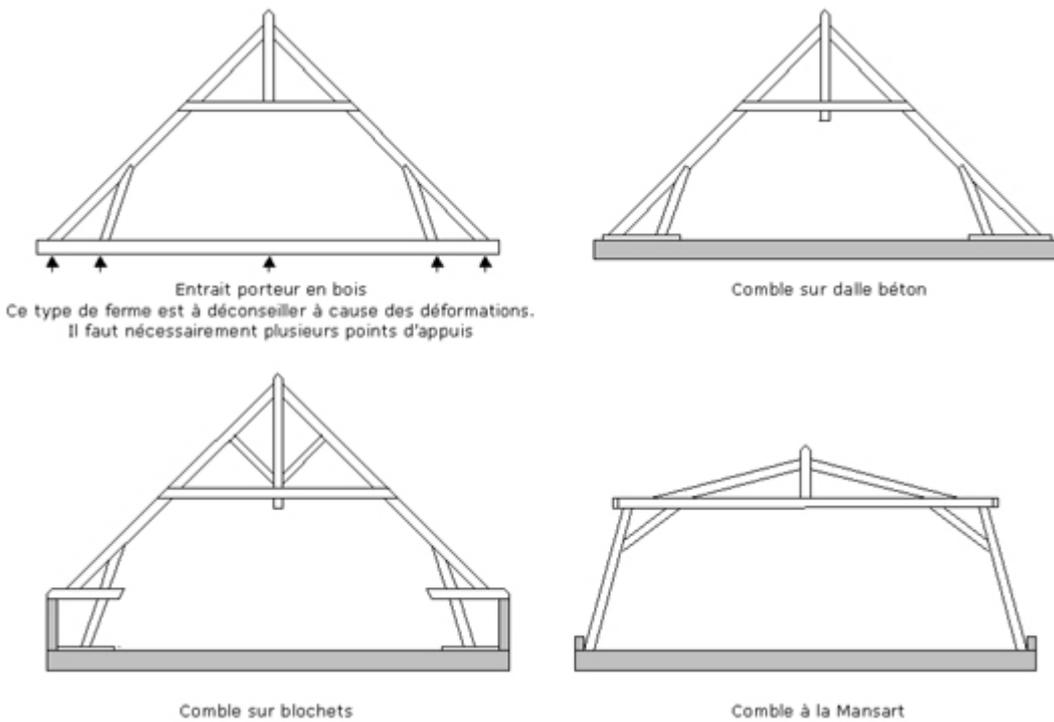
Les croquis ci-dessous ne sont pas limitatifs et ne servent qu'à illustrer les différentes catégories de fermes.

### 1. Les fermes combles perdus

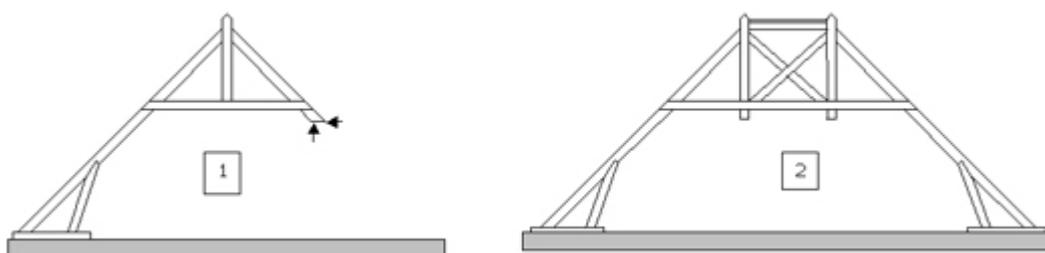


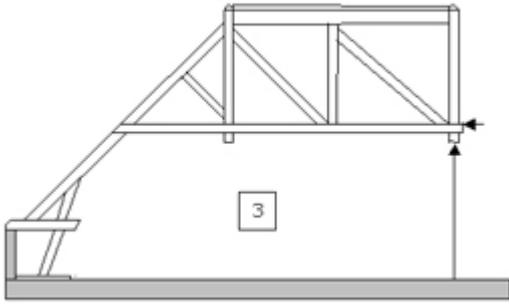
Pour ce type de charpente il faudra toujours vérifier par le calcul qu'il n'y a pas renversement de charges sous certaines conditions. Si c'est le cas il peut être nécessaire de renforcer des assemblages avec des ferrures.

## 2. Les fermes combles habitables



## 3. Les fermes boiteuses

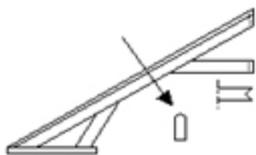
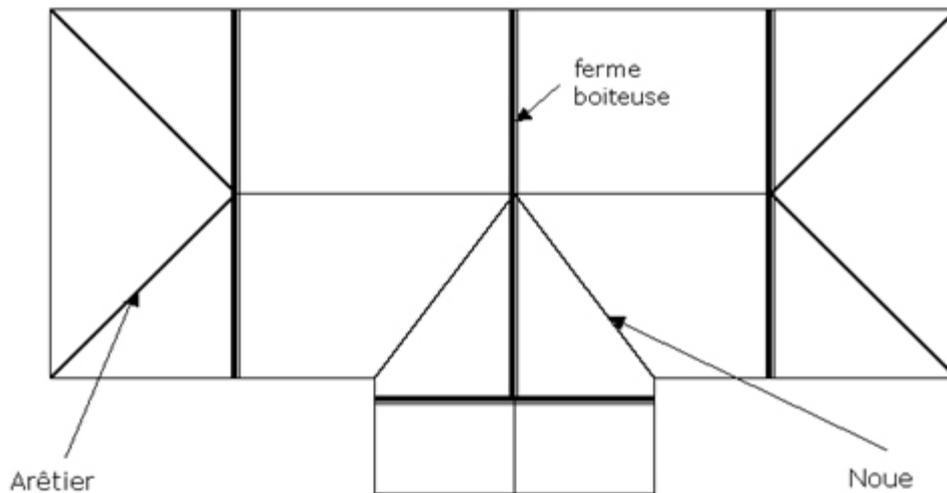




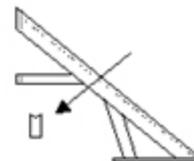
Ces fermes sont très utiles dans le cas de formes de toiture complexes :

1. Utilisé dans le cas de ferme tronquée, attention a la poussée horizontale
2. Très utile dans certains cas, notamment s'il y a un terrassons
3. Indispensable dans le cas comble avec retour habitable. Elle s'appuie généralement sur une autre ferme ou un mur en maçonnerie.

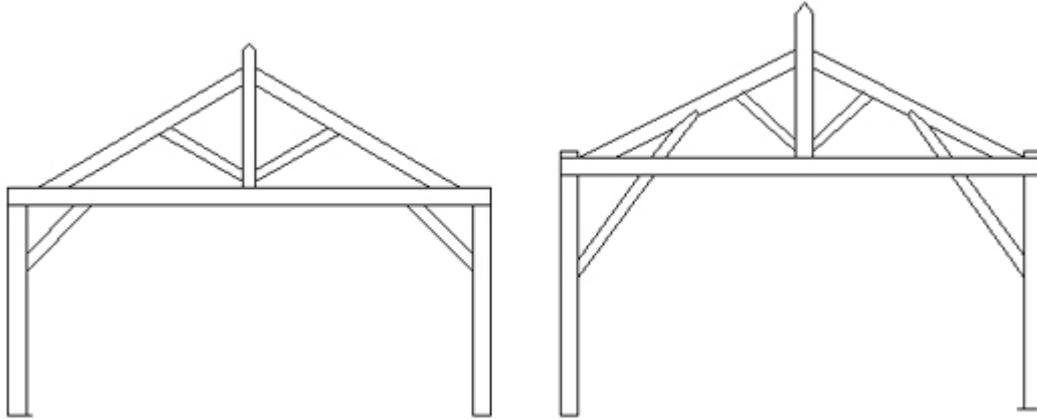
#### 4. Fermes d'arêtier ou de noue



L'arêtier et la noue sont alignés sur le dessus des chevrons. C'est pour cela qu'il est nécessaire de les délayer sur la face supérieure. Ils viennent se positionner sur l'angle du poinçon



#### 5. Portiques



La portée pour des bois massif doit rester inférieure à 10 mètres.

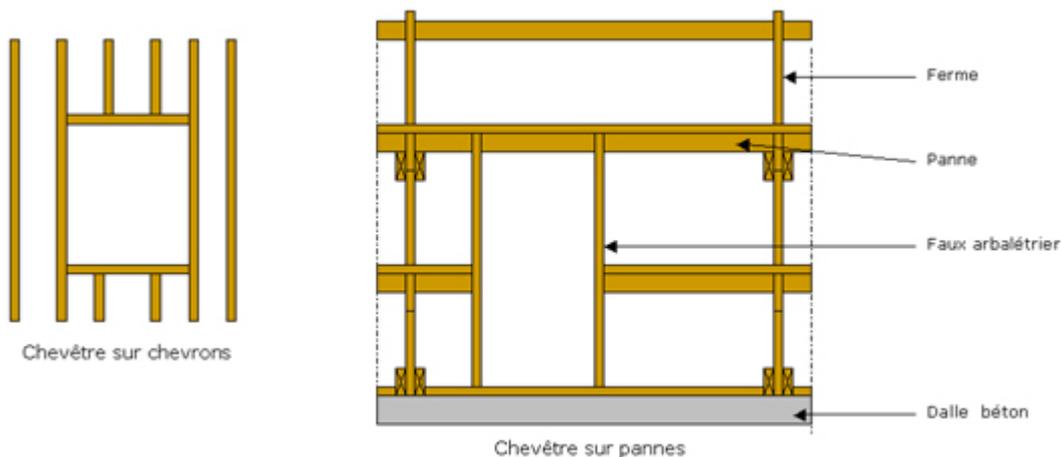
## Les aménagements de combles

Avec les fermes combles aménageables sur dalle (voir plus haut le «choix des fermes»), il est très facile d'aménager des combles confortables mais il y a quelques points à examiner par le concepteur.

1. La surface habitable, c'est-à-dire supérieure à 1.80 m, lorsque le comble est aménagé, est généralement surestimée car on ne tient pas compte des épaisseurs de l'isolation
2. Il faut tenir compte éventuellement de l'épaisseur de la chape ou d'un revêtement de sol épais.
3. Si l'isolation se pose sous les chevrons il faudra mettre un contre lattage en bois ou en métal pour obtenir une épaisseur suffisant.
4. Les pieds de ferme ont généralement un encombrement de un mètre environ il faudra en tenir compte pour les aménagements des pièces et notamment la salle de bain.
5. Dans certains cas il peut être nécessaire de poser une panne gênante pour la circulation, dans ce cas consulter le charpentier.

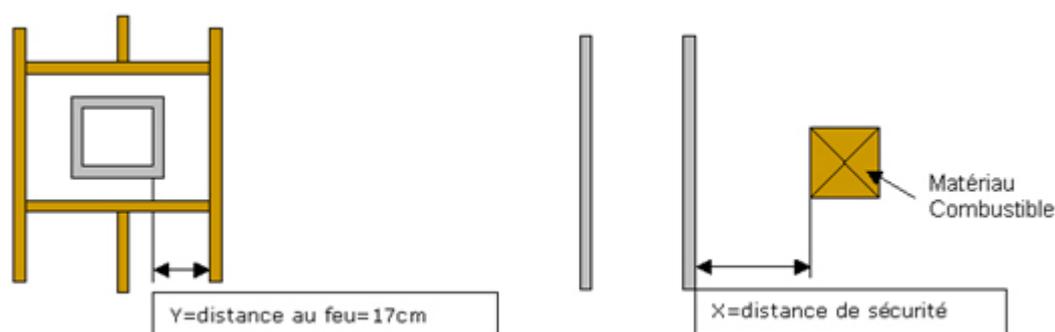
## Les chevêtres de toiture

Il n'est pas possible de couper des fermes pour faire passer une cheminée ou un escalier; ni pour dégager une ouverture de fenêtre. La seule solution est de la déplacer ce qui peut entraîner une modification plus ou moins importante de la charpente. Donc il faudra que tous ces éléments soient positionnés au moment de la conception de la charpente.



Pour les pannes et chevrons, il sera par contre très facile de faire un chevêtre pour créer un passage ou une ouverture .comme on peut le constater sur les deux schéma ci-dessus.

Pendant longtemps on a défini la distance au feu; maintenant, pour les conduits de fumée, on définit la distance de sécurité.



La distance de sécurité est définie dans la norme P 51-201 (DTU 24-1) de février 2006 en fonction de la classe de température et de la résistance thermique. X varie de 2 cm à 10 cm pour les conduits maçonnés et de 2 à 15 cm pour les conduits métalliques. L'ancienne règle donnant 17 cm de distance au feu (intérieur du conduit) est pratiquement toujours suffisante.

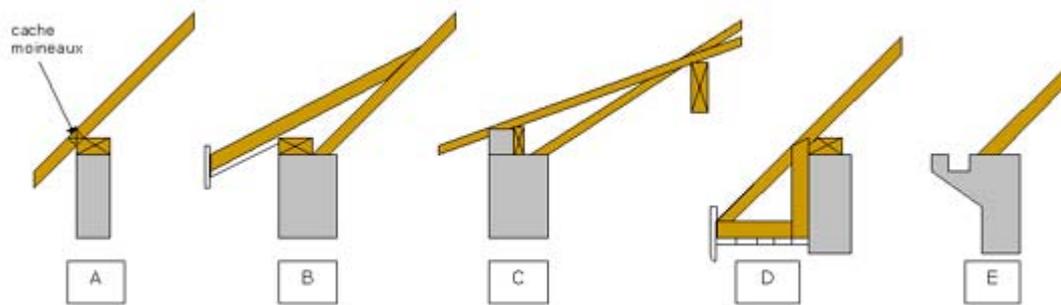
## Les singularités

Ici on va examiner les saillies en façades et les rives en pignons.

### 1. Les saillies

Leur fonction est de protéger le haut de la maçonnerie contre la pluie, et si elles sont de grande dimension elles peuvent protéger des menuiseries ou un balcon, mais elles sont surtout créées en fonction de l'architecture régionale .Lorsque il n'y a pas de saillie la finition est généralement faite en maçonnerie ou un simple bandeau.

Il faut toujours donner une description précise de la saillie car elle a une influence sur l'épure de la charpente.



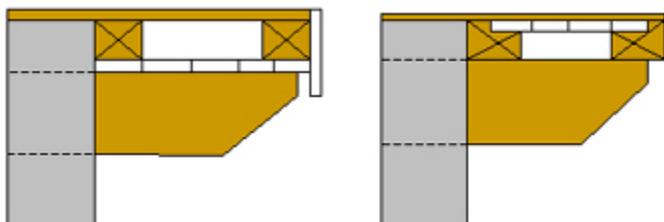
- a) Débord avec chevrons apparents et cache moineaux ou mortier de remplissage
- b) Débords avec chevron apparent et coyau
- c) Débord avec coyau important
- d) Débords avec caisson
- e) Sans débord avec corniche

## 2. Les rives

Elles ont une fonction de protection du pignon contre la pluie et les salissures mais leur rôle est aussi esthétique et dépend beaucoup de l'architecture locale. Il est nécessaire de se renseigner .au près des services de la préfecture.

On distingue les pignons avec ou sans rives en débordement :

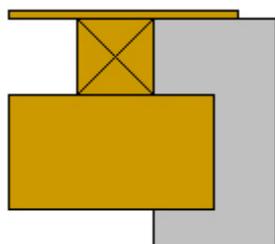
### A. Les rives avec débordement



L'habillage se fait sur les chevrons extérieurs qui eux même sont posés sur les pannes

L'embout des pannes peut être plus ou moins travaillé et nous verrons au chapitre "[usiner](#)" les profils qui sont réalisables avec les machines les plus courantes. Il est conseillé de ventiler le caisson.

### B. Les rives sans débordement

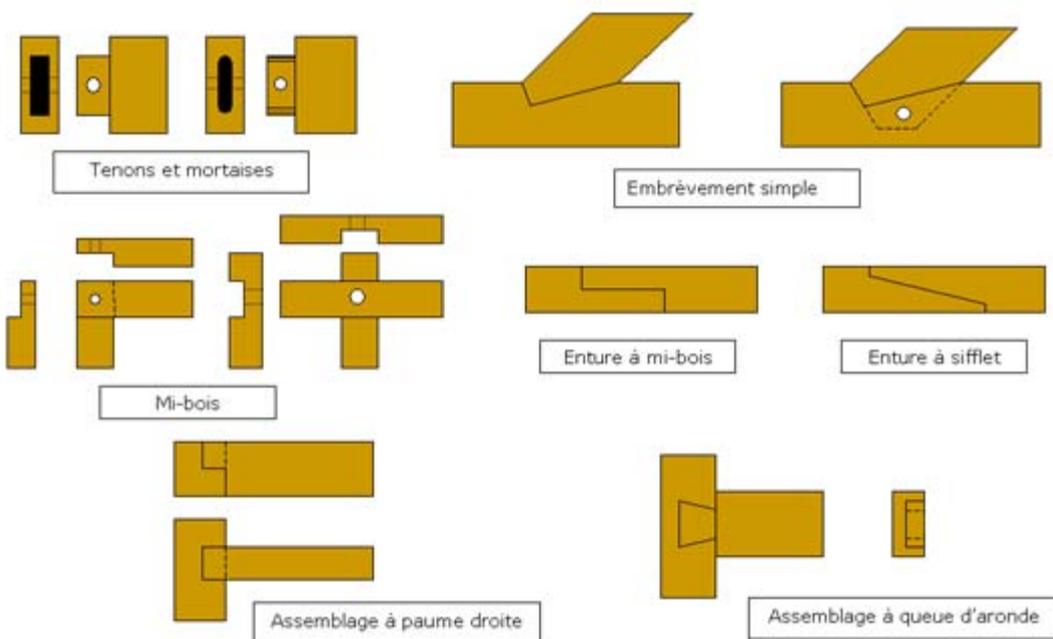


Dans ce cas le chevron vient se poser contre la maçonnerie et la rive est réalisée selon les régions avec une tuile à rabat, avec une finition au mortier, ou un acrotère.

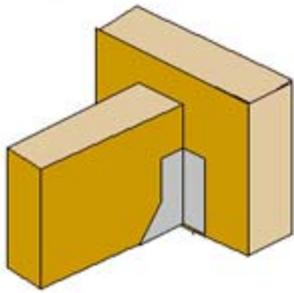
# Les assemblages

## Les assemblages bois sur bois

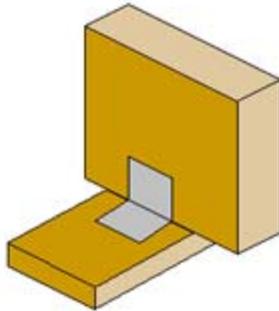
Ce sont les assemblages traditionnels par excellence. Ils sont généralement liés par une cheville en bois dur qui ne doit en aucun cas être prise en compte dans le calcul de résistance mécanique de l'assemblage. Si nécessaire ils peuvent être complétés par des pointes, des boulons ou une ferrure. Il existe une très grande variété de ce type d'assemblage certains très sophistiqués nous ne présentons ici que les plus courants.



## Les assemblages utilisant des pièces métalliques



Etrier



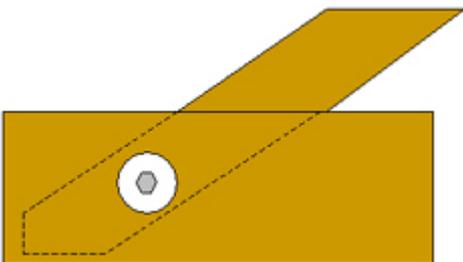
Equerre

tous les cas de figure.

Il en existe un grand nombre pour s'adapter à

Consultez la liste des fabricants d'accessoires et leurs catalogues.

## Les assemblages cloués ou boulonnés



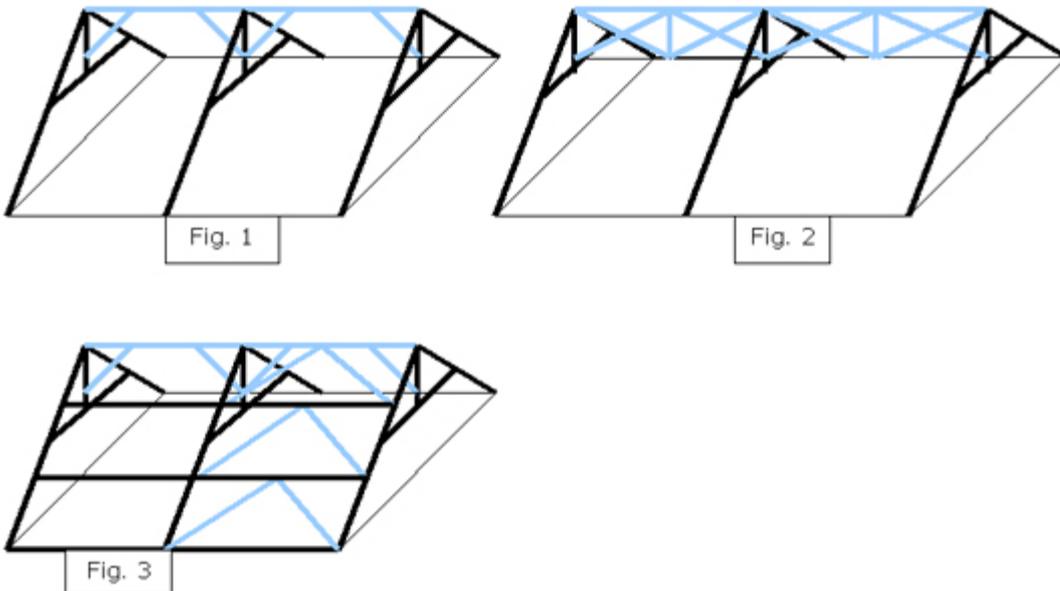
Ces assemblages sont utilisés en particulier pour les pièces moisées. Ils sont indispensables pour reprendre les efforts de traction. Leur mise en œuvre doit être conforme à l'eurocode 5. Voir dans [mettre en œuvre / assembler](#) puis "mise en œuvre des liaisons"

Les organes d'assemblages métalliques doivent si nécessaire être protégés contre la corrosion. Voir dans [concevoir / analyser](#) puis "classes de services".

## Les contreventements

En charpente traditionnelle il faut mettre en place les contreventements de stabilité pour éviter un renversement et un dispositif pour éviter le flambage des pannes. Le flambage des fermes n'est à considérer que pour la charpente boulonnée de grande dimension.

## 1. Le contreventement de stabilité

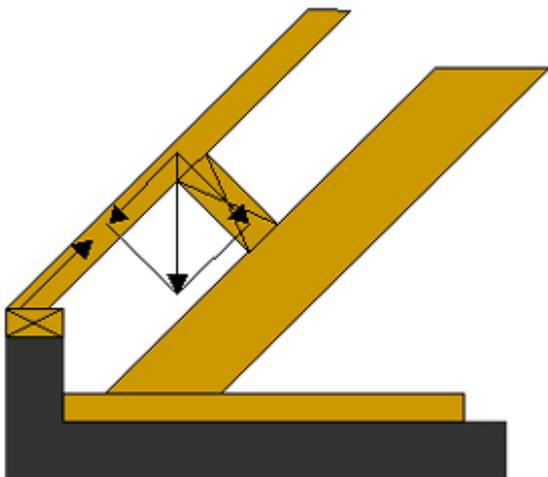


Généralement les liens de faîtage (fig. 1) sont suffisants pour assurer la stabilité compte tenu du système tridimensionnel que constitue une charpente traditionnelle complète. Cependant dans de grandes charpentes ces liens de faîtage sont insuffisants, ils sont remplacés par une poutre dans le plan des poinçons (fig. 2). Vous pouvez observer sur de vieilles charpentes que ces éléments fonctionnels étaient souvent utilisés comme éléments décoratifs.

Une autre solution très efficace et économique consiste à mettre les antiflambages de pannes en K sur la totalité d'une travée (fig. 3), notamment lorsque le bâtiment est grand ou sur les charpentes avec portique. Pour qu'ils soient efficaces il faut alors les mettre sur des boîtiers dans l'épaisseur des arbalétriers.

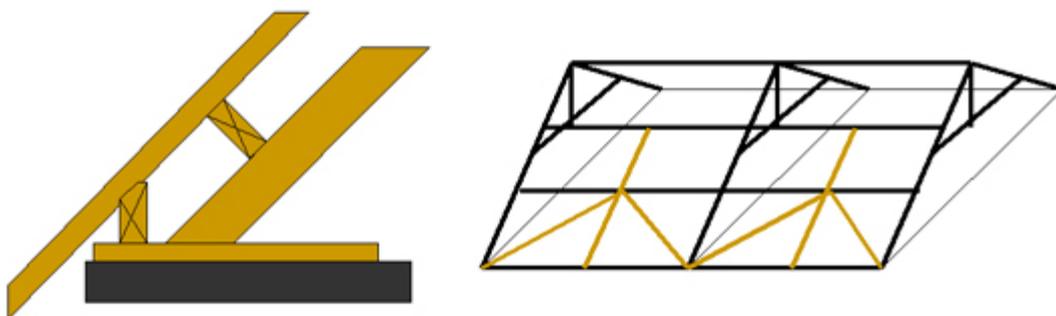
## 2. Les anti fléchissements de pannes

Les pannes sont généralement le point faible d'une charpente traditionnelle, voir "contraintes techniques et pathologie". Il convient de surveiller particulièrement les risques de flexion, voir dans [calculer](#).



Comme on peut le voir ci-contre ce sont généralement les chevons qui sont chargés de reprendre les efforts dans le sens de la pente du toit, à condition que

ceux-ci soient bien fixés sur une sablière rigide, elle-même fixée sur un chaînage convenablement armé.



Mais dans le cas ci-dessus, la sablière ne peut pas reprendre les efforts qui descendent dans les chevrons, et dans ce cas, un anti-fléchissement s'impose.

Les charges dans le plan de la toiture devront être reprises par une triangulation comme sur le plan ci-joint. Les efforts sont renvoyés sur les entrants de ferme, soit par un clouage soigné, soit une ferrure.

Si les pannes sont posées verticalement le dispositif n'est pas nécessaire, mais d'autres problèmes peuvent apparaître, notamment si on fixe solidement les chevrons au chaînage, voir "contraintes techniques et pathologie".

## Calculer - Charpente traditionnelle

### Les pièces passantes

En charpente traditionnelle il faut porter une attention toute particulière au calcul des pannes et des chevrons.

Le calcul est en principe très simple puisqu'il s'agit de pièces rectangulaires sur 2 ou 3 appuis (tenir compte du déversement éventuel) mais les règlementations de l'Eurocode ont rendu plus complexe les vérifications puisqu'il faut maintenant faire le calcul sur les charges combinant :

- Les charges permanentes : couverture, plafond,...
- Les charges temporaires : la neige, le vent,...
- Les charges d'exploitation

On imagine aisément que le recours à la puissance de calcul des ordinateurs est devenu indispensable. Il existe de nombreux logiciels sur le marché simples d'utilisation qui permettent de calculer rapidement les sections.

Pour ceux qui voudraient approfondir la question, ils peuvent se reporter à l'Eurocode 5 et les règlements Neige et Vents.

Pour les différentes valeurs attribuées aux caractéristiques mécaniques du bois, voir dans [fabriquer / préparer](#) puis "matériaux".

Dans l'Eurocode 5, la flèche limite  $w_{inst,Q} = 1/300e$  de la portée

Les calculs étant faits, les réactions aux appuis donneront les descentes de charges à communiquer aux autres corps d'état et notamment les maçons.

## Les fermes

Un bon charpentier est capable de donner les sections des fermes sans les calculer : par tradition c'est ainsi que nos anciens ont procédé pendant des siècles. Cela a donné de beaux résultats si on considère nos châteaux, néanmoins les échecs ont été oubliés. Le principe de précaution, impératif au niveau de la sécurité, conduit souvent les charpentiers traditionnels à fournir maintenant des notes de calcul.

Le risque vient des assemblages qui diminuent les sections des pièces de bois de la ferme et dont on ne connaît généralement pas les glissements.

Il conviendra d'apporter une attention particulière sur les grandes fermes et les fermes non triangulées sous charges dissymétriques, (voir "contraintes technique et pathologies")  
Les logiciels utilisés actuellement sont approximatifs notamment sur le glissement des assemblages. Mais généralement les sections sont largement calculées pour des raisons esthétiques. Pour tout renseignement sur ce sujet consulter le SCIBO.

Les calculs étant faits, les réactions aux appuis donneront les descentes de charges à communiquer aux autres corps d'état et notamment les maçons.

Pour les différentes valeurs attribuées aux caractéristiques mécaniques du bois, voir dans [fabriquer / préparer](#) puis "matériaux".

## Les assemblages

L'ensemble doit être maintenant calculé selon l'Eurocode 5

Pour les assemblages bois sur bois le calcul est en général assez simple dans la mesure où il ne faut tenir compte que de la compression et du cisaillement. Pendant longtemps les charpentiers ont utilisé le CB 71 qui a donné de bons résultats.

Pour les assemblages utilisant les pièces métalliques, les clous et les boulons il est conseillé de se reporter aux documentations des fournisseurs.

## Les contreventements

Il n'y a pas de règles spécifiques sur ce sujet en charpente traditionnelle. Le calcul des contreventements doit se faire selon les règles de l'Eurocode.

# Analyser - Charpente traditionnelle

## Incidence sur l'architecture

L'atout essentiel de la charpente traditionnelle est son esthétique. On l'utilisera donc pour toute charpente apparente intérieure ou extérieure. Son autre avantage est sa résistance au feu du fait de l'utilisation de grosses pièces de bois.

Par contre, il faut savoir que la charpente traditionnelle utilise entre 50 % et 100% de cube de bois en plus pour une même toiture. Elle était aussi gourmande en temps de main d'œuvre mais les machines de taille ont permis de faire une économie substantielle sur les heures de taille en atelier.

Sur le chantier, là aussi, la pose d'une charpente traditionnelle est généralement plus longue sauf pour des toitures très complexes où les temps peuvent être équivalents à ceux d'une charpente fermette. Point positif néanmoins, il est plus aisé de faire un plan de toiture parfaitement droit avec une charpente traditionnelle qu'avec de la fermette.

En résumé, si l'on cherche à faire une charpente économique, même compliquée mais non apparente, la supériorité de la fermette est incontestable. Si l'on cherche à faire une charpente décorative, il vaut mieux chercher du côté de la charpente traditionnelle.

## Classes d'emploi et classes de service

Il faut distinguer les **classes d'emplois** pour estimer les risques biologiques en fonction de l'exposition à l'humidité de la structure en situation d'emploi :

- **Classe d'emploi 1**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est sous abri, entièrement protégé des intempéries et non exposé à l'humidification.
- **Classe d'emploi 2**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est sous abri et entièrement protégé des intempéries mais où une humidité ambiante élevée peut conduire à une humidification occasionnelle mais non persistante.

- **Classe d'emploi 3**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois n'est ni abrité, ni en contact avec le sol. Il est soit continuellement exposé aux intempéries, soit à l'abri des intempéries, mais soumis à une humidification fréquente.
- **Classe d'emploi 4**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est en contact avec le sol ou de l'eau douce et est ainsi exposé en permanence à l'humidification.
- **Classe d'emploi 5**  
Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est en permanence exposé à l'eau salée.

Et les **classes de service** servant au dimensionnement de la structure à cause des risques de fluage provoqués par l'humidité ambiante

- **Classe de service 1**  
Classe de service caractérisé par une teneur en humidité dans les matériaux, qui correspond à une température de 20 °C et une humidité relative ambiante ne dépassant 65 % que quelques semaines par an.
- **Classe de service 2**  
Classe de service caractérisé par une teneur en humidité dans les matériaux, qui correspond à une température de 20 °C et une humidité relative ambiante ne dépassant 85 % que quelques semaines par an.
- **Classe de service 3**  
Classe de service caractérisé par des conditions climatiques conduisant à des taux d'humidité plus élevés qu'en classe de service 2.

Une charpente se trouve normalement en classe d'emploi 2. Le traitement des charpentes traditionnelles, se donc fera par trempage, mais après usinage pour ne pas enlever la protection périphérique et pour traiter les assemblages.

Il arrive fréquemment que des éléments de charpente traditionnelle se trouvent en classe 3. Il faudra alors utiliser un traitement plus pénétrant ou un bois naturellement résistant. Par exemple du chêne ou de l'iroko pour des porches ou abris. Il sera alors utile de consulter le mémento "Durabilité des ouvrages en bois" édité conjointement par la FIBC et FCBA ex-CTBA).

## Protection des ferrures en fonction des classes de service

SPECIFICATION MINIMALES POUR LA PROTECTION CONRE LA CORROSION DES ORGANES D'ASSEMBLAGES EN FONCTION DES CLASSES DE SERVICE				
Organe d'assemblage	Classe de Service 1	Classe de Service 2	Classe de service 3	
			Ambiance humide courante	Ambiance humide agressive
Pointes, broches, vis	Aucune	Fe/Zn 12 c	Fe/Zn 25 c ou Solution inoxydable	Fe/Zn 40 c Galvanisation à chaud Acier inoxydable
Boulons	Aucune	Fe/Zn 12 c	Fe/Zn 25 c ou Solution inoxydable	Fe/Zn 40 c Galvanisation à chaud Acier inoxydable
Epaisseur de métal inférieur ou égal à 3mm	Fe/Zn 12 c	Fe/Zn 12 c	Acier inoxydable A2	Fe/Zn 40 c Galvanisation à chaud Acier inoxydable
Epaisseur de métal inférieur à 5mm et supérieur 3mm	Aucune	Fe/Zn 12 c	Fe/Zn 25 c	Fe/Zn 40 c Galvanisation à chaud Acier inoxydable
Epaisseur de métal supérieur ou égal à 5mm	Aucune	Protection minimale au moyen d'un primaire	Fe/Zn 25 c	Fe/Zn 40 c Galvanisation à chaud Acier inoxydable

Si un revêtement par galvanisation à chaud est utilisé Fe/Zn 12 c doit être, en général, remplacé par Z275 et Fe/Zn 25 c par Z350

## Contraintes techniques et pathologie

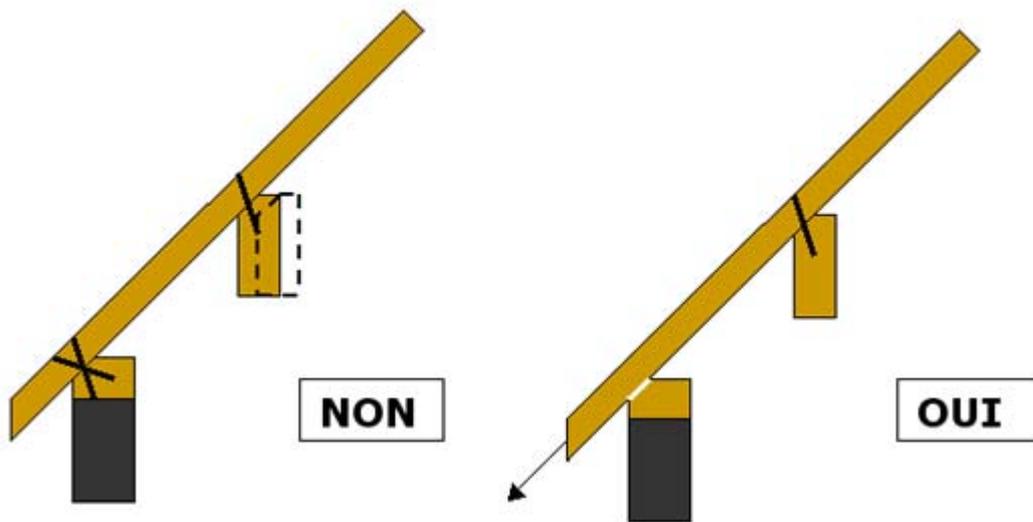
On peut constater en regardant les vieilles charpentes traditionnelles que ce mode de construction des toitures est particulièrement résistant. Il traverse sans problème les siècles à conditions qu'il n'y ait pas de problème de conception au départ.

Nous allons examiner les principales erreurs à éviter.

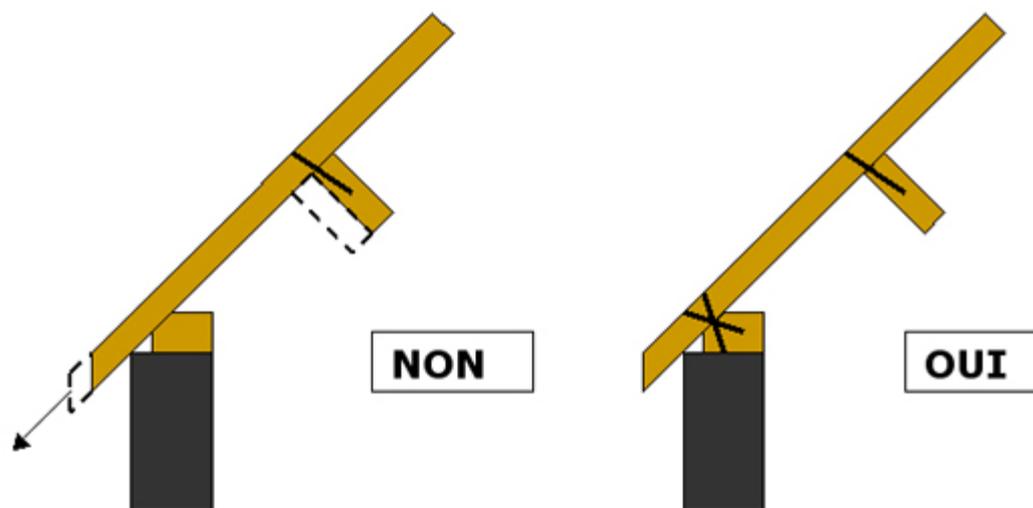
### 1. Les pannes

La flexion excessive des pannes (au-delà de 1/300 ième de la portée) est la principale origine des déformations sur les charpentes traditionnelles.

- Cela peut être une erreur ou une absence de calcul. En effet dans un souci de diminuer le nombre de fermes pour des raisons d'aménagement ou d'économie certains peuvent avoir la tentation d'augmenter exagérément les portées
- L'humidité est aussi à l'origine de nombreuses déformations car les pannes sont généralement les seules pièces qui travaillent au maximum de la tolérance acceptable et comme l'humidité est rarement prise en compte on peut avoir des déformations plus importantes que celles obtenues avec un calcul simple pour un bois à 18 %.
- Le clouage des chevrons a une incidence directe sur la déformation des pannes.



Si les pannes sont montées "aplomb" il faut que les chevrons soient libres de glisser en rive sous l'action des charges verticales. Si les chevrons étaient bloqués, ne pouvant glisser en rive, les pannes subiraient une flexion déviée dans le sens horizontal. Le montage aplomb se rencontre surtout sur les faibles pentes.

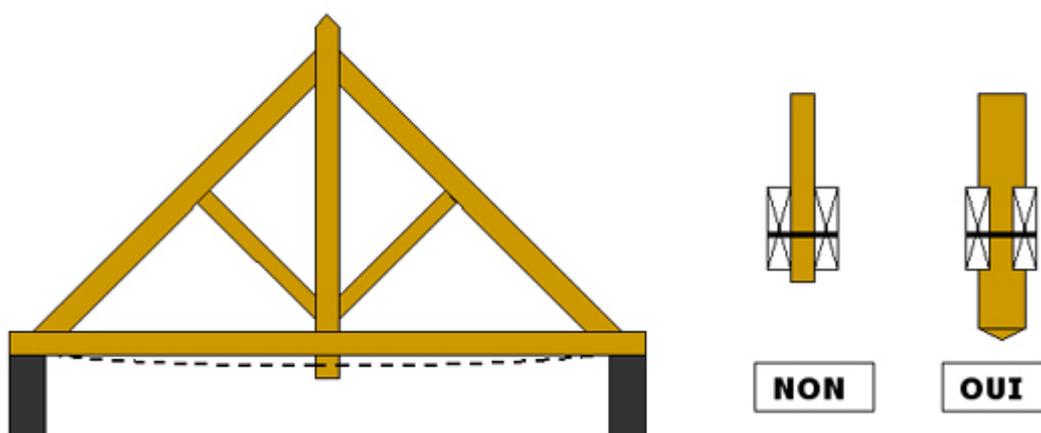


Si les pannes sont montées "à dévers", les chevrons devront être "bloqués" sur la sablière pour ne pas glisser en rive sous l'action des charges verticales, si les chevrons étaient libres de glisser les pannes subiraient une flexion déviée d'autant plus importante que la pente est forte.

Il est possible d'empêcher le déversement par un dispositif d'antiflambement (voir dans [mettre en œuvre / contreventer](#) puis "antiflambement").

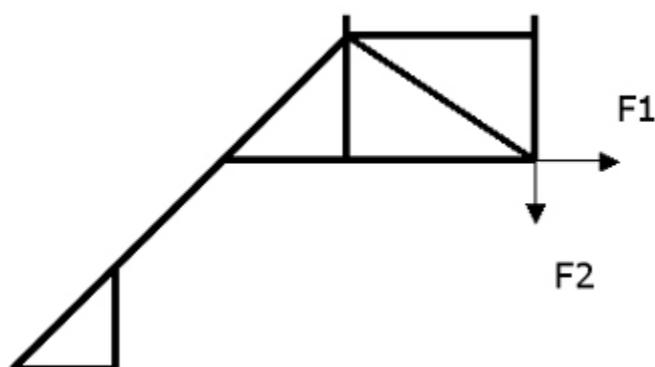
Attention le clouage peut être insuffisant, il faut alors un système de reprise plus efficace (cornière métallique, tire-fond, etc.).

## 2. Chevilles travaillant en traction



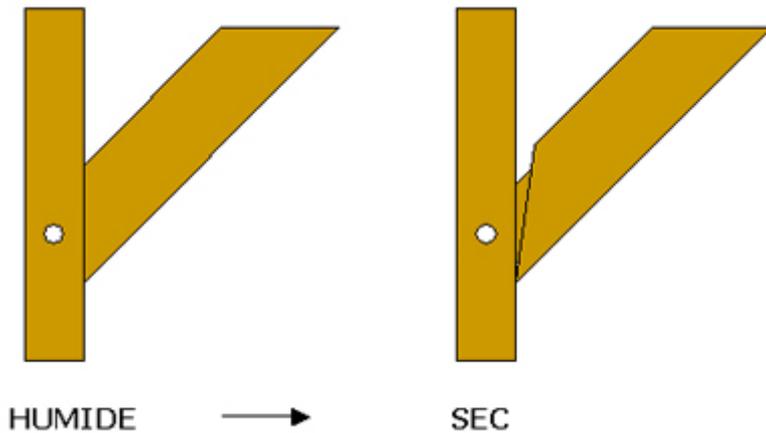
Sur la charpente ci-dessus, si on a un plafond lourd ou une charge sur l'entrait la cheville ne retiendra pas la flexion. Il faudra soit mettre une moise sur le poinçon entaillé a mi-bois, soit une ferrure.

## 3. Fermes boiteuses



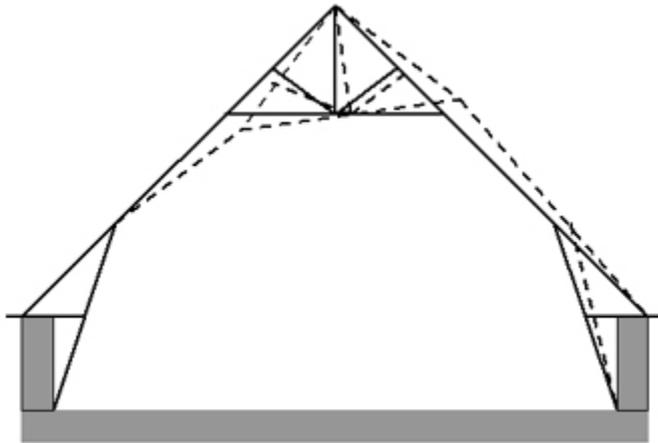
Toute ferme boiteuse engendre une poussée horizontale qu'il est nécessaire de reprendre. Soit dans les structures de la charpente sur laquelle elle s'appuie soit sur la maçonnerie. Dans ce dernier cas cette poussée devra être calculée et communiquée au maçon.

#### 4. Incidence du séchage sur les assemblages



Pour les bois le retrait transversal étant beaucoup plus important que le retrait longitudinal, si on utilise du bois humide, on aura l'aspect ci-contre après le séchage en place de l'assemblage.

#### 5. Relâchement des assemblages



Les assemblages en traditionnel ont généralement une déformation non négligeable après le montage et le séchage en place. C'est dû, bien sur, aux variations de l'humidité et à la précision de la fabrication voir dans [fabriquer / usiner](#) puis "tolérances".

Par exemple sur une charpente comme celle ci-contre avec un degré de liberté de 2mm sur les assemblages la déformation sera multipliée par 5 ou 6 par rapport a une charpente sans degré de liberté au nœuds.

Pour une grande charpente cela devient très vite intolérable, d'où la nécessité d'une bonne précision dans les assemblages.

# Fabriquer

## Préparer

Informations sur la préparation à la fabrication :

- Plans
- Matériaux : bois, assembleurs, accessoires

Préparer la fabrication de [Charpente traditionnelle](#)

## Usiner

Décrouvez les principes et étapes de l'usinage des charpentes :

- Technique
- Process et étapes
- Tolérances

Usiner la [Charpente traditionnelle](#)

## Livrer

Les bonnes pratiques pour la livraison des charpentes :

- Stockage
- Livraison

Livrer la [Charpente traditionnelle](#)

# Préparer - Charpente traditionnelle

## Les plans

Historiquement la conception des charpentes est passée de l'Atelier avec un traçage au sol, puis sur la table à dessin au 10ième ou 20ième, puis maintenant sur ordinateurs avec des logiciels de très haute technologie.

Si la taille se fait d'une manière traditionnelle, le charpentier qualifié peut très bien se passer de bureau d'étude. Il pourra utiliser directement son relevé de cotes ou les plans de l'architecte si ceux-ci sont suffisamment précis pour faire son traçage et tailler directement les pièces à partir de son épure. Mais il devra pouvoir justifier ses choix par une note de calcul si c'est nécessaire.

Mais maintenant les robots de taille sont de plus en plus répandus et la préparation se fait au bureau sur ordinateur même si c'est la même personne qui conçoit et qui taille.

A la sortie du Bureau d'Etudes, un dossier pour un chantier doit comporter :



1. La liste des bois à approvisionner,
2. La liste des plans de taille des bois, et leur nombre
3. Les plans des différentes fermes à réaliser et leur nombre,,
4. La liste des accessoires et renforts,
5. Les plans des singularités (débord de toit, porche, .etc...)
6. Les notes de calcul,
7. Les plans de montage, généralement présenté en 3D
8. Tout plans de détail nécessaires à la mise en œuvre, notamment des renforts et des assemblages,
9. Plan de situation du chantier pour la livraison

La liste est impressionnante et indique l'importance du BE dans la charpente moderne, cependant un certain nombre de ces documents peut être dématérialisé, c'est le cas de 2-3-7.

## Les matériaux

### Le bois

Les bois employés en France pour la charpente traditionnelle sont très variés. Bien que le sapin soit le plus utilisé on peut trouver d'autres essences en fonction des régions. Ainsi on trouvera :

- du pin maritime dans les Landes
- du douglas dans le centre
- du mélèze dans les Alpes du sud
- du chêne dans le centre ou en Ile de France pour les belles charpentes apparentes
- du bois tropical dans les DOM-TOM

On utilise aussi de plus en plus :

- des bois aboutés
- des BMR (bois massif reconstitué) fait avec du bois contrecollé en 2 ou 3 épaisseurs (photo 1)
- du bois lamellé-collé (photo 2)
- du lamibois constitué de fines lamelles collées à fibres parallèles (photo 3)



Tous ces bois reconstitués sont très appréciés malgré leur prix de revient plus élevé, car on peut ainsi avoir des grandes longueurs sans difficultés, de plus ils sont séchés et calibrés avec pour les deux derniers des performances plus élevées que pour le bois brut.



Les sections de bois brut les plus couramment utilisées sont :

- chevrons : 50x63, 63x75
- bastaings : 50x150, 63x150, 63x175
- madriers : 75x150, 75x175, 75x200, 75x225
- pièces : 100x225, 100x250, 100x300

Pour les bois reconstitués, se rapporter à la documentation fournie par les industriels.

Il est nécessaire de connaître les résistances mécaniques des bois utilisés. Un classement est donc fait généralement en scierie, soit sur l'aspect visuel en tenant compte de la largeur d'accroissement des cernes, des nœuds, des fentes, etc...., selon la norme EN 518, soit par un test mécanique.

Très bientôt, la norme Européenne EN 14081 imposera un marquage CE pour les bois sortant de la scierie. Ces bois seront classés suivant cette norme.

### Les accessoires

La fourniture d'accessoires peut être très variable d'un fabricant et d'une région à l'autre, il est souhaitable que tout ce qui se trouve sur les plans soit fourni dans un ensemble kit pour garantir la conformité avec le calcul, citons :

#### En bois

- Chevilles bois
- Echantignoles (voir dans [concevoir/solutions](#) puis "fermes")

## La quincaillerie

- équerres métalliques de fixation au chaînage
- sabots métalliques
- chevilles pour le béton
- pointes et boulons
- etc.

## Les éléments de finition

- poutres et poteaux en bois ou en métal
- porches en bois
- consoles en bois
- cadre de lucarne en bois
- planches de rives en bois, plastiques ou panneaux composites
- sous face en frise, contreplaqué ou panneaux
- débords de toit en pignon
- etc.

## Les voiles

- planchers en panneaux de particules ou contreplaqué
- éléments de bardage en clins, panneaux ou contreplaqué
- refends ou murs en ossature bois
- etc.

# Usiner - Charpente traditionnelle

## Les techniques

### A la main

La préparation en atelier existe depuis des siècles. Elle se faisait avec les outils à main traditionnels : scie, biseau, tarière, etc. Nous ne parlerons pas du savoir-faire très sophistiqués des charpentiers qualifiés car de nombreux ouvrages ont été écrits sur le sujet, voir "Mazerolle, Delataille, Encyclopédie de la charpente, etc.. Nous citerons seulement pour mémoire la méthode du rembarrement qui consiste à tracer au sol la charpente en vraie grandeur puis exécuter les coupes en faisant des rabattements par pivotement le plus souvent sur l'axe de l'entrait ou la méthode de la sauterelle plus récente (fin du XVIII<sup>e</sup> siècle) dont l'approche peut être comparable à celle de la géométrie élémentaire.

### Avec des machines-outils

Une première approche d'industrialisation a été faite au milieu du siècle dernier en utilisant des machines de menuisier renforcées (raboteuse, tenonneuse, mortaiseuse, perceuse) éventuellement

organisées en chaîne de fabrication. Cette méthode n'a pas eu un grand succès, car en charpente il y a peu de répétitivité et préparer les pièces à fabriquer demandait plus de temps que la fabrication elle-même.

### Avec des robots

A la fin des années 1990 sont apparus les robots de taille sur lesquels il était possible d'exécuter presque toutes les opérations de charpente. Par ailleurs grâce aux ordinateurs il est devenu possible de traiter les problèmes de charpente avec la géométrie analytique. Peu de temps après des logiciels de dessin de charpente en 3 dimensions se sont développés permettant au B. E. de dessiner sur écran et d'usiner les pièces directement sans passer par des plans et des fiches de fabrication.

Les premières machines avaient une précision insuffisante et nécessitaient une vérification par un montage "à blanc". Depuis le matériel s'est amélioré et l'on peut atteindre une précision permettant de respecter les tolérances souhaitées, voir plus bas dans "tolérances".

Il existe deux sortes de robots :



- Ceux dont la pièce reste immobile pendant toute la durée des opérations d'usinage. La tête avec 5 ou 6 axes de liberté va chercher dans un râtelier les outils nécessaires au fur et à mesure des opérations. Ce matériel est directement issu des robots utilisés en mécanique ou en menuiserie, mais il n'a pas connu un développement important en charpente. Notons qu'il serait théoriquement possible d'usiner avec ce type de matériel des pièces brutes de forme quelconque à condition de les numériser au préalable. Mais l'intérêt économique est faible



- Ceux dont la pièce se déplace devant une tête de 4 ou 5 axes de libertés Ce qui nécessite une forme parallélépipédique très précise. Ne pas oublier que du fait de leur tête d'usinage ces derniers ne peuvent pas faire certaines opérations :
  - Tailler des angles rentrants inférieur à 90°
  - Façonner des pièces croches (courbes) sur plusieurs facesNotons que les tenons et mortaises ont leurs angles arrondis pour des facilités d'usinage



Ces machines sont maintenant extrêmement répandues chez les charpentiers et taillent la majorité des charpentes traditionnelles neuves.

D'autres outils si nécessaires complètent éventuellement le ban de fabrication :

- perceuses pour les trous de chevilles,
- outils spécialisés dans une opération très particulière et répétitive.

Tant pour une question de technique que de rapidité d'exécution.



Pour les pièces passantes (voir dans [concevoir/solutions](#) puis "fermes") qui ne comportent que des coupes d'angles le robot peut être simplifié en n'ayant qu'une scie sur 3 ou 4 axes.

## Le process

### Préparation

L'atelier reçoit du Bureau d'Etudes une liste de bois à préparer : nombre, sections, longueur et angles de coupe, qui va être directement utilisée par les opérateurs sur les machines de découpe. De plus en plus, on utilise des machines à commandes numériques qui reçoivent directement ces informations du B. E.

## Le rabotage



Compte tenu des tolérances souhaitées il est indispensable que la pièce de bois ait précisément les mêmes côtes en section que la pièce théorique prévue au B. E. Ce qui nécessite un rabotage préalable au  $1/10^{\circ}$  de mm. Il existe maintenant de nombreuses machines capable de raboter sur 4 faces des pièces de forte section 150 x 150 ou 100 x 300 mm.

Les pièces qui ont une flèche ou un gauchissement trop important sont éliminées ou recyclées à la sortie de la raboteuse (voir plus bas dans "tolérances"). Cependant lorsqu'il n'y a que des coupes, c'est le cas des pièces passantes, un calibrage au mm est suffisant.

## L'usinage



Les pièces sont repérées par section et par longueur et chargées sur la chaîne d'approvisionnement du robot. En outre chaque pièce devra être repérée par une étiquette ou un marquage traditionnel par marque et contremarque. Si on fait un marquage écrit sur la pièce il doit être fait de telle manière qu'il soit invisible lorsque la charpente est montée. Le robot exécute une première coupe qui sert de repère au point d'origine de toutes les opérations.



A la sortie un contrôle permanent doit être mis en place pour s'assurer qu'il n'y a pas de dérive sur le positionnement de l'arbre universel, de glissement dans le déplacement de la pièce ou d'usure des outils.

Pour les pièces qui ne comportent que des coupes d'angles le robot n'a qu'une scie sur 3 ou 4 axes.

### Le traitement du bois



L'opération suivante consiste à protéger le bois contre les attaques d'insectes et de champignons.

Si nous sommes en classe 2 d'emploi (voir dans [concevoir/analyser](#) puis "classes de risque") le bois sera trempé dans un bac contenant un produit insecticide et fongicide. Ensuite le bois est égoutté, puis stocké sous abri pendant que le produit de préservation se fixe.

Si nous sommes en classe 3 d'emploi, il faudra utiliser du bois naturellement durable dans cette classe. Si on utilise du bois traité il faudra se fournir en bois traité pour la classe 4 car le rabotage et l'usinage font perdre une classe.

## A la demande du client assemblage à l'atelier

# Tolérances

La norme concernant les exigences de produits relatives aux charpentes taillées en atelier et à leurs composants à assembler mécaniquement sur le site de production ou sur chantier est à l'état de projet. Nous indiquerons ici les tolérances souhaitées par les utilisateurs des charpentes.

### Exigences sur l'humidité

Classe de service de destination	Exemples de localisation de pièces de bois	Humidité <sup>b)</sup>	Tolérances sur l'humidité visée <sup>b)</sup>	
			Pour élément destiné à un ouvrage en interaction avec un corps d'état secondaire <sup>a)</sup>	Pour élément destiné à un ouvrage sans interaction avec un corps d'état secondaire <sup>a)</sup>
1 (H <sub>équilibre</sub> ≤ 13%)	Intégralement inclus dans un local chauffé en continu, Combles perdus en zone climatique chaude et sèche	10	+ 4% maxi	+ 7% maxi
2 (H <sub>équilibre</sub> ≤ 20%)	Séparateur des volumes froids et chauffés à l'abris des intempéries, Constructions abritées en local couvert mais largement ouvert en zone climatique tempérée moyenne	17	+ 3% maxi	+ 5% maxi
3 (H <sub>équilibre</sub> > 20%)	Construction exposées à l'humidité non couvertes, non abritées	20	± 5%	± 10%
	Constructions à l'eau (pilots, écluses, appontements)	25		

<sup>a)</sup> plaque de plâtre, éléments métalliques...

<sup>b)</sup> valeur moyenne d'humidité visée

La tolérances d'humidité entre les éléments d'un même lot mis en œuvre est de 5%.

### Exigences dimensionnelles sur les pièces

Critère	Cas général pour éléments destinés à être assemblés ou non (Exigences s'appliquant exclusivement à des dimensions fonctionnelles) (arbalétriers, entrails, poinçons, fiches pannes, poutres, sablières)	Chevron sur au moins 3 appuis non auto portant section 8x10 maxi
Bois raboté : Hauteur, largeur	± 1 mm	± 1 mm
Bois brut : Hauteur, largeur	± 2 mm	± 2 mm
Longueur a)	Coupe droite : ± 2 mm Coupe braise : ± 5 mm	± 5 mm
Angle de coupe en bout	± 1%	± 2%
Flèche de rive Flèche de face	2 mm maximum par 2 m de longueur ; avec maxi 10 mm jusqu'à 8 m pour la flèche de rive 1 mm par 50 cm pour les éléments de moins de 2m	6 mm maximum par 2 m de longueur
Gauchissement :	maxi 2 mm par m de longueur, avec un maximum de 10 mm sur la longueur de la pièce	maxi 3 mm par m de longueur
Tuilage :	1mm maximum par 100 mm de face	1 mm maximum par 50 mm de face

### Tolérances de positionnement et de perçage

Pour des bois d'une hauteur inférieure à 30 cm les tolérances de positionnement des assemblages par rapport aux positions théoriques de conception, c'est-à-dire par rapport aux plans établis par un logiciel de DAO appliqué à la charpente ou éventuellement un traçage manuel, sont les suivantes :

ELEMENT	Tolérance Perçage
Assemblage par entailles	± 5 mm
Boulons	± 5 mm
Sabots et étriers	± 5 mm
Tire-fonds	± 5 mm

Pour des hauteurs comprises entre 30 et 70 cm la tolérance pourra être portée à ± 10 mm.

En outre :

1. Les mortaises, embrèvements, etc. doivent présenter un évidement légèrement supérieur (2 mm au maximum) aux tenons et abouts de pièces qu'ils reçoivent. Pour des facilités de montage un jeu supérieur localisé peut être admis dans la mesure où il n'affaiblit pas mécaniquement l'assemblage.

2. Le diamètre des trous de boulons est égal au diamètre nominal des boulons augmenté de :

- 2 mm dans le cas d'assemblages traditionnels dans lesquels les boulons n'assurent que le maintien en place des pièces assemblées,
- 1 mm dans le cas où les boulons assurent la transmission des efforts ou d'un couple,
- 0 mm ou au maximum 2 mm dans le cas de flasques métalliques ; dans ce dernier cas, il convient de tenir compte des jeux d'assemblages,
- Sans jeu : 0 mm dans le cas de structures triangulées boulonnées,
- 2 mm pour les montages en place dans le cas où ce jeu a été prévu à l'étude.

3. Pour les autres dispositifs : broches, anneaux, crampons, etc. se reporter à la documentation des lamellistes.

### **Tolérance dimensionnelle sur les charpentes assemblées**

La tolérance est donnée sur des ouvrages préfabriqués sortis d'usine, sans déformation de charge (poids propre ou autre) par rapport aux dimensions de référence convenues entre les parties.

- Longueur :  $\pm 5$  mm
- Hauteur :  $\pm 5$  mm
- Rampant ou partie oblique :  $\pm 10$  mm

Les variations dimensionnelles entre éléments identiques ne doivent pas dépasser 10 mm.

# Livrer - Charpente traditionnelle

## Stockage

Après la fabrication, les charpentes sont stockées sur un parc aménagé en attendant leur livraison. Elles sont protégées de la pluie si la durée de stockage va au-delà de 15 jours.



Un stockage court peut se faire à l'air libre mais dans de bonnes conditions, notamment surélevées par rapport au sol, sans déformation du bois, et bien cerclés.

## Livraison

La livraison est généralement effectuée par un camion grue. Il est toutefois conseillé au client d'avoir une équipe à la réception, ce qui permettra le stockage dans de bonnes conditions

### Conditions d'une bonne livraison

- Un bon plan de situation du chantier
- Un chemin d'accès compatible avec les camions de transport
- Une date précise
- Une plage horaire qui tient compte des aléas de la route et des chantiers
- Une aire de stockage saine et bien dégagée
- Un représentant du client à la réception (si possible)

# Mettre en œuvre

## Réceptionner

Cette partie présente les différents aspects liés à la réception des charpentes :

- Documents
- Vérifications à réception
- Stockage
- Manutention

Réceptionner [Charpente traditionnelle](#)

## Préparer

Découvrez les différents éléments de préparation avant assemblages :

- Lecture des plans et traçage
- Organisation du chantier

Préparer la mise en œuvre de la [Charpente traditionnelle](#)

## Assembler

Suivez les étapes successives de l'assemblage des charpentes industrialisées :

- Pose des fermes
- Mise en œuvre des liaisons
- Points singuliers

Assembler la [Charpente traditionnelle](#)

## Contreventer

Cette partie donne les indications nécessaires au bon contreventement des charpentes assemblées.

Contreventer [Charpente traditionnelle](#)

# Réceptionner - Charpente traditionnelle

## Les documents

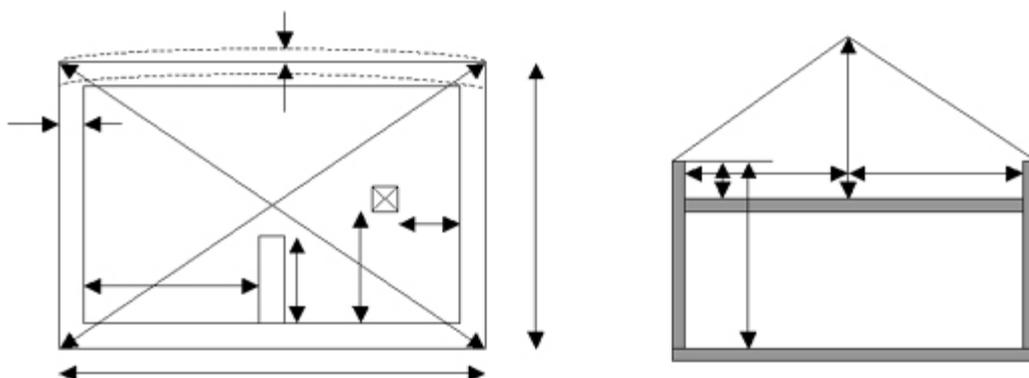
Au moment de la livraison, la personne qui réceptionne la marchandise doit s'assurer que tous les documents nécessaires à la bonne mise en œuvre de la charpente sont fournis et complets:

- **Le bordereau de livraison** ou sont répertoriés tous les types de fermes, et la liste détaillée des accessoires (voir dans [fabriquer/préparer](#) puis "accessoires").
- **Les plans** sur lesquels doivent apparaître le repérage des fermes, le plan de répartition des fermes, les contreventements et anti-flambages, le détail des assemblages et des ancrages, le dessin des singularités et tous les détails nécessaires à la mise en œuvre.

## Les vérifications

La maçonnerie doit être vérifiée. Il faut notamment contrôler :

- Les dimensions hors tout
- La position des trémies et réservations
- L'équerrage
- En élévation, l'altitude des planchers et des chaînages
- D'une manière générale, les alignements (tolérance 1cm)



1. S'assurer que les descentes de charges fournies par le BE de charpente, ont bien été prises en compte par le gros œuvre, car il ne faut pas oublier que la mise en place de la charpente revient à une acceptation du support, donc en cas d'incident, la responsabilité de l'entreprise qui met en œuvre peut être engagée.

2. Vérifier que les plans utilisés par le fabricant de charpente sont bien les derniers plans validés par le maître d'œuvre. On voit malheureusement trop souvent un manque de coordination entre le maître d'ouvrage, l'architecte, les BE bois et béton et le maçon.

3. Vérifier à partir du bordereau que la livraison est complète. En effet, cela évitera de chercher et éventuellement réclamer les pièces manquantes en cours de chantier et donc de retarder, voir arrêter, l'exécution si elles sont indispensables pour continuer (par exemple : sabots métalliques, poutres support, etc...)

## Le stockage



Pour des charpentes non assemblées il faut prévoir un conditionnement permettant une bonne circulation de l'air et limiter les déformations par une palettisation et un cerclage.

Dans le cas de stockage supérieur à quinze jours, il est nécessaire de protéger les charpentes des intempéries par un dispositif permettant la circulation de l'air. Pour des traitement de classe 2 il est déconseillé de faire un stockage de longue durée sur le chantier.

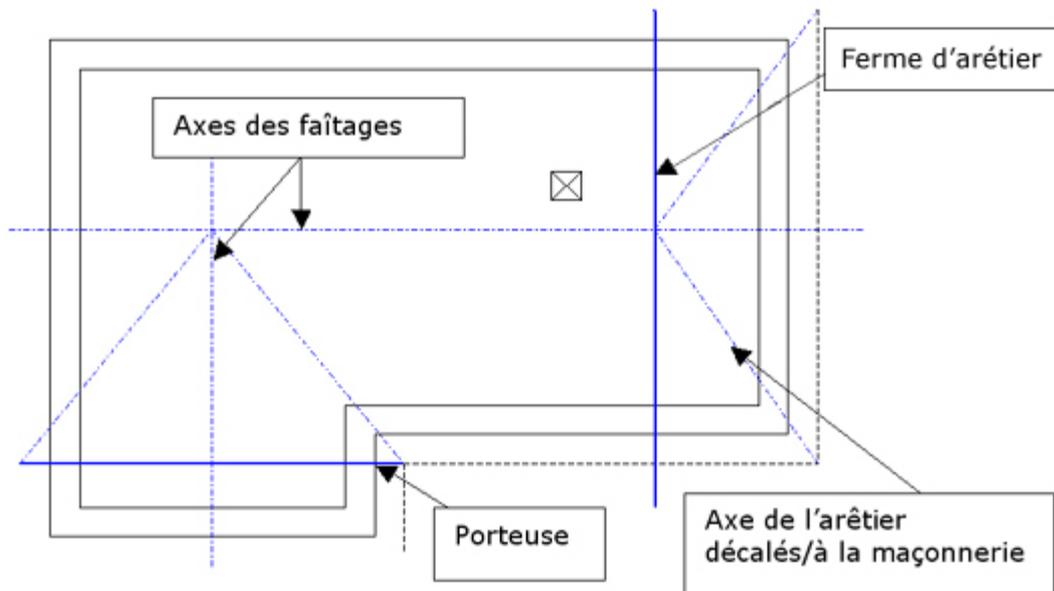
## Les manutentions

Pour des éléments assemblés la manutention doit toujours se faire en position verticale

# Préparer - Charpente traditionnelle

## Lecture des plans et traçage

La bonne exécution d'un chantier c'est d'abord une bonne préparation qui commence par la lecture du plan sur lequel on se sera assuré que l'on a tous les éléments pour travailler (voir dans [réceptionner](#) puis "les documents"). C'est à partir des plans que le chef d'équipe va organiser son travail et décider de la succession des opérations.



L'étape suivante consiste à tracer sur le GO :

- Les axes de faîtage
- Position des arêtiers et noues
- La position des fermes porteuses
- La position des fermes

On voit trop souvent des équipes commencer par une extrémité et finir par l'autre en s'alignant sur la maçonnerie, ce qui immanquablement donne de très mauvais résultats sur la qualité de la toiture. De plus, le traçage permettra de repérer dès le début les erreurs de maçonnerie, ou de charpente et ainsi résoudre le problème rapidement.

## Organisation du chantier

L'organisation d'un chantier de charpente traditionnelle se fait naturellement puisque l'ordre de pose est obligatoirement :

- Levage des fermes
- Pose des pannes
- Pose des chevrons

Le chef d'équipe disposera généralement d'un plan en 3 dimensions qui lui permettra de visualiser la charpente. Il aura intérêt à poser tous les éléments de ferme sur la dalle ainsi que les sablières et faîtières et laisser les pièces passantes (voir dans [concevoir/solutions](#) puis "choix des fermes") au sol bien protégé (voir dans [mettre en œuvre/réceptionner](#) puis "stockage").

Il assemblera les éléments de chaque ferme en respectant le marquage (soit des numéros soit des marques). Puis il procédera au levage de chacune des fermes en commençant par les fermes d'arêtier et les porteuses s'il y a lieu. Il n'oubliera pas de laisser les chevilles et boulons à portée de la main. Le faîtage et ses liens devront être très facilement accessible car on en aura besoin dès que les fermes seront levées.

A chaque étape il fera les contrôles de positionnement avant de passer à l'étape suivante, notamment vérifier le positionnement des fermes de noues et d'arêtier avant de poser les pannes

Le fabricant livre, en principe un kit où toutes les pièces ont une dimension et une place bien précise. Il n'est pas toujours évident de faire la différence entre les différentes pièces des fermes ou les différentes pannes. Donc, avant de modifier quoi que ce soit, notamment des pannes le chef d'équipe devra se poser la question : "est ce que j'ai bien positionné les autres éléments en particulier les fermes" et si nécessaire interroger le fabricant pour des explications ; à l'ère du téléphone portable, ce sera sûrement un gain de temps. Il ne faudra utiliser la scie que dans le cas d'erreur manifeste

Après le levage de la structure les pannes pourront être montées sur la dalle puis posées sur les fermes.

Les chevrons sont montés par l'extérieur directement à partir du sol, sauf s'il s'agit d'un immeuble avec étages.

## Assembler - Charpente traditionnelle

L'assemblage des fermes traditionnelles ne pose aucun problème si le marquage est fait correctement et si la précision des taillages correspond aux tolérances vues dans [fabriquer/usiner](#) puis "tolérances".

### Pose des fermes

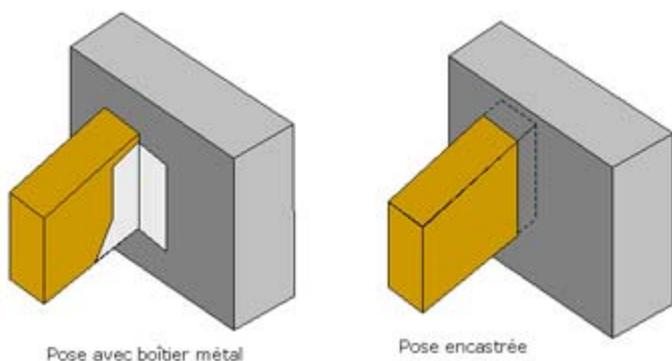
La charpente traditionnelle étant un système tridimensionnel pré taillé le positionnement des fermes devra être rigoureux.

Les tolérances de pose recommandées sont :

1.  $\pm$  . 1.5 cm par rapport aux cotes de la maçonnerie
2.  $\pm$  . 0.5 cm sur l'écartement entre fermes
3.  $\pm$  . 0.5 cm sur la position des noues et arêtiers
4.  $\pm$  . 0.5 cm sur l'aplomb des fermes

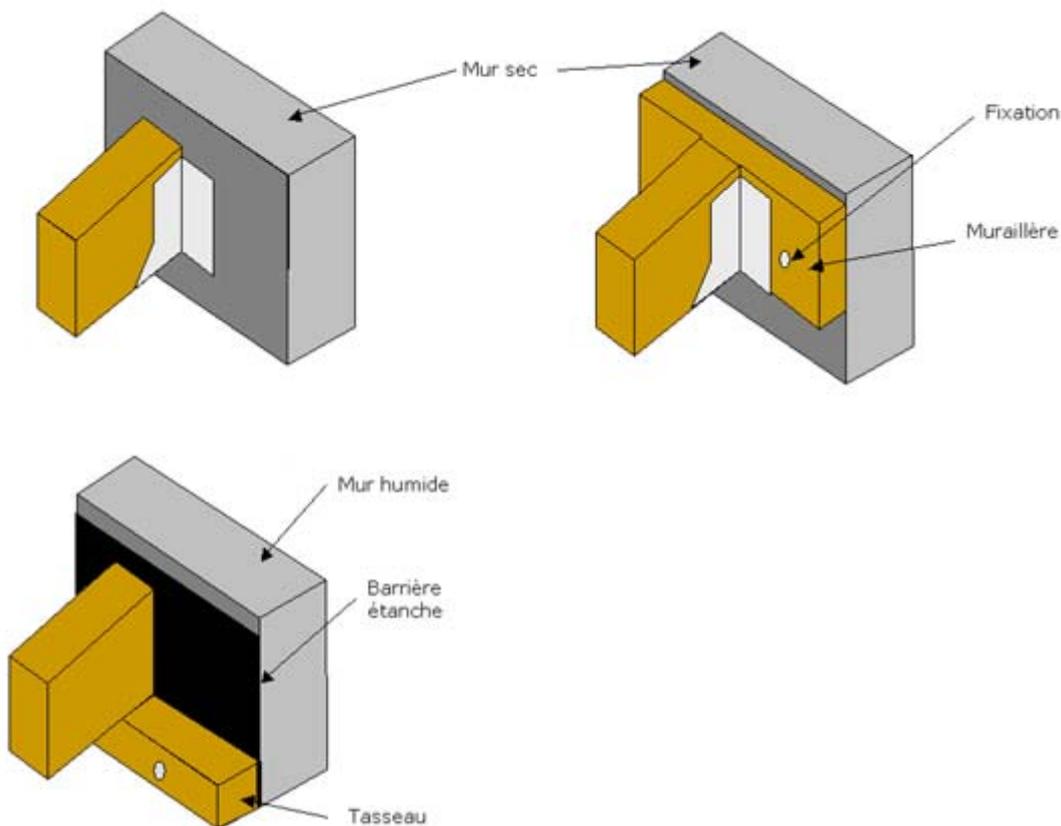
# Mise en œuvre des liaisons

## 1. Liaisons avec la maçonnerie



### Les pannes

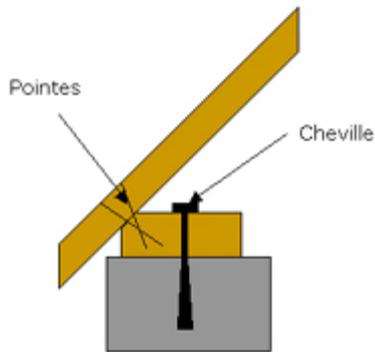
La pose encastrée est à éviter si le mur est humide, il faudra alors le protéger avec une barrière d'étanchéité. Si la panne est traversante, l'extrémité à l'extérieur doit être obligatoirement protégée voir dans [concevoir/solutions](#) puis "singularités". Le scellement n'est pas obligatoire pour la pose encastrée mais de toutes manières le calage doit être fait soigneusement.



### Les solives

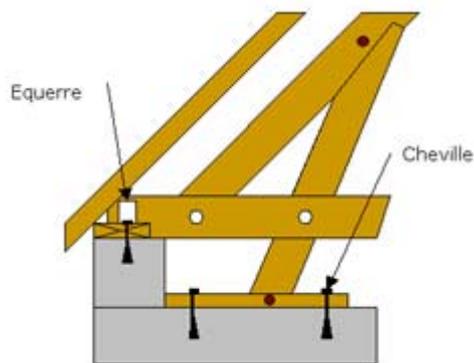
Si le mur est humide il faut une barrière d'étanchéité entre le bois et la maçonnerie. La solution ci-contre avec un tasseau ne peut être utilisée que pour des charges légères. On peut aussi encastrer les solives mais cette solution nécessite plus de soins, il faudra notamment mettre une

barrière d'étanchéité ou un calage assurant une ventilation. Le choix des fixations doit être fait par le bureau d'étude et réalisé avec soin.



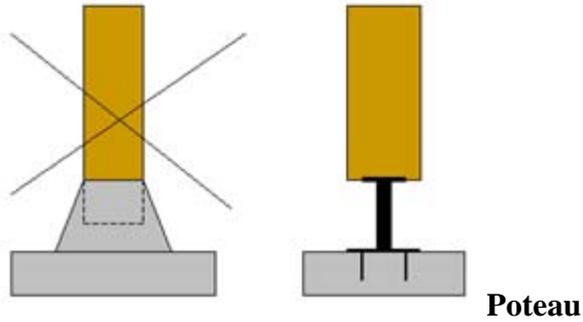
### Sablière et chevron

La sablière est fixée avec des chevilles ou des tiges scellées dans le chaînage. S'il doit reprendre le déversement des pannes, le chevron doit être cloué avec deux pointes crantées ou torsadées, si non il doit être simplement appuyé sur la sablière, voir dans [concevoir/analyser](#) puis "contraintes techniques".



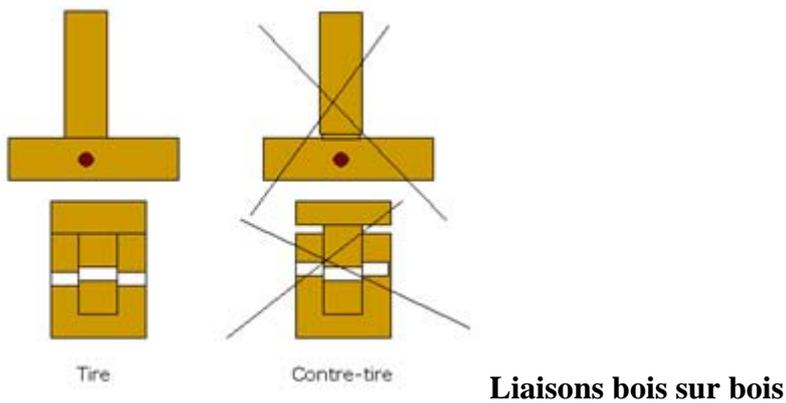
### Ferme

Les fermes doivent être fermement fixés sur le chaînage, la dalle, ou les deux à la fois comme dans le croquis ci-contre. Les équerres et chevilles doivent être celles indiquées par le bureau d'étude en fonction des charges à reprendre.

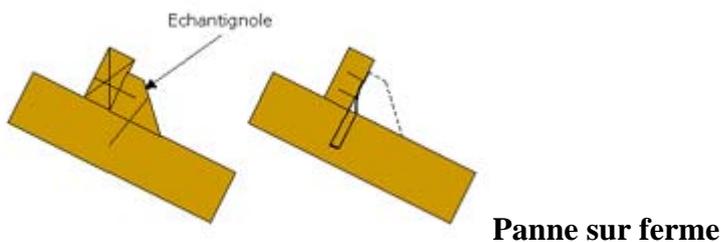


Ne pas encastrier le poteau dans la maçonnerie sinon on se retrouve en classe d'emploi 4. Voir dans [concevoir/analyser](#) puis "classes d'emploi".

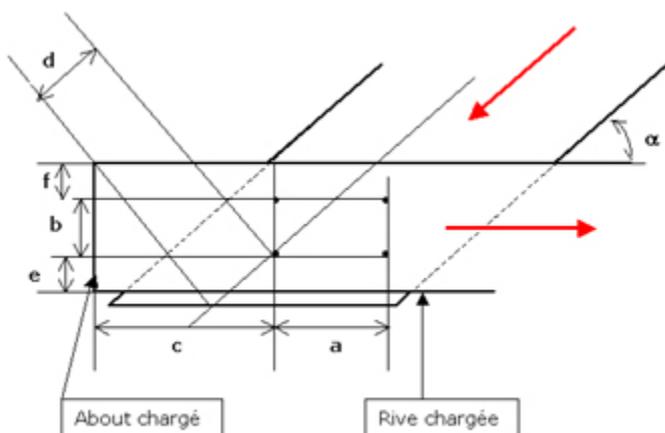
## 2. Liaisons entre pièces de charpente



On vérifiera que la mise en place de la cheville ou du boulon permet un bon appui bois sur bois. Les charpentiers traditionnels mettent généralement de la « tire » pour s'assurer d'un bon contact entre les pièces. La « contre tire » est totalement prohibée elle provient soit d'un défaut de fabrication, soit d'un séchage important après la fabrication.



La pose des pannes sur les fermes se fait généralement à l'aide d'une échantignolle. Cependant pour une toiture légère il sera nécessaire de compléter avec une patte torsadée.



### Bois cloués

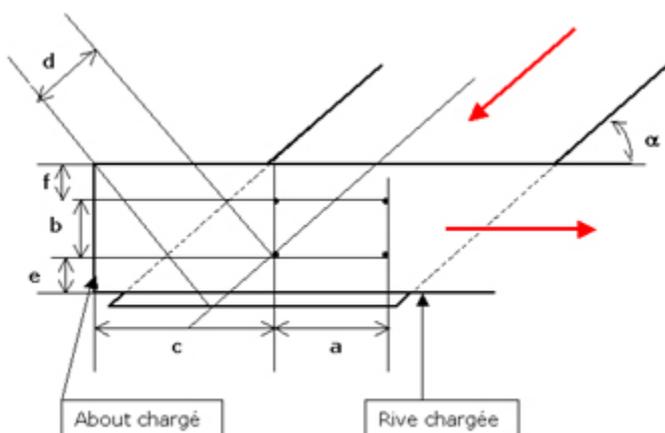
Les pointes doivent respecter un espace minimum pour éviter un fendage du bois. Un about de pièce est dit chargé quand l'effort transmis par la pointe est dirigé vers l'extrémité du bois. De même, les rives peuvent être chargées.

On trouvera ci-dessous un tableau indiquant les espacements pour des pointes de diamètre inférieur à 5mm selon l'eurocode 5. Il est à noter qu'un pre-perçage diminue considérablement ces espacement (voir Eurocodes), mais demande un travail supplémentaire.

Référence	Désignation	Distance correspondante minimum pour du sapin courant
a	Espacement parallèle au fil du bois	15d
b	Espacement perpendiculaire au fil du bois	5d
c	Distance à l'about chargé	$(15+5*\cos \alpha)d$
d	Distance à l'about non chargé	15d
e	Distance à la rive chargée	$(7+5*\sin \alpha)d$
f	Distance à la rive non chargée	7d

Diamètre de la pointe = d

Angle entre l'effort et le fil du bois =  $\alpha$



### Boulons

Les boulons sont des organes de type tige comportant une tête et un écrou. Sous la tête et l'écrou il nécessaire de mettre une rondelle d'un diamètre égal ou supérieur à trois diamètre du boulon. Les rondelles doivent être en contact avec le bois sur toute leur surface. Pour des charpentes dont l'humidité du bois risque de baisser après la mise en place il est souhaitable de prévoir un resserrement des boulons.

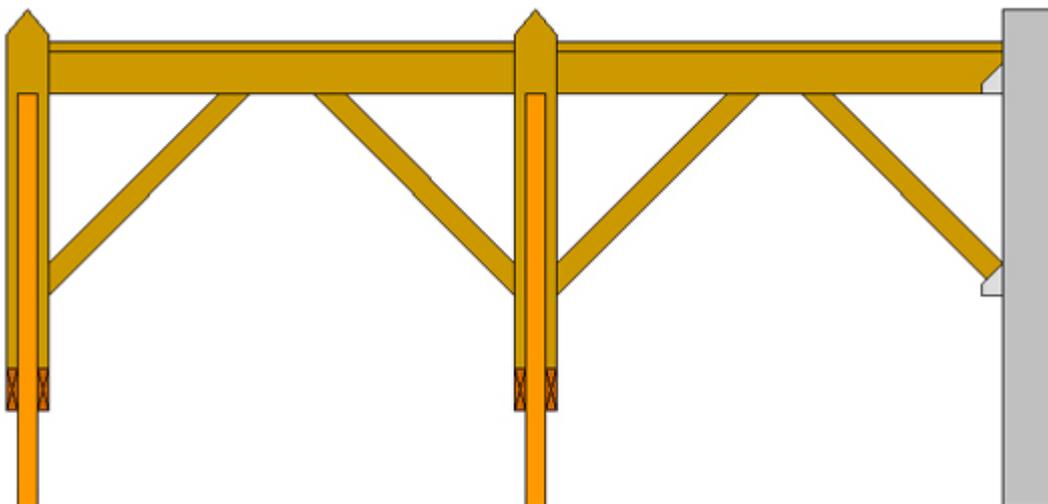
Référence	Désignation	Distance correspondante minimum pour du sapin courant
a	Espacement parallèle au fil du bois	$(4+3*\cos\alpha)d$
b	Espacement perpendiculaire au fil du bois	4d
c	Distance à l'about chargé	7d
d	Distance à l'about non chargé	$(1+6*\sin\alpha)d ; >4d$
e	Distance à la rive chargée	$(2+2*\sin\alpha)d$
f	Distance à la rive non chargée	3d

Diamètre du boulon= $d$

Angle entre l'effort et le fil du bois= $\alpha$

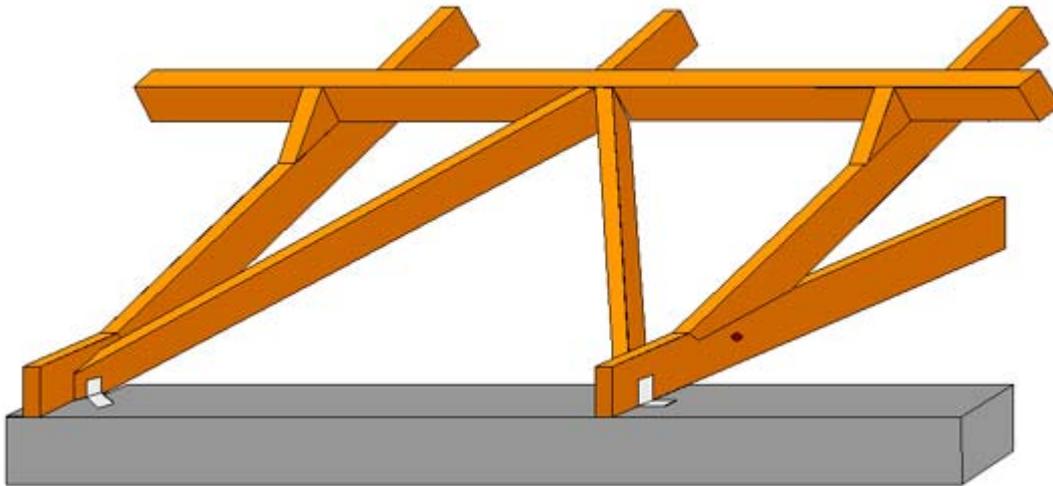
## Contreventer - Charpente traditionnelle

Le contreventement est assuré par les liens de faitage ou un contreventement spécifique (voir dans [concevoir/calculer](#) puis "contreventements").



Le risque de flambement sur les fermes est très faible du fait de l'épaisseur des section utilisées. Néanmoins il doit être vérifié sur des grandes portées.

Par contre le risque de déversement des pannes est très fréquent. Les indications du B.E. devront être scrupuleusement respectées. Comme on le voit sur le croquis ci-dessous les fiches qui reprennent les efforts sont solidement fixées au chaînage.



# Prescrire

## Respect des normes

Dans cette partie, vous trouverez :

- Des commentaires
- Des listes de normes
- Des informations sur le marquage CE
- Des références aux règles professionnelles

Les normes de la [Charpente traditionnelle](#)

## Consistance des travaux

Les travaux de charpente industrialisée peuvent être de deux types :

- Fourniture
- Fourniture et pose

Consistance des travaux de [Charpente traditionnelle](#)

## Justifications techniques

Des informations sur les justifications techniques de la charpente industrialisée :

- Obligations du maître d'ouvrage ou de son mandataire
- Obligations de l'entreprise
- Obligations du fabricant, marché des fournitures

Justifications techniques en [Charpente traditionnelle](#)

## Coordination - Délais

Des informations sur la coordination et les délais :

- De fourniture
- De pose

Coordination/délais en [Charpente traditionnelle](#)

# Respect des normes - Charpente traditionnelle

## Commentaires et listes

Traditionnellement, les normes étaient établies par l'AFNOR et les règles de construction étaient rassemblées sous l'appellation DTU (Documents Techniques Unifiés).

Depuis quelques années les normes sont établies au niveau européen et doivent peu à peu remplacer les normes et DTU français.

Donc à ce jour, on doit tenir compte des normes européennes ratifiées et des normes françaises qui n'ont pas d'équivalent européen.

Il faut donc distinguer :

### **1. Les normes produits** définissant les caractéristiques de ces produits

Par exemple : EN 14250 – exigences des produits relatives aux éléments de structures préfabriquées utilisant les connecteurs à plaque métallique emboutie que nous développons par ailleurs.

### **2. Les normes d'essai** qui permettent de déterminer les caractéristiques des produits.

Par exemple : EN 335 – durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois.

### **3. Les normes d'exécution ou de mise en œuvre** (dénommées aussi DTU, que l'on peut qualifier aussi de "règle de l'art")

En 1993, les DTU sont devenus les normes françaises et seront peu à peu remplacés par des normes européennes, les deux coexistent actuellement.

Par exemple : le DTU 31.1 - Charpentes bois.

**4. Les normes de conception** notamment pour le calcul des structures.  
Par exemple : pour le bois, l'Eurocode 5.

On distingue les normes obligatoires imposées par décret et les normes d'application volontaire.  
Néanmoins, l'article 6 du nouveau code des marchés publics 2006 stipule :

*"Les prestations qui font l'objet d'un marché ou d'un accord-cadre sont définies dans les documents de la consultation par des spécifications techniques formulées :*  
*- soit par références à des normes ou à d'autres documents équivalents accessibles aux candidats, notamment des agréments techniques ou d'autres référentiels techniques élaborés par les organismes de normalisation ;*  
*- soit en termes de performances ou d'exigences fonctionnelle. Celles-ci sont suffisamment précises pour permettre aux candidats de connaître exactement l'objet du marché et au pouvoir adjudicateur d'attribuer le marché"*

La deuxième option étant généralement insuffisante pour le bâtiment, on retrouvera dans un marché la liste des normes applicables.

Les normes que l'on peut considérer comme applicables à un marché de charpentes traditionnelles sont listées dans le tableau à télécharger ci-dessous :

#### [Tableau des normes Charpente Traditionnelle](#)

A ces normes il convient d'ajouter des textes exclusivement français :

- B52-001 - Règles d'utilisation du bois dans la construction, classement visuel pour l'emploi en structure des principales essences résineuses et feuillues
- P21-400 - Bois de structures et produits à base de bois – classe de résistance et contraintes admissibles associées
- DTU 31.1 – Travaux de bâtiment – Charpentes bois

Cette liste n'est pas limitative mais concerne l'essentiel pour la charpente traditionnelle.

## **Eléments de contrôle**

La conformité des éléments de structure avec les exigences normatives et les règles de la profession sera assurée par un dossier interne rassemblant l'ensemble des données de la fabrication et par un contrôle de production.

Le contrôle de production comportera :

### **1. Un contrôle des approvisionnements**

- classe de résistance mécanique du bois
- dimensions du bois
- défauts géométriques
- teneur en humidité
- choix de l'essence/traitement en fonction de la classe de risque

## 2. Un contrôle des éléments usinés

- Type, positionnement, orientation et jeu des assemblages
- Vérification des cotes
- Traitement du bois après usinage
- Montage à blanc si nécessaire
- Contrôle du produit monté si nécessaire
- Contrôle conditionnement

Le producteur pourra appliquer à sa fourniture un marquage indélébile pour :

- Son identification
- L'identification de la commande et des lots

## Les règles professionnelles

Malgré le nombre de normes éditées en France ou en Europe, les professionnels réunis au sein de la FIBC ont été amenés à éclaircir et compléter certaines d'entre elles pour qu'elles soient d'un usage clair au quotidien. Aidé par des organismes aux compétences reconnues comme le FCBA (ex-CTBA - Centre Technique du Bois et de l'Ameublement), CNDB (Centre National pour le Développement du Bois), CAPEB, FNB, etc..., un certain nombre de livres ou documents ont été édités à cet effet.

Nous citerons :

- Durabilité des ouvrages en bois (FIBC/FCBA)
- Les cahiers d'IRABOIS (Institut de recherches appliquées aux bois)
- Les publications du FCBA ([www.FCBA.fr](http://www.FCBA.fr))

Pour tous ces documents, prenez contact avec les éditeurs (notés entre parenthèses).

# Consistance des travaux - Charpente traditionnelle

## Fourniture

Dans une charpente réalisée en traditionnel la prestation minimum du fabricant est la fourniture des fermes avec le faîtage et les sablières, ainsi que tous les plans nécessaires à la mise en œuvre. Généralement sont fournis aussi les pannes, chevrons, solivage ; l'ensemble étant réalisé conformément au DTU 31.1. Mais il ne s'agit pas d'un produit interchangeable, il est généralement vendu comme un ensemble formant un kit complet.

Les documents particuliers du marché devront donc préciser les éléments à livrer, ce sont :

- Bois accessoires ; poutres, , liteaux, etc....
- Quincaillerie ; équerres, sabots, etc....
- Boulonnerie, vis, clous, chevilles, etc.
- Tout autre élément spécifié dans le marché
- Transport – déchargement

Le plus souvent ces éléments du kit sont précisés sur un devis détaillé qui une fois accepté constitue un élément du marché précisant la consistance de la fourniture.

## **Fourniture + Pose**

Dans ce cas les travaux de charpentes comprendront la totalité de la prestation de fabrication vu ci-dessus plus les éléments obligatoires suivants :

- Pose y compris toutes manutentions et réglages
- Fixations et scellements à sec
- Dispositifs d'hygiène et sécurité
- Evacuation des déchets

Feront également partie du marché si les documents particuliers l'exigent :

- Percements et scellements humides
- Support de couverture ou d'étanchéité
- Lasure, peinture
- Notes de calcul
- Etc....

# Justifications techniques - Charpente traditionnelle

## Obligations du maître d'ouvrage ou de son mandataire

Il devra fournir des précisions écrites sur les ouvrages à réaliser :

- Destination (logements, bureaux, ERP, etc....)
- Lieu d'implantation y compris plan d'accès
- Nature des ouvrages liés (planchers, cloisons, plafonds, poutres, etc....)
- Type de couverture
- Conditions particulières d'exploitation si nécessaire (hygrométrie, agressivité, etc....)
- Caractéristiques d'auto stabilité de l'infrastructure
- Positions et natures des conduits de fumée
- Charges ponctuelles exceptionnelles (réserve d'eau, etc...)
- Consistance des travaux (voir page "consistance des travaux")
- Plans d'architecte complets (plans de tous les niveaux, coupes et élévations)
- Tous plans nécessaires à la bonne compréhension des travaux

## Obligations de l'entreprise

L'entreprise présente ses plans d'implantation, réservations et d'ensemble au maître d'ouvrage aux dates qui lui ont été précisées dans l'ordre de service, à condition d'avoir toutes les précisions indiquées ci-dessus.

Les plans de l'entreprise doivent préciser :

- Axes et dimensions des trous de scellement
- Feuillures et logements à réserver
- Descentes de charges, poussées et moments à reprendre
- Côte d'arase des maçonneries au droit des appuis
- Niveau des faîtages
- Dimensions et natures de pignons
- Emplacement des abouts de poutre
- La répartition des fermes
- Les contreventements
- Fixations
- Renforts
- Détails de l'habillage
- Tous plans nécessaires à la bonne réalisation des travaux

Les justifications techniques des dispositions adoptées ne sont fournies au maître d'ouvrage ou à ses mandataires que si les documents particuliers du marché le précisent.

## Obligations du fabricant, marché des fournitures

Ce sont les mêmes que celles de l'entreprise.

# **Coordination - délais - Charpente traditionnelle**

## **Coordination fourniture**

L'entreprise soumet ses documents ainsi que les dates d'intervention et les moyens prévus pour approbation et pour permettre au maître d'ouvrage ou à son mandataire, d'en transmettre un exemplaire à chacun des autres corps d'état intéressés. S'ils ne sont pas retournés par le maître d'ouvrage dans un délai compatible avec l'exécution, ils sont considérés comme approuvés.

L'entreprise fournit à l'entreprise de GO dans un délai fixé d'un commun accord les scellements, réservations et descentes de charges prévus.

Sauf stipulation contraire, le maître d'ouvrage ou son représentant fait son affaire de la diffusion des documents aux autres corps d'état impliqués dans la construction. Il fera remonter à l'entreprise de charpente les observations éventuelles dans les meilleurs délais. Toute modification pourra faire l'objet d'un avenant si les documents du marché sont modifiés.

## **Coordination pose**

L'entreprise réceptionne la nature et la géométrie des supports sur lesquels la charpente prendra appui. Si pour des raisons de calendrier ces constructions ne sont pas encore exécutées, cette vérification est faite d'après les côtes finies faisant partie des documents particuliers du marché qui feront foi.

La livraison et la pose des charpentes ne peuvent être entreprises que si les accès aux aires de stockage et de levage permettent l'acheminement des engins de transport et de levage, sans difficulté particulière. Les aires de levage doivent être sensiblement planes et débarrassées de tous matériaux et matériel gênants.

Si l'entrepreneur constate que les conditions requises ne sont pas réalisées, il en avise, par écrit, le maître d'ouvrage ou son mandataire dans un délai de huit jours, ce qui n'empêche pas nécessairement de faire la livraison. La décision du maître d'ouvrage ou de son mandataire fait l'objet d'un nouvel ordre de service.

Pour des petits chantiers de type maison individuelle isolée, les conditions de la coordination peuvent être simplifiées d'un commun accord.

## Délais

Les délais d'exécution sont donnés par l'entreprise après la commande du maître d'ouvrage. Tout retard motivé par les faits cités ci avant et signalés en temps utile par écrit, par l'entrepreneur au maître d'ouvrage ou à son mandataire, donne lieu à prorogation du délai d'exécution.

Donne lieu également à prorogation les retards dans le retour des plans et les retards dus aux conditions climatiques locales susceptibles de compromettre la sécurité du personnel ou d'empêcher l'évolution des appareils de levage.

A titre indicatif sont considérés comme conditions climatiques défavorables :

- Un vent fort
- La neige, le verglas et le givre
- Une pluie abondante
- Une chaleur exceptionnelle
- Des inondations

## Gérer durablement

### Ressources renouvelables

La charpente industrialisée utilise essentiellement du sapin et de l'épicéa provenant de la forêt européenne. Cette forêt est gérée durablement car les organismes privés ou publics, comme par exemple l'Office National des Forêts ([www.onf.fr](http://www.onf.fr)) en France, ont le souci de la conservation des espèces aussi bien végétales qu'animales. L'ensemble forme un écosystème équilibré que nos forestiers européens étudient et perpétuent en permanence.

De plus en plus de forêts sont suivies et certifiées par un organisme.

- Soit le PEFC ([www.pefc-france.org](http://www.pefc-france.org)) dont le but est de garantir aux utilisateurs et consommateurs que les produits en bois achetés proviennent de forêts suivies dans le cadre d'une certification de type ISO notamment ISO 14 000 pour l'impact sur l'environnement.
- Soit le FSC ([www.fsc.org](http://www.fsc.org)) plus connu dans le monde anglo-saxon et qui délivre une certification consistant à évaluer une gestion qui tienne compte de l'environnement et des impacts sociaux.

D'une manière générale la forêt européenne est vivante et se développe. L'occupation forestière ne cesse de croître en France depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle. **Et ne pas utiliser le bois qu'elle produit serait un non sens écologique et économique.**

### Economie d'énergie et qualité environnementale

Le bois est principalement constitué de carbone et d'oxygène. En effet, sous l'effet de la photosynthèse le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) de l'air est absorbé par les feuilles pour fabriquer du bois. **Si**

**l'on stocke 1 m3 de bois, on prend 1 tonne de CO2 dans l'atmosphère.** Donc, construire en bois c'est participer à l'amélioration de l'air de la planète. Les charpentes fermettes qui peuvent durer des siècles, stockent le CO2 pour longtemps.

De plus, le bois est peu gourmand en énergie pour sa transformation et en particulier la fermette qui ne nécessite que des outils de découpe et de pressage dont les besoins énergétiques sont très faibles (voir dans [fabriquer](#)).

Ses déchets sont récupérables pour des emplois variés :

- Fourniture d'énergie
- Litières d'animaux
- Fabrication de panneaux composites
- Etc.

Les vieilles charpentes sont réutilisables, soit en tant que matière première en les redécoupant, soit directement en les plaçant sur des constructions restaurées.

Enfin, et surtout, le bois est un très bon isolant thermique qui permet de limiter les consommations d'énergie en chauffage.