Jean-Louis Valentin

La charpente, mode d'emploi

Cinquième tirage 2014, avec nouvelle présentation

EYROLLES

Table des matières

La charpente, un ouvrage complexe et stratégique 4

Les bois de charpente 7

Les essences utilisées 8

Le choix des arbres locaux 8
Les principales essences 10

Chêne et peuplier de charpente 14

Le chêne de charpente 14
Le peuplier de charpente 15

Formes et sections des bois mis en œuvre 16

Sections carrées ou sections rectangulaires 16
Profils et sections 16

Abattage et préparation des bois 18

L'abattage 18
Le séchage 19

Le travail de charpentier 20

L'étude de l'épure 20
Le tracé de l'épure 20
La mise sur épure 20
La mise sur ligne 21
Le piquage des assemblages 21
Le marquage des bois 21
Le traçage du chevillage et le percement des enlaçures 22
Le taillage et la vérification des assemblages 22
La mise dedans sur épure 23
Le levage 23
Les outils de la tradition 24

Lecture d'une charpente 29

Histoire et datation d'une charpente 30

Les dates inscrites 30
Les traces de façonnage 30
Les marques de charpentier 32
Les analyses scientifiques 33

Rôle et fonctionnement d'une charpente 34

La triangulation 34
Le contreventement 35

Composition d'une charpente 36

Les pièces de charpente 36
La charpente à croupe 40
Les assemblages 40

Typologies particulières 44

Charpentes à la Philibert 45
Charpentes « à la Mansard » 45
Charpentes « à chandelles » 46
Charpentes « à chevalets » 46
Charpentes avec arbalétriers assemblés sur des poteaux 47
Charpentes « à hommes debout » 47

Diagnostic d'une charpente 49

Le relevé de charpente 50

Le relevé d'une ferme 50
Le relevé d'une charpente 51

La lecture des désordres 52

Les zones sensibles 52
L'encastrement des bois dans la maçonnerie 53

Deux causes courantes de désordres 54
Une humidité stagnante 54
Une faiblesse structurelle 54
Deux désordres courants 55
Le fléchissement des pièces de bois 55
La désolidarisation des assemblages 55

Les ennemis de la charpente 56
L'humidité et les attaques des insectes 56
Les insectes xylophages 56
La petite vrillette 56
La grosse vrillette 57
Le lyctus 57
Le capricorne « des maisons » 58
L'hespérophane ou « capricorne du chêne » 58
Le termite 58
Les champignons lignivores 60
Le coniophore des caves 60
Le (ou la) mérule 61

Intervention sur une charpente 63

Le recours aux professionnels 64
Préparation du chantier 64
Coût et durée des interventions 65

Le type d'intervention 66
La restauration d'une charpente 66
La modification d'une charpente 67

Intervenir sur un arbalétrier 68
Le remplacement d'un arbalétrier 68
La réparation d'un arbalétrier 71

Intervenir sur un entrait 72
Le remplacement d'un entrait 72
Le renforcement d'un entrait au niveau d'un assemblage 75
La reprise en sous-œuvre d'un entrait rompu 75

Intervenir sur un poinçon 76
Le remplacement d'un poinçon 76
La réparation d'un poinçon 79

Intervenir sur une panne 80
Le remplacement d'une panne intermédiaire 80
La réparation d'une panne faîtière 82
Premier cas de figure 82
Deuxième cas de figure 83

Intervenir sur une croupe 84
La suppression d'une croupe 84

Créer une charpente 86
La création de charpente en extension longitudinale 86
La création de charpente en extension orthogonale 88

Protéger une charpente 90

Glossaire 91

Bibliographie 93

La charpente, un ouvrage complexe et stratégique...

Sans charpente, point de toit. À quelques exceptions près (celles des voûtes en maçonnerie formant le couronnement des constructions dans un certain nombre de régions françaises), cette affirmation reste valable et de la qualité de sa charpente dépendra la viabilité d'une maison.

Charpentes robustes et charpentes légères, produits d'un art raffiné ou de savoir-faire élémentaires, chacune répond à des exigences particulières, s'adapte à des contraintes qui résultent de tout ce qui fait la spécificité d'une région : son climat, sa végétation, ses aptitudes culturales, sa richesse, son isolement, l'histoire de sa population.

Du petit abri au milieu des champs au château seigneurial dominant le village, les architectures sont variées mais toutes réclament un toit protégeant bêtes, hommes ou récoltes. Un toit dont la charpente, portant la couverture, doit répondre aux caractéristiques particulières de cette dernière (éléments de couverture en pierre, en paille ou en terre cuite), mais aussi résister à la force du vent, s'accorder aux pluies abondantes ou rares, supporter le poids de la neige. La charpente s'adapte également au volume du bâtiment, à sa largeur, à la solidité de ses murs.

Des simples pannes courant de pignon à pignon et portant le lattis et la couverture d'un édifice mineur, à la succession de fermes triangulées s'alignant sur toute la longueur d'une grange dîmière, il n'y a aucune similitude si ce n'est que toutes ces charpentes ont la même fonction.

Pour les unes, il s'agit d'une mise en œuvre rudimentaire que tout agriculteur maîtrise, pour les autres, d'un savoir-faire sophistiqué issu d'une expérience millénaire nourrie par des générations de charpentiers répondant à des commandes complexes, celles des hommes du pouvoir.

Monde étrange que celui des charpentes, où se côtoient sans complexe des œuvres de la plus grande simplicité et des réalisations grandioses, toutes ayant un sens, une histoire à raconter. Chacune d'entre elles réclame notre attention pour en comprendre la logique et identifier les problèmes dont elle souffre afin de pouvoir l'aider à continuer à vivre. De leur bonne santé dépendra la longévité du bâtiment qui la porte. Tout désordre survenu sur l'un des éléments constitutifs d'une charpente a ainsi des répercussions, parfois dramatiques, sur les murs porteurs, les planchers qui s'y raccordent, les baies qui ponctuent les façades...

Beaucoup de propriétaires minimisent le rôle de la charpente de leur maison, car celle-ci est (le plus souvent) cachée aux regards, reléguée dans les confins du bâtiment, loin de leurs parcours quotidiens. Et pourtant, rendre épisodiquement visite à la charpente devrait être une démarche spontanée, de bon sens, pour, en quelque sorte, prendre le pouls de la maison, repérer ses faiblesses et, si nécessaire, intervenir le plus rapidement possible. De même, dans le cas d'un édifice nouvellement acquis (ou pour lequel existent des projets de transformation), vérifier l'état de la charpente, décrypter son histoire, réfléchir aux effets des modifications éventuelles qu'on veut lui faire subir doivent être de l'ordre du réflexe. On ne peut impunément intervenir sur une charpente sans réflexion préalable et sans maîtriser les principes de son « fonctionnement ».

Mais cette curiosité naturelle qui devrait saisir chacun d'entre nous devant une charpente ancienne ne doit pas, a contrario, amener à penser que l'on a ainsi acquis une compétence suffisante pour intervenir sur elle. On ne s'improvise pas charpentier. Connaître les bois mis en œuvre dans une charpente, leurs performances, leurs défauts, est du ressort du professionnel, seul apte, également, à comprendre précisément le rôle joué par chacun des éléments qui la composent, aussi particulière soit-elle, et à pouvoir en apprécier l'état.

La charpente est chose trop sérieuse pour se risquer à y intervenir seul... ou mal accompagné !

La nature de la couverture forestière, son abondance ou sa rareté, la pousse des arbres soumis au contexte local (avec un rôle important joué par le vent) ont amené à mettre en œuvre des essences diverses et des bois plus ou moins rectilignes.

On peut dire qu'en la matière l'homme a su utiliser tout ce que l'environnement lui offrait, avec, pour « seul » problème, l'obligation de donner à la charpente une solidité et une longévité suffisantes pour jouer son rôle durant plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines d'années.

Écorce, aubier et duramen

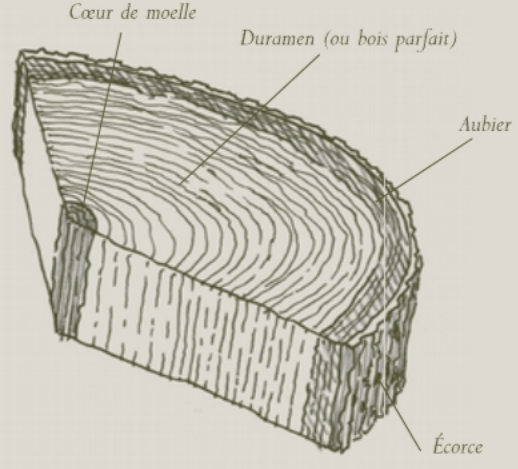
Tout arbre est constitué de trois parties de valeur inégale qui évoluent au cours de sa vie. Un tronc découpé laisse parfaitement apparaître cette structure : l'écorce, l'aubier, le duramen ou bois parfait.

L'aubier a une épaisseur variable. La croissance de l'arbre est liée à l'épaisseur d'aubier qu'il peut faire en une saison. C'est dans l'aubier que la sève circule. Plus un arbre est vieux, plus son aubier est mince. Par exemple, un chêne de 80 cm de diamètre n'a que 2 cm d'aubier, tandis qu'un chêne de 10 cm de diamètre peut avoir 6 cm d'aubier. Un très vieil arbre peut ne plus avoir d'aubier.

Partie tendre de l'arbre, l'aubier en est aussi la partie la plus fragile, attaquée par les insectes. Dans la mise en œuvre d'un bois de charpente, on minimisera autant que possible la présence de l'aubier dans les pièces travaillées.

À l'inverse, le cœur de l'arbre, le duramen, est la partie la plus dure, la plus résistante de l'arbre, et échappe à l'action des insectes. On lui donne le nom de « bois parfait ».

C'est la densité du bois et la façon dont les fibres sont liées qui donnent au matériau ses performances par rapport à la flexion et à la compression.



Chêne et peuplier de charpente

Les bois de charpente proviennent souvent de surbilles (la bille de pied étant réservée à la menuiserie, l'ébénisterie, le tranchage) ou de billes entières, pied compris. C'est souvent le cas du chêne pubescent qui est un chêne de bordure de bois, avec des branches, donc des nœuds, et souvent vrillé.



Dans un atelier de charpentier, tous les bois sont rangés par essences pour faciliter leur utilisation.

Il n'est pas nécessaire de soumettre les bois de charpente à un séchage particulier. Ils peuvent être employés après avoir été « ressuyés » (lorsque leur surface est plus ou moins sèche, et qu'il ne coule ni sève ni résine) à l'air pendant deux ans. Il faut savoir que le bois ne connaît pas de variation dimensionnelle longitudinale. Pour preuve, on fait des étalons de mesure en bois (mètre, double mètre, pige, etc.). Ses variations se font dans le sens transversal, mais elles importent peu puisque dans une ferme, l'arbalétrier, la jambe de force ou le blochet ont leurs quatre faces à l'air libre et peuvent donc varier dimensionnellement sans dommage.

En effet, le charpentier travaille principalement en assemblage par abouts et triangulation. Le bois a un sens, et la qualité de ses défauts ! Les fentes et les nœuds ne l'impressionnent guère car il sait, au contraire, les mettre à profit.

Le chêne de charpente

Le chêne de charpente, ou chêne « à charpenter », est représenté par le chêne pédonculé (*Quercus pedunculata*), le chêne rouvre (*Quercus sessiflora*), et le chêne pubescent ou chêne champêtre (*Quercus pubescens*), tous trois de la famille des fagacées. Ces variétés sont le plus souvent confondues une fois les arbres débités.

Les bois de chêne ont toujours été recherchés par les charpentiers qui ont su en utiliser toutes les particularités. Un chêne de bordure de forêt (souvent pubescent), qui a subi de plein fouet les intempéries, a une texture plus résistante qu'un chêne de milieu de forêt, lequel, avec l'aspect régulier de ses fibres tout en longueur, convient mieux aux travaux de menuiserie.

Le séchage

En charpente, il n'y a pas vraiment de période de séchage du bois, mais l'exécution de toutes ces phases préparatoires prenait 2 ou 3 ans, car équarrir à la main prend du temps !

Le bois était donc employé «ressuyé», non pas sec mais plutôt tendre et se travaillant bien sans avoir à affûter les outils. Aujourd'hui encore le charpentier ne recherche jamais un bois sec, pour des questions de facilité de façonnage et de mise en œuvre.

Lors de son séchage, le bois varie dans ses dimensions périphériques **mais il ne perd jamais en longueur**, ce qui assure l'indéformabilité du triangle des fermes ; il n'y a donc pas de problème.

Selon sa destination dans la charpente, une poutre peut ou non présenter certains défauts. Ainsi, si l'on ne peut en aucun cas accepter pour un entrait un bois présentant des fentes ou des nœuds, on peut, sans danger, l'utiliser pour des arbalétriers. De même, une jambe de force doit être massive mais peut être courbe. Enfin, la présence de «flache» (reste d'écorce sur le bois sommairement équarri) n'est en rien dommageable à des bois de charpente. Dans sa commande de bois, un charpentier précise toujours son degré de tolérance de flache, ordinairement 1/5 de la section du bois.

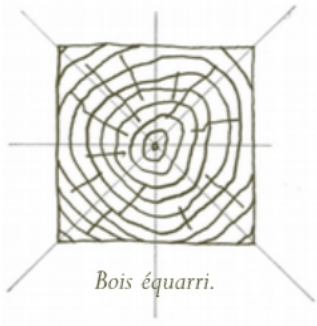
Autrefois, le charpentier travaillait en atelier des troncs livrés bruts ; aujourd'hui il reçoit des pièces de bois déjà travaillées en fonction de leur destination dans la charpente (c'est ce qu'on appelle le «débit sur liste»).



Dans cette charpente sont mis en œuvre des bois comportant un faible pourcentage de flache. Ce caractère rustique ne nuit en rien à l'esthétique de l'ouvrage.



Bois avec flache.



Bois équarri.

Lecture d'une charpente

Connaissez-vous la charpente de votre maison ? Avez-vous essayé d'en comprendre le fonctionnement ? Tout propriétaire d'une maison ancienne devrait se prêter à cet exercice essentiel. À quoi servirait, en effet, de vérifier l'état de la couverture ou celui des enduits de façade si, dans le même temps, on négligeait d'estimer la santé de cet élément primordial de la construction ?

Lire une charpente, c'est déjà pouvoir en nommer les éléments constitutifs, des principaux aux subsidiaires, et connaître la fonction qu'ils ont dans l'assemblage. C'est aussi pouvoir définir l'originalité de la charpente par rapport à celles présentes autour de soi : est-elle commune, exceptionnelle, unique ? Et quelle histoire particulière raconte-t-elle ?

Certes, une telle lecture critique ne peut, pour porter ses fruits, qu'être faite par un praticien averti. Mais savoir déjà « de quoi il retourne » permet d'éviter les mésaventures d'opérations destructrices, ou de ne pas voir venir la catastrophe.

Histoire et datation d'une charpente

Bien évidemment, seul un expert peut se prêter valablement au jeu de la datation d'une charpente. Et l'on tirera profit de ses conclusions pour mettre en valeur certains de ses éléments ou sauvegarder l'ensemble. Un propriétaire peut cependant, en tenant compte de certains indices présents sur les différentes pièces de bois, tenter d'estimer l'âge de sa charpente.

Les dates inscrites

L'histoire des charpentes est fort longue et certaines subsistent qui sont très anciennes, y compris dans des bâtiments modestes. On ne peut cependant, pour dater une charpente, compter sur les seules inscriptions trouvées sur quelques-unes d'entre elles.

Tout d'abord parce que celles-ci sont rares et que, quand elles existent, elles ne concernent le plus souvent que la pièce sur laquelle elles sont inscrites : il peut s'agir alors d'un réemploi ou de la date d'une intervention de restauration.



Jusqu'au milieu du XVIIIe siècle, à l'aide d'un burin triangulaire, le charpentier commençait par encocher le bois, qui en conserve toujours la trace. Il lui était alors plus facile, avec le laceret à cuillère, de percer le trou de la future cheville.

Les traces de façonnage

Le façonnage des poutres, dont les plus anciennes ont été équarries à la hache (le sciage n'intervient vraiment qu'à partir du milieu du XVIe siècle), avec les traces laissées par l'outil utilisé, sont un élément intéressant pour établir la datation.

Le percement des trous de cheville avec un laceret à cuillère laisse, lui aussi, des traces particulières sur les bois jusqu'au milieu du XVIIIe siècle.





Deux traces d'outils de taille : à gauche, traces de taille à la hache, à droite, trace d'arrachement du bois sur une poutre sciée à la scie de long.

Rôle et fonctionnement d'une charpente

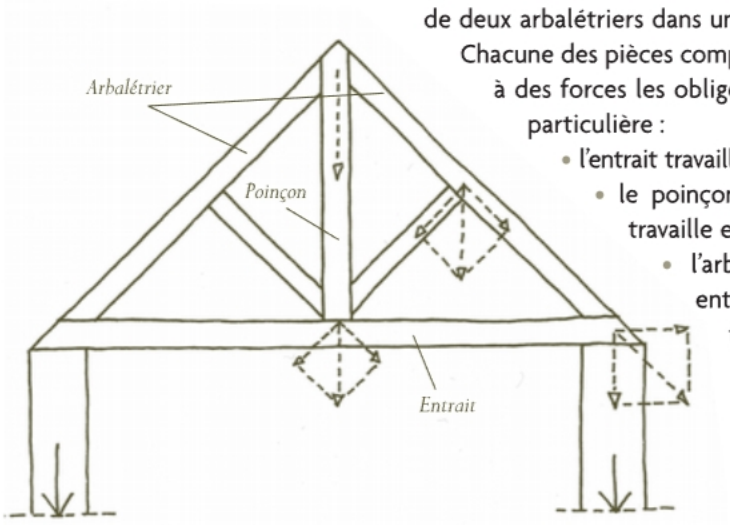
Le rôle d'une charpente est de porter la couverture du toit. En aucun cas elle ne contribue à contreventer les murs de l'édifice, sur lesquels au contraire elle exerce ses effets. Car c'est sur eux qu'elle reporte les charges qu'elle reçoit, et qui s'ajoutent à son poids propre, en sachant qu'elle ne doit transmettre que des charges verticales.

La triangulation

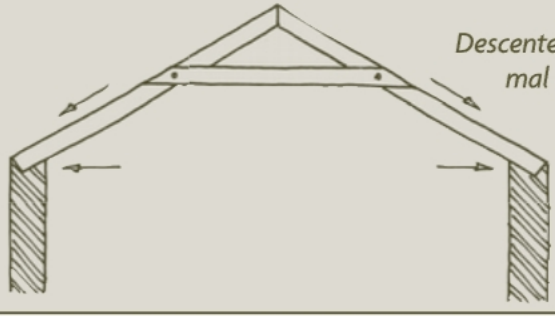
Le triangle est une figure indéformable qui sert de fondement à la plupart des charpentes. La ferme triangulée constitutive des charpentes de toit anciennes, est faite de l'assemblage de deux arbalétriers dans un poinçon et d'un entrait.

Chacune des pièces composant la ferme est soumise à des forces les obligeant à travailler de manière particulière :

- l'entrait travaille en traction et en flexion ;
- le poinçon (tout comme le blochet) travaille en traction ;
- l'arbalétrier (comme le faux-entrait et la jambe de force) travaille en compression.

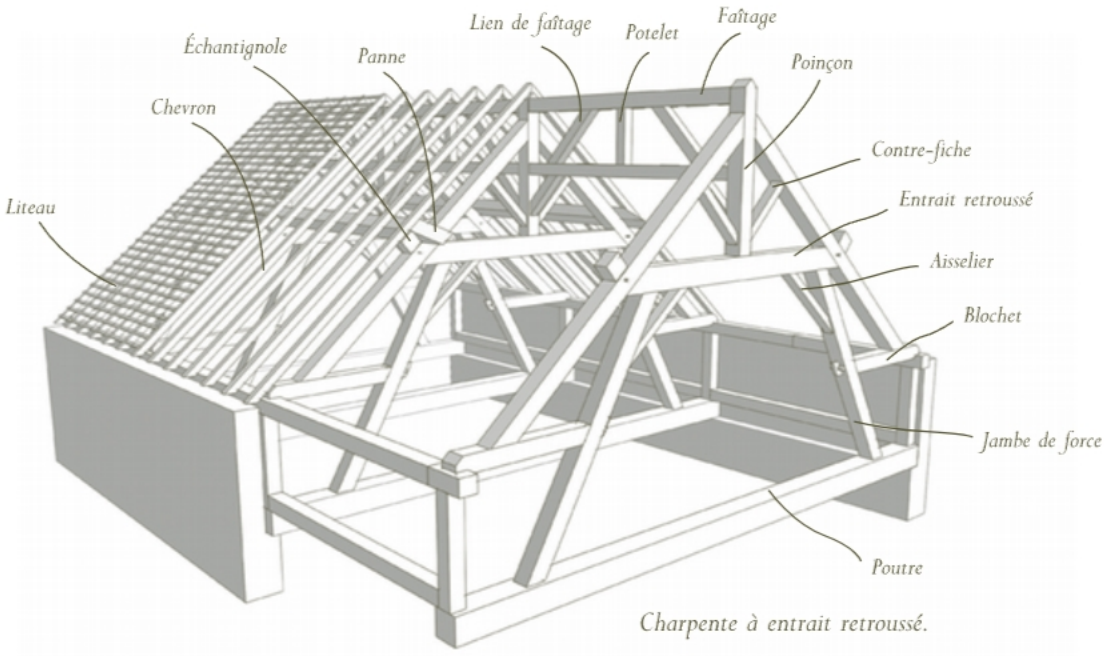


Forces s'exerçant dans une ferme triangulée et descentes de charges.



Descentes de charges dans une charpente mal triangulée

Dans ce type de ferme, les forces s'exerçant sur les arbalétriers engendrent une poussée sur les murs porteurs, qui tendent alors à déverser.



Charpente à entrait retroussé.

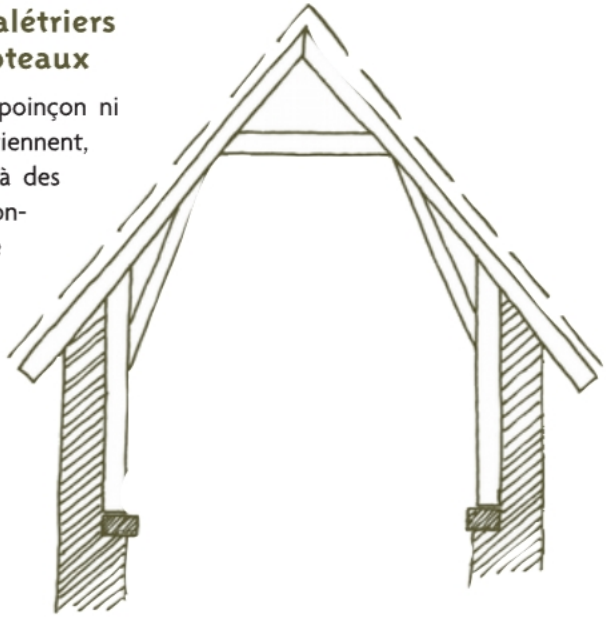
Entrait retroussé	17 x 17	Arbalétrier	17 x 17
Poinçon	17 x 17	Contrefiche	11 x 11
Faîtage	15 x 15	Échantignole	11 x 11
Panne	17 x 17		

Jambe de force	17 x 17
Blochet	17 x 17
Sous-faîtage	13 x 13
Potelet, lien de faîtage et aisselier	11 x 11
Poutre	25 x 25

Portée de mur à mur	6,50 m	Chevron	8 x 8
Espacement des travées	3 m	Liteau	18 x 40 (sapin)
Espacement des chevrons	0,4 m		
Espacement des liteaux	0,011 m		
Pente de toit	45°		

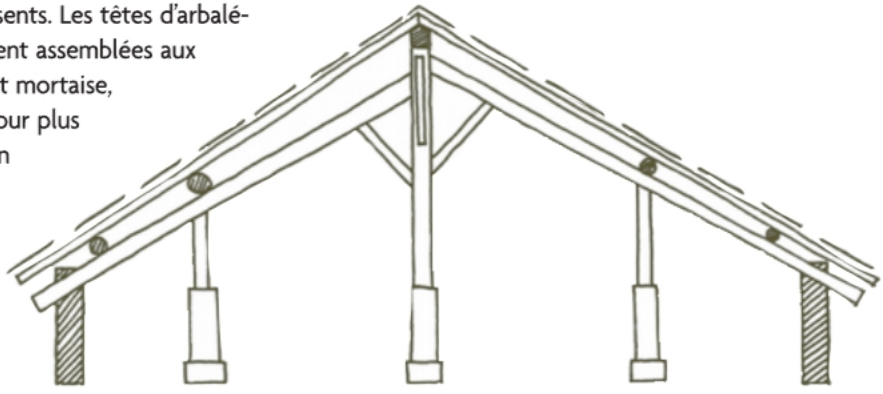
Charpentes avec arbalétriers assemblés sur des poteaux

Il s'agit de charpentes sans poinçon ni entrait, où les arbalétriers viennent, en partie basse, s'assembler à des poteaux engagés dans la maçonnerie des murs. Ce type de charpente se rencontre dans la montagne auvergnate. On comprend aisément que c'est ici la masse du mur (un « mur poids ») qui soutient l'équilibre du triangle de toiture.



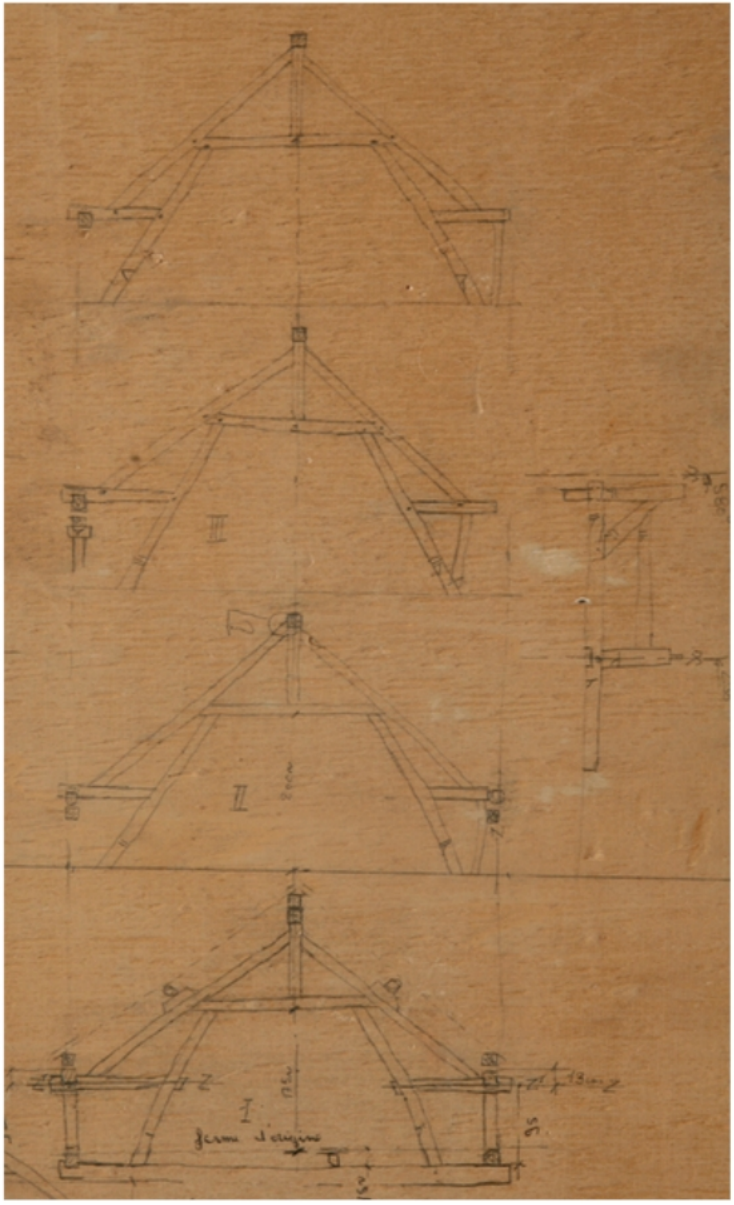
Charpentes « à hommes debout »

Elles sont très présentes en Lorraine, où les pignons des maisons sont de très grande largeur. Des poteaux de forte section (dits « hommes debout ») portent les pannes. Selon les cas, un unique poteau porte la panne faîtière ou deux poteaux portent les pannes intermédiaires ou encore « trois hommes debout » sont présents. Les têtes d'arbalétrier sont solidement assemblées aux poteaux à tenon et mortaise, chevillées voire, pour plus de solidité, à tenon passant avec clé.



Le relevé d'une charpente

Partant du principe qu'une charpente présente des différences de ferme à ferme, un relevé global est toujours nécessaire quand on veut comprendre son histoire et son fonctionnement.



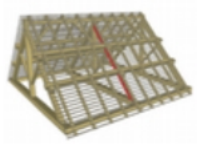
Relevé complet d'une charpente sur contreplaqué.

La mixité des bois dans une charpente

Il est courant de voir utiliser des essences différentes au sein d'une même charpente. En Champagne, notamment, les poinçons, pannes faîtières et blochets sont en **chêne** alors que les autres éléments peuvent être en **peuplier**.

Les chevilles des assemblages sont parfois, de la même manière, en **chêne** ou en **frêne** (bois souple et nerveux) même si, dans la pratique, on préférait à ces bois l'**acacia**, beaucoup plus résistant.

Le lattis portant la couverture peut, quant à lui, être fait de différents bois, le **sapin** très souvent (car l'arbre est facilement débitable), mais aussi le **chêne** ou le **châtaignier**.

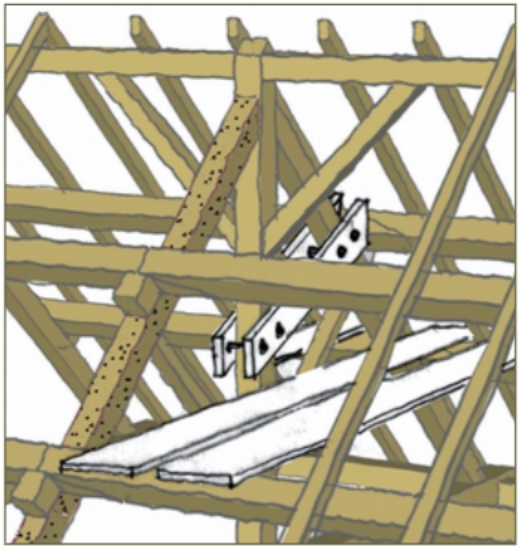


Intervenir sur un arbalétrier

Le remplacement d'un arbalétrier



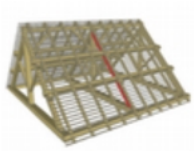
1. On travaille généralement en sous-œuvre, c'est-à-dire sans avoir à dégarnir le toit. On retire simplement les chevrons sur 2 m de part et d'autre de la ferme où l'on intervient.

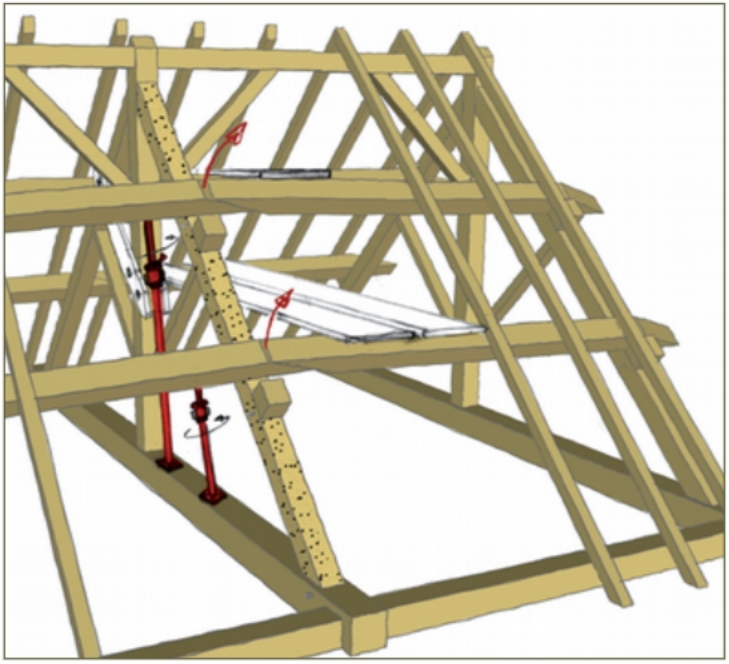


2. On reconstitue le triangle indéformable de la ferme à l'aide d'une pièce moisée reliant le poinçon à l'autre arbalétrier.

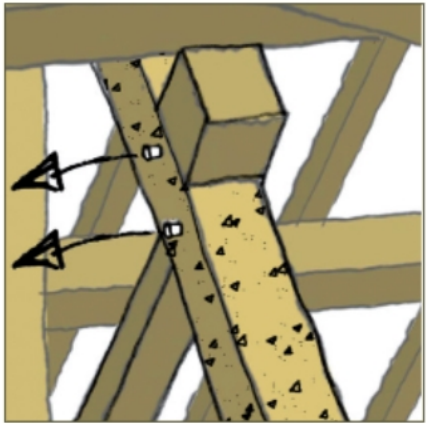


3. On va ensuite retirer l'arbalétrier en débouclant la mortaise.

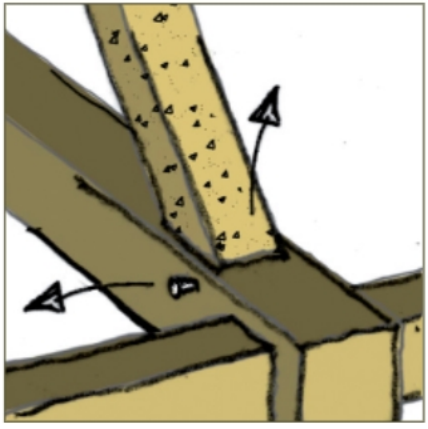




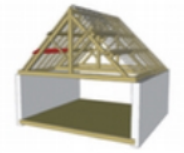
4. Les pannes sont alors soulevées à l'aide de vérins pour pouvoir dégager l'arbalétrier.



5. On peut alors décheviller la contrefiche et l'échantignole...

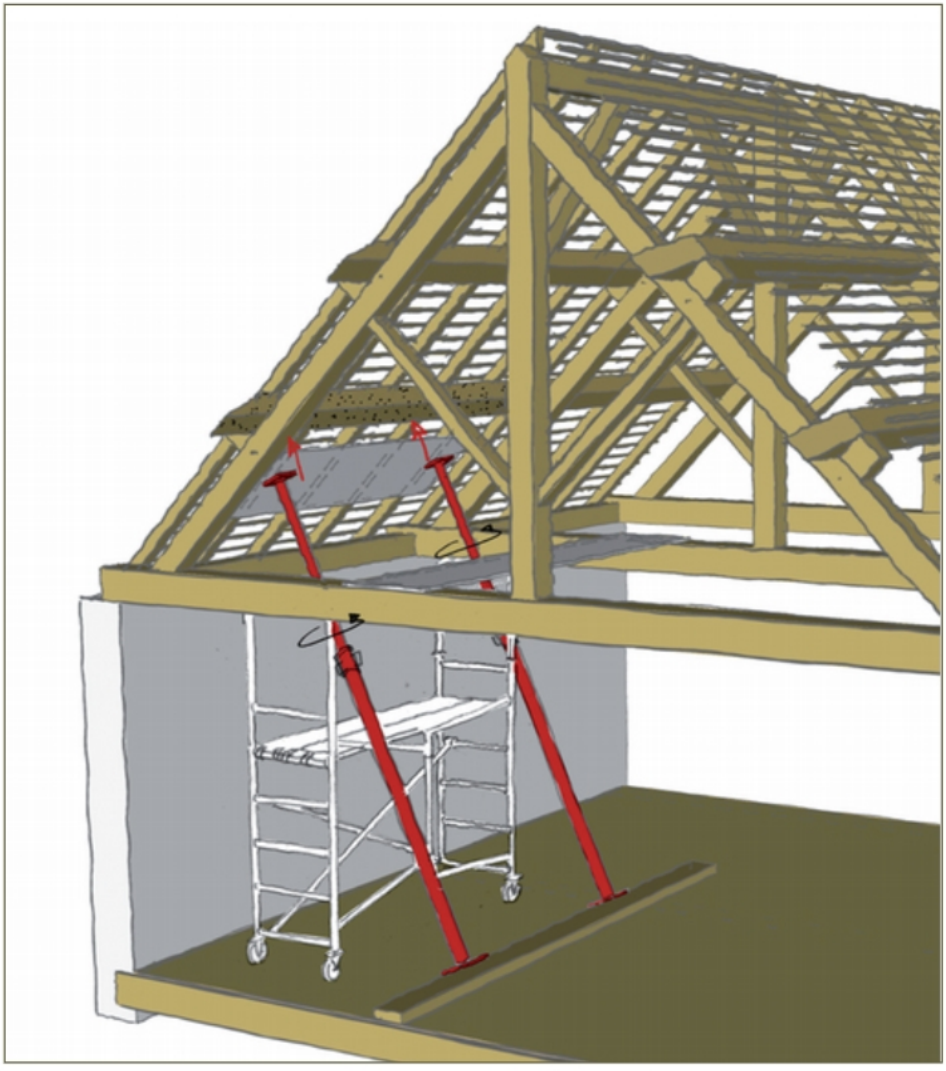


6. ... ainsi que la base de l'arbalétrier.



Intervenir sur une panne

Le remplacement d'une panne intermédiaire



1. On commence par étayer avec des vérins le chevronnage situé sous la panne concernée.