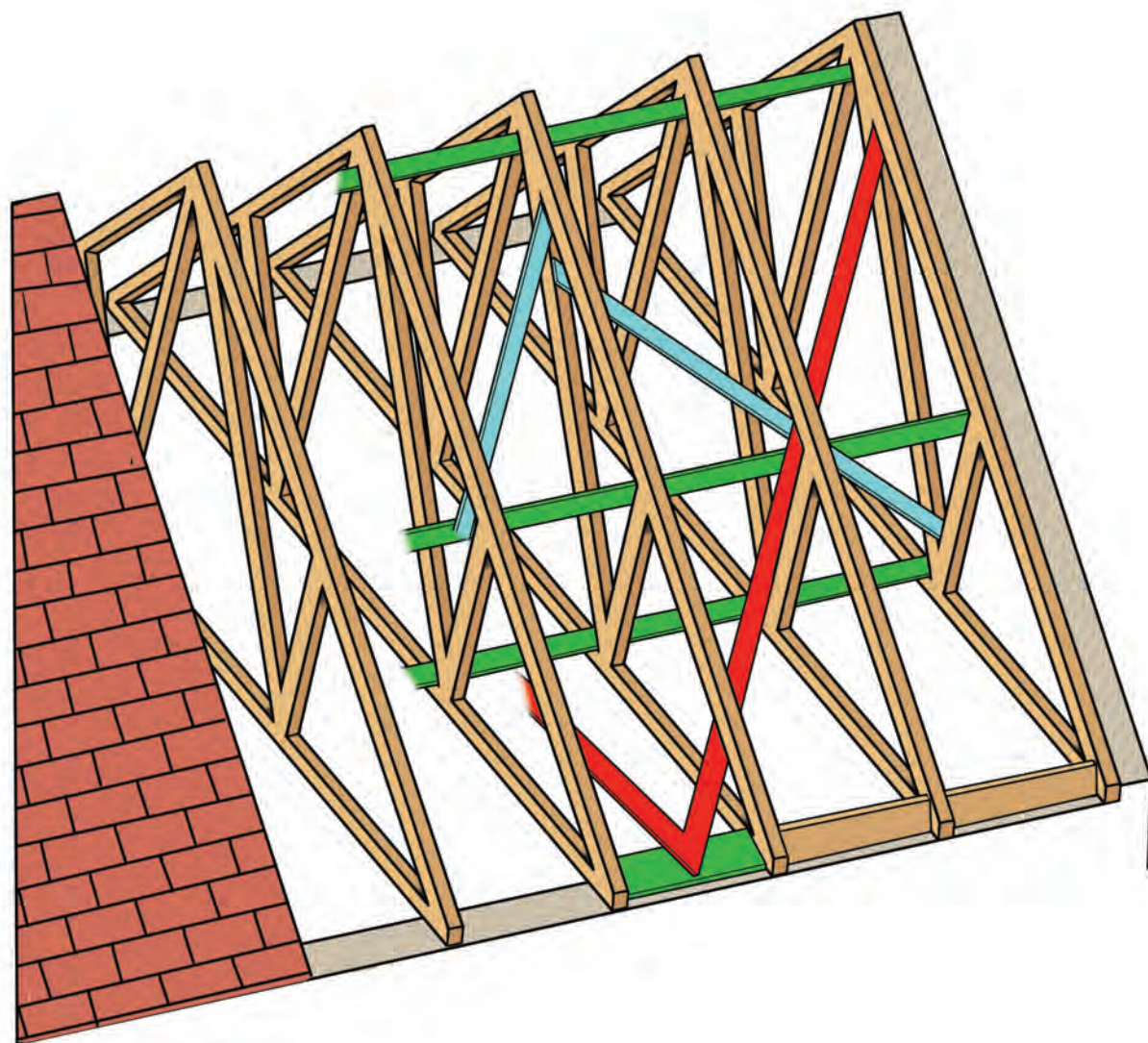




LA CHARPENTE INDUSTRIALISÉE EN BOIS

Un ensemble à bien concevoir et à bien mettre en œuvre

avec le soutien du
CODIFAB
comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

édition Avril 2016

Préface

Sur tout type de construction, la **charpente industrialisée** a su s'imposer comme un ouvrage **fiable, économique et facile à mettre en œuvre**. Cette réussite n'a été rendue possible que grâce au retour d'expérience et à la constante amélioration des règles de l'art.

Initialement publié en 1998 et très largement diffusé, le guide « *La Charpente industrialisée en bois. Un ensemble à bien concevoir et à bien mettre en œuvre* » a largement contribué à la **maîtrise des techniques de conception, de production et de mise en œuvre** et, ainsi, à la réalisation d'ouvrages de qualité.

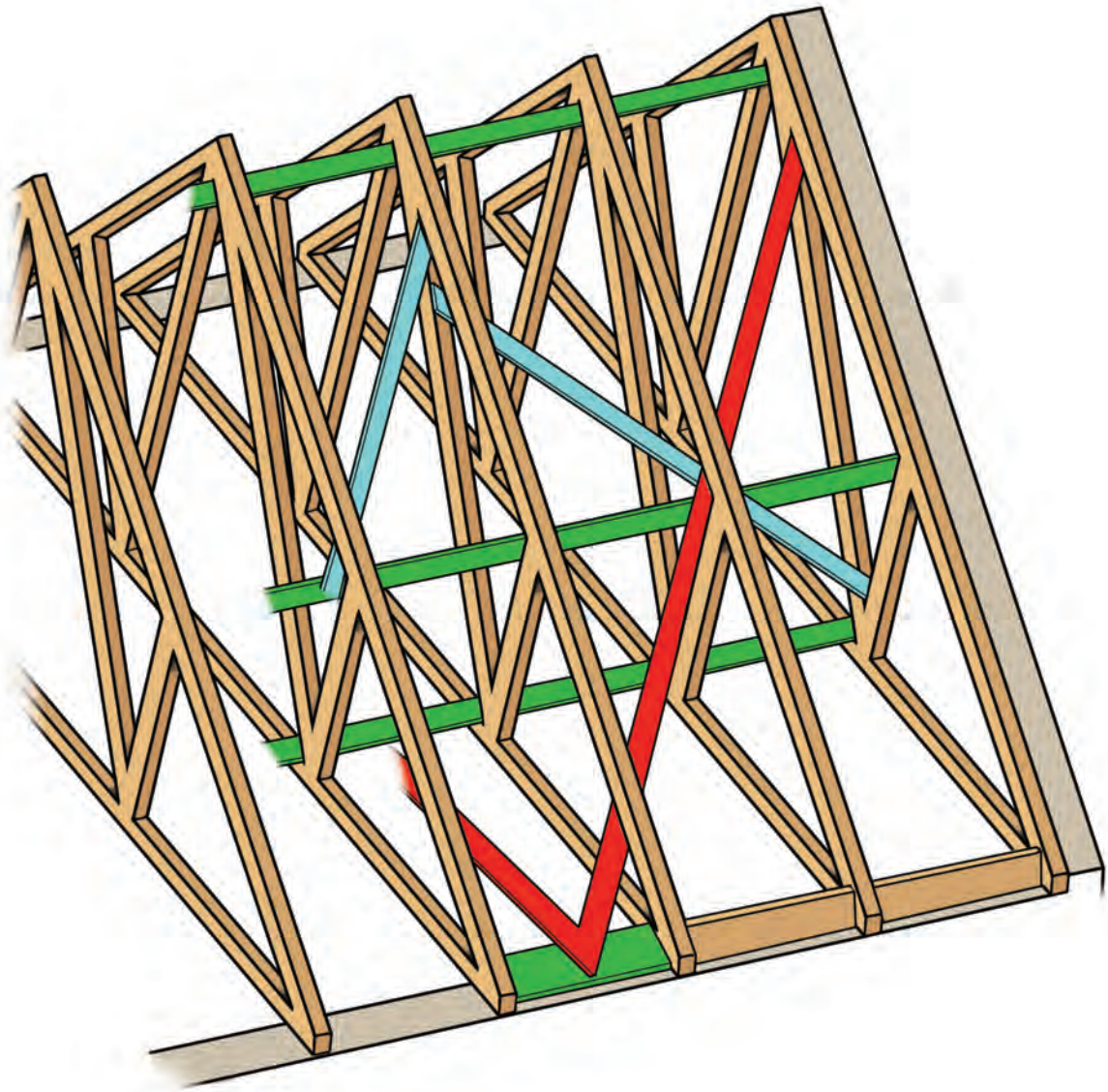
Convaincus de la modernité de leur produit et de sa pleine adaptation aux modes constructifs actuels, les industriels du SCIBO (Syndicat national des fabricants de structures et Charpentes Industrialisées en Bois) ont souhaité rééditer cet ouvrage en intégrant les évolutions des normes et des pratiques, tout en conservant le caractère pédagogique du guide et en attirant l'attention du lecteur sur les points sensibles d'une charpente industrielle.

Destiné aux bureaux d'études et aux poseurs, mais aussi aux fabricants et aux maîtres d'œuvre, ce guide se veut facile d'emploi et utile.

L'amélioration de l'ensemble des compétences étant seule garante de la progression des métiers, bonne lecture !

Bertrand MINOT
Président du SCIBO





Le **code couleur** mis au point par la profession a été utilisé dans cet ouvrage :

- pièces du dispositif d'antiflambement
- pièces du système de contreventement
- pièces filantes parallèles au faîte

Sommaire

1.	Qu'est-ce qu'une charpente industrialisée ?	4
2.	L'absolue nécessité du dispositif d'antiflambement	15
3.	Le système de contreventement.....	26
4.	Les points sensibles dus aux assemblages, aux ancrages et à la pose	30
5.	Le plan de pose, une aide indispensable	35
6.	Les points sensibles dus à la forme de la ferme.....	36
7.	Les points sensibles dus aux particularités de l'ouvrage.....	43
8.	Les points sensibles dus aux cheminées, lucarnes, escaliers... ..	48
9.	Les points sensibles lors de la réception des pièces sur chantier.....	51
10.	Quelques chiffres à respecter	56
11.	Dispositions constructives vis-à-vis de la sécurité incendie.....	58
12.	À la recherche d'un mot ou d'une définition.....	68

1. Qu'est-ce qu'une charpente industrialisée ?

1.1. Les éléments composant une charpente industrialisée



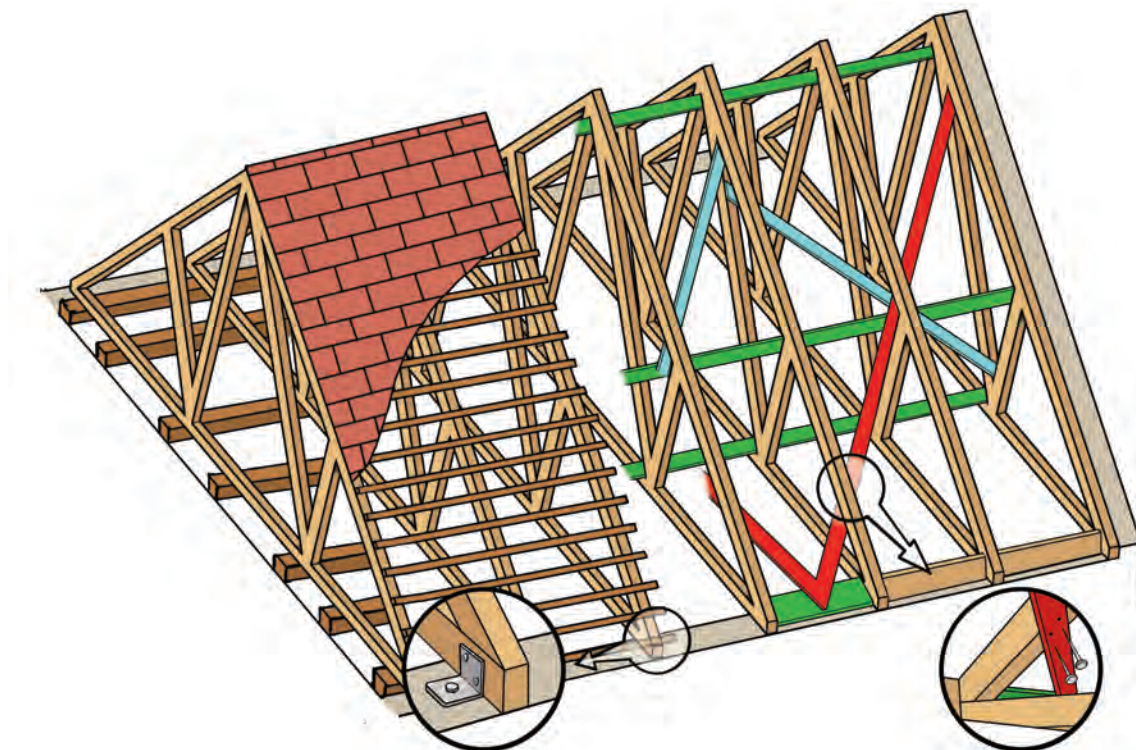
Une charpente industrialisée est un ensemble d'éléments tous aussi importants les uns que les autres.

Une charpente industrialisée se compose :

- > de **fermes à faible espacement** (« En règle générale inférieure à 1 m 10 »), composées d'**éléments en bois de structure classés (C24)** et d'**éléments d'assemblages** (connecteurs métalliques ou goussets en contreplaqué) qui supportent le plafond et l'isolation et reçoivent directement la couverture ; ces fermes font ainsi faire l'économie des solives, des pannes et des chevrons ;
- > d'éléments d'ancrage et de fixation ;
- > d'**éléments transversaux** : lisses, chevêtres, entretoises, destinés à maintenir l'écartement entre les fermes ;
- > d'**éléments de stabilisation** : pièces de bois, feuillards en acier, poutres, panneaux de support de couverture, qui forment les dispositifs d'antiflambement et le système de contreventement ;

Une charpente est dite « industrialisée » parce qu'elle est **préfabriquée** en usine et livrée prête à être montée (**Figure 1.1**).

Figure 1.1. Un ensemble d'éléments préfabriqués



1.2. Les intervenants



Une charpente industrialisée, c'est une chaîne de compétences (**Figure 1.2**) : **trois intervenants** qui doivent se passer le relais.

Figure 1.2. La chaîne des compétences

Trop souvent négligés, les documents-papiers sont pourtant les seuls à garantir la bonne transmission des informations entre les intervenants.

> **La maîtrise d'œuvre** (architecte, ensemblier ou constructeur). Elle définit l'ensemble du projet de construction et choisit le type de charpente et de maçonnerie structure qui la supportera. Elle doit veiller à ce que l'une soit adaptée à l'autre.

> **Le fabricant.**

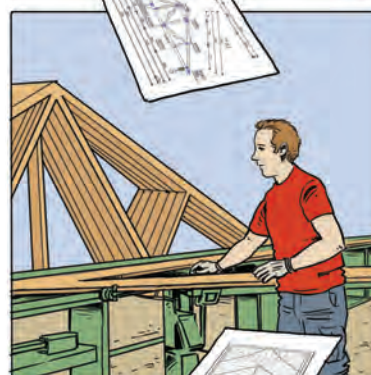
Son bureau d'études définit et calcule tous les éléments de la charpente à partir des informations fournies par la maîtrise d'œuvre. Il doit veiller à ne négliger aucune pièce et surtout celles du dispositif d'antiflambement.

Son usine fabrique, marque et livre les différents éléments. Le fabricant doit veiller à mettre à la disposition de l'entreprise un lot complet de pièces, accompagné du plan de pose. C'est lui qui garantit la qualité des matériaux et de la fabrication.

> **L'entreprise de pose.** Elle procède à la mise en œuvre. Elle doit vérifier, lors de la réception, que toutes les pièces de la charpente lui ont été livrées. Elle doit posséder les compétences requises pour comprendre l'ouvrage à réaliser et mettre en œuvre la charpente conformément aux règles de l'art. Le poseur et le fabricant peuvent être regroupés au sein de la même entreprise.



Une charpente industrialisée ne doit en aucun cas être modifiée sans une étude adaptée réalisée par un professionnel.



1.3. Les différentes familles de charpente industrialisées

Il existe 3 familles de charpentes industrialisées :

> **Combles perdus**

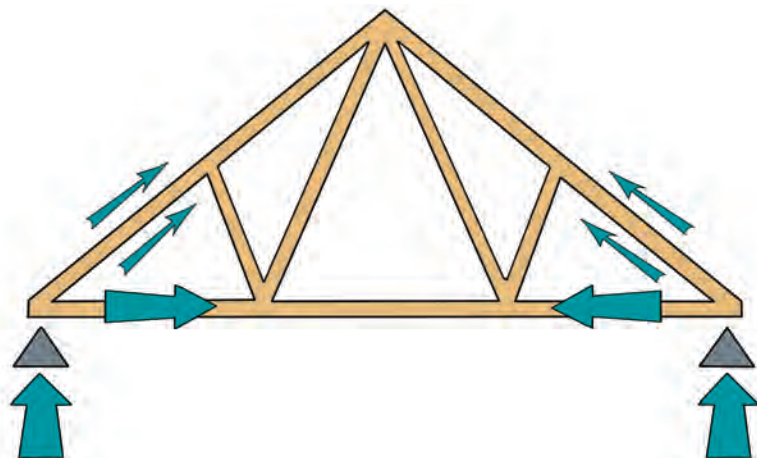
> **Combles habitables à entrants porteurs**

> **Combles sur dalle**

De plus, on distingue les conceptions en fonction de la présence (**Figure 1.3**) ou de l'absence (**Figure 1.18**) d'un entrant horizontal sur les fermes.

1.3.1. Fermes pour combles perdus

Figure 1.3. Ferme avec entrain horizontal



L'entrain a pour conséquence de « refermer » les forces sur la ferme. Elle transmet des efforts horizontaux réduits à ses appuis et facilite donc l'étude et la réalisation des ancrages.

Types courants de fermes possédant un entrain et dont la mise en œuvre présente donc peu de difficultés (Figures 1.4 à 1.11).

Figure 1.4. Ferme en « W » : La plus courante

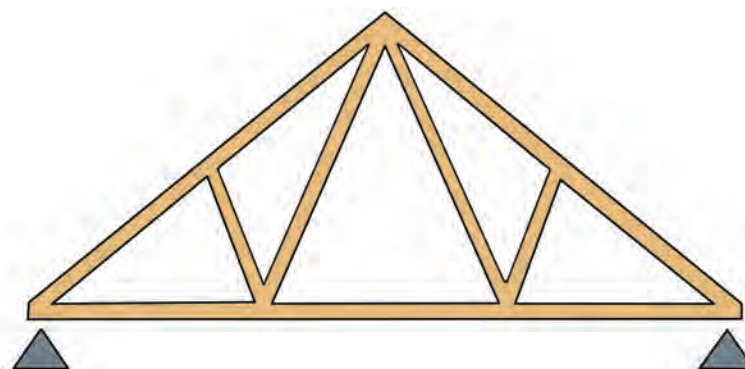
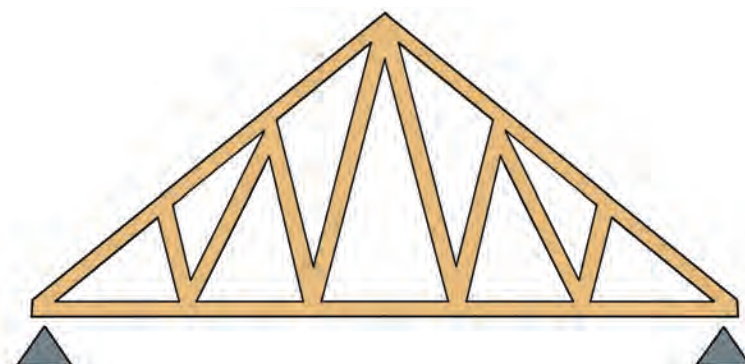


Figure 1.5. Fermes en « double W »



Elle est équilibrée et convient aux grandes portées et aux charges importantes.

Figure 1.6. Ferme monopente

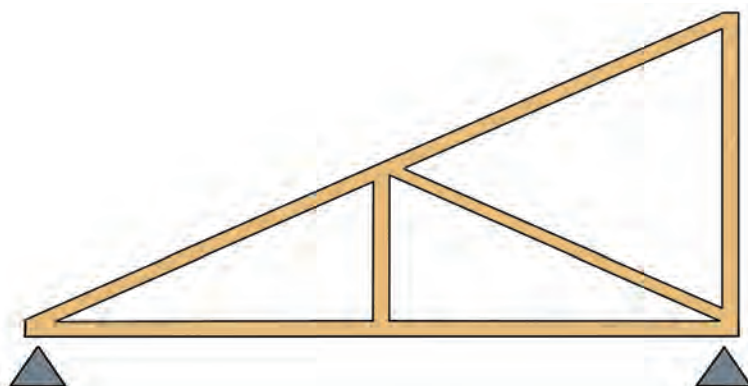
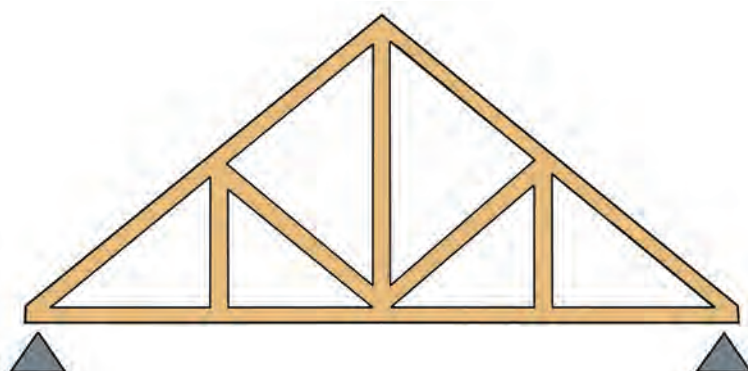
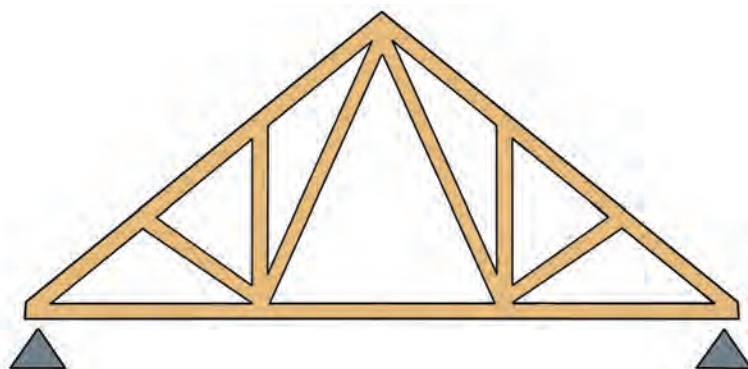


Figure 1.7. Ferme en « M »



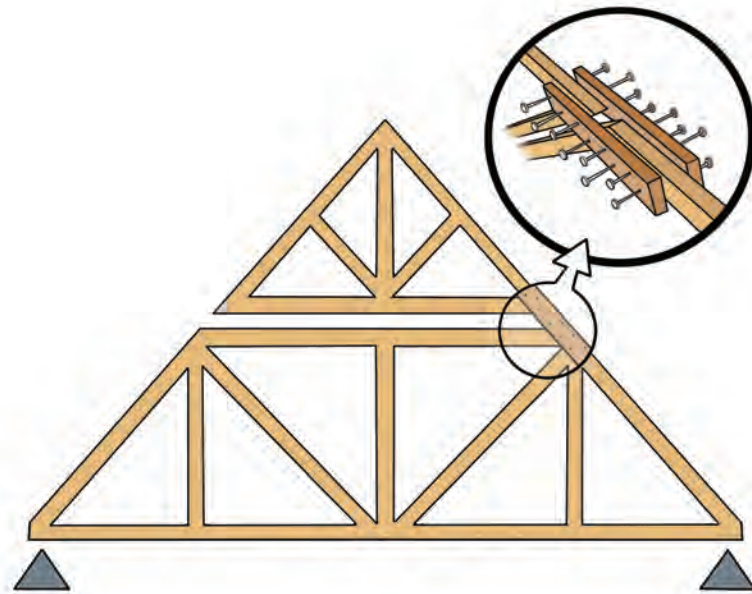
Elle convient aux plafonds lourds et aux couvertures légères.

Figure 1.8. Ferme en éventail



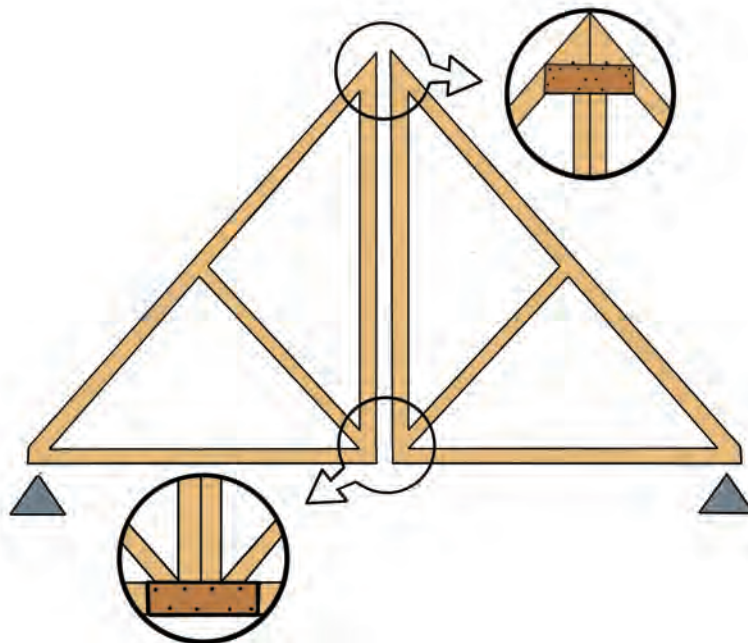
Elle convient aux plafonds légers et aux couvertures lourdes.

Figure 1.9. Ferme avec joint de transport horizontal



En général, ce sont des fermes à forte pente qu'il faut séparer en deux pour en faciliter le transport.

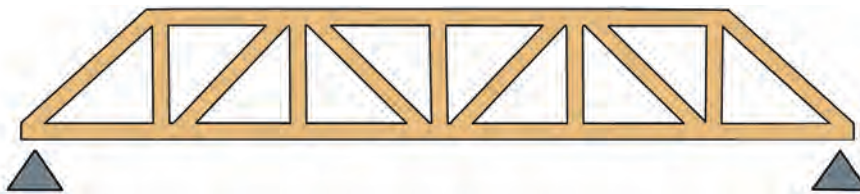
Figure 1.10. Ferme avec joint de transport vertical



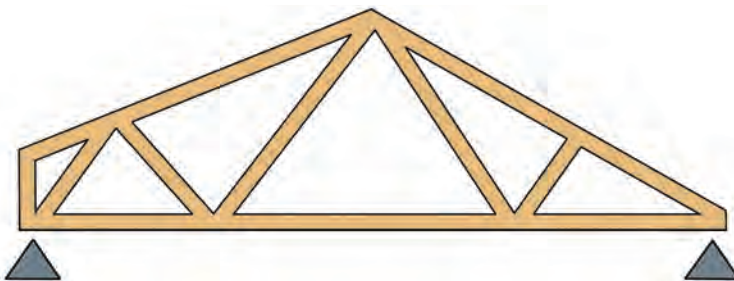
En général, ce sont des fermes de grande longueur qu'il faut séparer en deux pour en faciliter le transport.

NOTA : Dans ces 2 cas, les moises peuvent être en différents matériaux (bois massif, contreplaqué, panneaux, lamibois, etc.)

Figure 1.11. Fermes tronquées

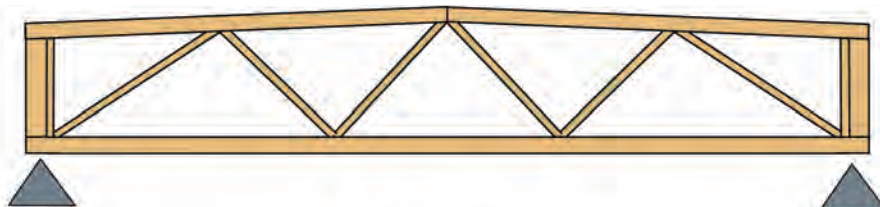


Ferme tronquée horizontale pour la réalisation de croupes



Ferme tronquée verticale pour décrochement de façade

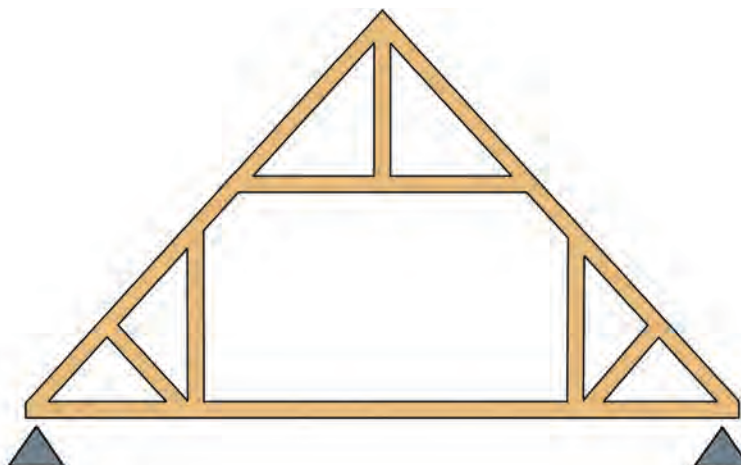
Figure 1.12. Ferme pour toiture terrasse



Une hauteur minimale en pied est nécessaire.

1.3.2. Fermes pour combles habitables sur entrain porteur

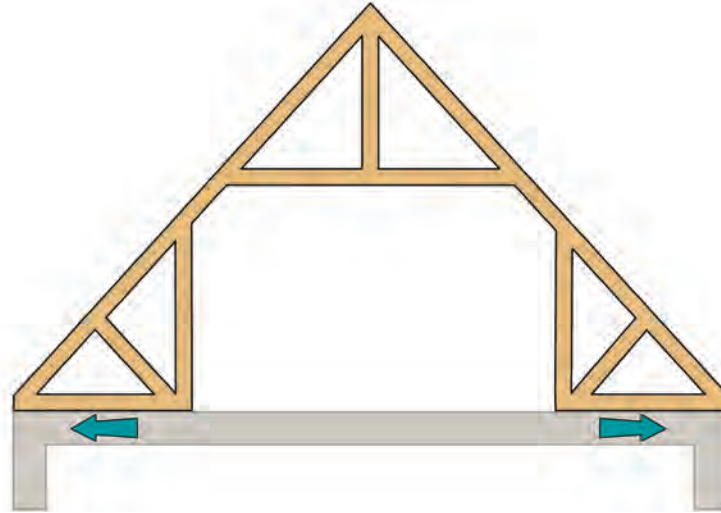
Figure 1.13. Ferme à entrain porteur de plancher pour réalisation de comble habitable



Remarque : à titre indicatif et **pour des portées inférieures à 9 m la largeur du tunnel est en général de l'ordre de la moitié de la portée** (sans refend). Dans tous les cas, celle-ci doit être validée par le bureau d'étude du fabricant.

1.3.3. Fermes sur dalle

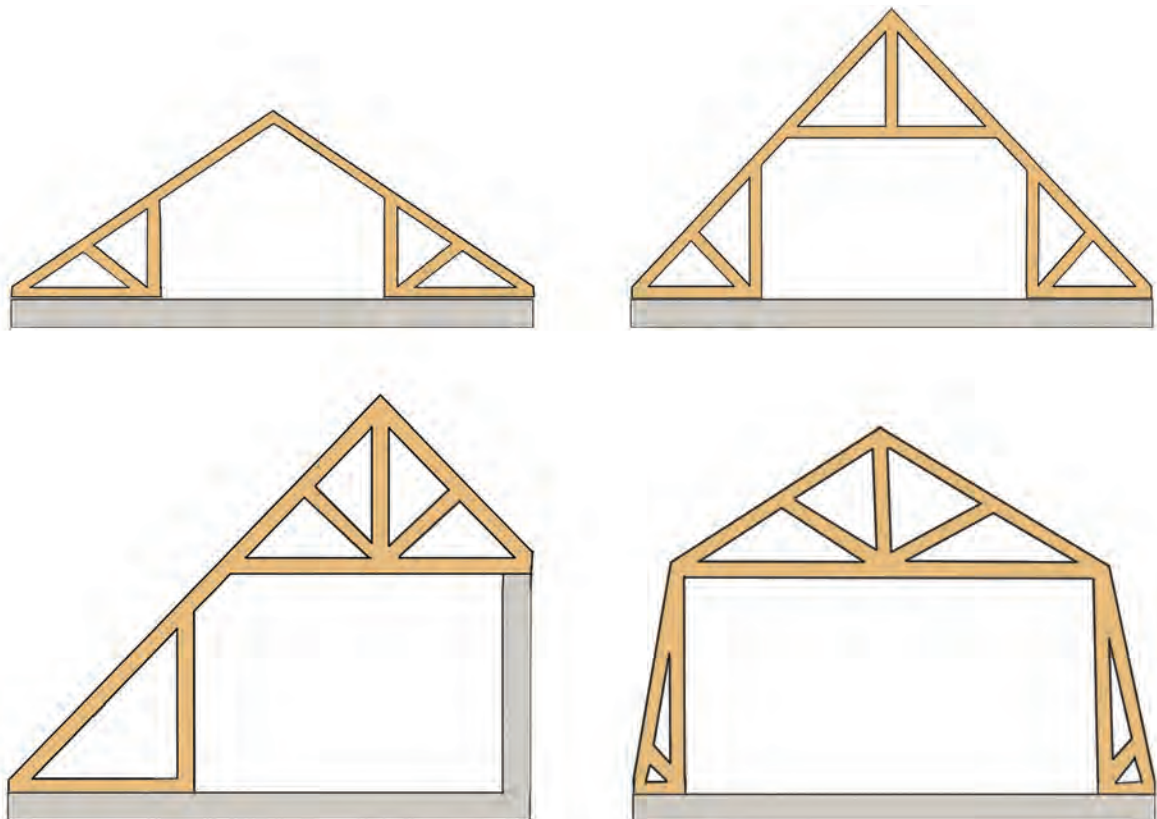
Figure 1.14. Ferme de combles habitables en « A »



Ce type de ferme soumet le plancher à une légère traction et nécessite des appuis bloqués.

Il existe aussi d'autres types de fermes sur dalle :

Figure 1.15. Autres types de fermes sur dalle



1.3.4. Conceptions nécessitant une attention particulière

Une attention particulière doit être portée à l'utilisation de ce type de fermes ainsi qu'à la réalisation de leurs appuis. Leur mise en œuvre donne lieu à des « points sensibles » développés dans les chapitres 4 et 6.

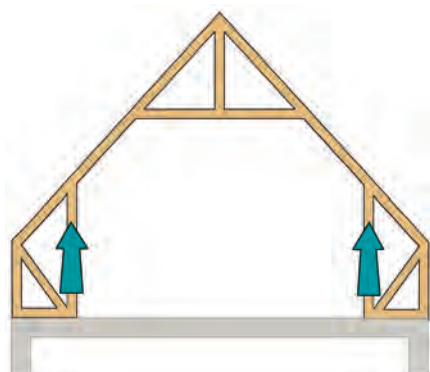


Figure 1.16.
Ferme de combles habitables à encuvement

Ce type de ferme soumet la maçonnerie à une traction considérable. Il leur faut des ancrages très résistants (chevilles à expansion) fixés sur un support renforcé.

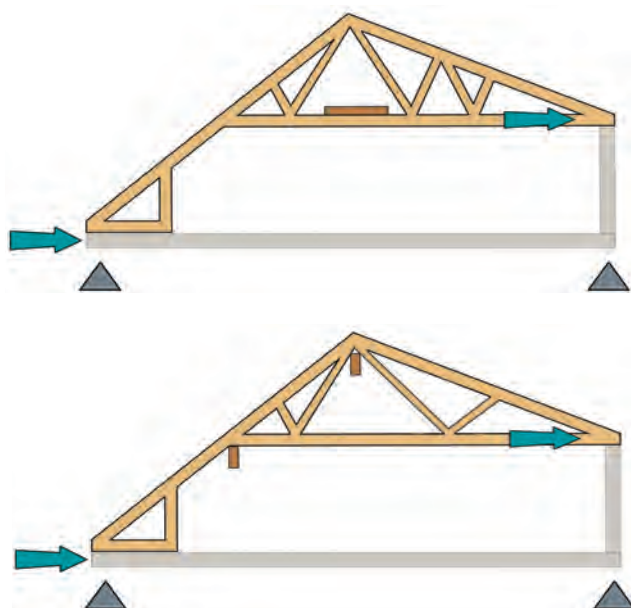


Figure 1.17.
Ferme « boîteuse » pour chiens assis

Le mur soutenant l'appui supérieur de la ferme ne peut généralement pas encaisser à lui seul la poussée horizontale importante de ce type de ferme. Une poutre de poussée est généralement nécessaire.

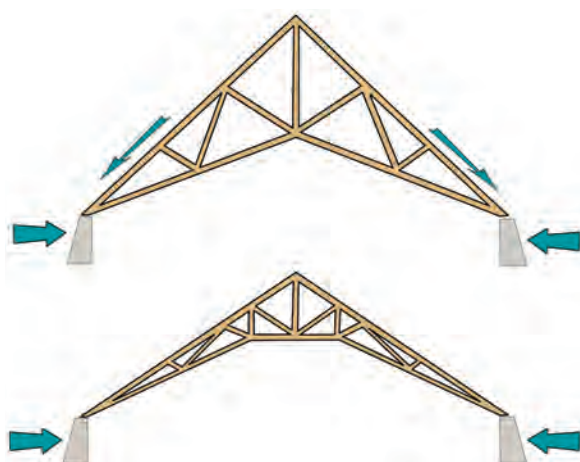


Figure 1.18.
Ferme ciseau et Polonceau

Si ces fermes fonctionnent par arc-boutement, il faut que leurs ancrages et la maçonnerie soient très résistants. Si elles fonctionnent en simple flexion, elles doivent avoir au moins un appui glissant librement sur la maçonnerie.

Remarque : Les équerres du commerce ne sont pas adaptées aux appuis glissant (jeu > 6 mm).

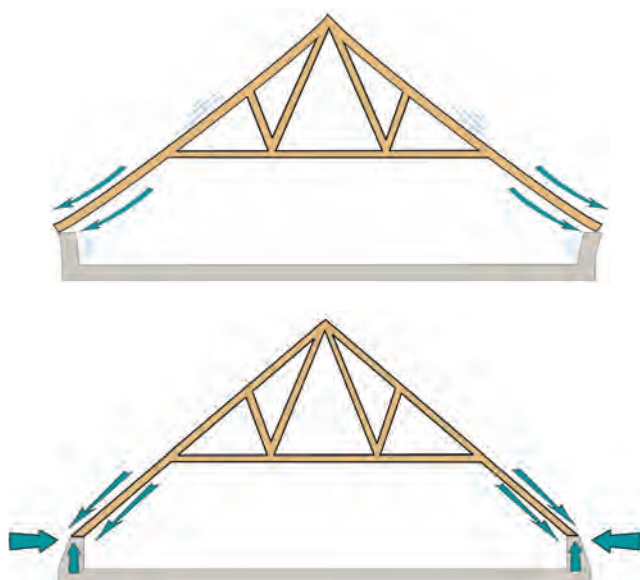


Figure 1.19.
Fermes en arc

L'emploi de ce type de fermes est à réserver à des cas très particuliers et nécessite une conception, des calculs et une réalisation très soignés (voir chapitre 6).

1.3.5. Croupes, pénétrations et arêtier-noue

Croupes

Figure 1.20. Première solution pour réaliser une croupe à « empannons porteurs »

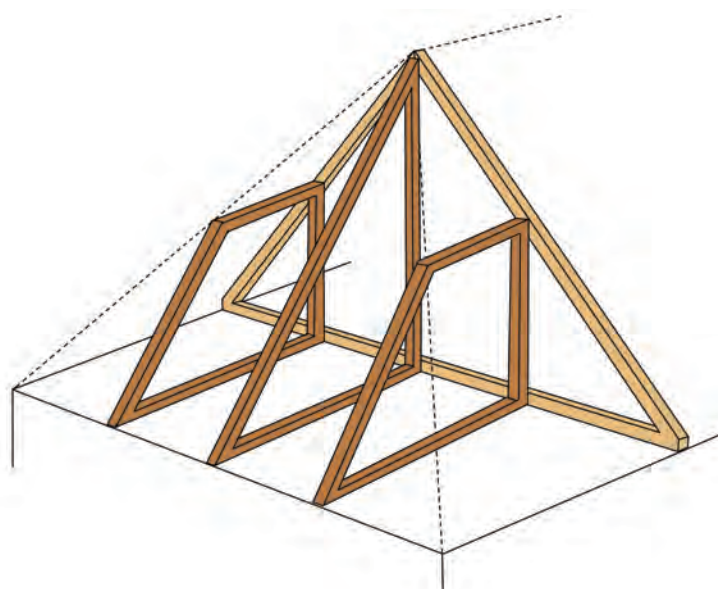
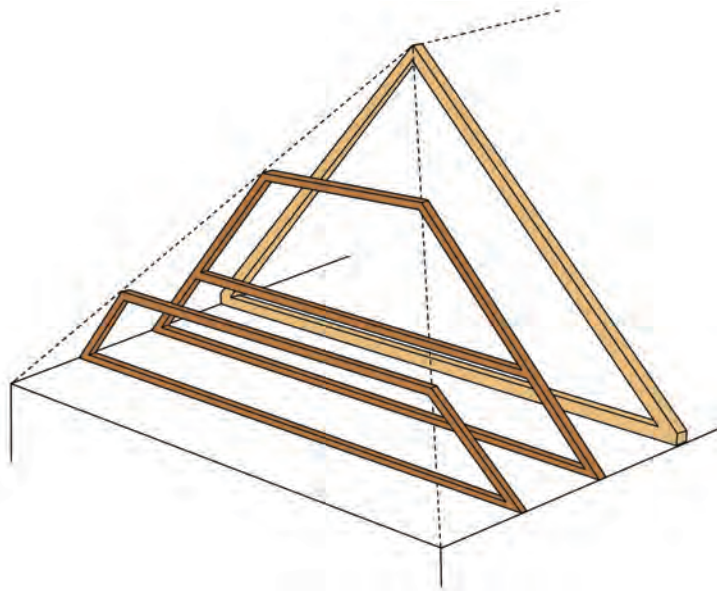
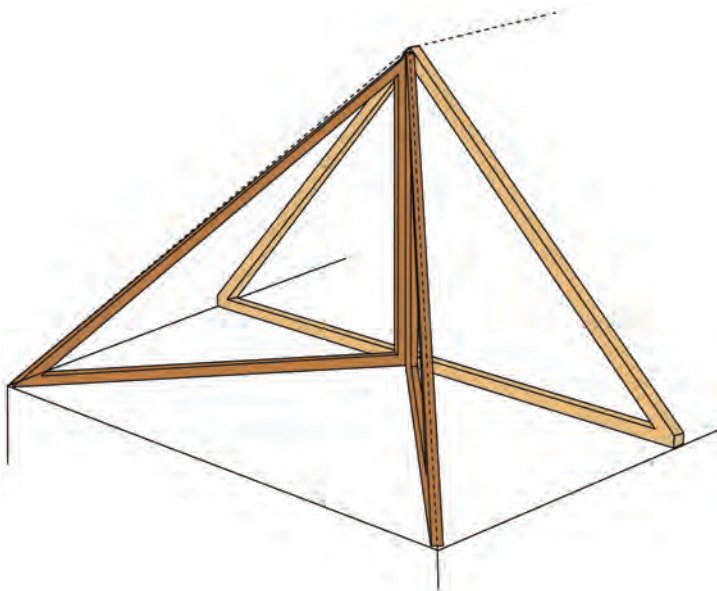


Figure 1.21. Deuxième solution pour réaliser une croupe à « fermes tronquées »



Pour ce type de croupe, **attention aux flèches différentielles** des fermes tronquées.

Figure 1.22. Troisième solution pour réaliser une croupe à « fermes d'arêtier »



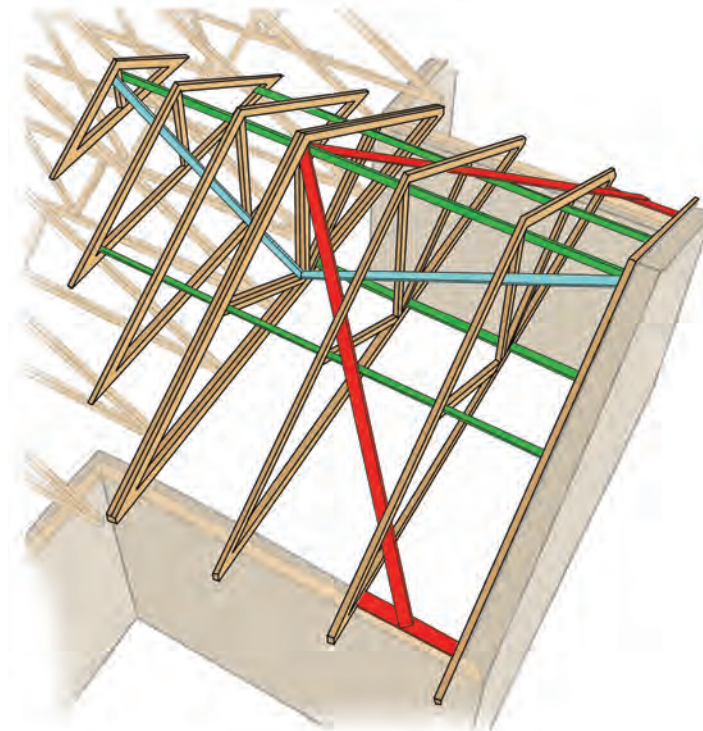
Attention ! il convient de gérer les flèches différentielles dans les croupes.

Pénétrations

Les pénétrations de toiture font l'objet de conceptions particulières. Les renforts et contreventements sont précisés sur le plan de pose.

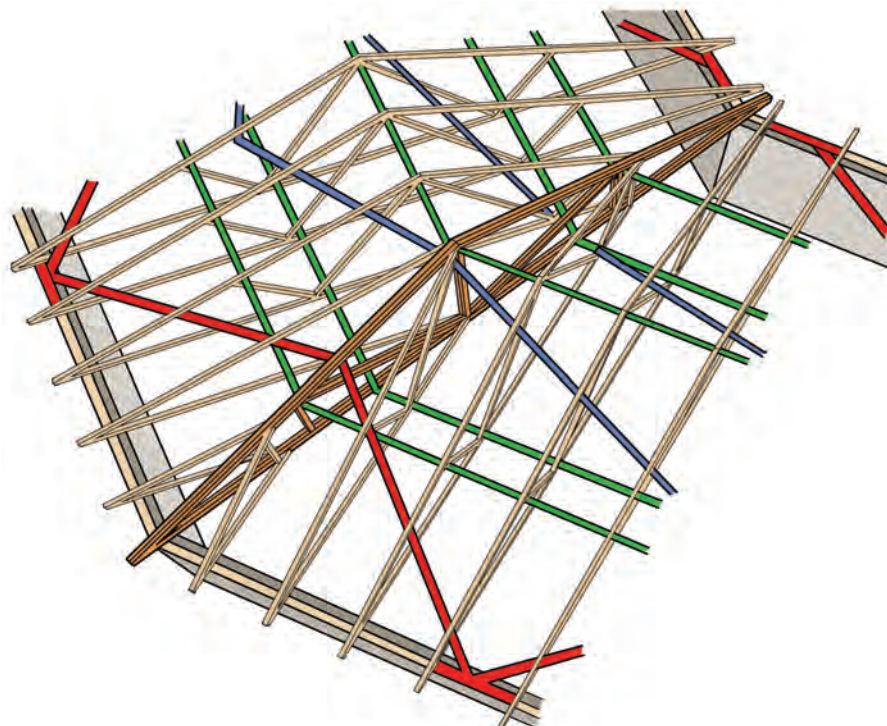
Voir aussi la gestion des points sensibles et d'autres types de pénétration au chapitre 8.

Figure 1.23. Principe de pénétration de toiture



Arêtier Noue

Figure 1.24. Exemple d'Arêtier-Noue



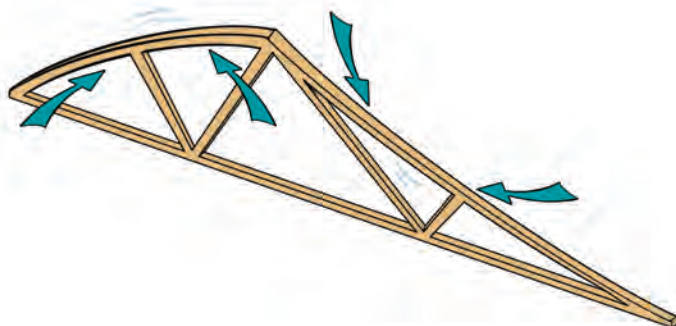
2. L'absolue nécessité du dispositif d'antiflambement

L'oubli **ou les défauts de mise en œuvre** du dispositif d'antiflambement (lors de la conception ou de la pose) sont, de loin, les causes principales des sinistres de charpentes industrialisées.

Qu'est-ce que le phénomène de flambement ?

Par principe, les fermes d'une charpente industrialisée sont composées de pièces de bois de **faible épaisseur** : 36 mm jusqu'à 15 m de portée entre appuis consécutifs, 47 mm au-delà. Les parties de ces fermes qui sont **comprimées** par le poids de la couverture et du plafond (arbalétriers, certaines diagonales), présentent donc le **risque permanent** de se déformer perpendiculairement à leur plan. On dit alors qu'elles flambent (**Figure 2.1**).

Figure 2.1. Flambement d'un arbalétrier –
L'arbalétrier, comprimé, se déforme dans le sens de son épaisseur



Qu'est-ce qu'un dispositif d'antiflambement ?

Ce sont des pièces (pièces de bois, feuillards, poutres, panneaux de support de couverture, voliges, pannes, pannelettes, entretoises) dont la pose empêche le flambement des pièces comprimées.

Quelle est la différence entre le dispositif d'antiflambement et le système de contreventement de la charpente ?

À première vue, la différence n'est pas évidente car les deux systèmes sont composés de pièces de même nature : pièces de bois, lisses, feuillards, etc.

Mais chacun est fait pour contenir des forces totalement différentes.

- > **Le dispositif d'antiflambement évite la déformation hors de leur plan des pièces** comprimées par les charges qui leur sont appliquées.
- > **Le système de contreventement de la charpente** est un élément de maintien de la verticalité cloué sur les fiches de triangulation des fermes et associé à des lisses filantes (ou entretoises) disposées aux nœuds.
Remarque : Le contreventement de stabilité (CVS) forme avec les fiches de triangulation un angle voisin de 45°.

Il s'agit donc de deux ensembles de pièces à étudier séparément.

NOTA : certains éléments sont obligatoires tels que définis dans le DTU 31-3 alors que d'autres comme les antiflambement de calcul (FC) sont liés au dimensionnement.

À la pose, les deux systèmes ont leurs pièces et leurs points de fixation propres. **Ils doivent être bloqués sur un point dur.**

Pourquoi un dispositif d'antiflambement doit-il être étudié et posé dans tous les cas ?

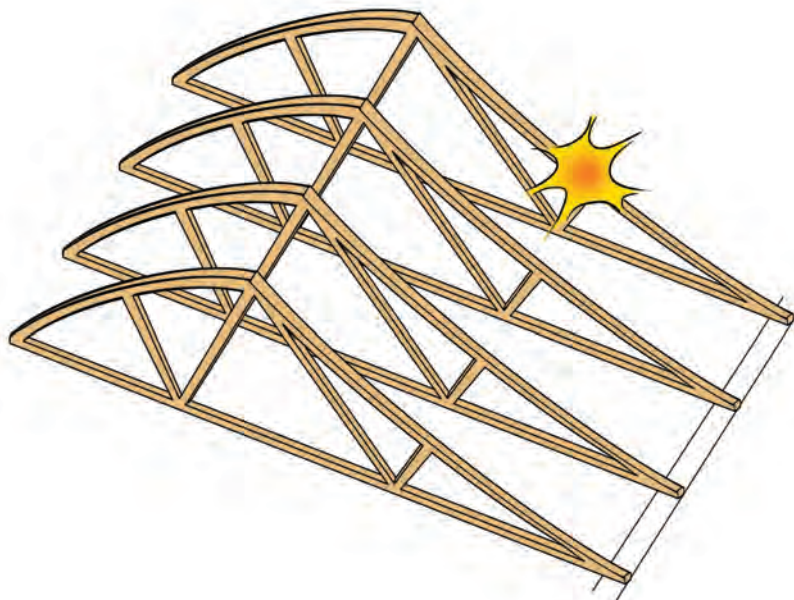
L'emploi de fermes à faible écartement et de section de faible épaisseur n'est possible que sous la **condition absolue** qu'un dispositif d'antiflambement soit mis en œuvre. En d'autres termes, fermes de faible section et pièces d'antiflambement sont **deux éléments indissociables** d'une charpente industrialisée.

Poser les unes sans les autres, c'est priver le produit d'une de ses deux « jambes ».

Que risque-t-il de se passer si l'on néglige l'étude et la pose du dispositif d'antiflambement ?

Le flambement peut conduire à la déformation de la charpente (**Figure 2.2**) qui en s'amplifiant peut entraîner des désordres sur l'ensemble de la construction.

Figure 2.2. Le flambement d'un groupe de fermes peut entraîner des désordres sur la charpente



Les dispositifs efficaces d'antiflambement des arbalétriers (Figure 2.3 à Figure 2.10).

> Fixation des liteaux

NOTA : Les liteaux seuls ne peuvent pas jouer le rôle d'antiflambement (Figure 2.3 et Figure 2.4).

Même si un pignon rigide assure le blocage des liteaux en translation, leur clouage en about est très peu résistant : il ne saurait empêcher une partie des arbalétriers de flamber.

Remarque : les supports de couverture (lisseaux, pannelettes, etc.) jouant le rôle **d'éléments de rappel** du système d'antiflambement, **il faut tenir compte de leur entraxe dans le dimensionnement de la ferme.**

Figure 2.3. Déclouage des lisseaux assurant seuls le rôle d'antiflambement

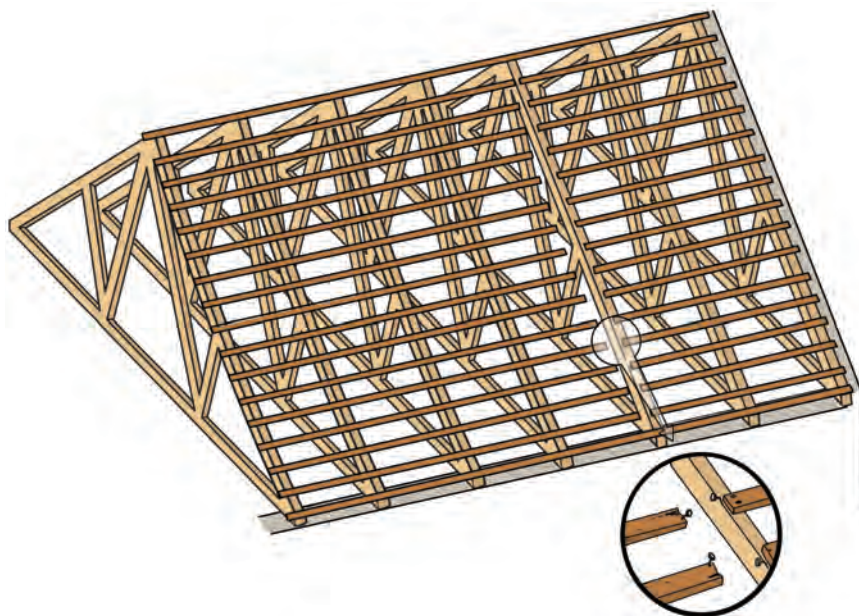
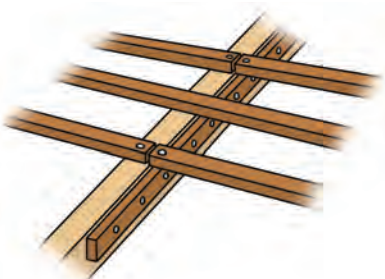


Figure 2.4. La bonne façon de clouer les lisseaux



Il faut clouer les abouts de lisseaux sur des fourrures rapportées contre les arbalétriers.

> **Antiflambement continu (Type A)**

- Les pièces d'antiflambement sont clouées sous les arbalétriers selon un angle proche de 45°. Elles partent du faîtage pour aboutir **le plus près possible** des appuis de ferme
- Sur un versant, toute travée entre fermes doit être traversée par **au moins une pièce** d'antiflambement.
- L'AFA de type A est indissociable des lisses au nœud et des éléments de rappel (supports de couverture ou autres).

Figure 2.5. Le dispositif d'antiflambement continu (AFA de type A)

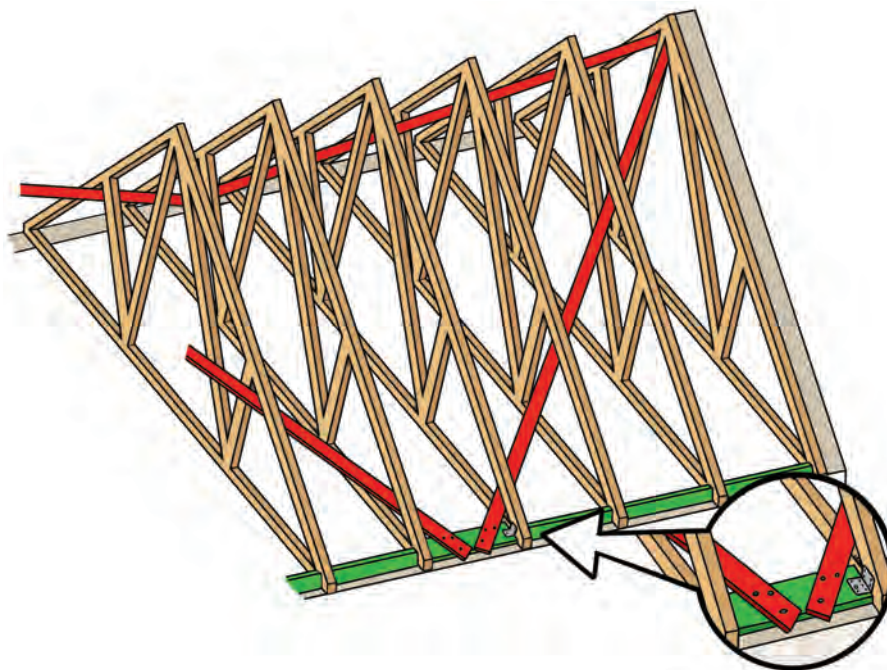
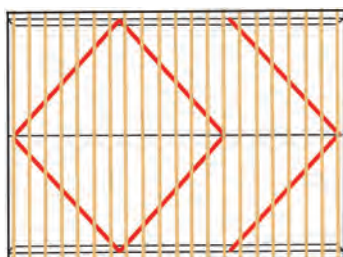
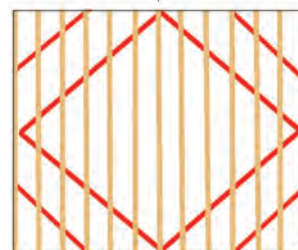


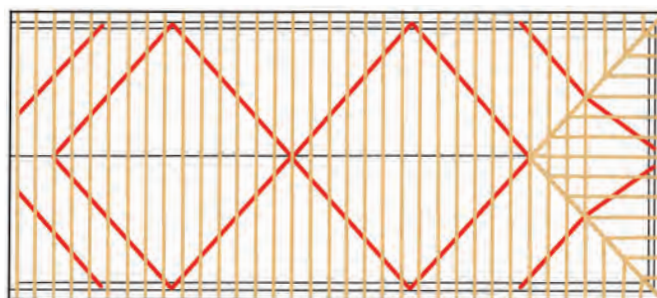
Figure 2.6. Exemples de positionnement d'AFA pour des bâtiments courants



Bâtiments rectangulaires



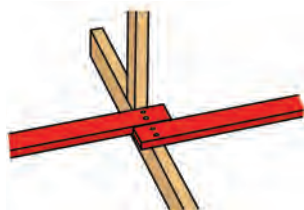
Bâtiments rectangulaires de grande portée



Bâtiment longiligne avec croupe

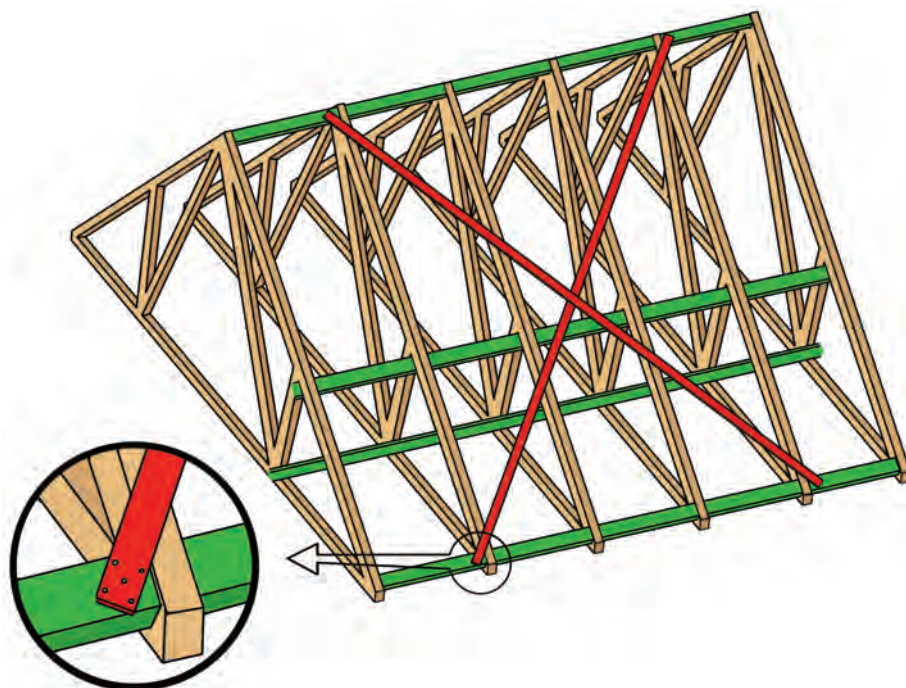
Remarque : en cas d'AFA de grande longueur, le raccord doit être réalisé de manière à assurer la transmission des efforts (**Figure 2.7**).

Figure 2.7. Fixation des barres filantes



> Antiflambement continu (Type A) : variante avec feuillards

Figure 2.8. Variante d'antiflambement des arbalétriers par feuillards en croix



Attention ! Pour être efficaces, les feuillards doivent arriver au plus près de l'entretoise et être cloué au croisement de chaque arbalétrier.

Ils doivent être mis en tension : on les dévoie légèrement à mi-longueur lors du clouage sur un arbalétrier intermédiaire.

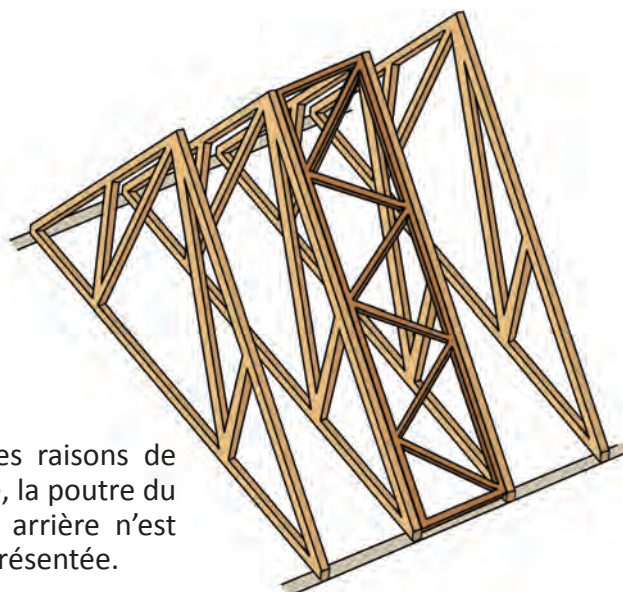
> Antiflambement ponctuel (Type B)

Une ou plusieurs poutres sont liaisonnées aux arbalétriers des fermes supports dans le plan du rampant et reprennent les efforts d'antiflambement de l'ensemble des fermes transmis par les éléments de rappel (liteaux, etc.)

La poutre doit couvrir la globalité de l'arbalétrier pour éviter des moments secondaires et les liaisons et raideurs doivent être conçues pour transmettre les efforts.

Ces poutres peuvent aussi **parfois** servir au contreventement.

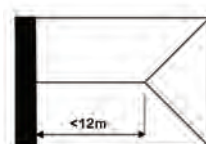
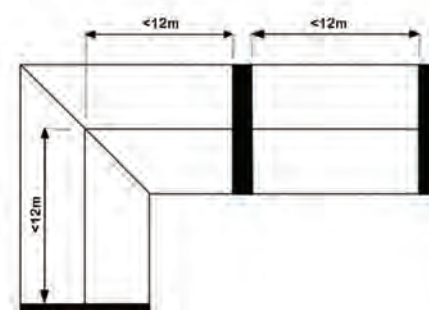
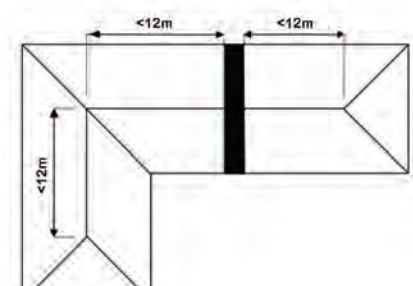
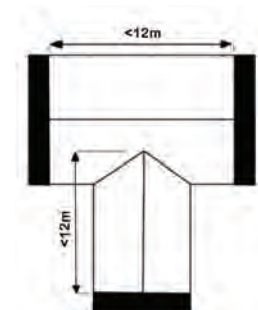
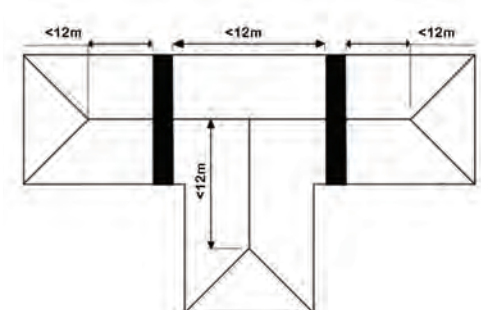
Figure 2.9. Antiflambement par poutres préfabriquées sur les deux versants (AFA de type B)



Pour des raisons de lisibilité, la poutre du versant arrière n'est pas représentée.

La distance intérieure entre ces poutres, ou tout autre blocage, n'excède pas 12 m sauf justification des éléments de rappel et de leurs liaisons.

Tableau 1. Exemple de positionnement des poutres

 Roiture à deux pans	 Bâtiments trois pans avec croupes
 Quatre pentes et retour en « L »	 Six pentes et retour en « L »
 Quatre pentes retour en « T »	 Sept pentes retour en « T »

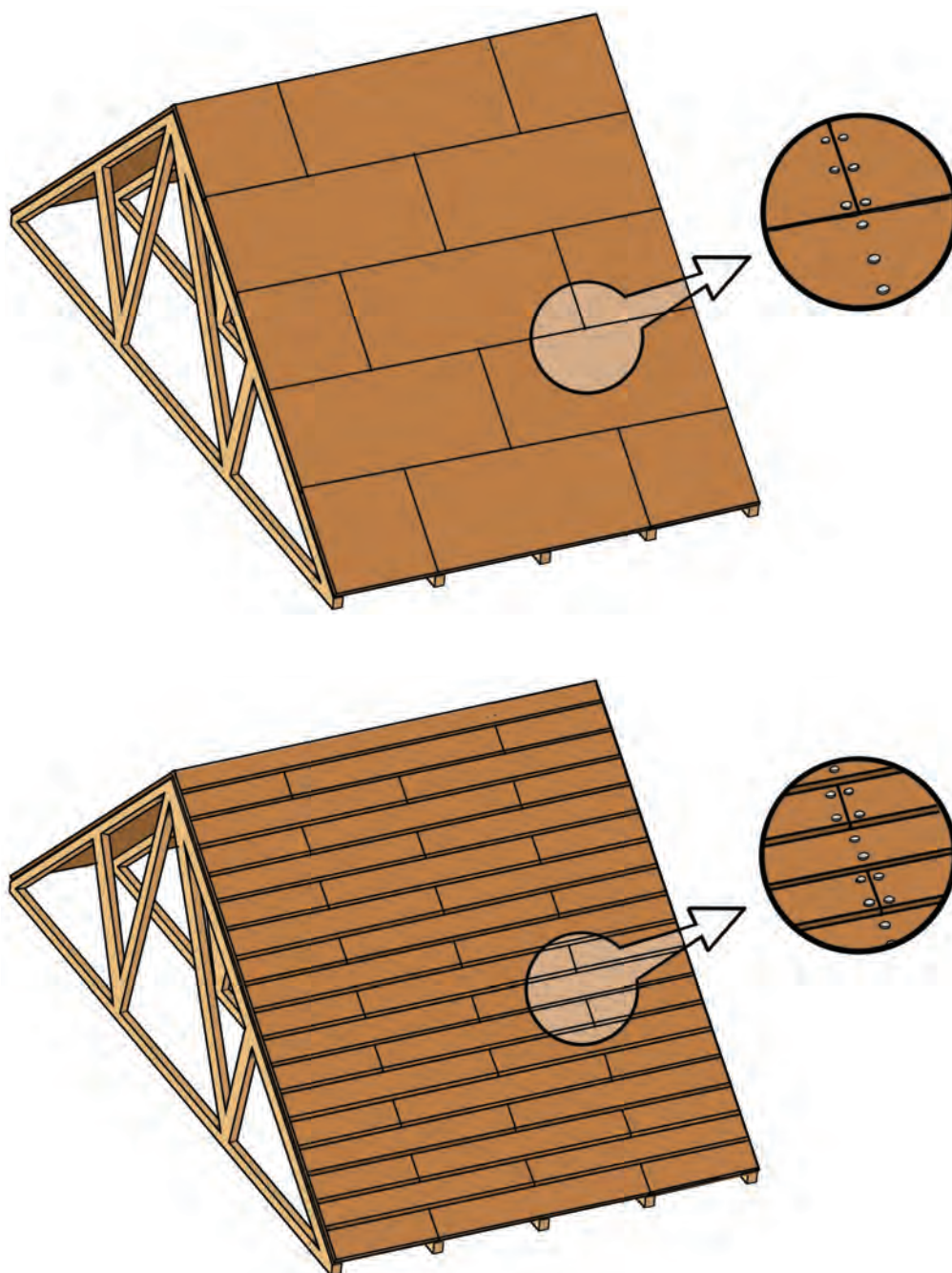
Attention ! Ces poutres ne peuvent pas toujours servir au contreventement.

> Antiflambement des arbalétriers par les supports de couverture

Les supports de couverture (voliges ou panneaux), fixés sur les arbalétriers, assurent l'antiflambement de manière **particulièrement efficace**.

Aucun ouvrage complémentaire n'est généralement nécessaire.

Figure 2.10. Variante d'antiflambement des arbalétriers par support de couverture



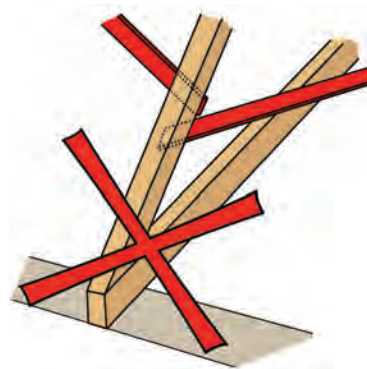
L'efficacité du dispositif d'antiflambement dépend de la rigidité de ses points de fixation

Le flambement est un phénomène qui s'amplifie de lui-même. En cas d'apparition du phénomène, l'effort de stabilisation à fournir pour l'enrayer augmente rapidement. Pour que le dispositif d'antiflambement soit efficace, il faut donc :

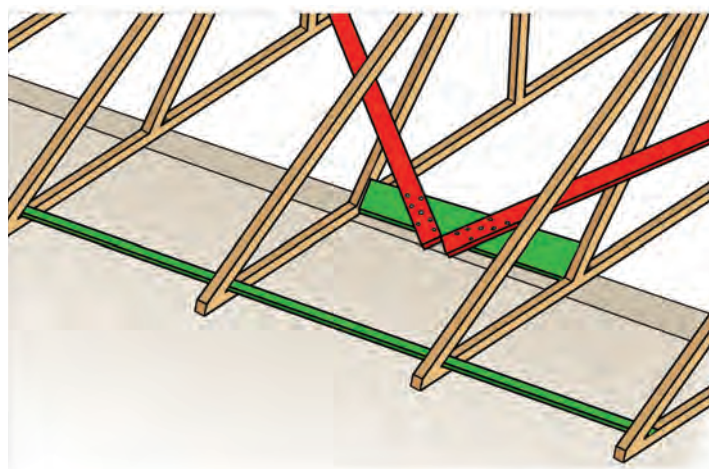
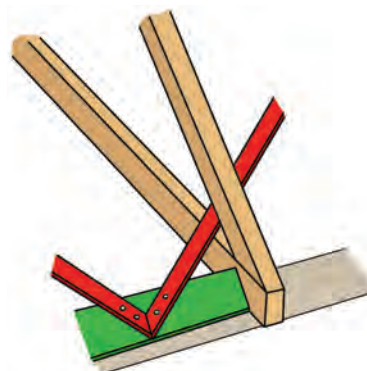
- que les fermes soit **bien planes avant la pose**, et ne présentent pas déjà de déformations,
- que les pièces d'antiflambement soient fixées en un point rigide de la charpente.

Figure 2.11. Fixation des pièces assurant l'antiflambement

À éviter : le clouage des pièces d'antiflambement est trop éloigné du point d'assemblage de l'arbalétrier et de la ferme. Le pied de l'arbalétrier risque de fléchir, n'assurant pas au dispositif une rigidité suffisante.



Une bonne solution : le clouage des pièces d'antiflambement sur une entretoise préalablement inclinée à l'aplomb ou au plus près d'un point rigide de la structure porteuse.



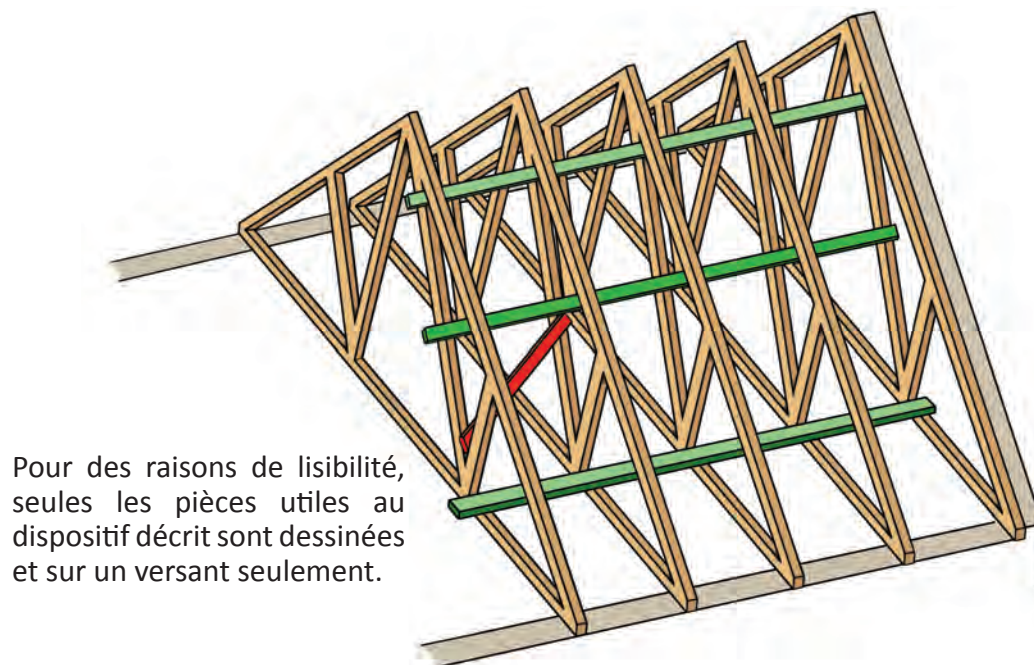
Fixation AFA sur ADA

Les dispositifs efficaces d'antiflambement de pièces parallèles

Pour empêcher plusieurs pièces parallèles de flamber, on cloue sous elles des lisses filantes (pièces de bois longitudinales).

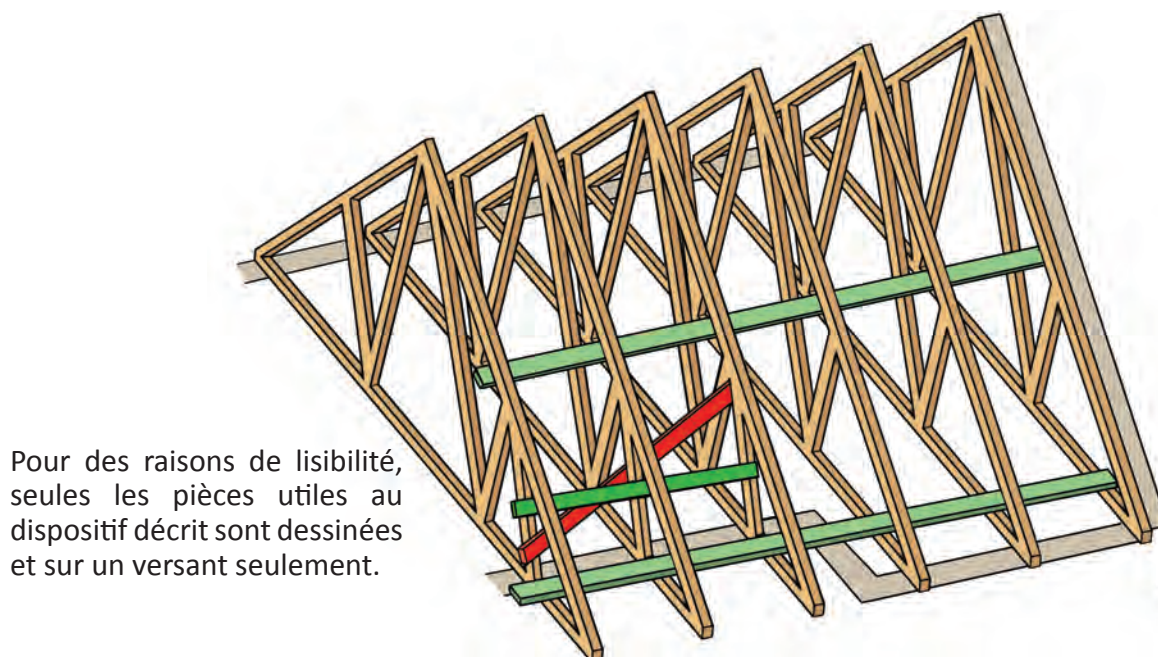
Attention ! Les lisses filantes ne sont efficaces que si elles sont bloquées à leurs extrémités, soit par une pièce rapportée (Figure 2.12), soit par une diagonale (Figure 2.13).

Figure 2.12. Antiflambement des grandes diagonales



Le dispositif d'antiflambement est constitué de la lisse centrale bloquée par une pièce diagonale. Cette pièce diagonale empêche tout mouvement de la lisse centrale par rapport aux autres lisses.

Figure 2.13. Dispositif d'antiflambement d'un groupe de jambettes d'appui

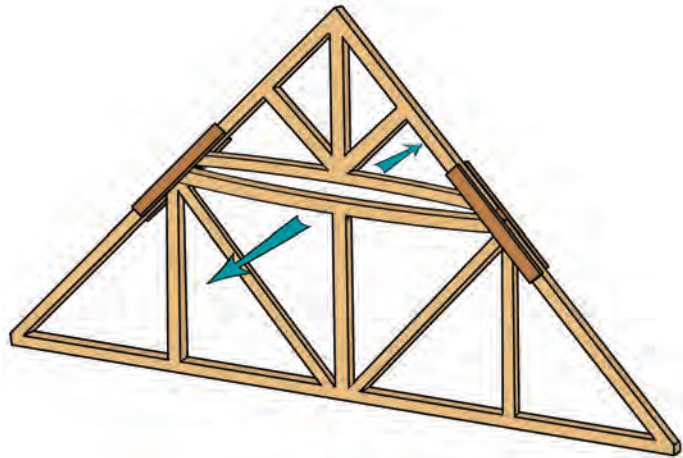


Compte tenu de la forme de la structure en maçonnerie, un groupe de ferme est muni de jambettes à l'endroit où l'entrait est en appui.

Le dispositif d'antiflambement de ces jambettes est constitué d'une pièce horizontale, bloquée par une pièce diagonale. Cette pièce diagonale empêche tout mouvement de la pièce horizontale par rapport aux deux autres lisses. Ce blocage peut aussi être réalisé par les éléments de CVS.

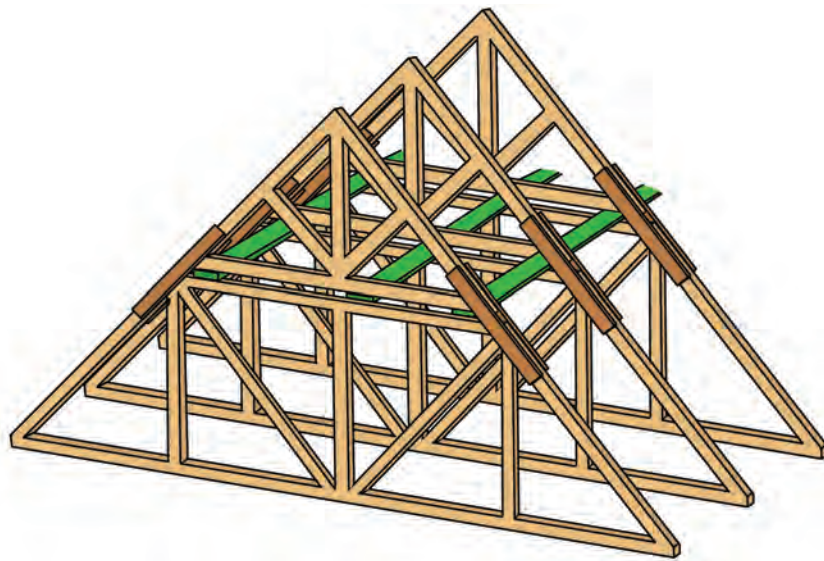
Un dispositif efficace d'antiflambement des fermes livrées en deux parties

Figure 2.14. Flambement des fermes livrées en deux parties



Les pièces de part et d'autre de la jonction des deux parties risquent de flamber.

Figure 2.15. Stabilisation des fermes livrées en deux parties



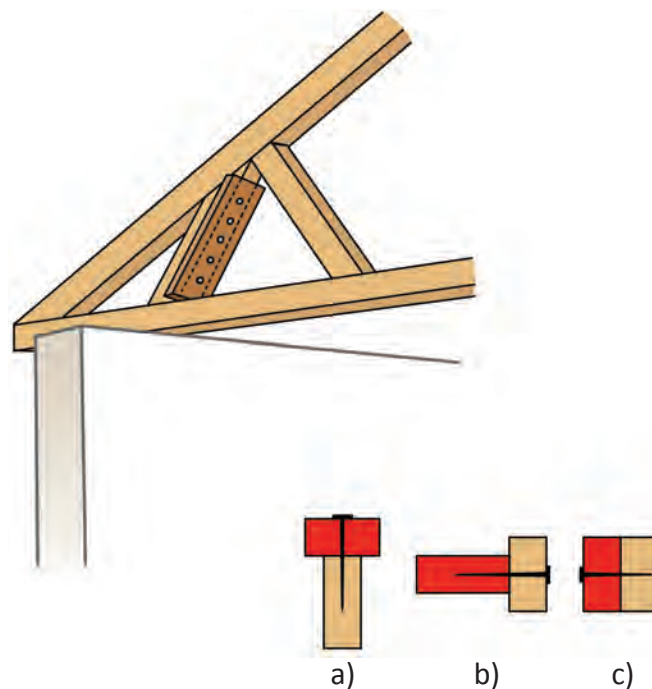
Un dispositif efficace d'antiflambement consiste à mettre en œuvre des lisses (bloquées horizontalement) ou des entretoises.

Remarque : la lisse doit être fixée à chacun des entrails (haut et bas) pour remplir son rôle, à défaut, il faut deux lisses.

Un dispositif efficace d'antiflambement d'une pièce unique

Le dispositif de stabilisation consiste soit en un **doublage** de la pièce comprimée, soit en une simple **planche clouée sur le chant** de la pièce (en T), parallèlement à elle et **sur toute la longueur**.

Figure 2.16. Antiflambement d'un groupe de jambettes d'appui



3. Le système de contreventement : à fixer le plus près possible des nœuds d'assemblage des fermes

Le système de contreventement de la charpente sert à assurer sa stabilité et à créer une liaison entre entrain et arbalétrier de manière à maintenir sa verticalité.

Définition du système de contreventement

Un système de contreventement est composé de pièces diagonales destinées à lutter contre la poussée du vent sur les pignons.

NOTA : Les CVS n'ont pas pour vocation de stabiliser les pignons.

On distingue le contreventement de la charpente décrit dans ce chapitre, de la stabilité générale du bâtiment (efforts de vent, sismique, etc.) décrite dans le chapitre 7.

Systèmes de contreventement classiques pour des charpentes industrialisées

Les diagonales de contreventement sont clouées à plat sur la rive des pièces des fermes. Ce treillis de diagonales **est complété par des lisses filantes** disposées près des nœuds d'assemblage.

Rappel : Le système de contreventement ne peut généralement pas remplacer le dispositif d'antiflambement (voir chapitre 2).

Figure 3.1. Le « zigzag » sur diagonales

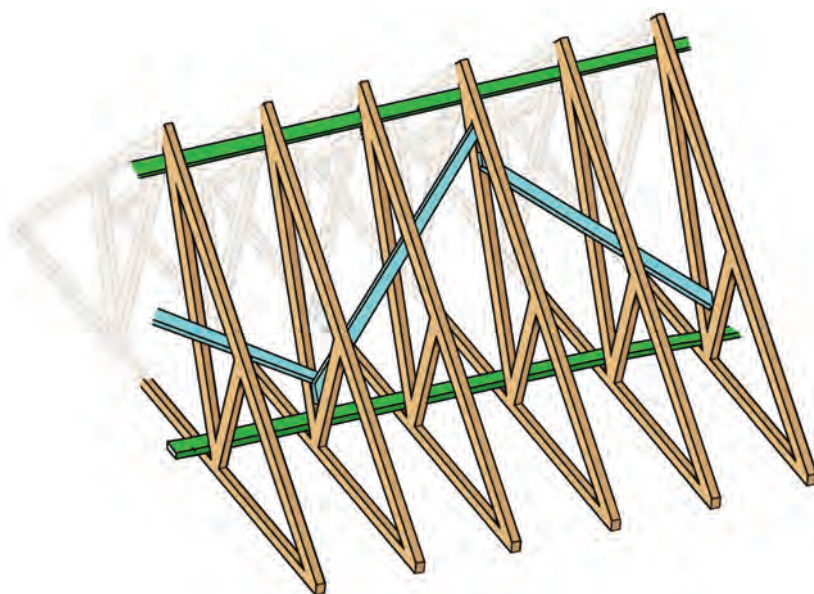
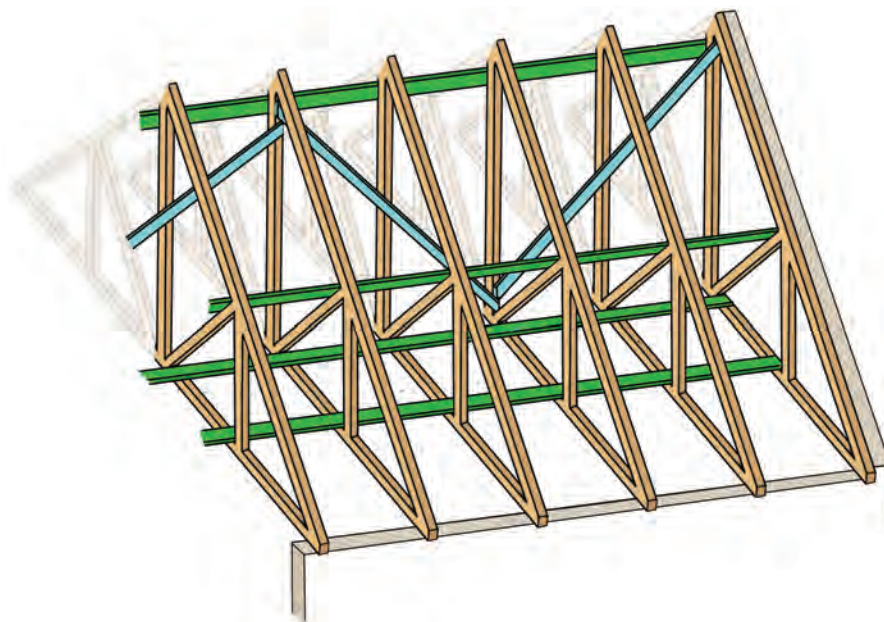


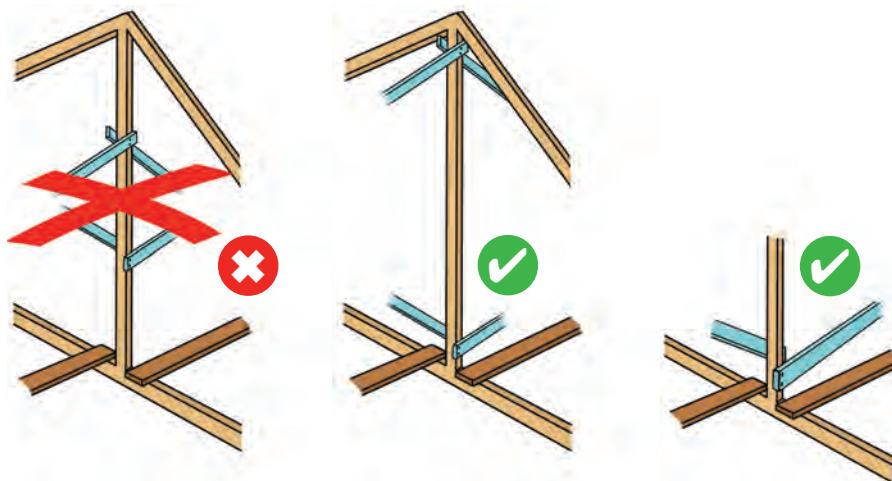
Figure 3.2. Contreventement prenant en compte la présence de poinçons



Comment poser efficacement les pièces de contreventement ?

Pour être efficaces, les pièces de contreventement doivent être **fixées le plus près possible** des nœuds d'assemblage des fermes (nœuds de triangulation) (**Figure 3.3**).

Figure 3.3. Où fixer les pièces de contreventement ?

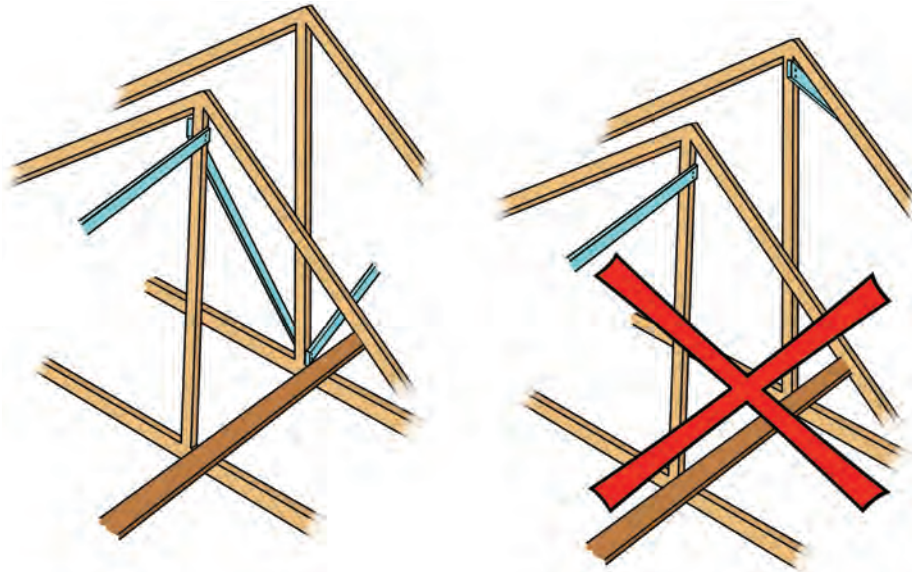


La fixation loin des nœuds d'assemblage est proscrite.

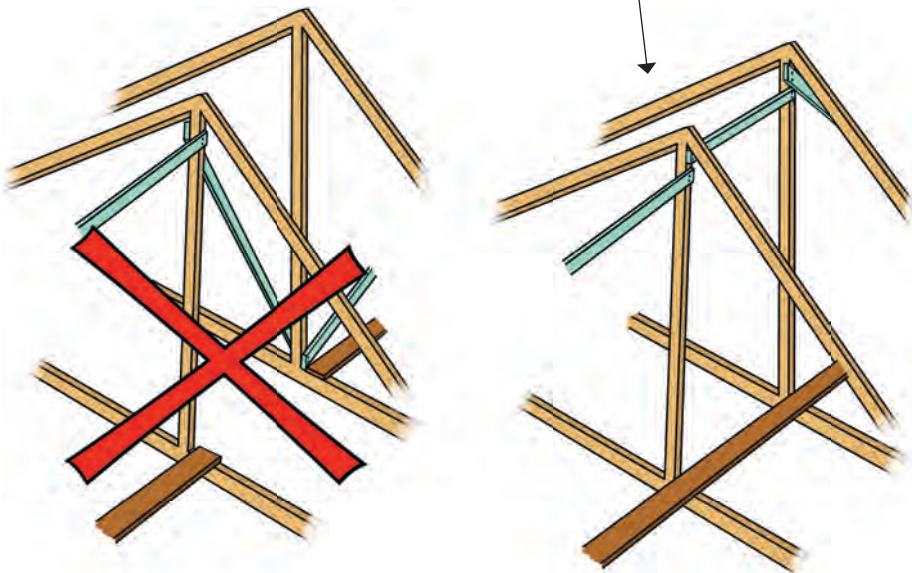
La fixation près des nœuds d'assemblage est obligatoire.

Les interruptions des pièces de contreventement d'une ferme à l'autre rendent le dispositif inefficace.

Figure 3.4. Continuité du contreventement



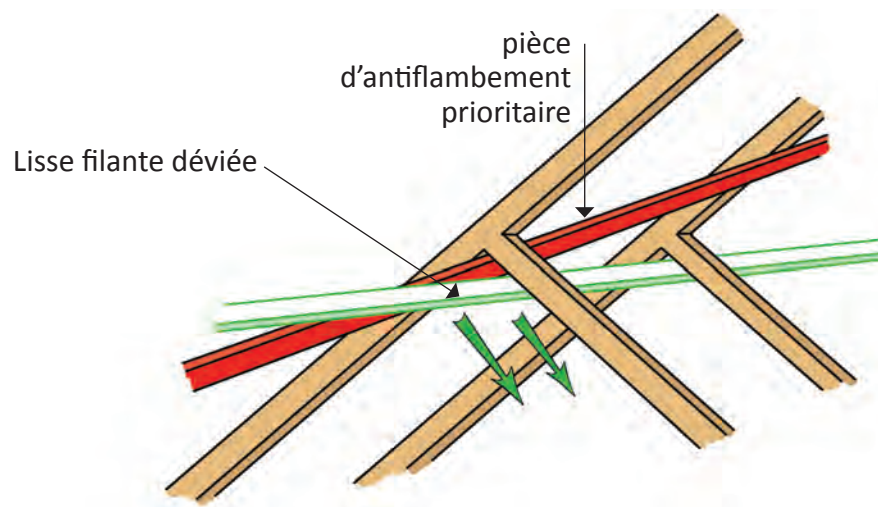
Remarque : Cecas (non recommandé) peut être ponctuellement mis en œuvre dans le cas où un obstacle ne permet pas la mise en œuvre continue des CVS. Dans ce cas, il convient de rajouter une lisse entre les deux nœuds hauts.



Priorité aux pièces d'antiflambement !

Lorsque diagonales de contreventement, lisses filantes et pièces d'antiflambement sont en concurrence pour être fixées au même endroit, **la priorité doit être donnée au dispositif d'antiflambement** (Figure 3.5).

Figure 3.5. Priorité de Pose



La lisse filante est déviée pour laisser passer la pièce d'antiflambement.

4. Les points sensibles dus aux assemblages, aux ancrages et à la pose

La qualité des assemblages, des ancrages et de la pose conditionne directement la qualité de la mise en œuvre d'une charpente industrialisée.

Pour que le poseur puisse faire du bon travail, il faut :

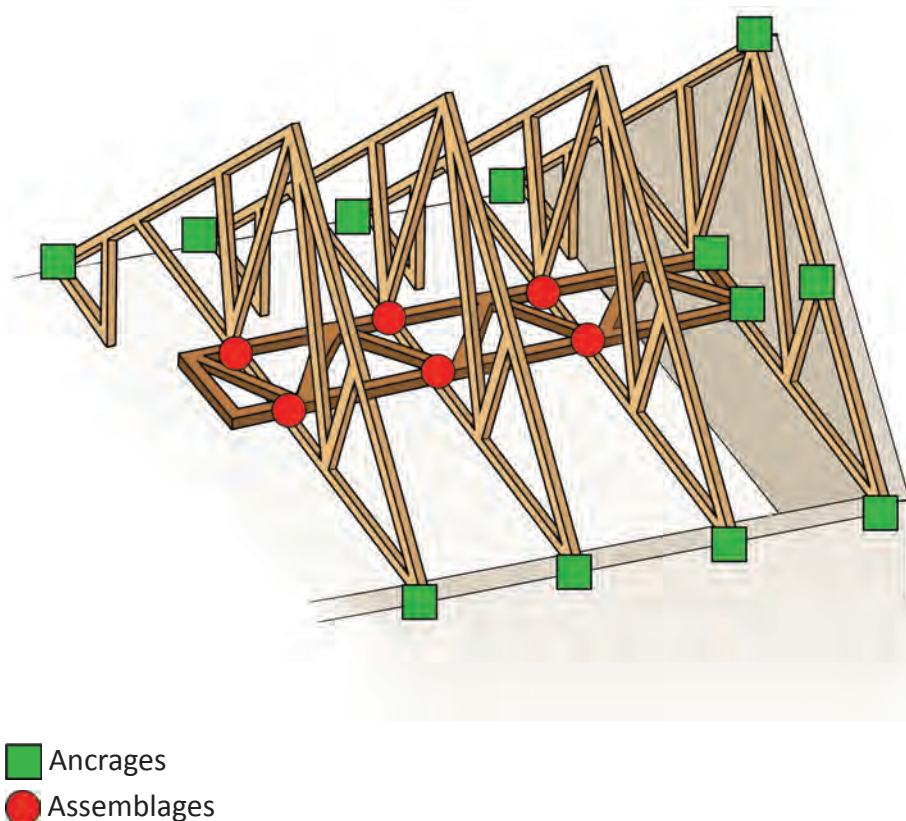
- que le concepteur ait prévu tous les détails d'exécution et les pièces nécessaires,
- que le fabricant ait livré toutes les pièces, sans oublier le plan de pose.

Les deux types de liaisons

1) **Les assemblages** entre les pièces de la charpente : par exemple, pièces de contreventement ou d'antiflambement à clouer sous les arbalétriers, appuis des lisses filantes sur les diagonales ou les entrails, chevêtre de trémie, etc.

2) **L'ancrage** de la charpente sur la maçonnerie : par exemple, ancrage sur mur, ancrage des poutres longitudinales, liaisons aux pignons, etc.

Figure 4.1. Les deux types de liaisons : les assemblages et les ancrages

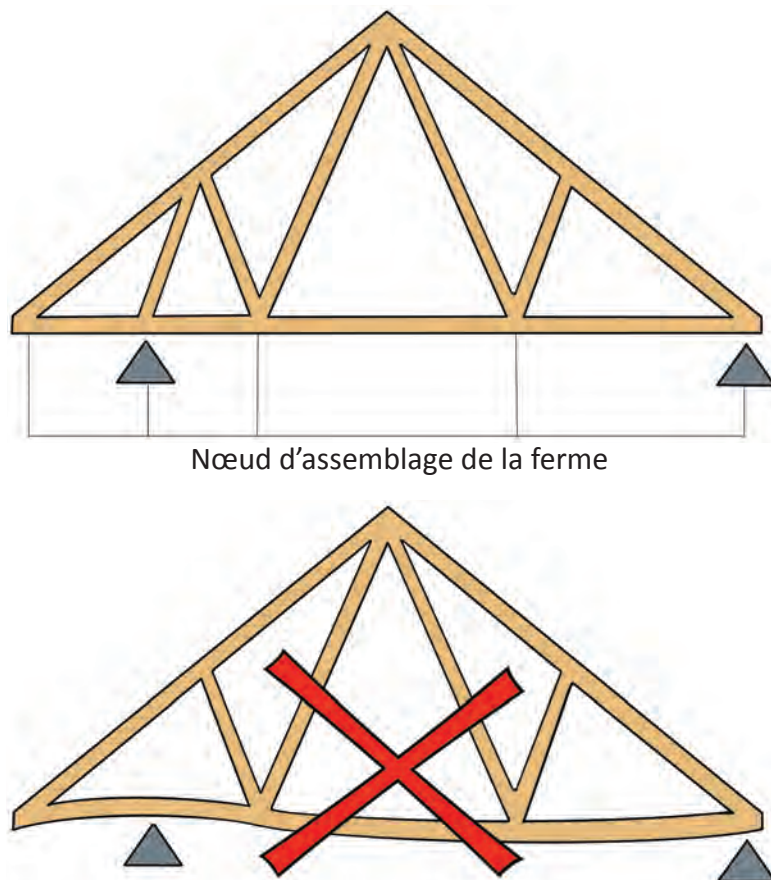


Points sensibles liés à la réalisation des ancrages

- > Chaque point d'appui d'une ferme sur mur porteur **doit être ancré** (sauf indication contraire du plan de pose). Il faut également s'assurer que la **surface** des appuis soit suffisante, et que la ferme soit posée sur un mur ou dans un étrier (**Figure 4.2**).
- > Pour des fermes à entrail horizontal, un ancrage ordinaire suffit. (**Figure 4.3**).

- > Un appui bloqué limite le glissement de la ferme le long du mur tout en assurant une liberté en rotation (articulation).
- > Les appuis doivent être disposés **sous les nœuds d'assemblage** de la ferme, sinon, l'entrait se déforme. L'étude doit prévoir une disposition adéquate.

Figure 4.2. Situation des appuis

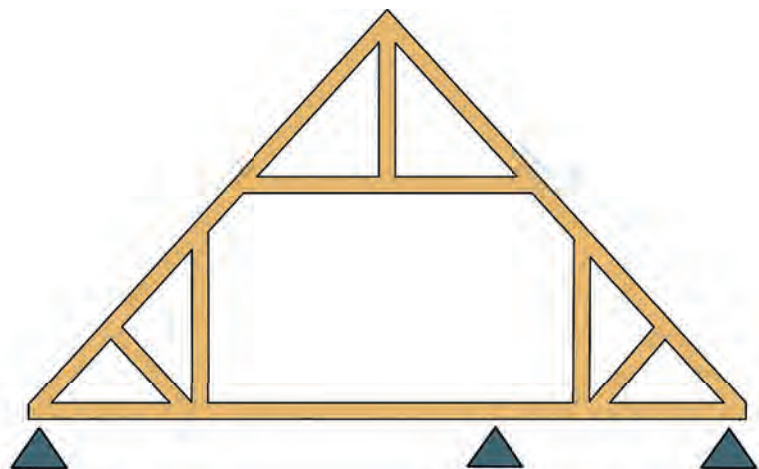


Nœud d'assemblage de la ferme

Les points d'appui et la forme de la ferme doivent être compatibles.

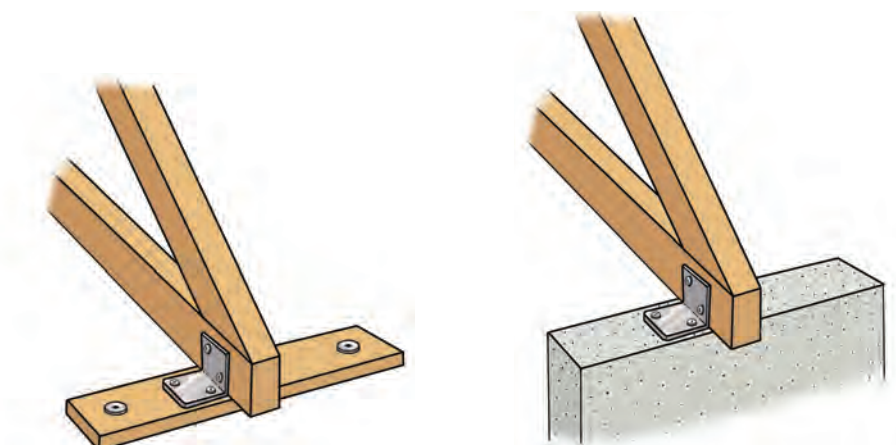


Surtout, n'utilisez pas d'éléments de structure comme appui s'il ne sont pas prévus à cet effet.

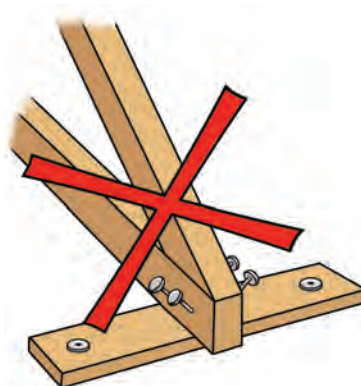


Cas particulier de d'une ferme à entrait porteur sur 3 appuis

Figure 4.3. Fixation des fermes



Fixation satisfaisante des fermes par équerres



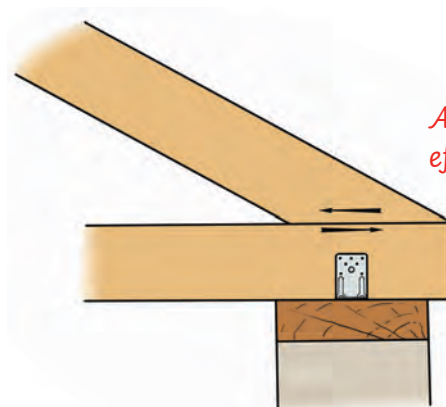
Fixation non satisfaisante des fermes par pointes lardées

NOTA : En raison de leur souplesse naturelle, les pointes ou les boulons rapprochés ne s'opposent pas aux petites rotations, et sont donc une solution acceptable pour une articulation.

Points sensibles liés à la réalisation des ancrages en pied

- > S'il est prévu que les pieds de la ferme aient une liberté de glissement horizontal de plus de 6 mm, il faut alors réaliser un **appui glissant** (Figure 4.4).

Figure 4.4. Réalisation d'un appui glissant

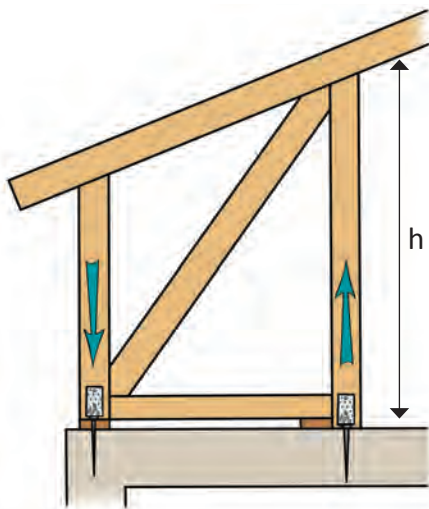


Attention aux fermes porteuses :
efforts importants !

Le glissement est autorisé par un **trou oblong** horizontal dans une équerre d'ancrage.

- > Certaines fermes (dont celles dites à « encuvement ») sont étudiées pour être ancrées en **deux points**, de manière à assurer un effet d'encastrement (blocage en rotation). Généralement, un des appuis est simple : il transmet à la structure le poids de la couverture, tandis que l'autre est considéré comme une articulation : il transmet à la structure le poids de la couverture et les poussées horizontales de la ferme (**Figure 4.5**).

Figure 4.5. Réalisation d'appuis doubles



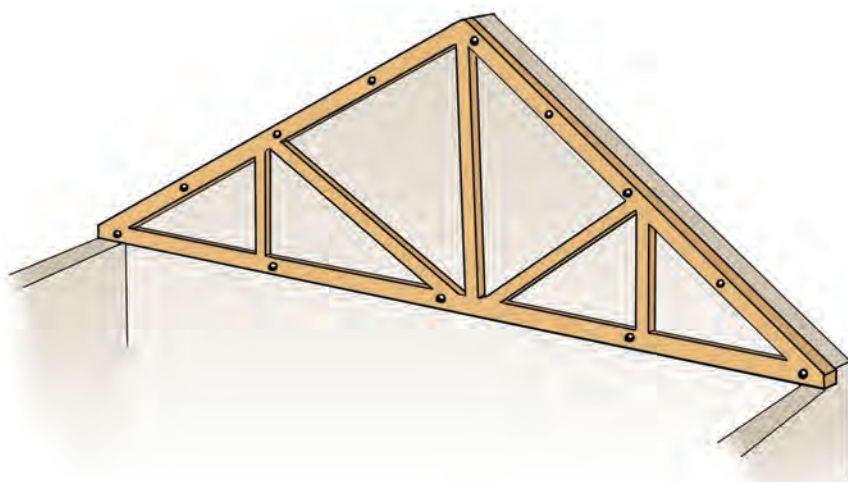
Souvent, l'un des appuis doit résister à une force d'arrachement importante. Il faut alors qu'il soit très résistant. Il est recommandé un ancrage à une **dalle en béton** par des **chevilles à expansion**.

Point sensible lié à la réalisation des ancrages au pignon

Lorsqu'une ferme est disposée contre un pignon, **elle doit absolument y être ancrée**.

Les fixations doivent être disposées près de chaque nœud et distantes au plus de 1,20 m.

Figure 4.6. Ancrage des fermes au pignon

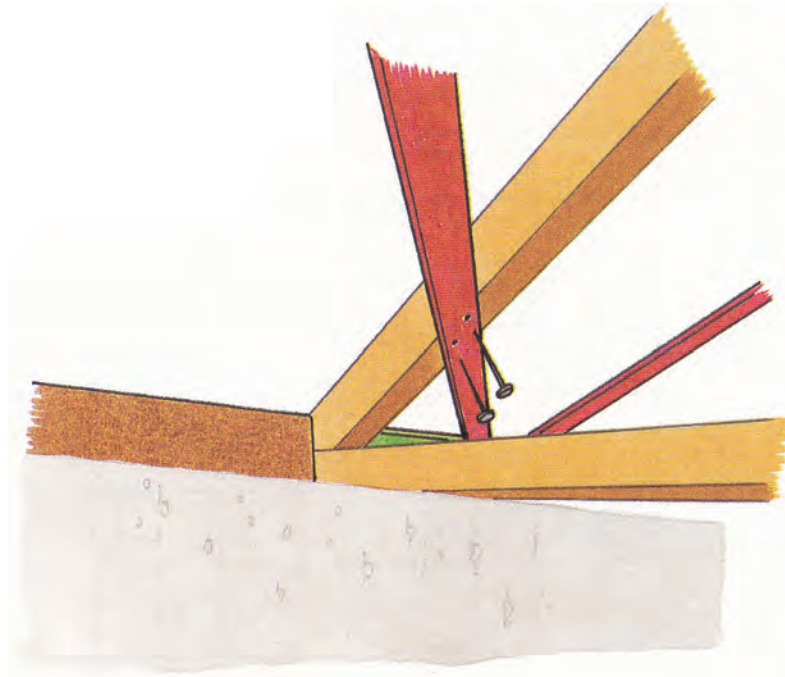


Attention aux distances des ancrages aux bords du pignon.

Point sensible lié aux assemblages

Toute pièce d'antiflambement ou de contreventement doit être fixée par deux pointes non-lisses au moins aux éléments de la ferme qu'elle croise (arbalétrier, diagonales...) (**Figure 4.7**).

Figure 4.7. Fixation des pièces d'antiflambement ou de contreventement



5. Le plan de pose, un outil indispensable

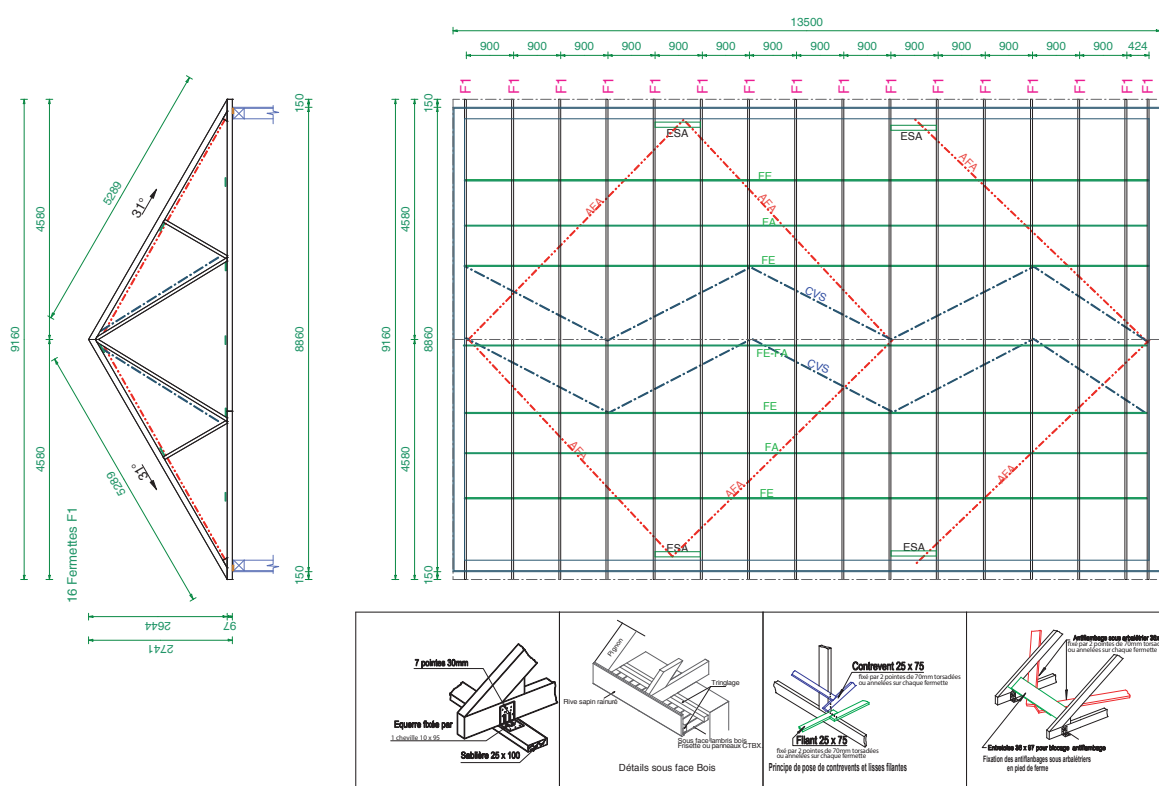


Il faut absolument qu'un document complet et facile à lire accompagne la livraison des multiples éléments d'une charpente industrialisée.

La mise en œuvre d'une charpente industrialisée implique quatre métiers successifs : l'architecte, le bureau d'études, le fabricant, le poseur. **La qualité finale de la réalisation dépend donc du passage du relais de l'information tout le long de cette chaîne.**

Le plan de pose en est le dernier maillon. **Il est impératif de l'étudier avant de commencer la mise en œuvre.**

Figure 5.1. Exemple d'un plan de pose simple



Ce plan de pose comporte toutes les informations nécessaires pour un cas simple. Il doit être complété en cas de particularités (accidents de toiture, appuis et fixations des fermes, dispositions contre les flèches différentielles...) par des indications détaillées.

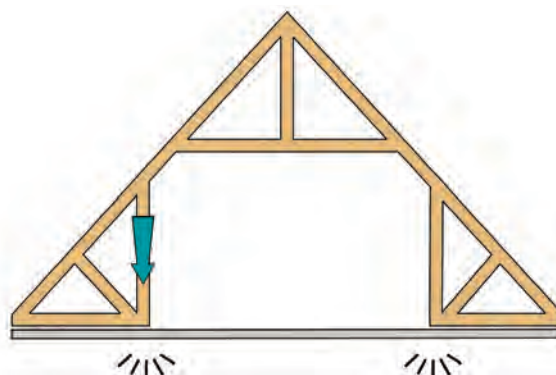
6. Les points sensibles dus au type de ferme



Certains types de fermes, notamment celles sans entrain horizontal, nécessitent une attention redoublée pour la conception et la pose.

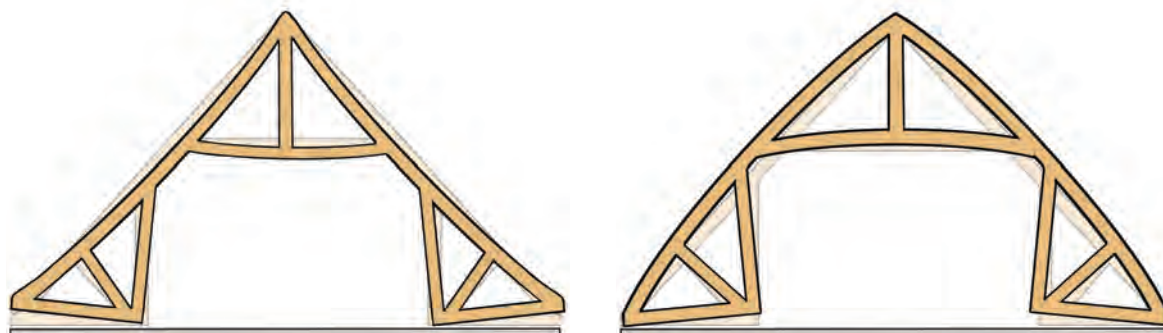
Les fermes de combles habitables posées sur plancher (Figure 6.1 et Figure 6.2).

Figure 6.1. Ferme en « A »



Si ces fermes sont posées sur un plancher peu rigide, la déformabilité de ce plancher aux points d'appui doit être prise en compte dans les calculs.

Figure 6.2. Déformation des fermes habitables posées sur plancher



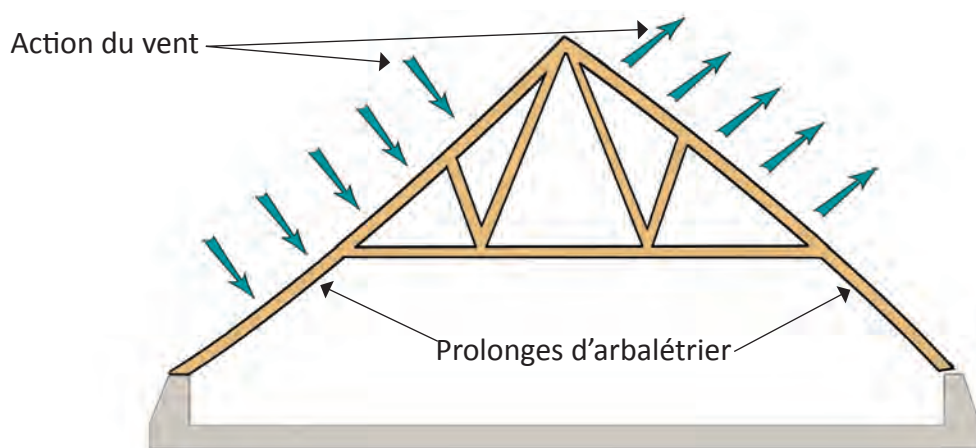
Pour ce type de fermes, il faut éviter **toute déformation et mise en contrainte dès la pose**. Il faut aussi respecter la largeur entre piedroits indiquée sur le plan de pose.

Les fermes en appui sur prolonges d'arbalétrier (Figure 6.3 à 6.4b)

Ces fermes fonctionnent comme un arc. Elles peuvent se déformer exagérément et pousser sur des murs qui n'ont pas été conçus pour résister à ce type de forces.

De plus, l'absence partielle de triangulation interne les rend sensibles aux **poussées dissymétriques du vent** (Figure 6.3).

Figure 6.3. Déformation d'une ferme en appui sur prolonges d'arbalétriers

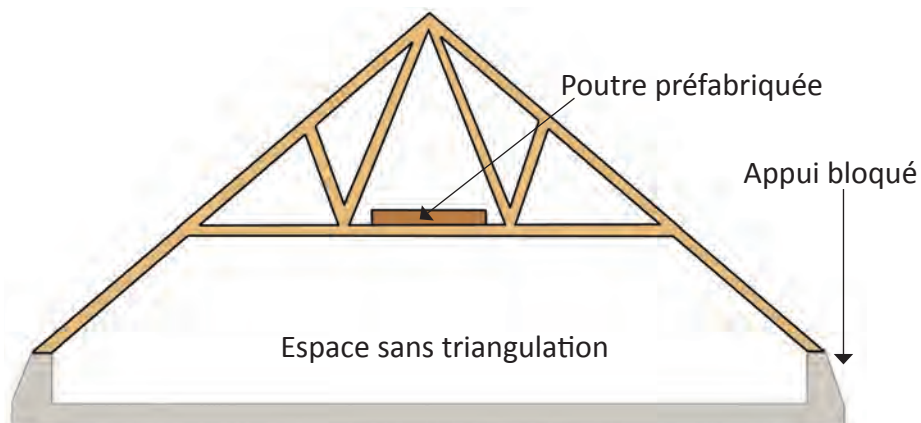


Des fissurations et des faux-aplombs risquent d'apparaître

Pour éviter la déformation d'une ferme en appui sur prolonges d'arbalétrier, le concepteur doit prévoir :

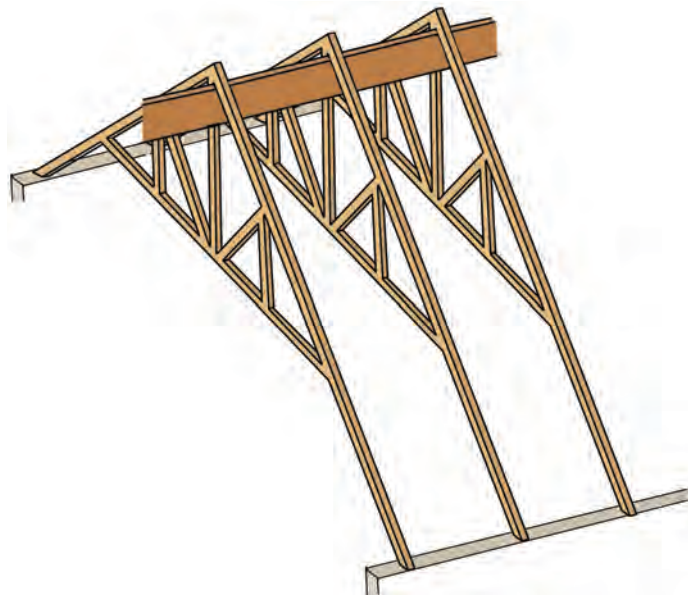
- des **appuis bloqués** pour les fermes
- des **sections** d'arbalétrier **importantes** ou des poutres longitudinales, horizontales ou verticales (Figure 6.4a et b).

Figure 6.4.a. Stabilisation par une poutre longitudinale horizontale



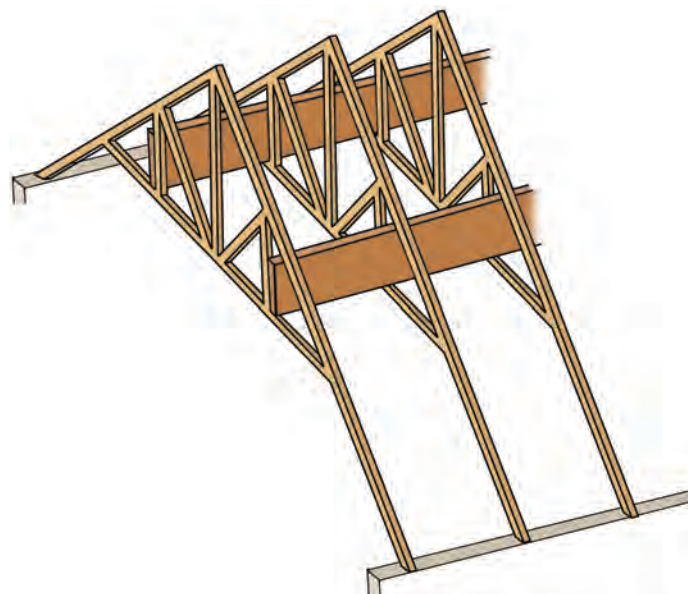
Le concepteur ne doit pas oublier de définir son blocage par le mur porteur et sa fixation sur les fermes.

Figure 6.4.b. Stabilisation par une poutre longitudinale verticale



Le concepteur ne doit pas oublier de définir leur blocage par le mur porteur et leur fixation sur les fermes pour reprendre les efforts horizontaux.

Remarque : Le cas de deux poutres verticales longitudinales est aussi une solution acceptable.



Les fermes de combles habitables dont l'entrait supporte le plancher (Figure 6.5 et Figure 6.6)

> Réhausse connectée

Pour adapter la structure à une largeur habitable plus importante, le concepteur peut augmenter la section de l'entrait à l'aide d'une **réhausse connectée**. La solution doit être justifiée par le calcul.

Figure 6.5. Réhausse connectée d'un entrain en bois



NOTA : Un appui intermédiaire permet aussi d'augmenter la largeur habitable.

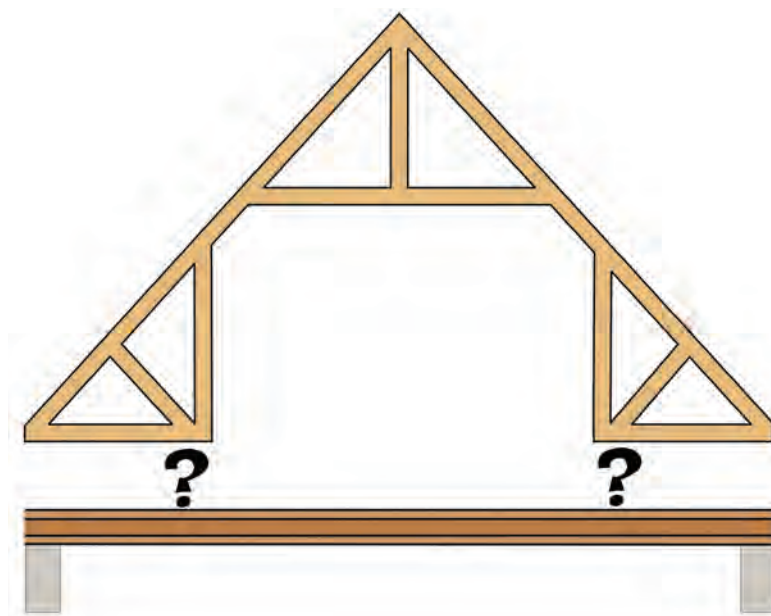
> Entrait en poutre composite

La poutre composite et les arbalétriers doivent être assemblés avant montage, pour former la ferme complète telle qu'elle a été conçue

Le concepteur doit donc étudier avec soin le mode d'assemblage, et le fabricant faire figurer explicitement les indications nécessaires au poseur dans le plan de pose.

Le poseur doit **suivre avec précision** les indications fournies **ou les demander au fabricant** si elles font défaut.

Figure 6.6. Quel assemblage pour un entrain en poutre composite ?

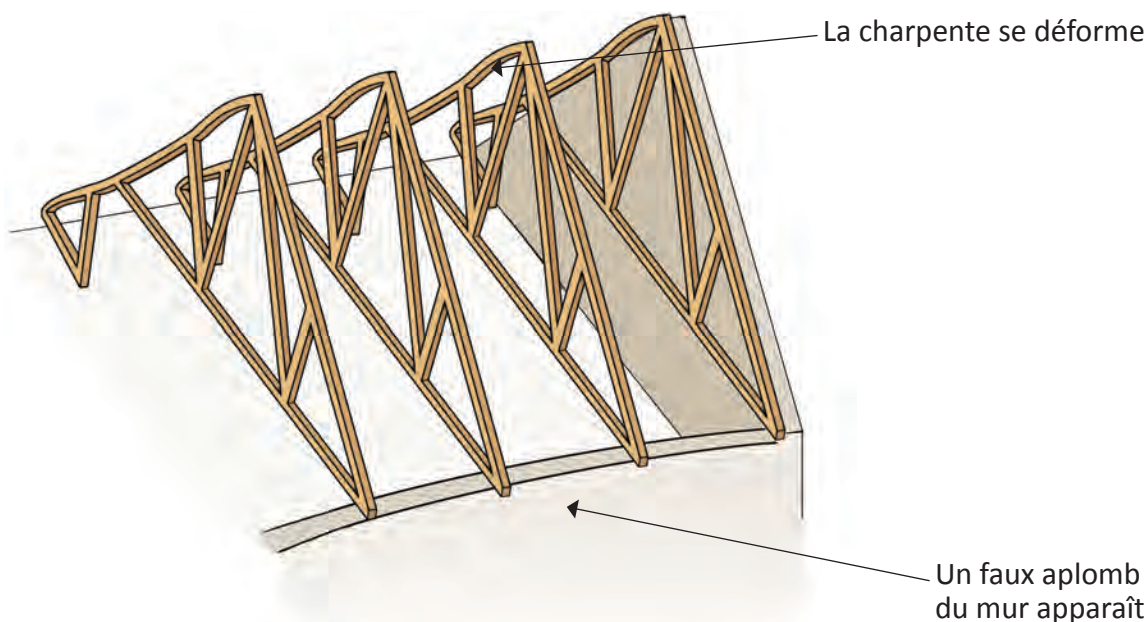


Les fermes boiteuses (Figure 6.7)

Il est donc recommandé de stabiliser la charpente par une ou plusieurs poutre longitudinale horizontales ou verticales (Figure 6.8).

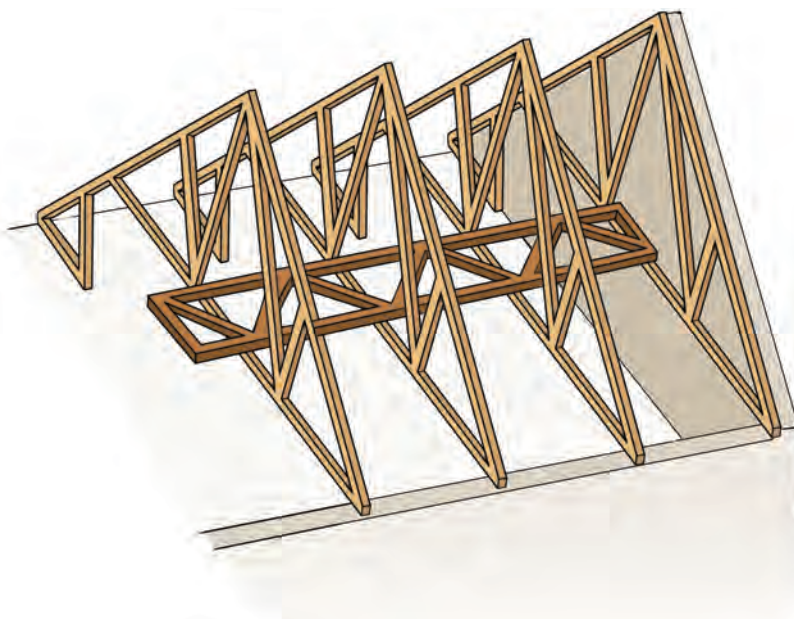
Les fermes boiteuses ont aussi tendance à fonctionner en arc. **Elles poussent horizontalement sur leurs appuis**, même sous l'effet du seul poids de la couverture. Si les appuis ne sont pas capables de supporter ces poussées, la charpente se déforme de manière dissymétrique (Figure 6.7).

Figure 6.7. Déformation dissymétrique d'une ferme boiteuse



Il est donc recommandé de stabiliser la charpente par une ou plusieurs poutre longitudinale horizontales ou verticales (Figure 6.8).

Figure 6.8. Dispositif pour rendre rigide une ferme boiteuse (exemple de poutre horizontale)



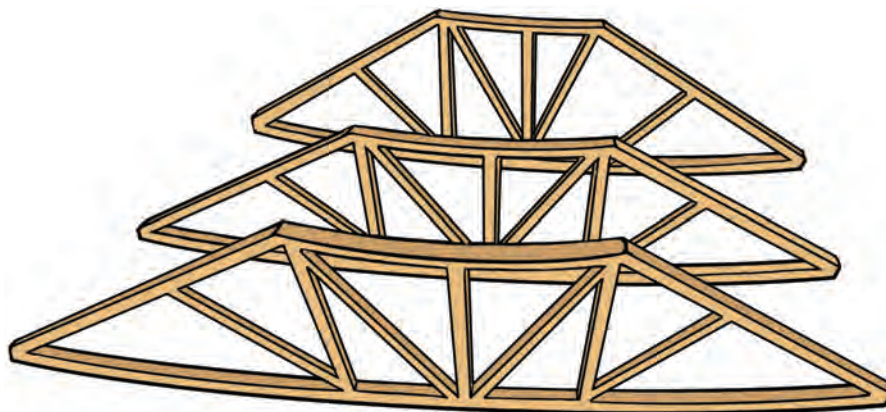
Les fermes tronquées dans une croupe (Figures 6.10 et 6.11)

Moins elle est haute, moins une ferme est rigide.

Une ferme tronquée simple est souvent trop flexible (Figure 6.9) : elle doit être renforcée, voire doublée ou triplée (Figure 6.10).

En outre, le concepteur doit en outre prévoir un dispositif **qui évite le flambement de la traverse supérieure** de la ferme tronquée, souvent assez longue (Figure 6.10).

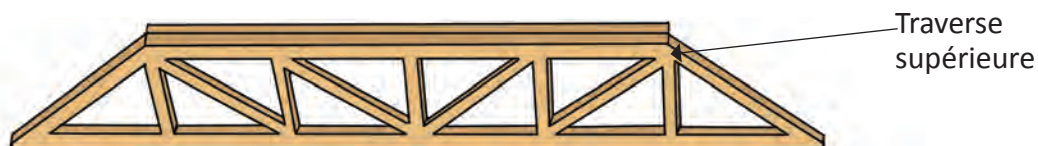
Figure 6.9. Déformation d'une ferme tronquée



Une flèche apparaît, qui nuit à la tenue des habillages, notamment du plafond.

Figure 6.10. Deux solutions pour rigidifier une ferme tronquée

> Doublage de la traverse supérieure



> Ferme tronquée doublée

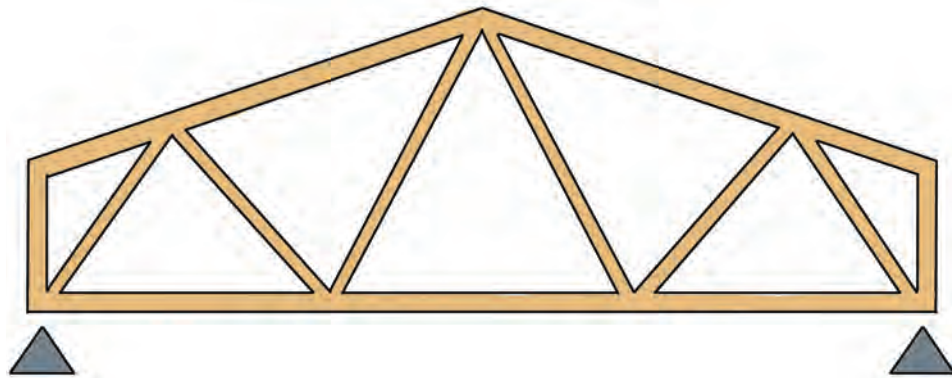


Les fermes à faible pente

Une ferme à faible pente présente une grande souplesse.

Il faut donc souvent prévoir à la conception la rehausse de ses extrémités pour améliorer sa rigidité (**Figure 6.11**).

Figure 6.11. Réhausse d'une ferme



La rehausse empêche une ferme à faible pente de se déformer.

7. Les points sensibles dus aux particularités de l'ouvrage



Certaines particularités d'un ouvrage ont une influence sur la conception et la pose d'une charpente industrialisée. Il faut les recenser dès la conception de la charpente.

Liste-type des particularités ayant une influence sur une charpente industrialisée

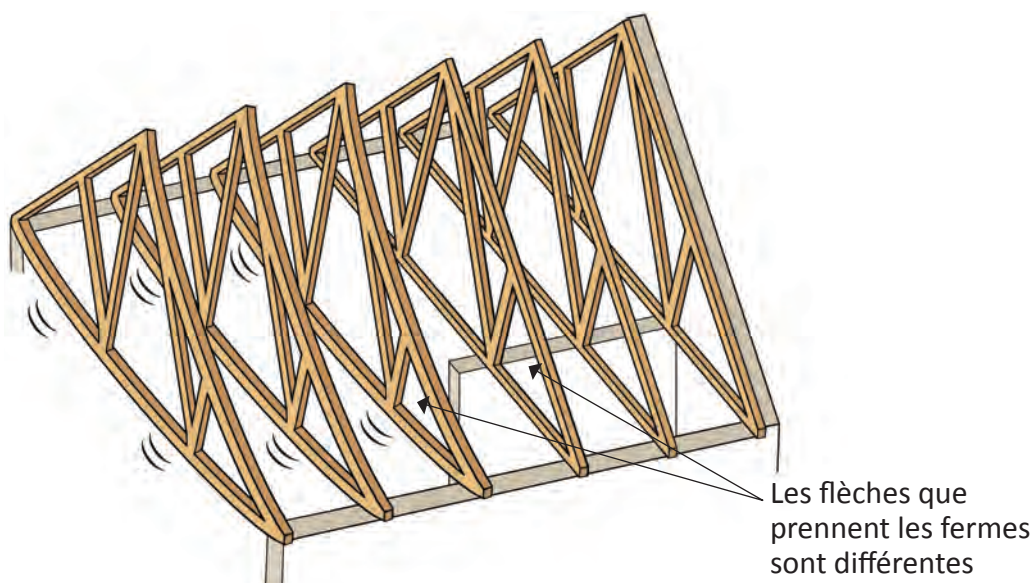
- > Conditions géographiques : neige, altitude, vent...
- > Type de couverture
- > Type de plafond
- > Type de débords en égout
- > Type de débords en pignon
- > Type d'habillage sous débords
- > Type d'appui des fermes :
 - sur maçonnerie sans sablières,
 - sur sablières non apparentes,
 - sur sablières débordantes avec cache-moineau...

Structures d'ouvrage provoquant des flèches différentielles (Figure 7.1 à Figure 7.3)

> Présence de refends perpendiculaires aux fermes

Les fermes d'une même charpente peuvent prendre des flèches différentes, si certaines d'entre elles reposent sur des refends longitudinaux (de couloir par exemple), et d'autres sont en portée pleine (Figure 7.1). Il peut en résulter des fissurations de plafond, si celui-ci est continu.

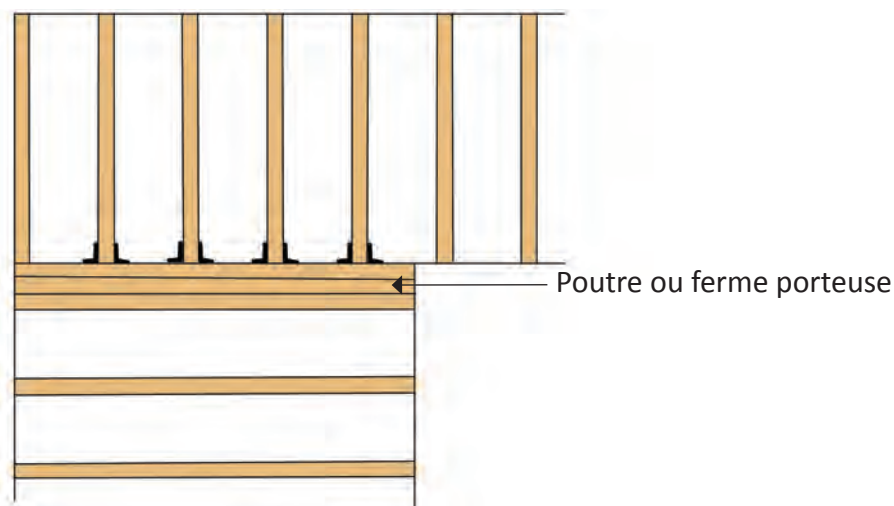
Figure 7.1. Les fermes à portée pleine et les fermes soutenues par un mur prennent une flèche différente.



> Renforcement de fermes porteuses

Renforcer une ferme porteuse nécessite un calcul précis afin d'éviter une flèche différentielle avec les autres fermes.

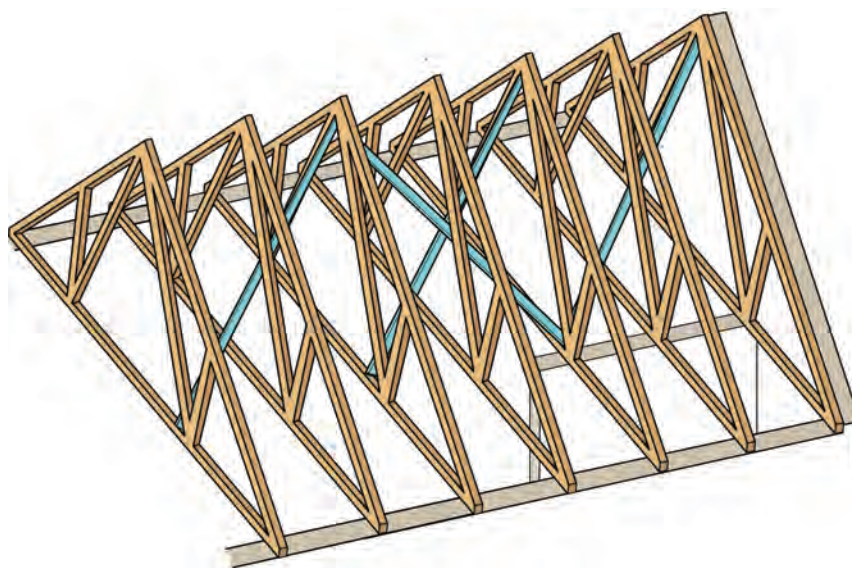
Figure 7.2. Le renforcement d'une ferme porteuse peut provoquer des flèches différentielles



> Renforcement local du dispositif de contreventement

La pose de pièces longitudinales dans la zone de transition entre les fermes en pleine portée et celles qui sont appuyées sur les refends est une solution acceptable. Ces pièces solidarisent l'ensemble. Deux autres solutions sont le renforcement local du dispositif de contreventement (**Figure 7.3**), ou la pose de pièces rigides au centre des fermes.

Figure 7.3. Le renforcement local du dispositif de contreventement est une solution possible



Stabilisation horizontale des murs ossature bois

Du fait de leur masse, les murs maçonnés en petits éléments peuvent engendrer des efforts importants hors de leur plan sous sollicitations sismiques. Les principes présentés ci-dessous doivent donc faire l'objet d'une justification particulière pour être adaptés aux murs maçonnés.

Certains murs ne sont pas suffisamment stables perpendiculairement à leur plan pour reprendre les poussées horizontales dues aux effets du vent (ou d'un séisme).

NOTA : Dans le cas des murs à ossature bois, les efforts de vent sont souvent dimensionnant par rapport aux efforts sismiques.

Des poutres qui font tout le tour de la toiture peuvent aider efficacement les murs à supporter ces poussées horizontales (on entend ici par poutre un diaphragme rigide préfabriqué ou assemblé sur le chantier) (Figure 7.4 et Figure 7.5).

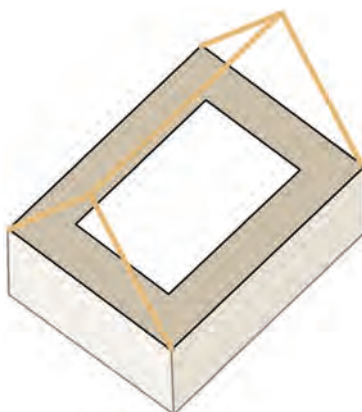
NOTA : Les murs de refend perpendiculaires permettent de reprendre efficacement les poussées horizontales et éventuellement de s'affranchir des poutres diaphragme.

Figure 7.4. Poutres dans les plans de la toiture



Cette solution est adaptée aux toits à faible pente (30 %).

Figure 7.5. Poutres dans le plan des entrails

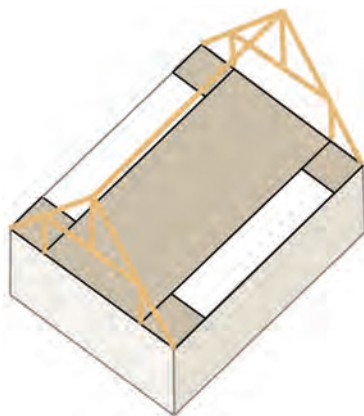


Cette solution est adaptée aux toits à forte pente (70 %).

Les diaphragmes de plancher permettent également de répartir les efforts horizontaux sur les murs perpendiculaires et peuvent ainsi remplir toute ou partie de cette fonction (**Figure 7.6**).

Ils doivent être conçus et fabriqués suivant les préconisations du chapitre 9.2.3 de l'Eurocode 5 et du chapitre 8.5.3 de l'Eurocode 8.

Figure 7.6. Variante par panneaux porteurs de plancher



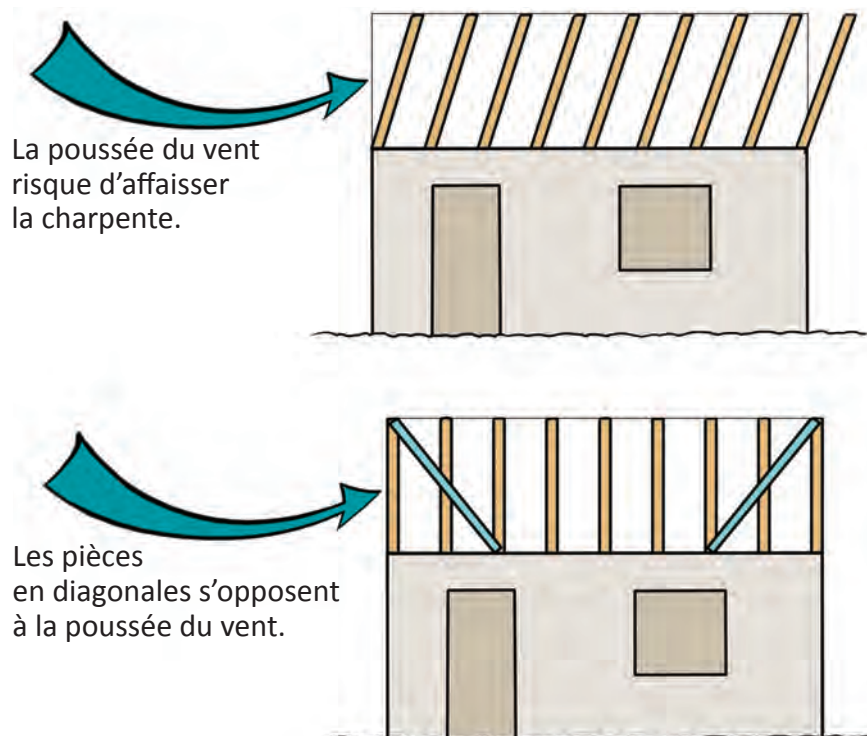
Remarque : lorsque c'est nécessaire, les éléments de stabilité des murs doivent être demandés aux documents du marché.

Stabilisation des pignons à ossature bois

Les pignons à ossature bois ont la particularité de devoir en général être stabilisés par la charpente (**Figure 7.1**).

Le système de contreventement de la charpente décrit au **chapitre 3** peut être mis à contribution **et complété si nécessaire** à cet effet.

Figure 7.7. Principe de contreventement de pignons (légers)

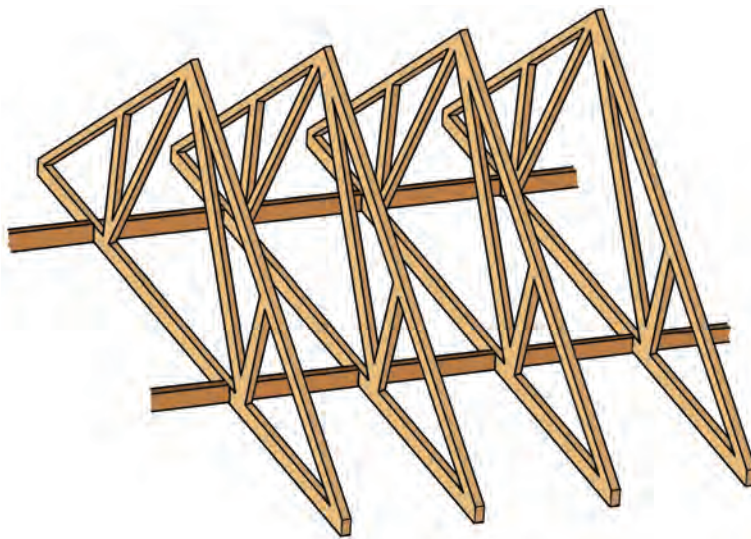


Plafond peu flexible (terre cuite ou enduit armé au plâtre)

Certains types de plafonds peu flexibles nécessitent de mettre en place des entretoises entre les entrails ou les arbalétriers. Ces entretoises s'intègrent dans le dispositif général de contreventement. Ce dispositif doit respecter la réglementation et être **décrit dans le plan de pose**.

NOTA : ces mêmes entretoises sont *obligatoires* en cas d'entrails de grande hauteur.

Figure 7.8. Disposition d'entretoises entre les entrails



8. Les points sensibles dus aux cheminées, lucarnes, escaliers...



La réalisation d'ouvrages particuliers dus aux cheminées, lucarnes, escaliers... dans une charpente industrialisée est parfois improvisée sur le chantier, contre toute précaution élémentaire. Il en résulte des déformations qui sont une source importante de sinistres.

Les accidents de toiture nécessitent un renfort de la charpente (Figure 8.1)

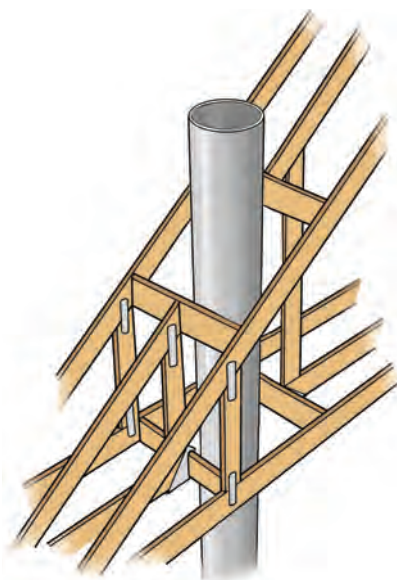
Les accidents de toiture (cheminée, décrochements de façade, lucarnes, etc.) conduisent souvent à interrompre une ou plusieurs fermes. Cette **amputation modifie la façon dont les forces s'exercent** sur la charpente et le mur porteur.

En conséquence, les pièces de la charpente **voisines de l'accident** doivent être **renforcées**.

Ces opérations (interruption, renforcements) ne doivent pas être improvisées sur le chantier, mais **prévues dans les calculs**.

Tout ouvrage particulier doit faire l'objet d'un plan d'exécution.

Figure 8.1. Tous les accidents de toiture doivent être pris en compte dans les calculs



NOTA : Les règles de sécurité imposent qu'une distance de sécurité minimum entre la paroi extérieure du conduit et tous les matériaux combustibles de la construction soit respectée. Se référer au NF DTU 24.1 et aux préconisations du fabricant de conduit.

Trémies de lucarne, d'escaliers, de conduits de fumée (Figure 8.2 à Figure 8.4)

La réalisation de trémies pour une lucarne, le passage d'un escalier ou d'un conduit nécessite **l'utilisation obligatoire de chevêtres**.

Lorsque ces chevêtres reçoivent des charges importantes, par exemple, si des fermes tronquées y prennent appui, il faut **prendre ces charges en compte** lors de la conception et **renforcer** les fermes voisines (Figure 8.2 et Figure 8.3).

Une autre solution consiste à mettre en place une poutre de renfort longitudinale.

Figure 8.2. Renfort des pièces autour d'une trémie de toiture

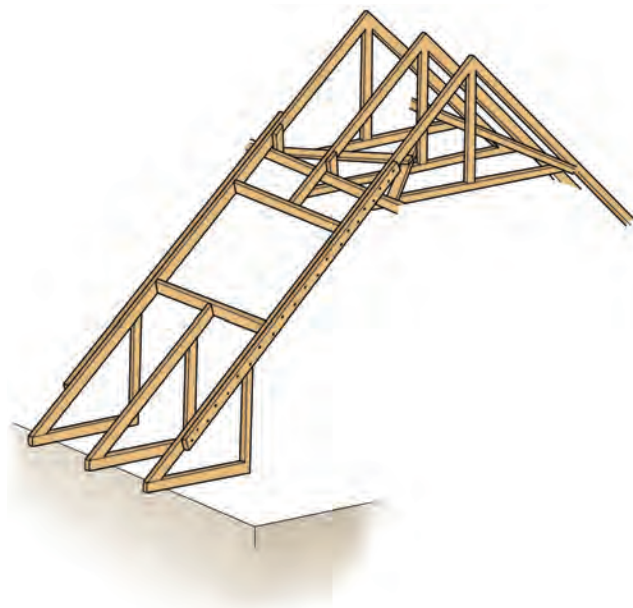
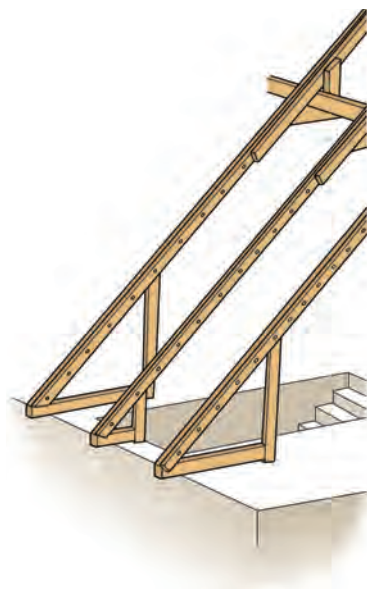
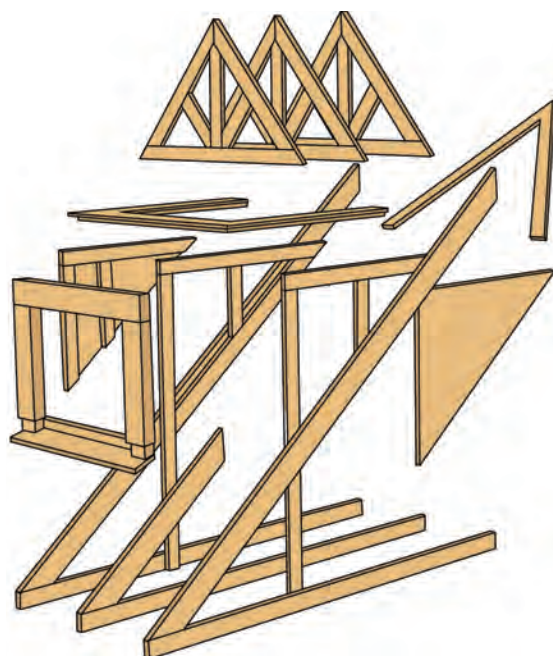


Figure 8.3. Renfort des pièces au voisinage d'une trémie d'escalier



Souvent, renforcer **seulement les arbalétriers ne suffit pas**. Il faut aussi penser aux autres pièces de la charpente.

Figure 8.4. Composition d'une lucarne à la française



La présence des jambettes assure un appui suffisant à la lucarne.

9. Les points sensibles lors de la réception des pièces sur chantier



La réception des pièces d'une charpente industrialisée est une opération capitale. Il est impossible de la poser correctement si des pièces manquent, sont égarées ou endommagées, ou si le plan de pose n'est pas fourni.

La réception

Pour effectuer une réception correctement, **il faut comparer le bordereau de livraison aux pièces livrées et au plan de pose**. Les charpentes industrielles doivent notamment être marquées CE suivant la norme NF EN 14250.

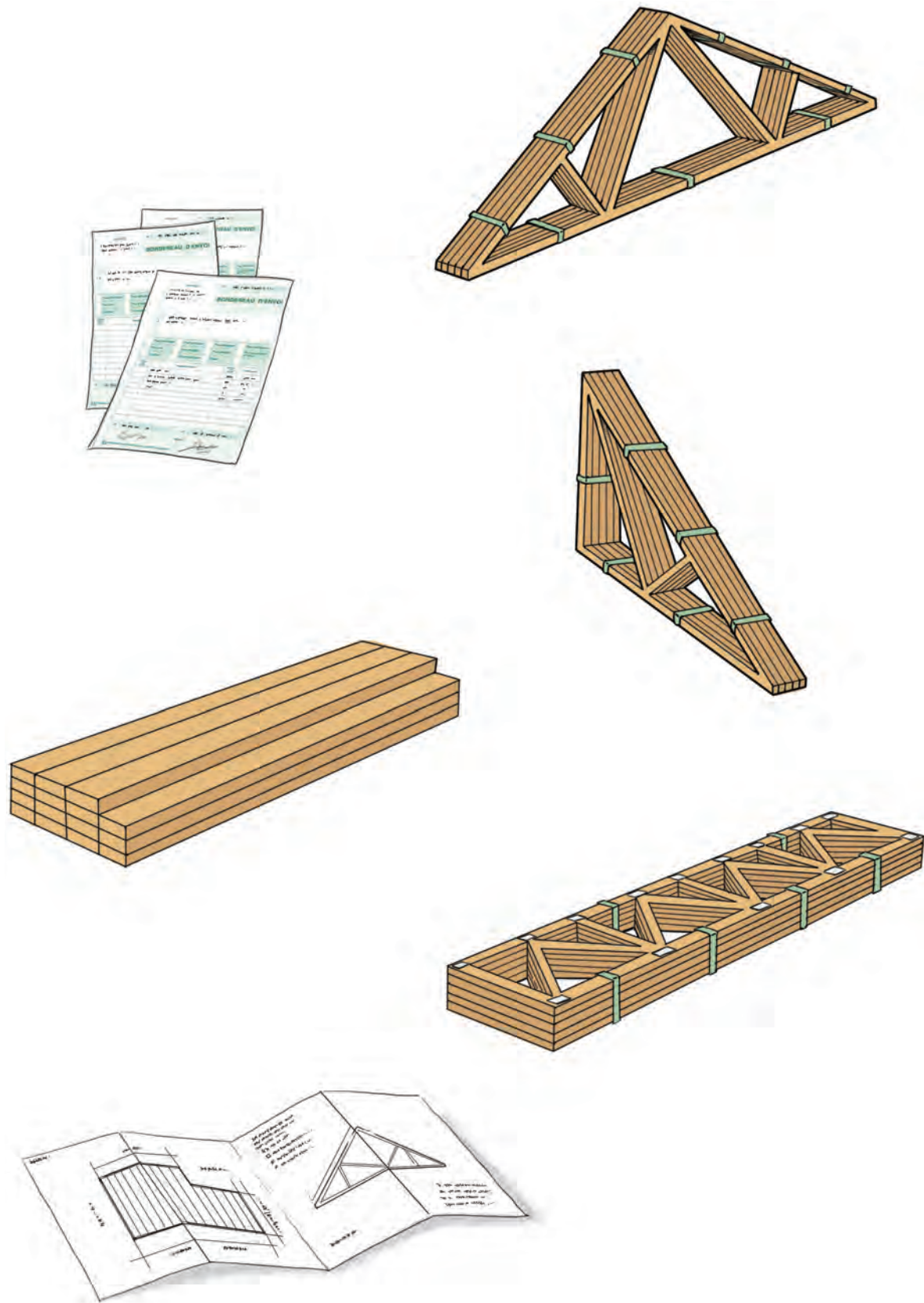
En cas d'erreur, on peut encore demander une rectification au fabricant sans conséquence pour le bon déroulement des travaux.

La réception permet d'avoir **une première vue d'ensemble** de la mise en œuvre de la charpente.

Figure 9.1. L'ouvrage doit être réceptionné



Figure 9.2. Bordereaux, pièces, plans de pose... Avez-vous tout ?



Le stockage sur chantier : éviter tout contact avec le sol

La meilleure solution est de stocker les fermes **en position quasi verticale**, en les appuyant contre un mur ou un chevalet (**Figure 9.3**). À défaut, les stocker horizontalement sur une surface plane. Il faut alors les poser sur des **chevrons** ou des **bastaings** distants de trois mètres maximum (**Figure 9.4**).

Pour un stockage de plus de quinze jours, il est nécessaire de protéger les fermes de la pluie, sans gêner leur ventilation.

Le stockage des charpentes industrielles après livraison ne doit pas entraîner une hausse de l'humidité des bois non conforme avec les préconisations du fabricant et les règles de l'art.

Figure 9.3. Stockage des fermes en position verticale

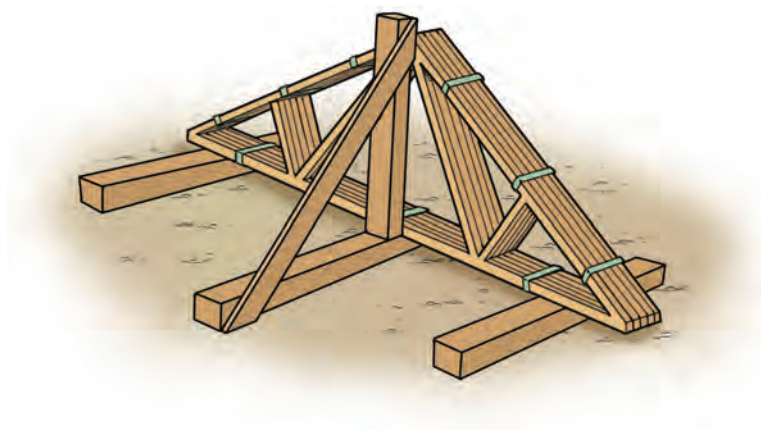
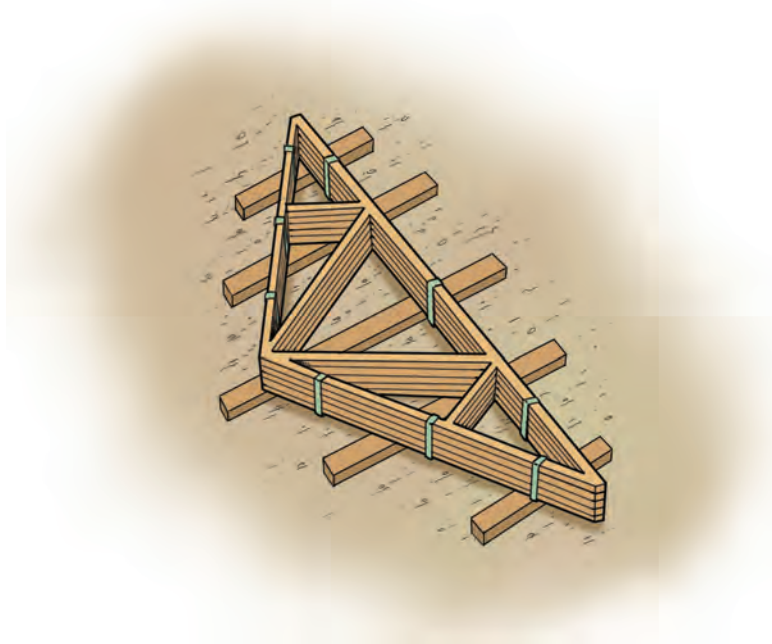


Figure 9.4. Stockage des fermes en position horizontale



La manutention : toujours en position verticale

Figure 9.5. Manutention manuelle en position verticale

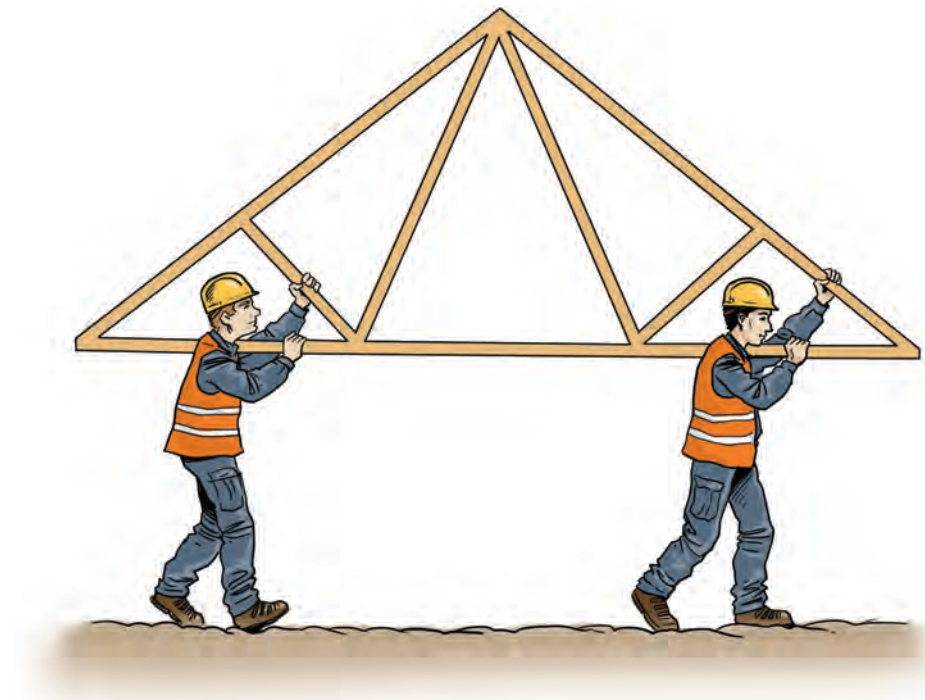
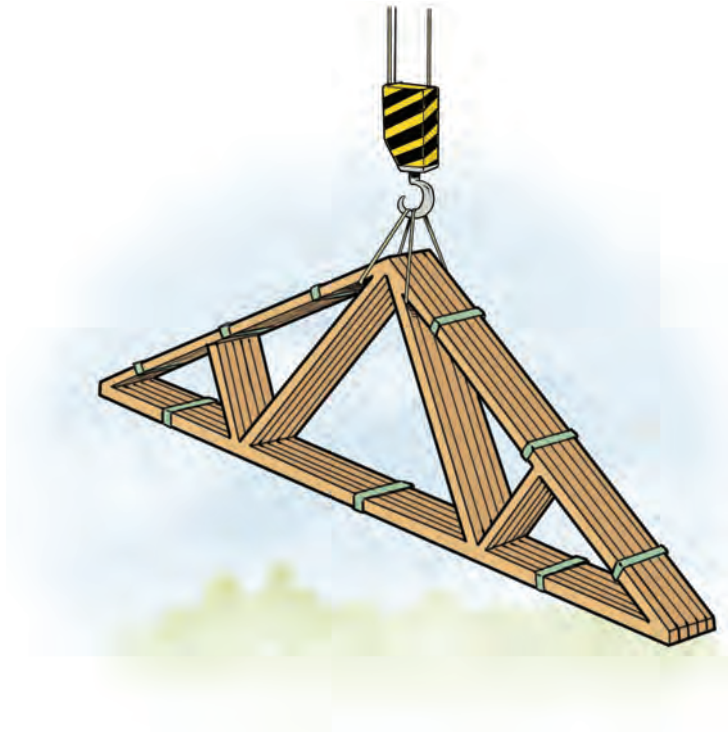


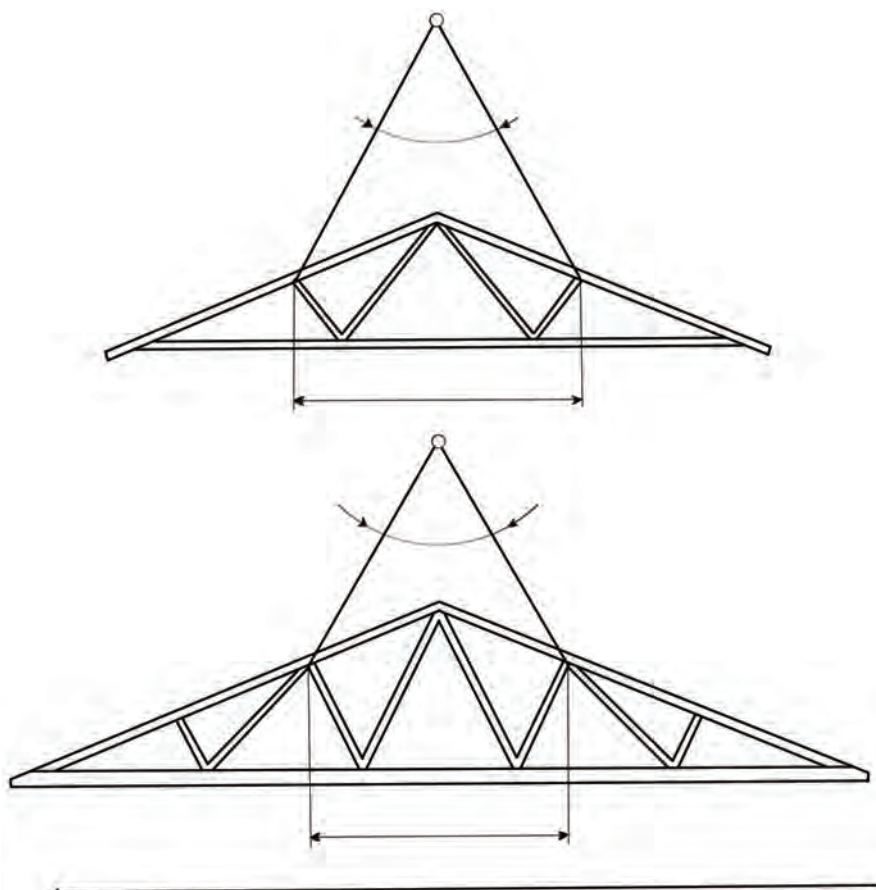
Figure 9.6. Manutention par engin



Figure 9.7. Levage des fermes



Remarque : autres possibilités de levage :



10. Quelques chiffres à respecter

Tolérances géométriques de pose

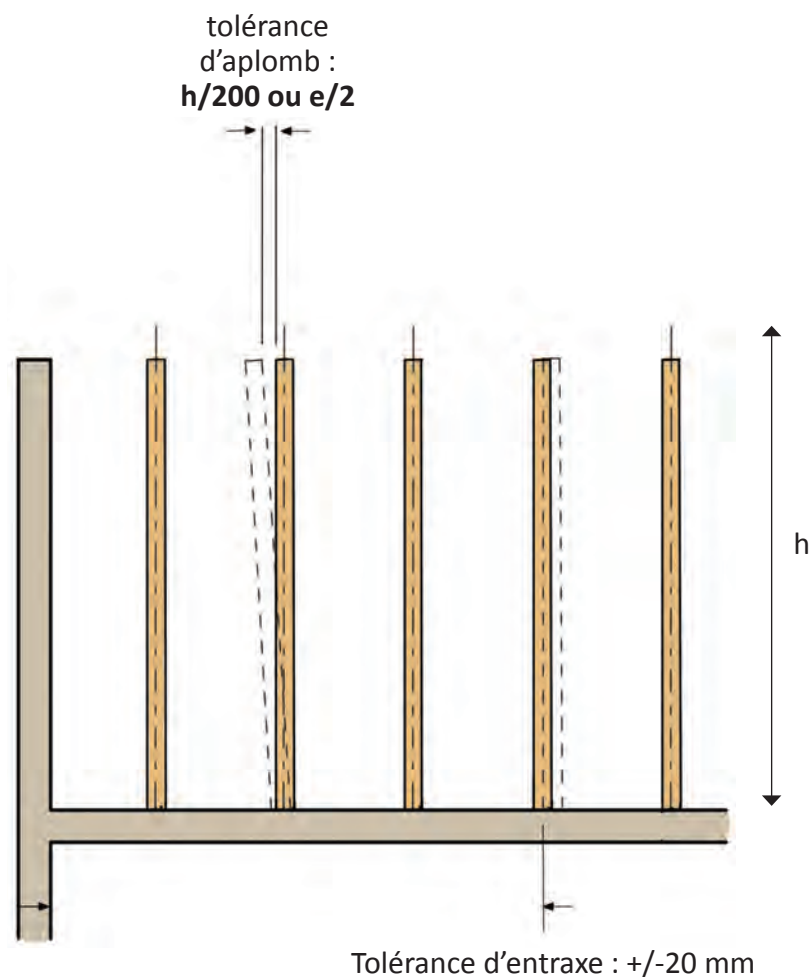
Elles sont définies dans la partie 1 du DTU 31.3 « Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets » (Janvier 2012 – Norme NF P 21-205) et dans l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1-1/NA).

- > **Aplomb des fermes** : par rapport aux appuis de la ferme, la tolérance d'aplomb admise est **inférieure à 1/200 de hauteur de ferme** et ne doit pas excéder la demi épaisseur de la ferme.

Les autres tolérances sont définies dans le DTU 31.1 « Charpentes et escaliers en bois » (Mai 1993 – Norme NF P 21-203).

- > **Entraxe des fermes** : une tolérance de **plus ou moins 20 mm** est admise par rapport à la position indiquée sur le plan de pose.

Figure 10.1. Tolérances pour l'aplomb et l'entraxe des fermes (Coupe verticale)



Sections minimales des éléments de contreventement, antiflambement et entretoisement

Elles sont définies dans le DTU 31.3.

Le tableau ci-dessous rappelle quelques sections minimales pour des bois à 12 % d'humidité et de classe de résistance C24 :

Types de pièces	Valeur d'entraxes des fermes		
	0,70 maximum	0,71 à 0,92	0,93 à 1,10
Lisses filantes	24 × 57	24 × 69	34 × 69
Antiflambements sous arbalétriers	24 × 95	34 × 92	34 × 116
Contreventement sur diagonales	24 × 69	24 × 69	34 × 92

11. Dispositions constructives vis-à-vis de la sécurité incendie

11.1. Rappel Réglementaire

Les principales exigences réglementaires sont issues des textes suivants :

- > Articles 6, 7 et 8 de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié (Habitation)
- > Articles CO 13 et CO 26 de l'arrêté du 25 juin 1980 (ERP)
- > Article 7 de l'arrêté du 5 août 1992 (Lieux de Travail)

11.1.1. Cas des Bâtiments d'Habitation

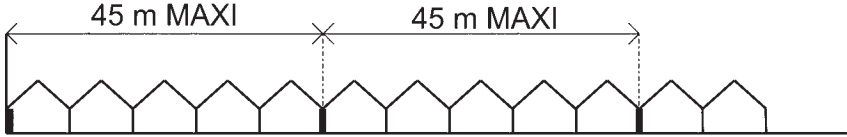
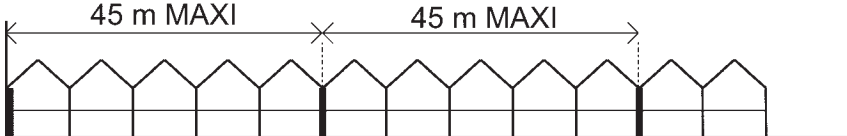
Les exigences réglementaires

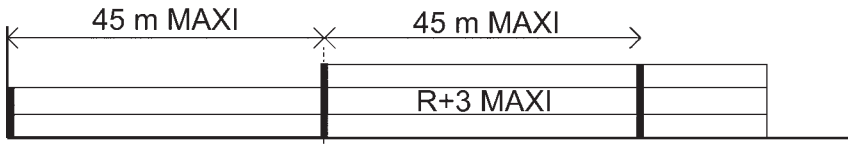
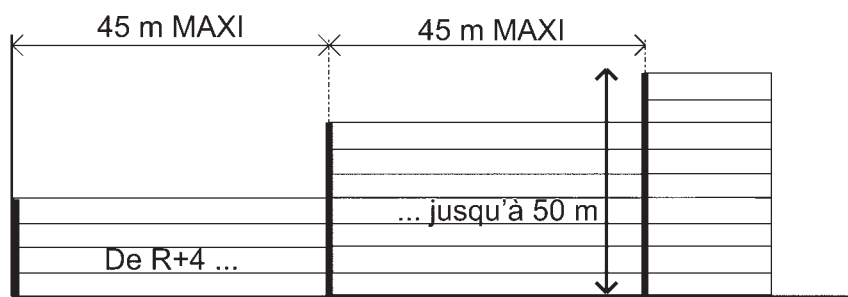
L'arrêté du 31 janvier 1986 modifié, prévoit :

> Recoupements verticaux

Article 7 – Les groupements en bande de maisons individuelles et les bâtiments de grande longueur doivent être recoupés **au moins tous les quarante-cinq mètres** par un mur **coupe-feu de degré une demi-heure** pour les habitations de la première famille, **de degré une heure** pour les habitations de la deuxième famille et **de degré une heure et demie** pour celles des troisième et quatrième familles.

Ce mur peut comporter des ouvertures munies d'un bloc-porte avec ferme-porte ou de tout autre dispositif de franchissement, coupe-feu de degré une heure pour la quatrième famille, une demi-heure dans les autres cas.

Exemples de groupements en bande de maisons individuelles et de bâtiments de grande longueur	Famille	Résistance feu du recoupement
<i>Habitations individuelles à rez-de-chaussée groupées en bandes</i> 	1 ^{re}	EI 30
<i>Habitations individuelles de plus de un étage sur RDC groupées en bandes</i> 	2 ^e	EI 60

<i>Habitations collectives comportant au plus 3 étages sur RDC</i> 	2 ^e	EI 60
<i>Habitations collectives de 3^e et 4^e familles</i> 	3 ^e et 4 ^e	EI 90

> Parois séparatives

Article 8 – Les parois séparatives des habitations individuelles des première et deuxième familles jumelées ou réunies en bande doivent être coupe-feu de degré un quart d’heure.

À l’exclusion des façades, les parois verticales de l’enveloppe du logement doivent être :

- Coupe-feu de degré une demi-heure pour les habitations collectives de la deuxième famille et pour les habitations de la troisième famille ;
- Coupe-feu de degré une heure pour les habitations de la quatrième famille.

Exemples de maisons jumelées et de groupements en bande de maisons individuelles	Famille	Résistance feu des parois séparatives
<i>Habitations individuelles jumelées R+1 et habitations individuelles à rez-de-chaussée groupées en bande</i> 	1 ^{re}	EI 15
<i>Habitations individuelles jumelées R+2 et plus et habitations individuelles R+1 groupées en bande avec structures non indépendantes</i> 	2 ^e	EI 15

NOTA : Rappelons que les dispositions de l’Article 5 de l’arrêté du 31 janvier 1986 modifié concernant la stabilité au feu ne s’appliquent pas aux éléments de charpente des toitures.

11.1.2. Cas des Établissements recevant du Public

Les exigences sont définies dans les Articles CO 13 et CO 26 de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié.

Article CO 13 – *Cas particuliers de résistance au feu de certains éléments de structure*

§ 1. Les éléments principaux de structure qui traversent des exploitations ou locaux présentant des risques particuliers d'incendie doivent avoir, dans la hauteur de ces locaux, un degré de stabilité au feu égal au degré coupe-feu du plancher d'isolement supporté.

§ 2. Les planchers sur vide sanitaire doivent être CF de degré une demi-heure. Toutefois, aucune résistance au feu ne leur est imposée si le bâtiment est à simple rez-de-chaussée ; cette exception est également applicable aux bâtiments à étages à condition que le vide sanitaire ne soit pas accessible et ne contienne que des matériaux d'isolation M 0 ou M 1 et des conduits en matériaux ayant le même classement de réaction au feu.

§ 3. Les éléments principaux de structure de la toiture peuvent être seulement SF de degré une demi-heure, si les conditions suivantes sont remplies :

- l'établissement occupe le dernier niveau du bâtiment ou est à rez-de-chaussée ;
- la toiture n'est pas accessible au public ;
- la ruine de la toiture ne risque pas de provoquer d'effondrement en chaîne.

Toutefois ces éléments ne sont soumis à aucune exigence de stabilité au feu, lorsque simultanément :

- les conditions de l'alinéa ci-dessus sont réalisées ;
- les matériaux utilisés sont incombustibles, en lamellé collé, en bois massif ou en matériaux reconnus équivalents par le CECMI ;
- la structure de la toiture est visible du plancher du local occupant le dernier niveau ou surveillée par un système de détection automatique ou protégée par un système d'extinction automatique du type sprinkler ou isolée par un écran protecteur qui lui assure une stabilité au feu de degré une demi-heure et qui respecte les conditions du deuxième alinéa de l'article CO 12, paragraphe 1.

En complément de l'article **CO 13**, il est utile de rappeler l'article **CH 32 §3** : « En aucun cas, les appareils de traitement d'air et les moteurs ne peuvent être placés dans le plénum au-dessus d'un écran assurant la stabilité au feu de la structure de toiture, tel que défini à l'article CO 13 ».

Article CO 26 – *Recoupement des vides*

§ 1. Les parois verticales auxquelles un degré de résistance au feu est imposé doivent être construites de plancher à plancher.

§ 2. Les combles inaccessibles et l'intervalle existant entre le plancher et le plafond suspendu, doivent être recoupés par des éléments en matériaux de catégorie M 0 ou par des parois PF de degré un quart d'heure

Ces cellules doivent avoir une superficie maximale de 300 mètres carrés, la plus grande dimension n'excédant pas 30 mètres.

Ce recoupement n'est pas exigé si les vides ci-dessus sont protégés par un système d'extinction automatique du type sprinkler un réseau fixe d'extinction automatique à eau, ou se trouvent à l'intérieur des compartiments définis à l'article CO 25.

11.1.3. Cas des Lieux de Travail

Les exigences sont définies dans l'Arrêté du 5 août 1992 (Lieux de travail) :

Article 7 – « Les combles inaccessibles et l'intervalle existant entre le plafond et le plafond suspendu doivent être recoupés par des éléments en matériaux de catégorie MO ou par des parois au moins pare-flamme de degré un quart d'heure.

Les vides doivent avoir une superficie maximale de 300 mètres carrés, la plus grande dimension n'excédant pas 30 mètres.

Ces recoupements ne sont pas exigés si les vides précités sont protégés par un réseau fixe d'extinction automatique à eau, conforme aux normes en vigueur, ou se trouvent à l'intérieur de compartiments répondant aux prescriptions de l'article 6. »

11.2. Les Techniques et Dispositions constructives de Recoupement

11.2.1. La conception des ouvrages Pare-Flamme et Coupe-Feu (DTU Bois-Feu 88 et Eurocode 5 Partie 1-2 et son Annexe Nationale)

Historiquement, le DTU « Bois Feu 88 » (Référence AFNOR DTU P 92-703) de février 1988, décrivait un certain nombre de solutions, de conception ou d'associations de matériaux à apporter aux ouvrages en bois avec cavité pour leur conférer des degrés SF, CF ou PF indiqués sans nécessiter une justification par essais.

Ces solutions ont été complétées par l'étude DHUP/CODIFAB « Comportement au feu de différentes configurations de parois verticales et horizontales » finalisée en 2014 qui propose sur la base d'essai des solutions génériques de REI 15 à REI 60.

Bien que le DTU Bois-Feu 88 ne soit plus d'actualité, l'application des dispositions de ce DTU et de l'étude mentionnée ci-dessus en assimilant la charpente assemblée par connecteurs à un élément de mur simple avec cavité fermée remplie ou non d'isolant fibreux, et en supposant que celui-ci peut être amené à supporter l'action du feu sur l'une ou l'autre face, donne les dispositions constructives suivantes :

Tableau 2. Résistance au feu des fermettes sur cavités fermées avec isolant (laine de verre ou laine de roche)

Degrés résistance au feu	Types de parement de parois verticales à mettre en œuvre sur chaque face :
EI 15	– 1 plaque de plâtre de type BA13-A - ou – 1 panneau à base de bois ép. 16 mm
EI 30	– 1 plaque de plâtre de type BA13-A + panneau à base de bois ép. 12 mm - ou – 2 panneau à base de bois ép. 12 mm - ou – 1 panneau à base de bois ép. 25 mm - ou – 2 plaques de plâtre de type BA13-A - ou – 1 plaque de plâtre de type BA18-D - ou – 1 plaque de plâtre de type BA15-F
EI 60	– 1 plaque de plâtre de type BA13-A + 1 plaque de plâtre de type BA18-D - ou – 2 plaque de plâtre de type BA18-D

Remarque : pour les autres configurations (notamment avec cavités ouvertes), se reporter à l'Eurocode 5 Partie 1-2 et son Annexe Nationale.

11.2.2. Les Écrans

Les écrans sont des matériaux stables dans leur plan, et doivent, soit justifier d'un classement de réaction au feu A2,s1-d0 (équivalent M0), soit d'un classement de résistance au feu E 15 (équivalent Pare-Flamme 1/4 h)

Parmi les produits couramment utilisés en recoupement, on peut citer :

- > Les plaques de plâtre cartonnées A2,s1-d0,
- > Les plaques de plâtre avec fibres cellulosiques A2,s1-d0,

11.2.3. Les procédés de calfeutrement

Les raccords ou jonctions des écrans ou des éléments coupe-feu en recoupement de combles avec les autres ouvrages tels que la couverture ou le plafond, nécessitent la mise en place de produits ou de matériaux empêchant le passage des gaz ou des fumées, et assurant une certaine étanchéité à l'air.

Parmi les produits et matériaux qui peuvent être utilisés pour calfeutrer, on peut citer :

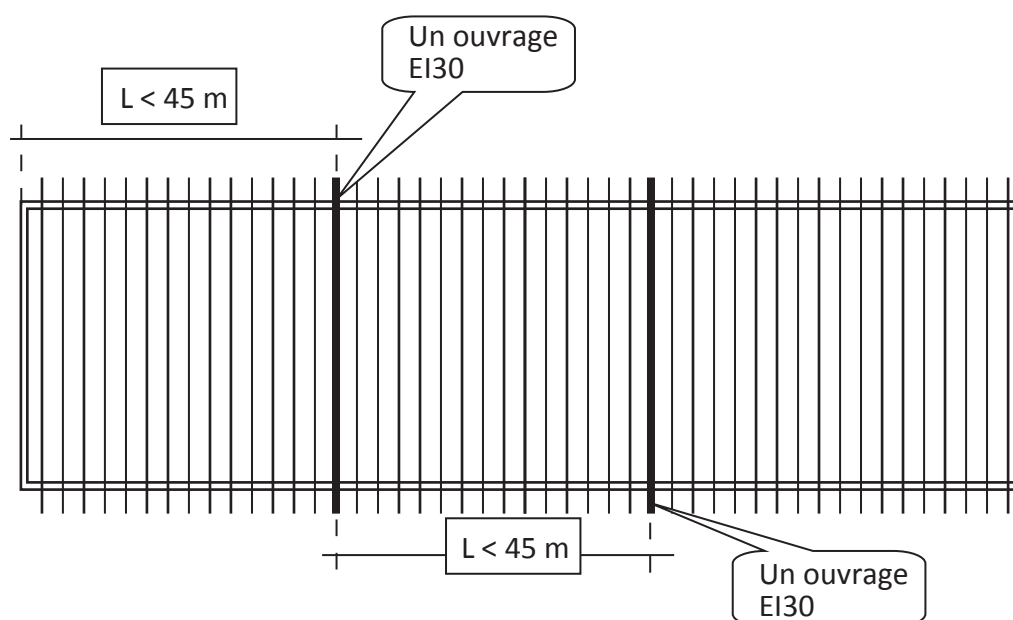
- > Laine de roche (A2,s1-d0),
- > Mastics et joints intumescents
- > Enduits à base de plâtre

11.2.4. Les dispositions constructives par nature d'ouvrages

Sont donnés ci-après, des exemples de solutions constructives :

Cas des Bâtiments d'Habitation

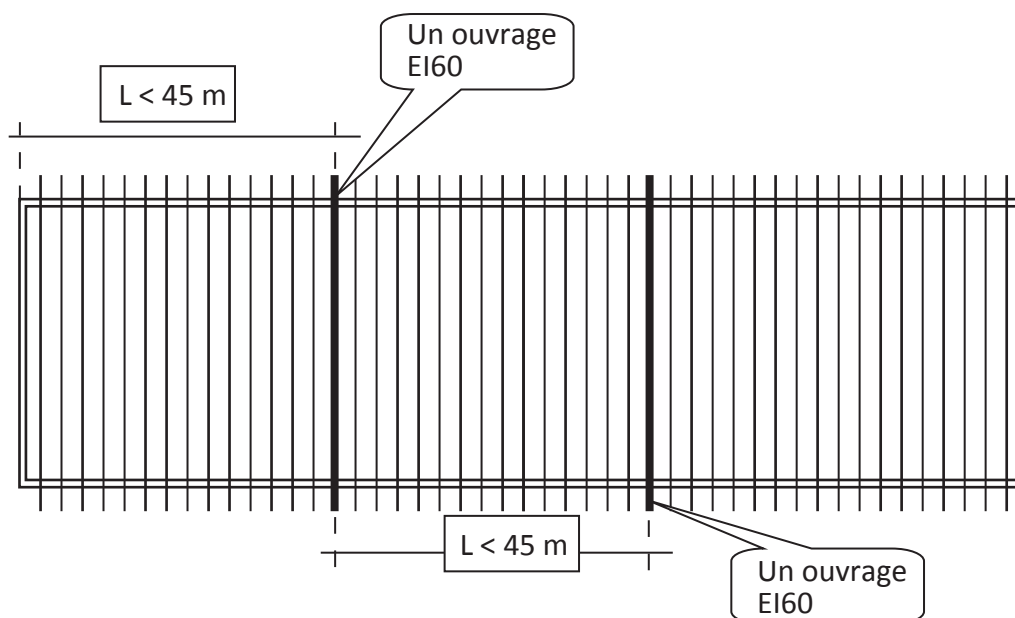
> Cas des habitations de la 1^{re} Famille de grande longueur



La solution la plus courante, consiste à prolonger une paroi verticale porteuse à minima d'un degré coupe feu de ½ h (EI30) est prolongée jusqu'à la couverture (paroi en maçonnerie ou paroi en ossature bois conforme à l'Eurocode 5 Partie 1-2 et son Annexe Nationale). Sa stabilité

latérale est assurée par les fermes adjacentes, elles-mêmes contreventées. Il est toutefois possible de concevoir et de réaliser une ferme à vocation coupe-feu selon le DTU Bois-Feu.

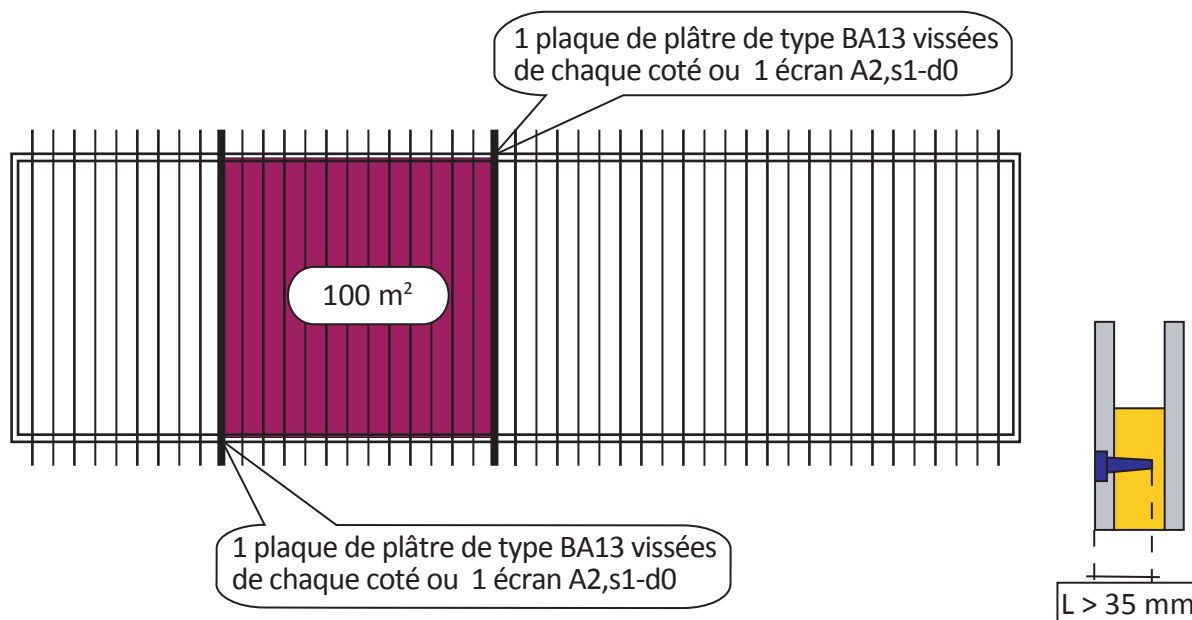
> Cas des habitations de la 2^e Famille de grande longueur



La solution la plus courante, consiste à prolonger une paroi verticale porteuse à minima d'un degré coupe feu de 1 h (EI60) jusqu'à la couverture (paroi en maçonnerie ou paroi en ossature bois conforme à l'Eurocode 5 Partie 1-2 et son Annexe Nationale). Sa stabilité latérale est assurée par les fermes adjacentes, elles-mêmes contreventées. Il est toutefois possible de concevoir et de réaliser une ferme à vocation coupe-feu de degré 1 heure selon le DTU Bois-Feu.

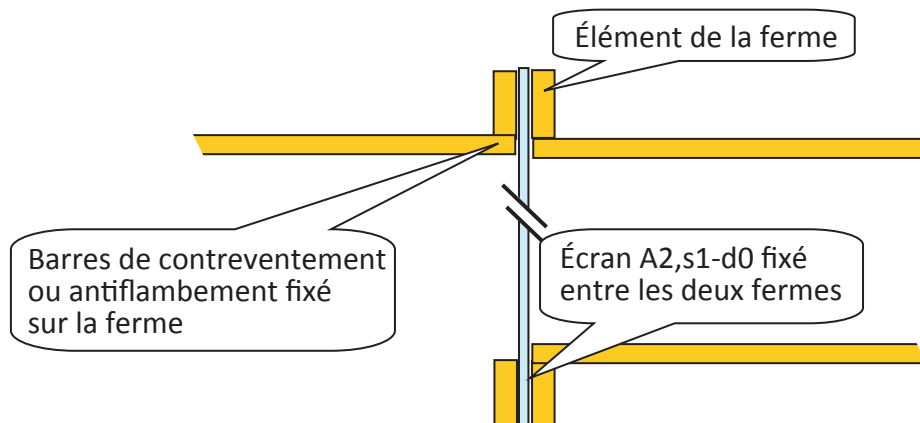
Cas des Établissements recevant du Public

Les dispositions constructives ci-après sont données à titre d'exemple pour le recouplement des combles inaccessibles en fermettes. Elles sont issues de la note n° 6 du SCIBO "Sécurité incendie : conception et mise en œuvre des recouplements dans les ouvrages de charpentes industrialisées en bois" de décembre 2002.

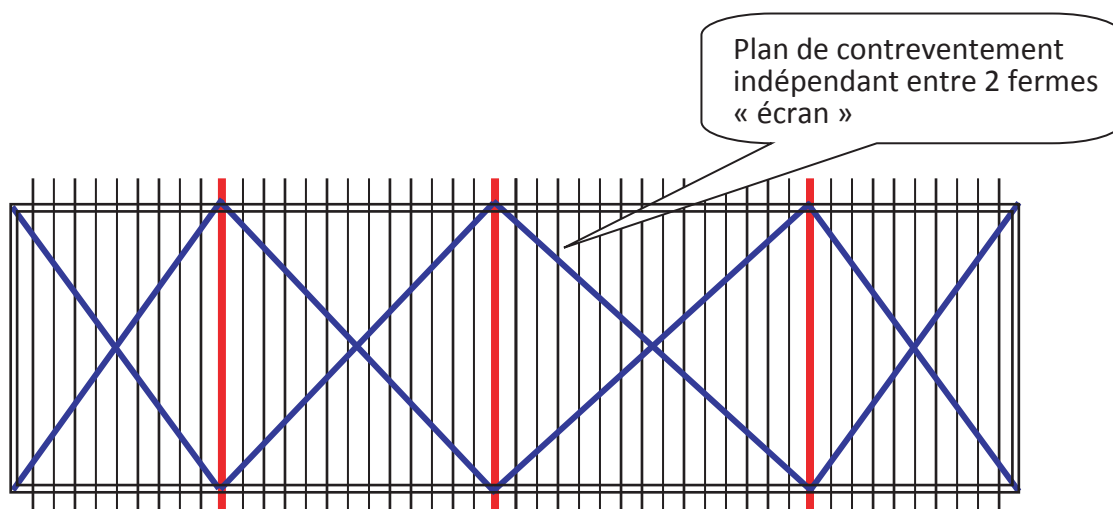


Plusieurs solutions constructives peuvent être envisagées :

> **Une plaque en matériau A2,s1-d0 (de type plaque de plâtre BA13)
fixée entre deux fermes assemblées**

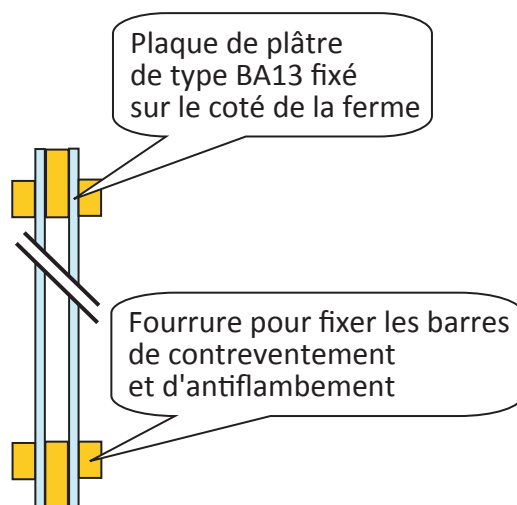


Cette solution qui peut être préparée en usine, permet la fixation des barres de contreventement et d'anti-flambement de part et d'autre de l'écran. Elle nécessite par contre, un moyen de levage approprié, et d'avoir prévu le poids propre de l'écran lors des calculs.

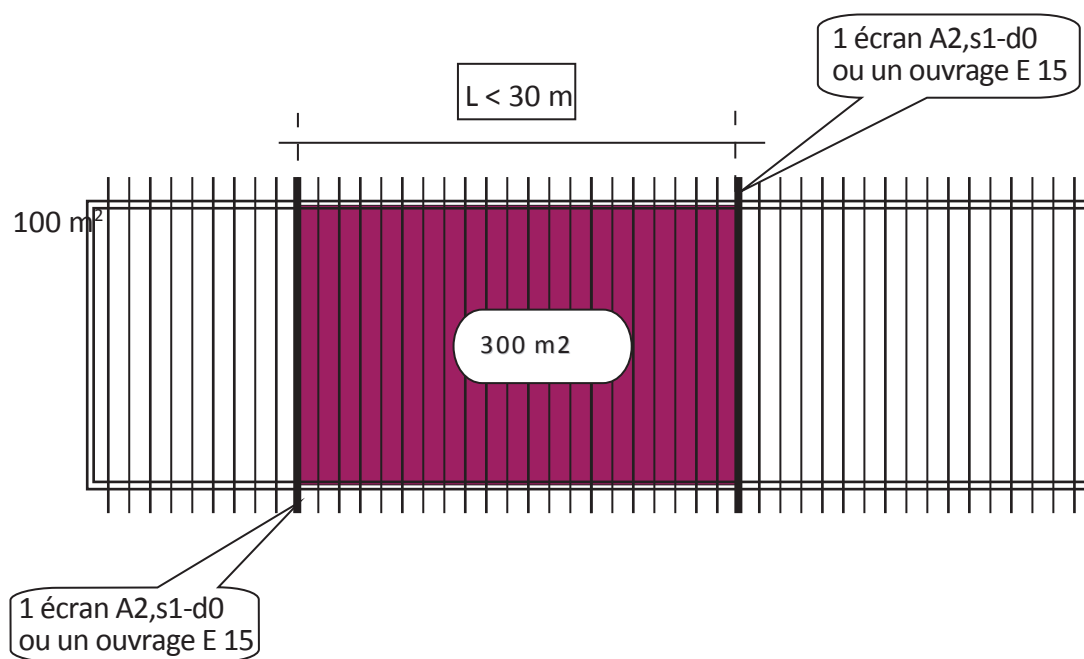


- Une plaque de plâtre de type BA13 (A2,s1-d0) fixée de part et d'autre de la ferme

Cette solution peut être mise en œuvre sur chantier ou être préparée en usine. Elle nécessite d'entailler ou de percer les plaques pour le passage des barres de contreventement ou d'antiflambement, ou de prévoir des plans de contreventement en conséquence, ou de rajouter des fourrures sur la ferme. Le poids propre des plaques doit être introduit dans le calcul des fermes.



Cas des Lieux de travail



Les dispositions constructives précédemment décrites peuvent être utilisées.

11.3. Les Précautions de Mise en œuvre

Le but des recouvrements étant d'éviter la propagation de l'incendie (fumées et gaz de combustion) à travers les combles et les plenums, il doit être pris toutes les dispositions et précautions lors de la mise en œuvre, pour s'assurer de la continuité de la fonction pare-flamme ou coupe-feu au droit des liaisons.

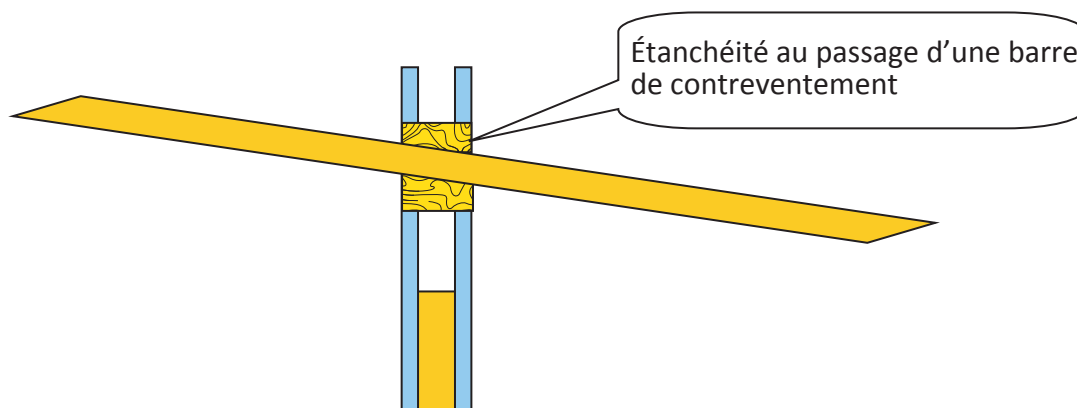
Le traitement de ces interfaces, qui peut concerner plusieurs corps d'état (couvreurs, plaquistes, etc.), est à prévoir par le Maître d'œuvre.

11.3.1. La fixation des écrans

La fixation des plaques doit se faire conformément aux dispositions réglementaires ou règles de l'art ou préconisations du fabricant, et en vigueur.

11.3.2. Le passage des barres de contreventement et d'antiflambement

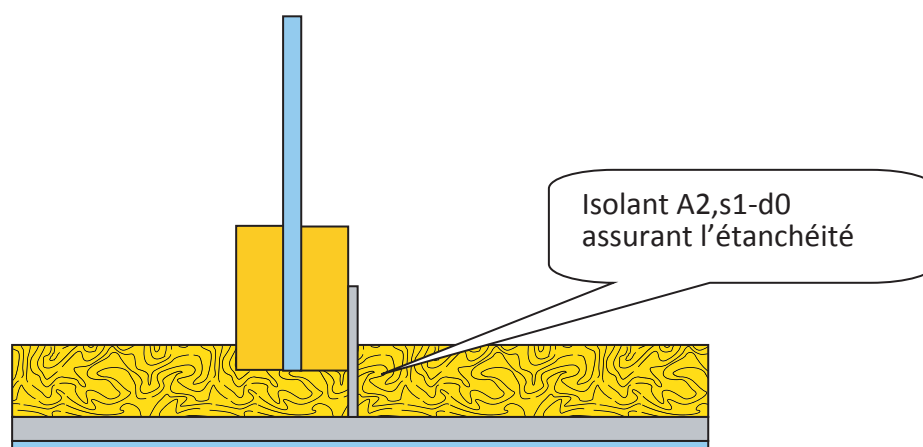
La continuité des contreventements et des antiflambements doit être assurée au droit des recouvrements lorsque cela est nécessaire. Lorsque les barres de stabilité traversent les fermes « écrans » ou « coupe-feu » il convient d'assurer la continuité de l'étanchéité par des dispositions constructives de type : Bourrage avec un isolant comprimé A2-s1-d0, bourrage avec un enduit à base de plâtre, utilisation d'un joint intumescent, etc.



Exemple de traitement du passage d'une barre au travers de la ferme.

11.3.3. La liaison avec le plafond

Le raccordement de la ferme écran avec le plafond doit être étanche aux gaz et aux fumées. La mise en place d'un isolant A2,s1-d0 à base de fibres (laine de roche par exemple) peut constituer une solution.



Dans le cas de plénums de grande dimension, il convient de descendre l'écran jusqu'au plafond en assurant la jonction entre l'écran et le plafond.

11.3.4. Liaison avec les passages de VMC

Dans le cas de traversée de parois coupe-feu ou de ferme écran par des conduits, ceux-ci doivent être pourvus de clapets.

11.3.5. Réalisation d'ouverture dans les fermes écrans

Les ouvrages de passage (portes, trappe) doivent avoir un degré coupe-feu ou pare-flamme du même niveau que celui requis pour le recoupement.

11.3.6. Clapets, portes, trappes

Tous les clapets installés dans les traversées de parois coupe-feu ou de fermes écrans ainsi que les portes ou trappes, doivent faire l'objet d'un procès-verbal d'essai de résistance au feu (ou avis de chantier) réalisé dans un environnement de mise en œuvre équivalent (ossature bois ou charpentes industrialisées).

12. À la recherche d'une définition ?

about : extrémité d'une pièce de bois.

ancrage : élément assurant la fixation de la charpente à la maçonnerie : équerre, étrier... Un ancrage peut être bloqué, ou laisser une certaine liberté aux pièces de la charpente.

antiflambement (dispositif d') : ensemble des pièces destinées à lutter contre la déformation dans le sens de leur épaisseur des pièces des fermes soumises à compression.

appui : point où la charpente repose sur un élément porteur rigide.

arbalétrier : pièce oblique portant l'un des deux versants du toit. L'arbalétrier s'assemble à la base avec l'entrait, au sommet avec le poinçon.

articulation : liaison permettant aux pièces assemblées un jeu en rotation.

boiteuse (ferme) : ferme dont les appuis sur la maçonnerie sont à des hauteurs différentes.

chaînage : poutre, généralement en béton armé, assurant une rigidification du couronnement, d'un mur, ou d'une arête.

chevêtre : pièce de bois dans laquelle s'emboîtent des solives, des chevrons ou des pannes en limite d'une trémie.

chevron : pièce de bois de section plutôt carrée posée dans le sens du rampant sur laquelle on fixe des liteaux qui soutiennent la couverture.

connecteur : plaque en tôle d'acier, munie de dents embouties, permettant l'assemblage des pièces constituant les fermes d'une charpente industrialisée.

contreventement : ensemble des pièces destinées à stabiliser la charpente contre la poussée horizontale du vent.

croupe : pan de toit de forme généralement triangulaire.

dévoier : détourner une pièce de bois de sa trajectoire normale, afin de permettre le passage d'autres pièces prioritaires.

encuvement (ferme à) : ferme sans entrait, dont la base des arbalétriers est rehaussée par rapport à la maçonnerie à l'aide de deux pieds droits et d'une triangulation. Elle prend ainsi appui sur la maçonnerie par deux ancrages.

entrait : poutre horizontale reliant les arbalétriers, généralement à leur base, dont elle maintient l'écartement.

diagonale (ou pièce de bois de triangulation) : pièce de bois reliant deux pièces de structure (par exemple l'entrait à un arbalétrier), afin de constituer une structure triangulaire.

entraxe des fermes : distance séparant l'axe vertical de deux fermes.

entretoise : pièce de bois qui sert à relier, dans un écartement fixe, des poutres.

faîte, ou faîtage : arête supérieure d'un comble.

faux-aplomb : caractère d'un mur (ou d'une ferme) qui n'est pas parfaitement vertical(e).

ferme : assemblage de pièces (deux arbalétriers, diagonales et généralement un entrait, parfois un poinçon) de forme généralement triangulaire. Une ferme est destinée à porter le faîtage, les pannes, les chevrons et les plafonds d'un comble.

feuillard : bande étroite d'acier.

flambement (ou flambage) : instabilité d'une pièce comprimée sous l'effet de la compression.

flèche : déformation transversale d'une pièce sous l'action d'une charge.

fourniture : pièce rapportée pour doubler un élément.

gousset : plaque d'assemblage trapézoïdale, souvent en contreplaqué, parfois en acier.

lisse : pièce longitudinale en bois reliant les fermes.

lisse filante : lisse croisant plusieurs fermes consécutives.

liteau : bois de petite section supportant une couverture en petits éléments (tuiles, ardoises...).

nœud de triangulation : point d'une ferme où s'assemblent plusieurs pièces.

ouvrage particulier : ouvrage tel que cheminée, lucarne, fenêtre de toit, escalier... à intégrer dans la mise en œuvre d'une charpente.

panne : pièce de bois horizontale qui sert à soutenir les chevrons.

pannelette : panne de petite section et de portée réduite.

pignon : mur d'extrémité d'une construction, généralement perpendiculaire à l'axe du faîtage.

poinçon : pièce verticale d'une ferme reliant l'entrait au faîtage.

portée : distance franchie entre deux appuis, pour une pièce en flexion (arbalétrier, entrait, lisse filante...) ou partie de pièce qui porte sur un appui.

poutre (au vent) : ensemble rigide de pièces (pièces de bois assemblées en triangulations, matériau composite) destiné à venir renforcer la charpente, notamment pour le contreventement.

prolonge (d'arbalétrier) : partie de l'arbalétrier située à l'extérieur de son assemblage avec l'entrait, afin de le prolonger jusqu'à la maçonnerie.

rehausse : poutre doublant par dessus l'entrait d'une ferme. La rehausse est destinée à augmenter la résistance de l'entrait pour supporter le plancher du comble.

rive : petit côté d'une pièce de bois.

section : surface en coupe d'une pièce (produit de l'épaisseur par la hauteur).

solive : pièce de bois recevant les planches du plancher et supportant les lattes du plafond.

trémie : ouverture réservée dans un plancher ou une toiture destinée à être occupée par un escalier, une lucarne ou un conduit d'évacuation des fumées.

triangulation : pièces de bois, disposées en diagonale entre deux éléments de charpente, et destinée à rigidifier l'ensemble (par exemple les diagonales d'une ferme ou celles d'un système de contreventement).

volige : latte sur laquelle sont fixés les éléments de couverture.

La charpente industrialisée en bois

Entreprises, mais aussi fabricants, bureaux d'études et architectes : cet ouvrage est fait pour vous. Il vous guidera dans la mise en œuvre des charpentes industrialisées, de la conception à la pose.

Cet ouvrage attire votre attention sur les « points sensibles », c'est-à-dire sur les opérations essentielles ou délicates qui, bien conduites, vous permettront des réalisations réussies et de qualité.

Ce guide s'appuie sur les exigences de la norme NF DTU 31.3 « Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets », mais ce n'est pas un ouvrage technique. Ce n'est pas non plus un recueil complet de toutes les possibilités de conception, ni un guide de pose.

La charpente industrialisée en bois. Un ensemble à bien concevoir et à bien mettre en œuvre à été mis à jour à l'initiative du SCIBO (Syndicat national des fabricants de structures et Charpentes Industrialisées en Bois) avec le soutien du CODIFAB.

AUTEUR



FINANCEMENT

