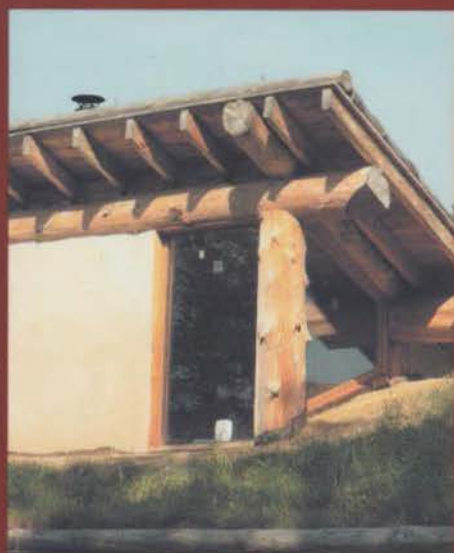


Marie-France et Thierry
HOUDART

Camille HOUDART

architecte DPLG



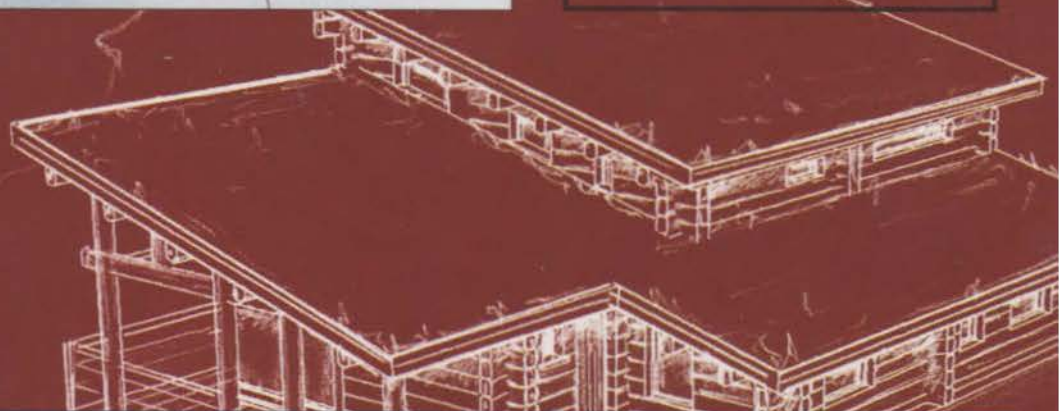
l'art de la fuste

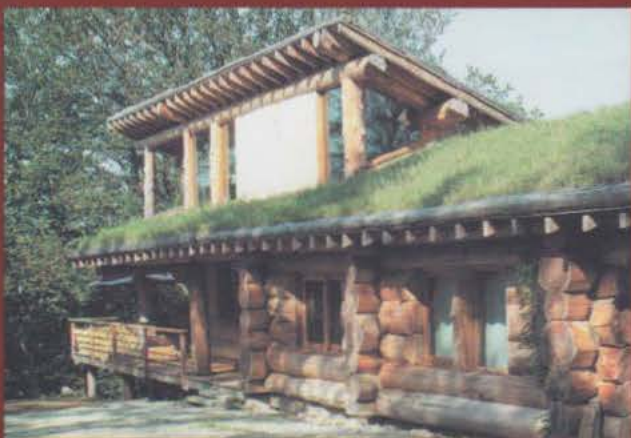
technique
de
construction
en
bois brut



Cahier
3

C o n c e p t i o n e t P l a n s





www.boisbrut.org

Illustrations de couverture :

Photos des auteurs

Réalisations :

J. Largeau, J.M. Wagner,

T. Houdart, P. Madic,

M. Fordy

Esquisse : C. Houdart

Maison traditionnelle dans

la vallée de la Clarée

(Htes Alpes)

**Marie-France et Thierry
HOUDART**

avec la participation de
Camille HOUDART
architecte DPLG

l'art de la fuste



T . C . B .

technique de
construction en
bois brut

Cahier n° 3 - édition 2007

C o n c e p t i o n e t P l a n s

e	Deux mots d'introduction	3
	Chapitre I	
	La grammaire de la fuste : règles et contraintes	8
	LE BOIS BRUT : MATÉRIAU D'EXCEPTION (IMAGES)	41
r	Chapitre II	
	Comment concevoir et dessiner une fuste	49
	Chapitre III	
	Le projet global de construction	79
i	UN PATRIMOINE EUROPÉEN TRÈS ANCIEN (IMAGES)	109
	Chapitre IV	
	Fustes en France : tradition et réglementation	117
a	En conclusion	134
	Annexes	135
	Bibliographie	142
	Carnet d'adresses	143
m	Table des matières	144



Une **fuste**, c'est la force des troncs bruts soigneusement ajustés

Il n'est pas exagéré de dire que, dans l'Europe tempérée, les hommes ont habité, jusqu'au XVIII^e siècle, dans des maisons en bois. Paris était une ville en bois. Quant à la pierre, elle était surtout réservée aux demeures des Dieux, des rois et des morts (temples et églises, palais et châteaux, tumulus et tombes). Mais les besoins d'une population en pleine croissance : besoins de défrichements agricoles, besoins de bois d'œuvre pour la construction et la marine, de bois de chauffage et de charbon de bois pour l'industrie en expansion, ont peu à peu décimé la forêt française, au point que la pénurie de bois d'œuvre menaçait la production de navires indispensables aux guerres du Roi-Soleil. Si bien qu'en 1669, Colbert, nouvel Intendant des Finances, était amené à présenter sa "grande ordonnance", qui a marqué avec force l'intervention de l'Etat dans la gestion forestière.

Faute d'un matériau abondant, c'est la pierre qui s'imposa, à partir de la fin du XVIII^e siècle, pour l'habitat, suivie du béton. Et construire "en dur" finit par devenir le signe et le symbole de la réussite. D'un pays de maisons de bois, la France (ainsi que ses voisins) devint un pays de maisons de pierre puis de béton.

Mais nous sommes entrés dans un nouveau cycle. La découverte du charbon puis du pétrole et l'abandon du bois comme combustible pour l'industrie, les débuts ensuite de l'exode rural et de la déprise agricole, ont permis à la forêt de repousser, tandis qu'est apparue, dans le même temps, la nécessité de reboiser les régions à l'abandon, au sol dégradé : la fin du XIX^e siècle et le XX^e siècle connurent alors un spectaculaire retour des reboisements dans les Landes, les terrains de montagne, le Limousin, la Bourgogne, les Cévennes, la

Sologne... C'est une jeune forêt, souvent résineuse, mieux cultivée, qui prit la place des bruyères, des marais, des terres en friche... et cette évolution ne s'est pas encore arrêtée.

Ainsi, en l'espace d'un siècle, la France déboisée ou couverte de mauvais taillis sans débouchés, a retrouvé le taux de boisement d'avant les grands défrichements du Moyen Age pour devenir, sans s'en rendre compte, le premier producteur de bois d'Europe. Aujourd'hui, cette nouvelle forêt arrive en pleine production. L'Etat a investi des sommes importantes par le biais du Fonds Forestier National, pour créer une

forêt de production, et cet effort est loin d'être achevé car celle-ci progresse chaque année en France de plus de 50 000 ha.

Mais deux siècles de construction en pierre, puis en béton, ont créé, dans les mentalités, beaucoup de préjugés défavorables au bois. Peut-être l'effort d'information ou l'exemple de pays comme les USA, le Japon, ou la Scandinavie (les pays les plus riches de la planète) où le bois a été et reste "le" matériau de construction, font-ils actuellement prendre conscience aux habitants de la vieille Europe que le bois est le matériau le plus adapté pour la maison individuelle. Sans doute le public commence-t-il à redécouvrir les qualités exceptionnelles du bois, sain, chaud, durable, et à mieux connaître les techniques de préservation qui assureront sa pérennité.

Peut-être enfin prend-on peu à peu conscience que la survie de la planète peut être menacée si l'homme continue à intensifier la production de gaz carbonique qui, d'après les scientifiques, serait à l'origine de son réchauffement : or on se rend compte que la production de bois est la meilleure façon de "séquestrer" le carbone en excès dans notre atmosphère. Le



D'après I.BILIBINE, Illustration pour les Contes russes



bois est, ne l'oublions pas, constitué de près de 50 % de carbone par rapport à son poids sec -, mais à condition que la transformation et l'utilisation du bois produit par la forêt ne soient pas elles-mêmes consommatrices d'énergie (comme la pâte à papier par exemple), ou que les produits qu'il sert à fabriquer ne soient pas destinés à être brûlés, comme tous les emballages de papier, bois, ou carton. Et puis le bois est aussi le seul matériau renouvelable et qui ne demande quasiment pas de dépenses d'énergie pour être utilisé. Le rondin encore moins que le bois équarri.

Les temps ont changé. Le pays se reboise, l'Etat commence à légiférer (timidement certes), pour qu'on utilise davantage de bois. Colbert, aimerait peut-être revenir sur terre aujourd'hui... : il aurait tout le bois qu'il veut à sa disposition, - même s'il n'est peut-être pas de la même qualité qu'alors.

La construction de fustes, de maisons en rondins bruts, est de nos jours une des plus belles techniques de construction en bois massif :

- la plus naturelle, car elle demande très peu de transformation, donc peu d'énergie : l'énergie nécessaire pour produire le bois est le soleil ;
- la plus rationnelle, car elle utilise un matériau renouvelable, abondant et qui le sera de plus en plus : dans les dernières 25 années, le prix du bois résineux a baissé en francs constants, alors que celui des autres matériaux augmentait. Et surtout elle ne demande pas

Le Monde, 22 septembre 1995

"De là à conclure que, pour combattre le réchauffement global induit par la montée du gaz carbonique, il faille planter des arbres, il n'y a qu'un pas, que l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) a déjà franchi : *"Le moyen le plus économique de lutter contre le changement climatique", c'est de planter des arbres"*,

et nous ajouterons : *"... et ensuite d'utiliser le bois d'œuvre pour faire des maisons."*

du bois de qualité supérieure. Les bois les plus légers, et donc les plus isolants, produits par nos forêts résineuses en climat tempéré, lui conviennent parfaitement ;

- la plus créative : la technique de construction des fustes, artisanale par essence, ouvre la voie à la créativité car le constructeur, chose rare de nos jours,

maîtrise à lui seul, de l'arbre à la maison, la transformation d'un matériau brut, le bois, qu'il façonne à son gré ;

- une des techniques de construction les plus anciennes pratiquées par l'homme, modernisée aujourd'hui pour répondre à toutes les exigences contemporaines, tout en restant artisanale. C'est une technique de la vieille Europe, importée dans le nouveau monde, d'où elle nous est revenue plus efficace et d'où elle s'étend à toute la planète, des USA au Japon, en passant par la Corée, la Nouvelle Zélande, la Lithuanie, la Russie ou la France ; la seule technique de construction artisanale, sans doute, qui possède sa propre association "mondiale", ses propres "standards", ses propres codes techniques... une forme de compagnonnage à l'échelon international.

Tout cela, nos contemporains l'ont bien compris et sont de plus en plus nombreux à vouloir vivre dans une maison en bois, dans une fuste en particulier. Une nouvelle génération d'artisans constructeurs est parallèlement en train de naître, et de nombreux autoconstructeurs sont également prêts à se mettre à l'ouvrage après avoir testé leurs capacités sur leurs premiers fûts et réalisé leurs premières entailles.

Reste à donner à tous ceux dont le rôle ou l'ambition est de concevoir une fuste, architectes, mais aussi constructeurs ou futurs habitants, les éléments pour le faire, à donner les règles d'un langage constructif commun à tous. Aussi ce cahier n° 3 de *"L'art de la fuste"* s'adresse-t-il à tous, et en particulier à ces quatre A : Autoconstructeurs, Artisans, Acquéreurs et Architectes (Architectes-concepteurs, aussi bien qu'Architectes-décideurs). Les règles de la fuste sont suffisamment simples et précises pour être comprises de tous : l'exemple n'est pas si courant où maître d'œuvre (celui qui conçoit), artisan-entrepreneur (celui qui construit), et maître d'ouvrage (celui qui occupera) peuvent échanger en se comprenant. Nous

Le 4 décembre 1996, une journée historique pour la civilisation du bois.

Cela s'est passé à l'Assemblée Nationale Française, où nos députés ont adopté le texte suivant : *"pour répondre aux objectifs de la loi (sur les mesures techniques nationales de prévention de la pollution atmosphérique et de l'utilisation rationnelle de l'énergie), un décret en conseil d'état fixe les conditions dans lesquelles certaines constructions nouvelles devront comporter une quantité minimale de matériaux en bois avant le 1er janvier 2000"*.

Aux Pays Bas un plan est à l'étude pour accroître de 20 % l'utilisation du bois dans les constructions nouvelles.

La forêt et le gaz carbonique

Par le processus de la photosynthèse, la feuille d'un arbre fabrique, à partir du gaz carbonique de l'air et de l'eau, du carbone qui va être stocké dans le bois, et rejette dans l'air de l'oxygène. Mais en même temps, l'arbre respire et, comme les êtres humains, il consomme de l'oxygène et rejette du gaz carbonique.

L'arbre consomme et dégage donc du gaz carbonique. Il en consomme plus qu'il n'en dégage. Mais dans une forêt inexploitée, une forêt vierge ou très vieille, l'arbre finit par mourir, pourrir, et la décomposition des tissus morts consommera de l'oxygène et produira du gaz carbonique. Une forêt inexploitée sera en définitive productrice de gaz carbonique.

En revanche, si l'arbre est exploité à temps, c'est-à-dire retiré de la forêt pour être utilisé sous sa forme de bois, c'est tout le carbone contenu dans le bois qui échappera au retour dans l'atmosphère sous forme de CO₂. Dans une maison en bois massif, le carbone est ainsi "séquestré" pour quelques siècles. **Sait-on, par exemple, qu'une maison en bois brut de 120 m² stocke, uniquement dans ses murs, environ 25 tonnes d'équivalent carbone*, soit la quantité de carbone émise par la production de 100 tonnes de ciment ou par un véhicule parcourant 125 000 kilomètres** (source : ADEME - Jancovici)

L'écologie bien pratiquée et bien comprise ne s'opposera donc pas à l'exploitation des arbres, mais une bonne sylviculture protégera au contraire l'environnement. Ce sont là parfois des vérités qu'il convient de préciser.

* Une tonne de gaz carbonique contient :

12/44 x 1 000 kg, soit 272 kg de carbone

(1 m³ de bois résineux stocke environ 250 kg de carbone)



Pour l'élaboration d'un projet, les principes de la construction des fustes doivent être connus tant du concepteur que du futur habitant.

3

L'acquéreur sera guidé dans ses rêves par des données techniques et par des exemples de conception qui lui seront utiles pour déterminer un budget et mieux imposer ses souhaits à l'artisan ou à l'architecte ; il aura les armes nécessaires pour se montrer exigeant à bon escient.

Quant à l'architecte, il y trouvera essentiellement des bases techniques, mais aussi des éléments de coûts qui le guideront dans l'élaboration de ses projets. Les architectes ne sont pas toujours habitués à consulter les constructeurs sur leurs techniques, leurs contraintes et leurs coûts. Il en résulte parfois des allers et retours inutiles et coûteux et de grandes pertes de temps dans l'élaboration des projets. Ce cahier les aidera à partir sur des bases de travail solides, qui leur permettront, espérons-le, de surmonter les réticences qu'ils peuvent éprouver encore vis-à-vis d'un système constructif jugé parfois simpliste. Il est souvent reproché aux constructions en bois massif en général d'être de conception très pauvre. Le reproche est souvent justifié, mais, à la décharge des fustes, faites de bois bruts, non usinés, on peut apporter deux éléments de réponses :

1. Quand le matériau est beau, la conception architecturale peut passer à l'arrière-plan et rester modeste, alors que l'architecte est aujourd'hui habitué à travailler avec des matériaux industrialisés dont la matière est souvent pauvre mais avec lesquels tout est pos-

espérons que ce cahier donnera les possibilités d'un meilleur dialogue entre tous.

L'autoconstructeur trouvera ici tous les éléments lui permettant de concevoir une fuste simple en évitant les erreurs grossières. Grâce aux nombreux exemples qui sont donnés il pourra donner de la vie à son plan sans se laisser entraîner dans des fantaisies irréalistes.

L'artisan, qui est souvent plus technicien que dessinateur, trouvera lui aussi toute une typologie de formes qui l'aideront à sortir aisément des plans-bateau du "chalet" classique et des idées de réalisations.

sible. Comme le constatait F. L. Wright, "de nos jours la construction est tellement aisée que l'architecture devient trop difficile". En rondins bruts, la construction est difficile, le matériau est riche, et l'architecture peut être simple.

2. La construction en rondins bruts est restée jusqu'à aujourd'hui très méconnue des architectes. Les éléments techniques donnés ici doivent leur permettre d'inventer l'architecture des fustes de demain. S'ils parlent le même langage que les constructeurs, le dialogue entre eux ne pourra être que fructueux ; il obligera les artisans-constructeurs à sortir de leurs habitudes et à progresser dans leur art, et il donnera aux architectes le souci de concevoir et d'innover sans négliger de se plier aux contraintes techniques. Mieux vaut, à notre sens, la connaissance d'un langage commun à tous et de ses "règles de grammaire", qui laisse libre d'innover dans la concertation, que le respect de normes contraignantes formelles et limitatives.

Il faut enfin parvenir à convaincre ou à vaincre les réticences de quelques "décideurs" encore hostiles ou hésitants. Ah le permis de construire ! en provoque-t-il des angoisses ! Ce cahier donnera des armes à ceux qui postulent et contribuera certainement à rassurer ceux qui sont chargés de le délivrer.

Tout d'abord les maisons de rondins bruts ne sont pas étrangères à la France, et ce ne sont pas non plus des "chalets". Le mot chalet, diminutif de "cala", abri, originaire de suisse romande (Dict. Le Robert), est trop marqué par l'architecture d'un pays pour correspondre aux maisons de rondins bruts, que ce soit au sens divulgué par Jean-Jacques Rousseau au

XVIII^e siècle ("cabane de paysan suisse recouverte de planches"), ou au sens où on l'entend aujourd'hui, un sens qui est apparu dans les années trente avec le développement des sports d'hiver ("maison de plaisance construite dans le goût des chalets suisses"). Comme le souligne Pierre Pétrequin, archéologue, (voir ci-dessous p. 90) la maison à empilage de bois croisés n'est d'aucun temps et d'aucun pays, mais elle est liée "aux climats froids ou frais, à la montagne ou à l'exploitation de la forêt" ; alors on comprend qu'elle a eu, qu'elle a toujours sa place dans nos pays.

Ce mode de construction, on le trouve effectivement en France, du nord au sud des Alpes, mais également bien loin des montagnes. Dans la tradition française, on commence à le redécouvrir, il existait des maisons de rondins bruts dans toutes les forêts de résineux ou de feuillus, de la Franche-Comté aux Landes, des Vosges au Bourbonnais, dans la célèbre forêt de Tronçais notamment, où Colbert prenait le bois de ses navires. C'était les habitations de tous les bûcherons, charbonniers, scieurs, sabotiers, forgerons ... qui vivaient là en grand nombre, sur leur lieu de travail, une immense ruche dans les bois. Mais dira-t-on, des cabanes de bûcherons, est-ce bien des maisons ? Ce sont des maisons rudimentaires, certes ; mais les "bûcheux" du Bourbonnais décrits par George Sand ou par Cécile, la fille des bûcherons de la forêt de Chaux, n'auraient pour rien au monde échangé leur "cabiolo", leur "baraque" ou leur "bacu" dans la forêt, contre le confort de draps blancs dans un village de la plaine, et de leur liberté. Pas toujours



bien vus des paysans, un peu marginaux, mais libres et artistes, ... à l'image peut-être de tous ceux qui veulent vivre dans une maison de bois bruts.

Et que dire aussi de ces bâtisses du Lot ou de Dordogne faites d'énormes poutres de chêne empilées, construites au XVI^e siècle, et dont, au Québec, on retrouve comme les cousines au siècle suivant ? Cette tradition de construction en bois bruts empilés était donc bien vivace en France quand, des forêts du Bourbonnais ou de Franche-Comté, ou des pays de bastides du sud-ouest s'embarquèrent les pionniers qui partiront peupler le Canada, où ils emporteront avec eux le mode de construire en bois empilés "pièce-sur-pièce".

Mais jusqu'à maintenant, cette tradition était bien oubliée. Rénovée et modernisée dans le Nouveau Monde, elle revient aujourd'hui sur le vieux continent. Puissent les pages qui suivent combler ces deux siècles d'oubli et de mépris et permettre à tous ceux qui le souhaitent d'innover dans une tradition retrouvée.



Mais la fuste, ce n'est pas seulement des bois bruts empilés

Fuste, empilage, poteaux.....

La construction de fustes, maisons en bois bruts, fait appel en premier lieu aux techniques d'empilage où les bois sont couchés horizontalement, assemblés aux angles. C'est le mode de construction le plus répandu, le plus connu, le plus populaire ; mais on ne saurait réduire la fuste à la maison en rondins empilés, aux murs entrecroisés.

Une fuste est aussi une maison où le bois brut, sous sa forme brute, naturelle, ou bien à peine équarri, peut devenir l'élément vertical d'une structure poteaux, de type colombage (mot qui a son origine dans la colonne) ou poteaux-poutres, dont les éléments de remplissage peuvent être soit du bois empilé, soit d'autres matériaux traditionnels ou modernes (torchis, mortiers isolants...).

Couché ou debout, le bois brut est un matériau qui est d'une grande souplesse d'utilisation.

C'est cette variété de mode d'assemblage des bois qui fait la force de la fuste. Elle apporte aux concepteurs des outils d'une grande richesse, source d'innovation et de créativité.

Mais avant de les mettre en œuvre, il s'agit de bien connaître les caractéristiques du bois brut et les contraintes qu'il impose.

Cet ouvrage, destiné à tous ceux qui veulent concevoir en ou avec du bois brut, fera d'abord une grande place à l'empilage : ses contraintes sont nombreuses, au premier rang desquels le tassement des murs. Puis on découvrira en deuxième partie l'utilisation du bois brut dans les structures poteaux.

La construction en rondins bruts ajustés possède un langage qui lui est propre, avec son vocabulaire et ses règles de grammaire. Si tous, concepteurs, constructeurs et futurs habitants d'une fuste parlent le même langage et appliquent la même grammaire, ils se comprendront mieux et la fuste sera belle.

CHAPITRE I

La grammaire de la fuste : règles et contraintes

Une fuste est une construction faite de troncs bruts simplement écorcés, qui s'entrecroisent aux angles deux à deux pour délimiter un espace, et s'empilent et s'ajustent l'un sur l'autre sur toute leur longueur pour délimiter un volume.

Le tronc ou fût d'un arbre n'est pas de forme régulière. Il n'est pas calibré. Selon les conditions dans lesquelles il aura poussé, il présentera des courbes plus ou moins importantes et une décroissance plus ou moins accusée entre le pied et la pointe (voir Cahier 1, p. 19-20, 25).

Le bois n'est pas inerte non plus. En particulier, il se rétracte en séchant. Ce retrait, qui s'apprécie essentiellement, pour un rondin, dans le sens radial, lui fera subir une diminution en diamètre de 2 à 3 % maximum pour du bois résineux, soit près de 1 cm pour un rondin de 35 cm de diamètre. Un mur de troncs empilés de 3,5 m de haut pourra donc se tasser, par retrait dû au séchage, d'une dizaine de centimètres.

Le bois est par ailleurs un matériau relativement compressible ; à ce tassement dû au retrait s'ajoutera un tassement dû à la compression des fûts sous l'effet des « descentes de charge » (le poids des murs, du toit, de la neige...), qui tendront à accentuer l'encastrement des rondins l'un sur l'autre.

Au total, on peut dire qu'une maison de rondins bruts ajustés subira un tassement total de l'ordre de 3 à 5 % de sa hauteur, soit de 15 à 25 cm pour une maison de 5 m de hauteur. Il pourra même atteindre 6 % si le toit est très lourd soit 30 cm (sur tout ce sujet, voir Cahier 1, p. 25-34).

Une fuste est une construction faite de troncs bruts qui s'empilent et s'ajustent l'un sur l'autre.



empilés et Dans la construction en rondins bruts ajustés, les bois ne sont pas posés mais encastrés l'un sur l'autre. Tous les fûts étant irréguliers, la technique consiste à les tracer puis à les entailler un à un pour parvenir à les emboîter sur toute leur longueur et aux angles : chaque tracé sera différent. Pour que l'assemblage soit étanche, et pour que les rondins soient bloqués entre eux et que le mur ait une parfaite stabilité, l'ajustage doit être absolument précis. Pour ce faire, on doit reproduire, à l'aide d'un compas-traceur, la forme du rondin inférieur sur le rondin supérieur. On reporte ainsi, en se déplaçant tout autour des bois, le profil du rondin inférieur (ses deux faces et ses bouts) sur le rondin supérieur (ill. 7). Il suffira ensuite d'évider le bois se trouvant à l'intérieur des deux lignes tracées sur le rondin supérieur,

Le choix du bois pour construire une fuste

Les qualités idéales demandées au bois pour la construction d'une fuste sont :

- une bonne rectitude du fût
- une faible conicité (ou décroissance)
- un faible retrait au séchage
- un fil droit
- une nodosité (importance des nœuds) faible
- une bonne résistance mécanique
- une densité faible (plus le bois est léger, plus il sera isolant, et plus son effet de masse thermique sera important)
- une bonne durabilité naturelle
- un âge minimum, 40 ans, pour éviter le bois juvénile.

Les bois dits résineux (les conifères) sont certainement les plus proches des critères de qualité recherchés.

Les bois feuillus (à l'exception peut-être du peuplier) se prêtent moins facilement à la construction de fustes, car ils sont souvent mal conformés (fûts courts et peu rectilignes, retrait au séchage élevé, - le chêne notamment).

Une carte établie par l'Atlas des forêts de France (sous la direction de J. Gadant, éd. J.-P. de Monza, p. 43) indique la fréquence d'apparition comme première essence résineuse prépondérante (en milliers d'ha) de :

Pin maritime :	1 400	Mélèze de montagne :	118
Pin sylvestre :	1 180	Pin laricio :	118
Épicéa commun :	710	autres résineux :	80
Sapin pectiné :	540	(pin à crochets,	
Douglas :	220	épicéa Sitka, cèdre...)	
Pin noir :	180		

On s'efforcera d'utiliser du bois proche du site de construction pour éviter des transports, source d'émission de CO².

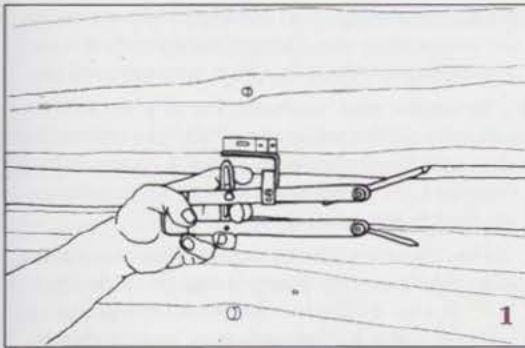
Cette grande variété d'essences "fustables" en France doit inciter les futurs constructeurs à s'intéresser aux essences abondantes dans leur région. Si aucune essence n'est parfaite, aucune ne doit être éliminée. Des bois de mauvaise rectitude ou de forte conicité (par ex. le pin maritime) seront certes plus délicats à mettre en œuvre, mais une architecture adaptée (avec des bois courts) pourra y remédier. En revanche, leur coût sera plus faible que celui des épicéas de montagne ou des douglas très cylindriques.

Un bois très durable comme le mélèze, qui a une forte proportion de duramen (le cœur rouge), sera certes intéressant, mais sa fibre torse le rendra capricieux et nerveux au séchage.

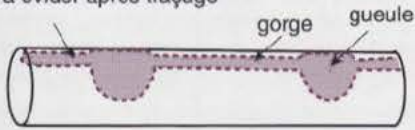
Des pins sylvestres nouveaux demanderont un travail d'ajustage plus difficile, mais trouveront parfaitement leur place dans une fuste, car les nœuds ne diminuent pas la résistance mécanique des bois en compression perpendiculaire aux fibres (c'est la seule exception).

Que dire enfin des bois à croissance lente ou rapide : les premiers seront préférés pour les emplois "travaillant", c'est-à-dire pour les pannes, les solives ; en revanche les seconds, plus légers, seront plus isolants.

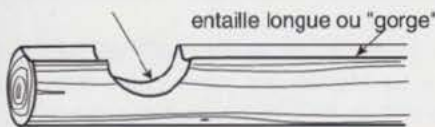
Quant à la durabilité, certes le cœur duraminisé (bois rouge) des pins, douglas, mélèze ne nécessite pas de traitement, mais en contrepartie leur aubier est plus fragile. Dans tous les cas il faudra traiter les bois.



partie à évider après traçage



2



3

1. Le compas à deux niveaux reporte le profil du rondin inférieur sur le rondin supérieur.
2. Restera ensuite à évider à l'intérieur des traits
3. Au remontage, on apportera un complément d'isolation dans la "gorgue" (laine minérale ou naturelle). Les rondins ne sont pas doublés.

pour obtenir deux arêtes qui viendront s'ajuster sur le rondin inférieur (sur l'évolution des rondins empilés aux rondins ajustés, et sur la mise en œuvre détaillée de l'ajustage des rondins, cf. Cahier 1 et 2).

Cette opération de découpe se fait essentiellement à l'aide d'une tronçonneuse, un outil parfaitement adapté à cette technique. L'entaillage de chaque bois est différent, et le travail est entièrement artisanal : choix des fûts, traçage, découpe...

La nature de ce matériau, vivant, exigeant, et son mode de mise en œuvre, qui représente un vrai corps à corps entre l'artisan et la matière, imposent des règles tout à fait particulières, face auxquelles le concepteur d'une fuste devra accepter de se montrer très humble. Le phénomène du retrait du bois en particulier, qui entraînera un tassement des murs de rondins, dicte des contraintes qui doivent être parfaitement connues de ceux qui conçoivent, de ceux qui construisent et aussi de ceux qui habiteront une fuste. L'"art de la fuste" possède son propre langage constructif, dont il faut s'imposer de connaître et d'appliquer la grammaire.

Emplacement des murs de refend et des ouvertures, poncée des pannes et solives, espaces de tassement..., tout un langage constructif à connaître.



8

I. LES CONTRAINTES DU MATERIAU

1ère contrainte: la longueur maxima des fûts

La différence peut-être de la construction industrielle en bois usinés, exigeante sur la qualité et les normes des bois qu'elle utilise, la construction en rondins bruts tire aisément parti des ressources de la forêt résineuse d'Europe tempérée et de France en particulier, qui fournit des fûts souvent moins réguliers et moins bien conformés que les forêts nordiques d'Europe ou d'Amérique. C'est peut-être à cette plus grande diversité des bois de nos régions que la construction devra sa personnalité bien marquée, si l'on sait transformer leurs défauts en qualité.

Les murs sont faits de troncs bruts, irréguliers, décroissants: la longueur de mur à mur est donc limitée

La longueur maxima utile d'un fût est en général de 15 à 20 m, ce qui correspond à la « découpe marchande des grumes » (la partie du fût dont le diamètre est ébouté à 20 cm). Mais il est exclu, pour de multiples raisons, de les utiliser sur de telles longueurs:

- Le mur manquerait de **stabilité**.
- A raison d'un centimètre par mètre de **décroissance** en moyenne (c'est même parfois plus), la différence de diamètre entre pied et pointe serait de 15 à 20 cm sur des bois de cette longueur. Or, pour parvenir à monter des murs horizontaux, il vaut mieux éviter qu'il y ait plus de 10 cm de différence de diamètre entre le pied et la pointe d'un rondin mis en œuvre.
- Il serait difficile de trouver des bois suffisamment **droits** sur toute leur longueur.
- Si un fût long n'est pas d'une rectitude parfaite de **fil**, il se déformera en séchant, « tournera » et pourra entraîner une déformation du mur en même temps qu'un défaut d'étanchéité.
- Le **retrait** en longueur du bois au séchage, est faible, généralement négligeable; il deviendra sensible pour des longueurs supérieures à 10 m.
- Construire avec des bois trop longs pourrait entraîner des problèmes de **portée** des pannes et solives.
- Le **transport** limite la longueur des bois.

Le retrait en longueur

On sait que le bois est un matériau anisotrope qui a des propriétés physiques et mécaniques différentes selon que l'on considère: l'axe de l'arbre, son diamètre ou sa circonférence (voir AF 1, p. 26 à 30, et ci-dessous p. 15-16).

Dans le sens de la longueur de l'arbre, le sens axial, on a coutume de dire que le retrait "axial" est négligeable, alors qu'il est important en diamètre (retrait appelé radial) et a des conséquences directes sur le tassement des murs de bois empilés.

Il faut cependant nuancer cette affirmation, car en longueur, dans le sens des fibres, le retrait est de l'ordre de 1/20° de celui du diamètre. Sur une courte hauteur, un poteau de 2,50 m par exemple aura un retrait négligeable sur cette hauteur; mais si l'on utilise des bois très longs, le retrait ne sera plus négligeable (environ 1 cm pour un bois de 9 m) et l'aboutage des bois sur une grande longueur peut entraîner un déjointage dû au retrait axial.

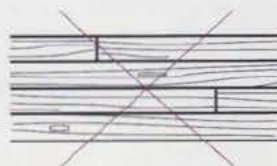
Enfin attention! Des bois trop jeunes, trop tordus ou trop vrillés ont parfois un retrait axial important.

En pratique, on devra donc adapter la longueur maximale des murs entre refends à la rectitude du bois utilisé et à sa conicité.

Sur un lot donné, les bois les mieux conformés et les moins décroissants seront réservés aux pannes de la charpente (cf. p. 13-16). Les autres seront généralement coupés en deux ou même trois tronçons; les courbures seront ainsi "cassées" et on pourra tirer parti de l'arbre entier. Chacun des tronçons sera ensuite trié par

9

La cellule de base: des rondins de 6 à 7 m de long



10

L'aboutage en plein mur: une solution grossière et discutable

Si l'on peut, en théorie, utiliser des fûts de belle qualité de 9 et 10 m en gros bois, il conviendra le plus souvent de se limiter à des bois de 7 m, qui correspondent à des longueurs de murs de 6 m d'axe en axe



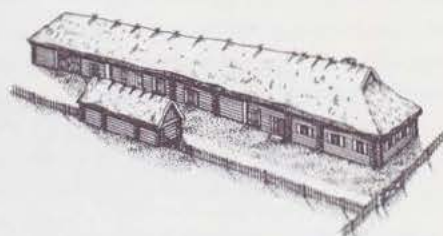
Les règles de base de l'Art de la fuste (cf. annexe, p. 139) considèrent qu'il ne faut pas dépasser une portée de 7 m d'axe en axe pour des fûts de Ø inférieur à 30 cm, et 10 m pour des fûts de Ø supérieur à 30 cm. Cette règle paraît en effet un maximum, tant d'un point de vue technique qu'esthétique.

calibre, ce qui permettra de réaliser des constructions de diamètre relativement homogène.

En définitive, dans la conception d'une fuste, sachant qu'à la longueur de mur à mur il faut ajouter 50 cm environ pour chacun des entrecroisements, il est préférable de s'en tenir à une longueur de 5 à 6 m d'axe en axe, soit à des rondins de 6 à 7 m de long (ill. 9). Ces longueurs correspondent par ailleurs aux portées à ne pas dépasser pour le solivage et les pannes (cf. p. 13-16).

Cela ne veut pas dire, bien entendu, que la surface d'une construction soit limitée à ce carré. S'il faut absolument éviter de mettre les bois bout à bout de façon visible, en plein mur, (car le joint dans ce cas serait instable et peu esthétique) (ill. 10), il existe diverses manières d'agrandir cette surface autant qu'on le souhaite.

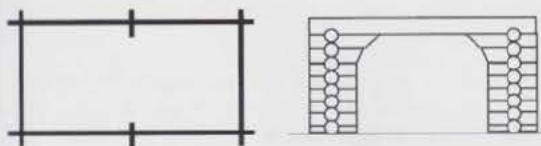
a) Les refends



14

Une ferme en Biélorussie: l'aboutage permet de réaliser des façades longues. Ne pas en abuser, car les bois seraient mal tenus (ill. tirée de: C.A.CERGACHEV, *Biélorusskoïe narodnoïe zодchestvo*, Minsk "Uradjaï" 1992)

On peut doubler la cellule de base à 4 murs par l'adjonction d'un 5^e mur dont les entailles cacheront l'aboutage des bois (ill.12). Les deux bois à jointer sont réunis par une « liaison » (assemblage en bois ou métal: clameau, fer plat boulonné ou deux demies queues d'aronde, voir AF4, p. 73) (ill.13) et la jonction sera dissimulée sous le bois du demi-tour sui-



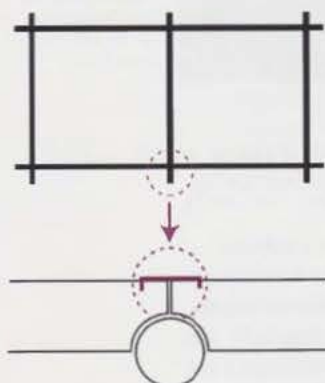
15

Pour créer une grande pièce: murets de refend avec découpe en "arche" et rondins aboutés.

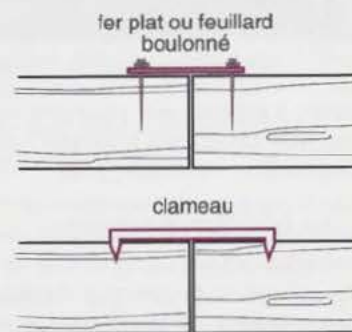


11

Dans ce futur gîte de 3 chambres, 3 cellules accolées par aboutage des bois (réal.T.H.).



Bois aboutés par aboutage caché sous l'entaille d'angle d'un mur de refend 12



Un fer plat ou un clameau assurera la jonction entre les bois 13

"L'argent rapporté du service militaire permit à mon père de construire rapidement une isba plus spacieuse, 'à cinq murs', ce qui faisait deux pièces contiguës, outre l'entrée. Cette isba était deux fois plus longue qu'une isba habituelle... Mon père n'avait pas su prévoir toutes les dépenses qu'entraînerait la construction de son isba de deux pièces, 'à la riche'. Il n'eut pas assez d'argent pour aménager la deuxième pièce qui resta inachevée..." (Ivan STOLIAHOFF, *Un village russe*, p. 49-51)

Abouter: mettre bout- à- bout

vant. On pourrait, de cette façon, augmenter la surface pratiquement à volonté (ill.14).

Il faut éviter, toutefois, de multiplier ce système à l'infini, car les murs, mal tenus, pourraient avoir tendance à s'écarter. Une solution serait de placer, un tour sur deux, un rondin d'une seule portée et de cheviller les bois.

Si l'on veut réaliser une grande pièce (6 m x 12 m par exemple), le mur de refend sera remplacé par deux murets se faisant éventuellement vis-à-vis (ill.15). Ils seront repris à hauteur voulue par des bois d'une



16

Les murets de refend supportent les charpentes (Réal.T.H.)

Les rondins des murs de refend seront de même calibre que ceux des murs extérieurs



Deux volumes s'imbriquent l'un dans l'autre par décrochement (réal. T.H.).

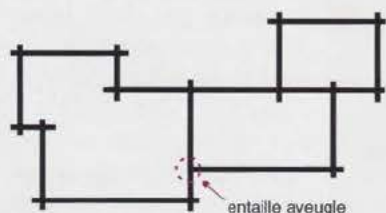
seule longueur qui pourront servir d'appui à un mur de refend à l'étage, une rambarde de mezzanine, une charpente...

b) Les décrochements

On peut agrandir la cellule de base en imbriquant les volumes par "décrochement": on prend appui sur un mur pour en démarrer un autre (... et à l'infini cette fois, la seule limite étant celle du travail à effectuer et de son coût); on peut créer ainsi terrasses, cours intérieures, loggias... (ill.18). C'est le mode de conception qui convient le mieux à la maison en rondins et lui confère tout son charme. Il faut, à notre avis, bannir les grandes façades rectilignes qui correspondent à l'esprit et à la technique des constructions faites de matériaux juxtaposables ou étirables à l'infini (pierre, parpaings, briques, béton, structures à poteaux...) et tirer parti du mode de jonction bien particulier aux troncs bruts pour animer les volumes.

Bien entendu, portes et fenêtres placées sur un mur long (8 m et plus) limiteront la longueur des bois, mais, sur de telles longueurs, les rondins d'appui et de linteau de porte et/ou de fenêtre devront en revanche être de belle conformité, très droits et de droit fil.

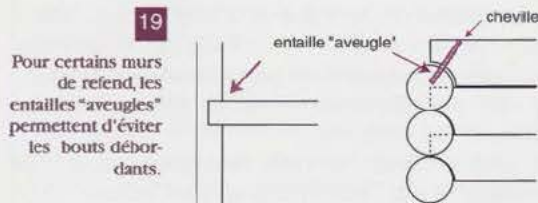
Pour créer un vaste espace sans décrochements ni refends gênants, il est parfois possible



18 Un jeu de décrochements pour multiplier les volumes sans aboutage

de prévoir des entailles « aveugles ». Elles seront soit chevillées, soit bloquées par une queue-d'aronde (ill.19).

c) Les raccords ou aboutage sur



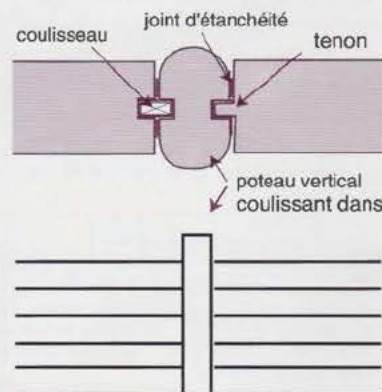
Pour certains murs de refend, les entailles "aveugles" permettent d'éviter les bouts débordants.

poteaux couissants

Le poteau couissant est une des solutions pour créer une liaison entre deux murs empilés.

Les bois empilés seront tenonnés à leur extrémité tenon de 6 x 6 cm tandis que le poteau sera rainuré de chaque côté sur toute sa longueur. En tête, le poteau sera façonné suivant un

1. Le mot nord-américain 'pièce-en-pièce' vient du terme français 'pièce-sur-pièce' désignant la technique de construction par empilement des bois (cf. ch.4, 1). Transformé en anglais en 'piece on piece', il a été retraduit en français en 'pièce-en-pièce'.

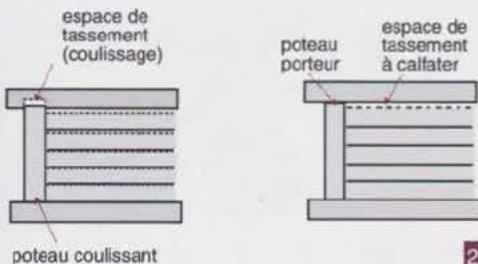


20 Système "pièce-en-pièce": les bois se rejoignent en couissant le long d'un poteau vertical.



Un poteau: une solution pour réaliser un mur long sans refend.

Le système poteau avec remplissage en bois empilé ou « pièce-en-pièce »



22

Le système poteau avec remplissage en bois empilé est encore appelé pièce-en-pièce ou pièce-sur-pièce (voir p. 29). Il peut être conçu avec un poteau fixe non coulissant et dans ce cas le poteau est "porteur" et le rondin empilé situé sous le linteau déjointera après séchage définitif, mais un dispositif étanche de jonction devra compenser l'espace créé.

On peut le concevoir comme ci-dessus avec un poteau coulissant. Dans ce cas le poteau n'est pas porteur, mais ce sont les rondins empilés qui supportent les charges.

profil équarri (épaisseur environ 70 % du linteau), de façon à venir coulisser dans un espace de tassement creusé dans le linteau (6 cm par mètre de hauteur de poteau, soit pour un poteau de 2,30 m de haut, un espace de tassement de 14 cm)

Les liaisons d'aboutage de murs empilés sur poteau doivent être rigoureusement ajustées et calfatées. On utilisera un poteau en bois sec (humidité inférieure à 20 % pour limiter le retrait).

La liaison poteau-linteau devra être rejointoyée après tassement définitif.

2ème contrainte : la portée des bois

La conception de la charpente et le pré-dimensionnement des pièces qui supportent le toit, les pannes, doivent être effectués en même temps que le dessin de conception de la maison. Le plus beau plan de maison peut s'avérer irréalisable si la charpente est mal conçue et entraîner des modifications dans la réalisation.

a) La portée des fûts travaillant en flexion : solives et pannes

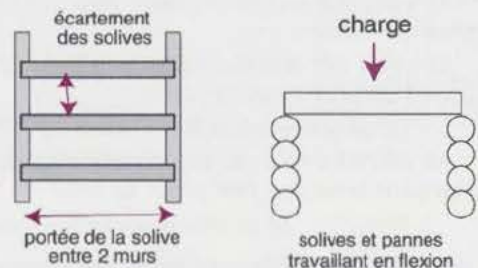
Réalisées en bois rond et visibles en plafond, les solives supportent le poids de l'étage et de ses habitants, les pannes celui de la toiture et de la neige : elles travaillent en flexion. La conception du plan d'une fuste repose étroitement sur les portées admissibles et donc sur l'écartement possible des murs porteurs des solives et des pannes.

La distance qui doit être observée entre murs porteurs, qui correspondra à la portée des pannes et solives, est donc fonction :

- du poids qu'elles supportent
- de leur écartement
- de leur section (c'est-à-dire, s'agissant de pannes et solives en bois rond, de leur diamètre)

23

La portée des pannes et solives est déterminante dans la conception d'une fuste.



b) La table des portées

Déterminer la portée d'une pièce de bois en fonction de la charge supportée et de sa section fait appel à des calculs de résistance des poutres en flexion. Il n'existe pas, à notre connaissance, dans le système métrique que nous utilisons en Europe, de table permettant de connaître facilement ces éléments. C'est pourquoi nous proposons ci-après une Table

Les solives supportent :
le poids du plancher de l'étage
(+ celui des habitants)

Les pannes supportent :
le poids de la toiture
(+ celui de la neige)

des portées des pannes et solives en bois rond qui pourra être utilisée pour prédimensionner les pièces travaillant en flexion dans l'élaboration d'un projet. Elle ne saurait dispenser d'effectuer les calculs de structure chaque fois qu'ils s'imposent.

La méthode de calcul qui a permis d'établir cette table de portée des bois ronds en fonction de la charge supportée et de leur diamètre est explicitée en annexe (p. 136). Nous avons jugé bon d'en fournir les détails d'abord par souci de rigueur, pour que le lecteur sache avec quels paramètres de base et selon quelles hypothèses ces calculs ont été réalisés et pour qu'il puisse les contrôler. Ensuite pour que tous ceux qui le voudraient puissent établir leur propre table sur la base de paramètres différents (catégorie inférieure ou supérieure de bois, variation de son taux d'humidité, ou encore variation du pourcentage entre charges permanentes et charges d'exploitation).

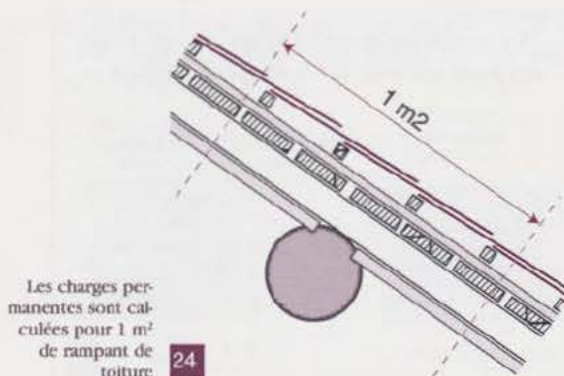
Pour résumer, la table de calcul des portées des bois ronds travaillant en flexion (pannes et solives) a été établie avec les hypothèses et paramètres suivants :

- Ces poutres sont chargées uniformément
- Les charges permanentes représentent 40 % des charges totales supportées (les 60 % restants correspondant à des charges temporaires : charges d'exploitation pour les solives, surcharges climatiques pour les pannes)
- Les charges supportées sont indiquées en kg/mètre linéaire
- Ces bois ont une humidité initiale de 25 % et une humidité finale de 15 %
- Il s'agit de bois de cat.II (cf. tableau p. 135)
- Le diamètre indiqué par la table est mesuré au petit bout de cette pièce de bois.

c) Comment utiliser la table des portées

a. Pour une panne, on définira :

- 1- **Les charges permanentes (Cp)** supportées par la panne, comprenant (ill.24) :
 - son poids propre en kg/ml (kilogramme par mètre linéaire)
 - le poids des composants de la toiture/ m² de rampant = plafond + chevron + isolant + voligeage + lattage + couverture
- 2- **Les charges temporaires (Ct)** ou surcharges climatiques (neige) suivant la



Les charges permanentes sont calculées pour 1 m² de rampant de toiture

région et l'altitude (majorées de 20 %) (cf. annexe p. 135)

3- L'écartement entre pannes.

b. Pour une solive, on définira :

1- **les charges permanentes (Cp)** supportées par la solive et comprenant :

- le poids propre de la solive en kg/ml
- le poids des plafonds, lambourdes, isolants, plancher en kg/m².

2- **les charges temporaires** dites charges d'exploitation (Ct) définies par la norme AFNOR et majorées de 20 % (multipliées par 1,2) :

- pour un logement privé : 175 kg/m²
- pour un bâtiment recevant du public : 400 kg/m².

3- L'écartement entre solives.

On en déduira : les charges permanentes et les charges d'exploitation rapportées au mètre linéaire.

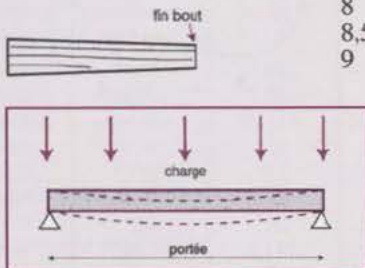


Avancée de toit sur un balcon : les pannes en bois rond doivent supporter le poids des composants du toit et de la neige

TABLE DE PORTÉES DES PANNES ET SOLIVES

Quelle portée (en mètres) pour une poutre ronde
uniformément chargée (en kg/ml), de diamètre D (au fin bout) ?

Charge (répartie) en kg/ml	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	1000	2000
Diamètre en cm fin bout																
20	6,5	5,5	4,5	4	4	3,5	3,5	3	3	3	3	3	2,5	2,5	2,5	1,5
21	7	5,5	5	4,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3	3	2,5	2
22	8	6	5	4,5	4,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3	2,5	2
23	8,5	6,5	5,5	5	4,5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3	2
24	9	7	6	5,5	5	4,5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3	2,5
25		7	6,5	5,5	5,5	5	4,5	4,5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	3	2,5
26		7,5	6,5	6	5,5	5,5	5	4,5	4,5	4,5	4	4	4	4	3,5	2,5
27		8	7	6,5	6	5,5	5,5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	3,5	3
28		8,5	7,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	3
29		9	7,5	7	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	5	4,5	4,5	4	3
30			8	7,5	7	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	5	5	4	3
31			8,5	7,5	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5	5	5	4,5	3,5
32			9	8	7,5	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5,5	5	4,5	3,5
33				8,5	8	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5,5	5	3,5
34				8,5	8,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5	5	4
35				9	9	8	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	6	5	4
36						8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5	4
37						8,5	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6,5	5,5	4,5
38						9	8,5	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6	4,5
39							8,5	8	8	7,5	7,5	7	7	7	6	5
40							9	8,5	8	8	7,5	7,5	7	7	6	5
41								9	8,5	8	8	7,5	7,5	7	6,5	5
42									9	8,5	8	7,5	7,5	7,5	6,5	5,5
43										9	8,5	8	8	7,5	7	5,5
44											9	8,5	8,5	8	7,5	5,5
45												9	8,5	8,5	8	6
46													9	8,5	7,5	6
47														9	8	6
48															8,5	6,5
49															8,5	6,5
50															9	7
51																



Cette table a été établie sur la base de critères de contraintes admissibles de bois résineux sciés de catégorie II. On verra en annexe le détail des calculs.

Il convient de souligner que la résistance des rondins en flexion n'a pas donné lieu à des études systématiques. Toutefois les études de comportement mécanique menées par l'EPFL de Lausanne ont montré que "à qualité intrinsèque de bois égale, les performances du bois rond étaient toujours supérieures à celles du bois scié." Les contraintes de flexion peuvent donc être majorées de 15 à 25 % et le module de flexion de 10 %. (Natterer, Sandoz, Rey, *Traité de génie-civil-Construction en bois*, p. 93)

Deux phénomènes expliquent ce fait:

1) La densité du bois augmente quand on va du cœur vers l'extérieur de l'arbre. Dans une pièce de bois ébarbé, le bois le plus dense est éliminé.

2) Dans une pièce en bois rond, la fibre n'est pas sciée autour des nœuds; elle reste continue. Or la fibre sciée autour d'un nœud crée un point de faiblesse mécanique.

Ces indications méritent d'être soulignées. Cette table devra être utilisée en tenant compte de ces éléments.

Exemple 1 - Calcul de portée de pannes :

Toiture en bardeaux de bois sur lattage 100 x 27 mm, avec étanchéité sur caisson de toiture isolé avec 200 mm de laine de verre - chevrons de 60 x 120 mm et plafond à recouvrement d'épaisseur 2 x 23 mm
En zone Massif Central, altitude 1000 m environ

Pannes de Ø 32 cm en bois résineux léger, masse volumique ~ 500 kg/m³

Entraxe des pannes : 1,80 m

Charges permanentes = Cp

- poids propre de la panne/ml = $0,080 \times 0,5 = 40,2 \text{ kg/ml}$

- plafonds = 19 kg/m^2

- laine de verre = 1 kg/m^2

- étanchéité = $0,13 \text{ kg/m}^2$

- lattage = 4 kg/m^2

- chevrons entraxe 50 cm = 7 kg/m^2

- voligeage = 9 kg/m^2

- contre-lattage = $1,6 \text{ kg/m}^2$

- bardeaux de bois dur = 20 kg/m^2

Total matériaux = 62 kg/m^2 , soit $(62 \times 1,8) \text{ kg/ml}$

Charges permanentes/ml (Cp) = $40,2 + (62 \times 1,8) = 152 \text{ kg/ml}$

Surcharges temporaires climatiques (Ct) : Pour zone et altitude donnée (cf. Annexe) = 250 kg/m^2 soit $250 \times 1,8 = 450 \text{ kg/ml}$

Total charges Cp + 1,2 x Ct = $152 + (1,2 \times 425) = 692 \approx 700 \text{ kg/ml}$

Pour une charge répartie de 700 kg/ml et un diamètre de 32 cm, la table indique une portée maxima de 5 m.

Exemple 2 - Calcul de portée de solives

Solive en bois rond de diamètre 28 cm

Bois résineux léger : masse volumique 500 kg/m³

Volume unitaire (D 28) = $0,061 \text{ m}^3/\text{ml}$ (voir ci-dessous tableau des volumes et poids unitaires)

Poids de la solive = $0,061 \times 0,5 = 30,7 \text{ kg/ml}$

Poids du plafond + lambourdes + plancher = 34 kg/m^2

Charges d'exploitation = 175 kg/m^2

Entraxe des solives = 90 cm

Charges permanentes/ml (Cp) = $30,7 \text{ kg} + (34 \times 0,9)$

= $61,3 \text{ kg/ml}$

Charges d'exploitation/ml (Ct) = $175 \times 0,9$

= $157,5 \text{ kg/ml}$

Charge totale/ml = Cp + 1,2 Ct = $61,3 + (1,2 \times 157,5)$

= $250,3 \text{ kg/ml}$

Pour une charge répartie de 250 kg/ml et un diamètre petit bout de 28 cm, la table indique une portée maxima de 6 m.

d) Les pannes : débords, aboutage et problèmes

Lors du prédimensionnement des pannes, il convient de ne pas négliger la longueur des débords, qui permettront de protéger les murs pignons. Un débord de 1 m est un minimum (cf. p.33) Les calculs de résistance des poutres en flexion nous indiquent que, si une section est à même de résister à une portée entre murs de N Kg/ml, le débord (ou porte-à-faux) maximum pour cette même section sera du 1/3 de N. Par exemple si un diamètre de 30 cm fin bout permet de supporter la charge calculée pour une portée de 5 m, on ne dépassera pas 1,5 m de porte-à-faux. (ill. 26)

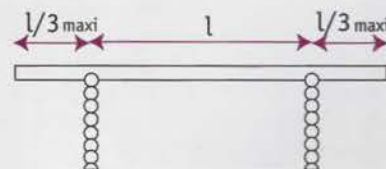
La longueur des bois impose très souvent d'aboutier les pannes. Dans ce cas, on aboutera petit bout contre petit bout, sur le pignon de refend, de façon à ce que les débords soient de gros diamètre. L'aboutage de pannes impose de renforcer la liaison (ill. 13 p. 11) et peut présenter certains avantages, en particulier une certaine souplesse, utile lorsque l'on construit une charpente panne sur pignon. Le mur central séchera, au début, légèrement plus vite que les murs extérieurs, et la souplesse de la jonction des pannes facilitera le tassement des bois

Que faire si, après un premier calcul, on constate que le calibre des bois ne permet pas de sélectionner une panne de diamètre suffisant.

Table des

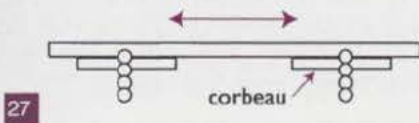
Diamètres - Volumes unitaires - Poids unitaires
(résineux de masse volumique 500 kg/m³)

Ø en cm	nombre de m.l. dans 1 m'	volume unitaire en m³/m.l.	poids unitaire en kg/m.l.
20	31,8	0,031	15,7
21	29,8	0,034	17,3
22	26,3	0,038	19,0
23	24,1	0,041	20,8
24	22,1	0,045	22,6
25	20,4	0,049	24,5
26	18,8	0,053	26,5
27	17,4	0,057	28,6
28	16,2	0,061	30,7
29	15,1	0,066	33,0
30	14,1	0,071	35,3
31	13,2	0,075	37,7
32	12,4	0,080	40,2
33	11,7	0,086	42,7
34	11,0	0,091	45,4
35	10,4	0,096	48,1
36	9,8	0,102	50,8
37	9,3	0,107	53,7
38	8,8	0,119	59,7
39	8,4	0,125	62,8
40	7,9	0,132	66,0
41	7,6		

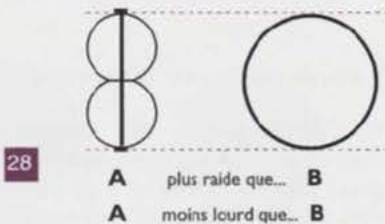


On pourra, soit modifier la portée des pannes, soit modifier l'entraxe entre pannes ; il est aussi possible de réduire la portée en ajoutant un corbeau ou console constituée de 1 ou plusieurs pièces de bois (voir AF 4 p. 130) qui viennent supporter la panne et la raidir. Cette solution doit être vivement conseillée, très esthétique, elle a aussi l'avantage de renforcer la stabilité des pignons en bois empilé. (ill. 27)

Enfin, il est possible de doubler une panne : 2 rondins empilés de 20 cm de diamètre, ajustés "plat sur plat", auront une "raideur" supérieure à un gros rondin de diamètre 40 cm (ill. 28).



27



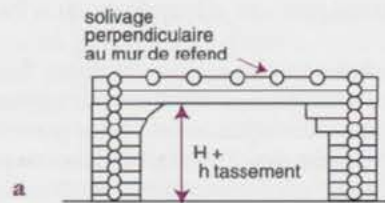
28

e) La conception du solivage

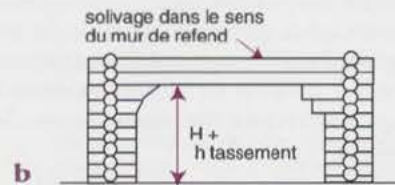
Les solives, réalisées en bois rond, dégauchées sur la face supérieure, sont visibles en plafond. Elles supporteront plafond, lambourrage, isolant, parquet... Pour éviter qu'elles ne donnent une impression d'écrasement, elles devront être suffisamment espacées (80 cm à 1 m) et d'un diamètre qui tiendra compte de leur portée mais aussi de la hauteur sous plafond, de la dimension des pièces et du diamètre moyen des rondins des murs.

• Si un solivage doit être réalisé dans une grande pièce comportant deux murets de refend, il faut prévoir de les relier sur deux hauteurs de rondins au moins (car le dernier sera entaillé, donc affaibli, pour recevoir le solivage), tout en laissant une hauteur de passage sous poutre qui restera suffisante après tassement (ill. 29 a).

Pour la solidité de la structure, et surtout en cas de grandes portées il est bon de prévoir



a



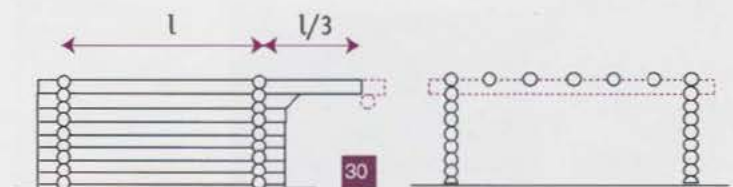
b

29 Murs de refend et hauteur du solivage

une « console » : on allongera progressivement, sur 1, 2 ou 3 tours, la longueur des murets de refend, pour soulager le bois d'une seule portée qui les reliera. Les rondins ainsi débordants seront taillés à angle droit, en biseau, ou en arrondi, selon le style recherché (ill. 29).

• Si le solivage est dans le sens des murets de refend, il faut prévoir un premier rondin pour les relier, et un deuxième pour assurer la fonction de solive (c'est-à-dire que la solive sera, à cet endroit, doublée) (ill. 29 b).

• Solives en porte-à-faux (cas des mezzanines, balcons...) : il conviendra d'effectuer, au cas par cas, un calcul de résistance particulier. En aucun cas la longueur du porte-à-faux ne devra être supérieure au 1/3 de la longueur des solives. Sinon il faut prévoir de les supporter (et éviter le porte-à-faux) par un rondin reposant lui-même sur des poteaux ou sur des murs porteurs (ill. 30) ou un corbeau (cf. AF 4 p. 130, ill. 373).



Si le porte-à-faux des solives dépasse le tiers de leur longueur, elles devront être supportées par un rondin transversal.

3^e contrainte : le diamètre des bois

Encore une fois, rappelons que les troncs utilisés sont bruts, irréguliers, décroissants. Si l'on veut utiliser un lot de bois pour une construction, on devra, sauf exception, marier tous les diamètres disponibles. Dans la mesure du possible, il faut essayer de trier les bois par calibres, et décider d'un calibre (c'est-à-dire du diamètre moyen des fûts) pour une maison donnée. En principe, pour des raisons d'harmonie et de confort, ce calibre doit être proportionnel à la taille de la construction et à l'isolation recherchée, par exemple on choisira un calibre :

- 20-25 pour une maisonnette (ill. 31)
- 25-30 cm pour une maison de vacances ou une petite maison en climat tempéré
- 30-35 cm pour une maison d'habitation en climat froid
- 35-40 cm ou plus pour un grand bâtiment (restaurant, maison d'accueil...) (ill. 32).

Les Règles de base limitent le diamètre inférieur des rondins à 20 cm fin bout sous écorce. Les diamètres inférieurs à 20 cm devraient être réservés aux abris de jardin, garage..., c'est-à-dire aux constructions qui ne seront pas chauffées. Par ailleurs des bois trop petits banalisent un grand bâtiment, car l'œil, qui

Avec des mélèzes de 23 cm de diamètre moyen...



31



32

... et avec des pins du nord de plus de 40 cm : Wasastugan, la maison du peuple à Mora (Dalécarlie, Suède)

Les murs d'une fuste ne sont pas doublés. Plus le diamètre du fût est élevé, meilleure sera la performance thermique du mur. 35 cm est un optimum.

doit prendre du recul pour en avoir une vision globale, ne perçoit plus alors la force du bois brut : il ne voit plus qu'une série de lignes horizontales rapprochées, un grand assemblage d'allumettes.

Les très gros bois sont bien entendu plus chers : ils sont plus difficiles à trouver, le travail est plus dur et, surtout, le volume d'un fût est proportionnel au carré du diamètre ; ainsi, lorsque l'on passe de 25 à 35 cm de diamètre, ce volume double (voir p.108). Mais ils donnent une force extraordinaire à la plus petite des constructions et un aspect presque « mégalithique » disent certains (si on peut se permettre ce mot concernant du bois...) et nous éloignent définitivement de la notion de « chalet ». Sans compter le confort thermique exceptionnel qu'ils apportent à la maison.

Le bois de diamètre 35 cm est un optimum sur le plan thermique (cf. p. 86 et 89).

4^e contrainte : le tassement des bois

Le phénomène du tassement d'une construction en rondins bruts ajustés a été exposé dans le cahier n° 1 de *L'art de la fuste* (p. 26-45). Revenons sur les principaux points.

Un mur fait de rondins empilés (ou de bois massifs empilés en général) subit un double tassement (ill. 33) :

- un tassement dû au retrait du bois au séchage (le bois diminue de volume en séchant)
- un tassement dû à la compression des assemblages sous l'effet des descentes de charge.

a) Tassement-retrait et tassement-compression

1. Le tassement-retrait

Le bois se rétracte quand son taux d'humidité tombe en dessous de 30 %. Ce retrait sera plus ou moins important, dans un mur de rondins empilés, selon le stade de séchage du bois et donc son taux d'humidité lors de sa mise en œuvre.

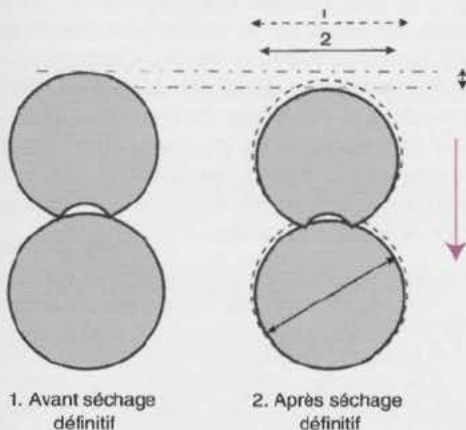
Stade 1 - Un arbre qui vient d'être abattu a un taux d'humidité de 100 %, parfois plus.

Stade 2 - Si le fût, écorcé au bout d'un an, est entreposé dehors, sans être abrité, pendant deux ans, son taux d'humidité tombe à 20-25 % (il a déjà subi un léger retrait).

Stade 3 - Si le fût est entreposé dehors, sous abri, une ou plusieurs années, son taux d'humidité tombe à 18/20 %. C'est également le taux d'humidité des bois morts sur pied (comme les « kelo » finlandais ou les bois « scolytés »).

Stade 4 - Le bois séché en étuve, ou le bois d'une maison chauffé pendant au moins un hiver, va se stabiliser à un taux d'humidité de 12 à 14 % (14 % est appelé le taux du bois « sec à l'air »). Le bois massif étant difficile à sécher en étuve, c'est donc le chauffage de la maison l'hiver qui amènera les bois d'une fuste à son humidité stabilisée.

On peut estimer que, dans un mur de rondins ajustés, une baisse de 1 % du taux d'humidité provoque un retrait de 0,2 % (en diamètre).



33 Le tassement : le diamètre diminue, le joint se comprime et le mur descend.

2. Le tassement-compression

La charge supportée par chaque rondin (les « descentes de charge » dues au poids du bois, du toit, de la neige...) entraîne un effort de compression transversale sur l'assemblage bois sur bois. Améliorant le jointage des rondins, il entraîne également un tassement supplémentaire de l'ordre de 1 à 2 % (surtout si la toiture est lourde : lauzes, toiture-prairie... et soumise à de fortes chutes de neige). C'est dire que même si l'on utilisait du bois « sec » (séché en étuve) dont le taux d'humidité serait descendu à 12-14 %, il se produirait malgré tout un tassement de 1 à 2 %.

Dans une fuste, les assemblages d'angle doivent être conçus pour assurer une bonne étanchéité après séchage définitif. Par mesure de sécurité, le constructeur devra tenir compte d'un tassement maximum de 6 %, soit 6 cm/m

(voir AF 1, p. 25 sq., et AF 3, p. 121 : Les règles de base de l'Art de la fuste)

Jadis, dans les pays de montagnes et de forêts, les paysans prévoyants mettaient à sécher sous l'auvent d'une grange les bois destinés à la construction de la maison de leurs enfants. Par ailleurs, comme on chauffait beaucoup moins les maisons qu'aujourd'hui, le tassement dû au retrait était moindre, mais loin d'être évité ; on essayait parfois, au contraire, d'accentuer le tassement-compression pour obtenir une meilleure étanchéité, en chargeant le toit de pierres la première année ; c'est une technique encore pratiquée par certains constructeurs norvégiens qui en ont fait une règle.

Les deux frères allèrent à la remise. De belles billes de pins étaient rangées, couchées, sous l'auvent. Ecorcées, séchées sans violence dans la pénombre. Il n'était pas commode, le vieux Yokoubas, et pas bavard, mais il pensait au lendemain. Aux lendemains de ses enfants, pas aux siens. Y. BALTOUCHIS, *La saga de Youza*, p. 37.

De même il n'est pas exact de dire qu'une maison en bois massif ne subira aucun tassement :

- quand les bois sont séchés à l'étuve : il se produira toujours un tassement-compression.
- quand on utilise du bois abattu depuis de longues années et entreposé à l'abri ou du bois mort sur pied qui reste à un taux d'humidité de 18-20 % : ce taux ne passera et ne se stabilisera à 12-14 % que lorsque la maison sera chauffée. Au tassement-retrait s'ajoutera également le tassement compression.

C'est dire l'importance des dispositifs à mettre en place et des précautions à prendre pour maîtriser ce phénomène, et particulièrement chaque fois qu'un élément verticalement rigide doit entrer en compétition avec le mur de rondins :

Le tassement total suivant le mode de séchage des bois utilisés

Mode de séchage	Taux d'humidité	% tassement-retrait	% tassement-compression	TOTAL
Bois frais	100 %			
Bois frais après 1 an d'abattage env. (écorce conservée)	> 30%	3% env.	1 à 2 %	4 à 5 %
Bois séché 2 ans dehors, non abrité	20 - 25 %	2 % env.	1 à 2 %	3 à 4 %
Bois séché dehors sous abri - Bois mort sur pied	18 - 20 %	1 à 2 %	1 à 2 %	2 à 4 %
Bois séché à l'étuve	12 - 14 % (taux de stabilisation de l'humidité)		1 à 2 %	1 à 2 %

La prévision du tassement et la marge de sécurité (tolérance de tassement maximum)

Le tassement des murs d'une maison en bois empilé est la résultante du retrait du bois au séchage et de la compression des assemblages. Ce tassement est mesuré en % ou en cm par mètre de hauteur de murs. Il est très difficile à prévoir avec certitude quand on construit une première fuste, car il dépend de plusieurs facteurs : l'essence de bois, la qualité des bois, l'humidité initiale du bois, du climat local, de l'intensité du chauffage de la maison, de la charge supportée par le toit...

Pour tenir compte de cette incertitude, on applique une marge de sécurité appelée **tolérance de tassement maximum** de 6 % soit 6 cm par mètre de hauteur de murs. Cela ne signifie pas que les murs vont se tasser automatiquement de 6 cm par mètre, mais que les dispositifs de coulisage (espace de tassements des menuiseries, cloisons, cheminées, escaliers, poteaux, doivent permettre de supporter ce tassement. (cf. Règles de base de l'art de la fuste, AF 4, p. 121, et ci-dessous p. 139, par. 7)

Mais, attention si des bois sont hors normes : bois trop vrillés, bois trop jeunes ou bois trop tordus, cette marge de 6 % peut être dépassée. Le choix du bois conditionne les bonnes règles de construction.

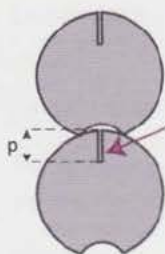
- **éléments de charpente** : si l'on cloue des chevrons entre panne faîtière et panne sablière d'une maison dont le pignon est réalisé en rondins, on fait de ce pignon un ensemble indéformable qui bloquera le tassement des bois

- **portes et fenêtres** : si on les fixe directement dans les murs de rondins, les bois ne pourront se tasser, ou alors écraseront la menuiserie.

- il en est de même pour les **escaliers, cheminées, doublages, poteaux, murs rapportés** en système classique (ossature-bois, carreaux-briques, pierre...)

Ces problèmes peuvent être parfaitement maîtrisés ; ils imposent des contraintes de conception, de grandes précautions et ne laissent la place ni à l'à-peu-près ni à l'improvisation. Il convient de se rappeler que, si l'on empêche le tassement, il apparaîtra inévitablement des jours entre les bois, et la maison perdra son étanchéité.

Cela dit, il n'y a pas de règle quant au taux d'humidité des bois mis en œuvre. Plus ils sont humides, plus grandes seront les précautions à prendre et le taux de tassement à prévoir. Si



34

Trait de scie vertical pour limiter les fentes de retrait sur des bois "verts"
p : profondeur maxi. du trait de scie = env. 1/4 du Ø du fût (d'après les règles de construction).

l'on utilise des bois dont le taux d'humidité est supérieur à 19 %, les règles de construction conseillent de pratiquer un trait de scie sur leur face supérieure pour éviter les fentes de retrait importantes (ill. 34). Ils tolèrent même de construire avec des bois frais d'abattage. Mais, à notre sens, il est préférable de laisser un temps de séchage d'un an ou mieux deux avant de "tailler" la fuste, car un séchage souvent trop rapide sur des bois écorcés et utilisés verts provoquera de nombreuses fentes.

b) Les dispositifs de tassement

1. Les pignons

Il semble qu'à un stade initial, les pignons comme les murs, et même parfois les plafonds des maisons en rondins, aient toujours été réalisés en rondins. Quand on put, dans certaines régions, disposer de planches sciées, la tendance fut souvent de réaliser les pignons en structure verticale, voire en charpente classique recouverte d'un bardage. Ce système supprimait le problème de tassement et de stabilité des rondins en pignons. Mais les deux systèmes constructifs ont souvent continué à coexister dans tous les pays. Ils ont leurs avantages et leurs contraintes.

1. Pignons en rondins (ill. 35 et 37 a)

Ses avantages :

- Il laisse à la construction toute son unité
- Il permet des combinaisons de volumes plus variées et en particulier une certaine asymétrie des pignons (cf. Ch.2, p. 60-65, Pl 2 à 7).

35 Pignon en rondins et 31 pignon en structure verticale (poteaux ronds + ossature bois bardée).



Ses inconvénients :

- Il doit être réservé aux constructions dont la pente de toit est inférieure à 40 % (sauf éventuellement pour les constructions de petite dimension ou à pignon relativement étroit). On peut cependant construire avec une pente plus forte, à condition de bien maîtriser le coulisage du toit.

- Un dispositif spécial de coulisage des chevrons sur les pannes doit être mis en place (voir Cahier n° 1, p. 39)

- Il limite les possibilités d'ouvertures car il faut laisser, en pignon, une certaine assise aux rondins qui, sans entaille d'angle, sont assez mal tenus. Le pignon empilé n'est pas adapté aux grandes baies vitrées.

2. Pignons en structure verticale (ill.36, 37 b)

Ses avantages :

- Aucune contrainte relative au tassement n'existe si les pignons sont portés par des pannes sablières se situant au même niveau.

- Il permet de très grandes ouvertures en pignon ou même des charpentes totalement vitrées.

Ses inconvénients :

- Il doit être retenu pour les constructions dont la pente de toit est forte, surtout si le pignon est large.

- Il suppose une attention particulière pour traiter la différence de structure et de matériau entre système horizontal et système vertical, et éviter tout passage brutal entre un matériau massif et brut (en bas) et un matériau usiné et plat (en haut) : poteaux, balcons en rondins bruts, charpente apparente, vitrages devront assurer la transition (cf. ci-dessous p. 66-67).

- Il mène souvent à une architecture assez simpliste et peu attrayante, - à moins de privilégier la toiture et les pignons au détriment des murs en rondins.

- Il impose de veiller à l'équilibre des proportions entre partie en rondins et partie pignons. Or, pour une pente donnée, plus la construction est large, plus le pignon sera haut (voir p. 56), et,



38

à partir d'une certaine largeur, la hauteur du pignon sera plus importante que celle des murs. Il faut éviter, à notre sens, que la hauteur du pignon soit en proportion similaire à celle des murs en rondins. Il vaut mieux, au contraire, mettre l'accent :

- soit sur les murs en rondins bruts : le pignon devra passer inaperçu, se fondre dans l'ensemble ;

- soit, si la pente du toit doit être particulièrement forte, sur la toiture-pignon : ce sont alors les rondins qui passeront pratiquement inaperçus, recouverts par les pans de toiture.

Si la pente est relativement forte et le pignon très large, il semble préférable de chercher tous les moyens permettant de faire ressortir des volumes, décrochements, refends, avancées de toiture..., de façon à attirer l'attention sur les jeux d'ombre et de lumière créés, sur les bois en débords, et à rétablir un équilibre.

3. Pignons mixtes : le « pièce-en-pièce »

Il consiste à remplir l'espace entre poteaux verticaux par des rondins horizontaux coulisants entre les poteaux (p. 66, Pl.8, n° 8).

Ses avantages :

- Ce système préserve l'unité architecturale de la construction

- Il permet l'insertion de grands vitrages.

Ses inconvénients :

- Il est de mise en œuvre délicate.

- L'étanchéité au niveau de la jonction poteaux/rondins horizontaux est difficile à assurer et impose un calfatage soigneux.

- Le tassement des rondins impose un dispositif de couvre-joints au niveau du rampant de toiture.

- Le jointage entre les bois devra être renforcé par un joint souple rapporté.



a pignon en rondins :
pente faible, pignon étroit

b pignon en structure verticale :
pente forte, pignon large



39

A Baratout M.É.H

2. Portes et fenêtres

Elles doivent être fixées dans les murs par l'intermédiaire d'un dispositif permettant aux rondins de coulisser le long des huisseries. 2 types de montage sont utilisés :

- Le premier consiste à encastrer directement la porte ou la fenêtre dans les rondins au moyen d'une clef de coulisage qui n'est pas visible. Les rondins sont alors rainurés et il existe plusieurs variantes de ce système décrites ci-dessous.

- Le second, plus délicat à réaliser, consiste à créer un cadre au moyen de poteaux, avec ou sans linteau équerri rapporté. Les rondins sont tenonnés en bout et le poteau est rainuré.

1. Première méthode

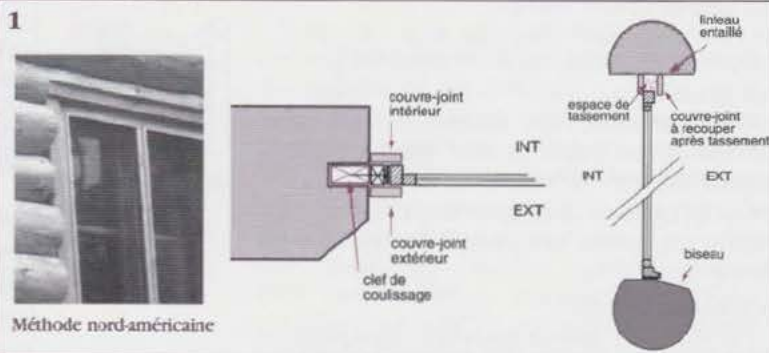
- une clef de coulisage (chevron, cornière métallique...) glissant dans une rainure creusée dans les rondins encadrant l'ouverture ;
- un espace de tassement (qui sera rempli d'isolant compressible) ménagé dans le lin-

Il existe 3 grandes méthodes de montage des menuiseries (sans poteaux), suivant le mode de découpe des rondins d'appui et de linteau et des rondins latéraux.

1. Méthode dite nord-américaine.

- linteau scié
- appui façonné avec biseau extérieur pour écoulement des eaux de pluie
- montants non encastrés
- petits couvre-joints extérieurs visibles

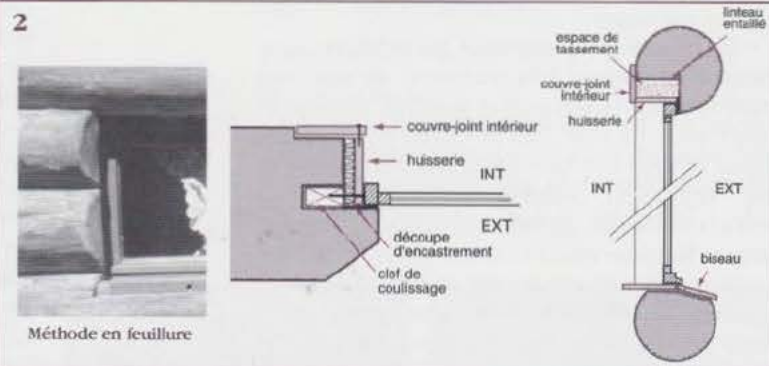
Cette méthode, adaptée aux menuiseries qui ouvrent vers l'extérieur, oblige à recouper, après tassement, le couvre-joint de l'espace de tassement, côté ouverture (ill.40.1).



2. Méthode « en feuillure »

- montants et linteaux encastrés dans les rondins
- appui façonné (comme ci-dessus)
- couvre-joints intérieurs uniquement

Elle évite tout couvre-joint extérieur et permet une meilleure étanchéité. C'est notre préférence, mais elle suppose que les rondins des linteaux soient de droit fil (ill.40.2).

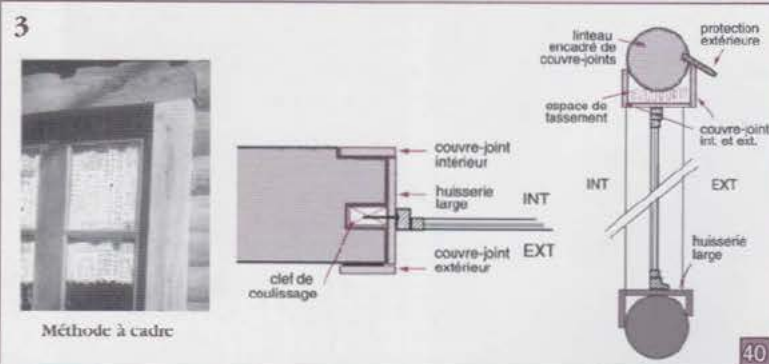


3. Méthode « à cadre » : couvre-joints en saillie

- linteau et montants coupés droits
- huisserie large encadrant la menuiserie prenant les rondins en « sandwich »
- couvre-joints intérieurs et extérieurs

Cette méthode requiert en principe moins de découpe dans les rondins mais son étanchéité est plus difficile à obtenir sur les façades exposées. Elle peut convenir pour des rondins de petit diamètre bien réguliers (c'est la méthode utilisée, entre autres, par les constructeurs de maisons en rondins usinés). Pour les bois de Ø supérieur à 25 cm, elle oblige à retailler le bout des rondins, côté intérieur et/ou extérieur, pour éviter d'avoir à donner au cadre une trop forte épaisseur. La solution n'est donc pas aussi simple ni aussi économique que cela (ill.40.3).

D'un point de vue technique et esthétique, à chacun de juger... et de choisir.



teau, au-dessus de l'ouverture, d'une hauteur proportionnelle à la hauteur de la menuiserie (6 cm par mètre est la hauteur de tassement à respecter par sécurité) ;

- des huisseries fixées tout autour de la menuiserie (pour méthode 1 et 2) ;
- un habillage intérieur ou bien intérieur et extérieur par couvre-joints (selon le système de montage choisi) destiné à cacher, en haut de la menuiserie, l'espace de tassement et son isolant, et, de part et d'autre, l'assemblage ronds/clef de coulissage/huisserie.

2. Deuxième méthode : le montage des menuiseries avec poteau

L'utilisation de poteaux pour le montage des menuiseries présente deux grands avantages :

Sur le plan esthétique, le poteau (coulissant) vient rompre les lignes horizontales des ronds et enrichit la façade.

Sur le plan technique, le poteau apporte une grande rigidité aux murs de bois empilés qui sont tenonnés et encastres dans une rainure longitudinale dans le poteau. Par ailleurs la pose des menuiseries est simplifiée puisque les dormants de la menuiserie seront directement encastres dans les poteaux. Mais le travail d'ajustage des poteaux dans les rondsins présente un surcroît de travail et une certaine expérience.

Le montage des menuiseries avec poteaux peut être effectué de deux façons :

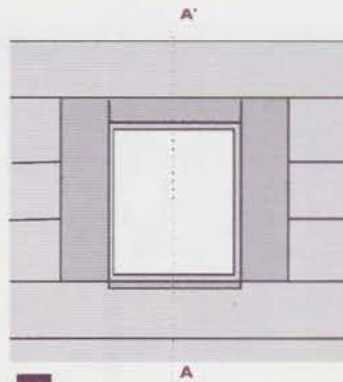
- sans linteau rapporté et, dans ce cas, un espace de tassement est creusé dans le linteau, - un couvre-joint intérieur cachera l'espace de tassement ;

- avec linteau rapporté : il s'agit d'une pièce de bois équarrie (environ 70 % du diamètre du linteau) qui vient s'encaster dans un espace de tassement dans le linteau.

Montage avec linteau et poteaux équarris (Réalisation et photo P. Mériguet)

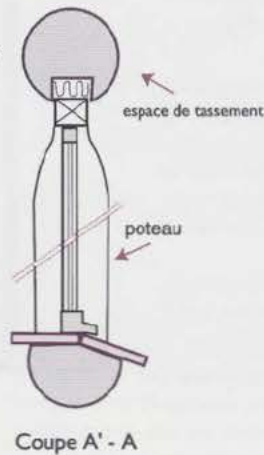


43

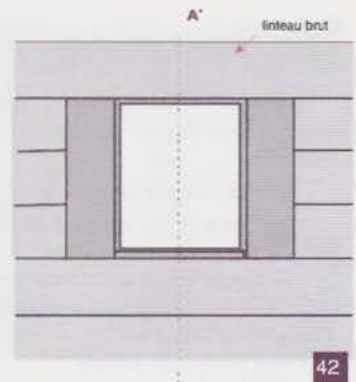


41

Montage d'une menuiserie avec poteau et linteau équarris

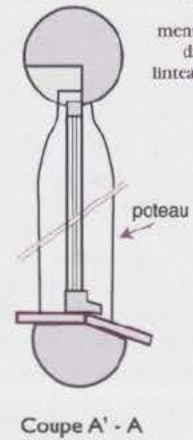


Coupe A' - A



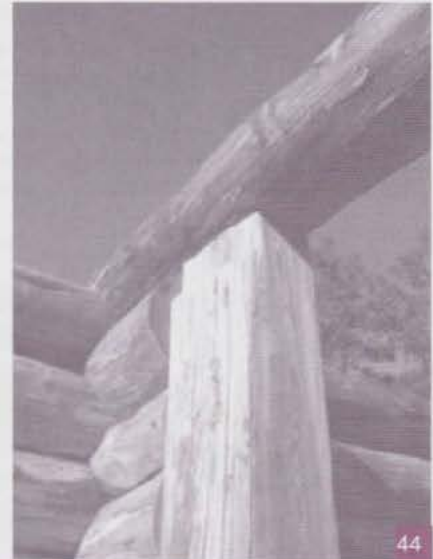
42

Montage d'une menuiserie dans un linteau brut



Coupe A' - A

Détail d'encastrement du poteau sans linteau équarri.



44

A propos de la hauteur des menuiseries, de l'alignement des linteaux et de la hauteur sous plafond

La hauteur du solivage de l'étage, la hauteur de sol à sol et la hauteur sous plafond doivent tenir compte :

- de la hauteur des portes
- de la hauteur de l'espace de tassement (10 cm mini pour une porte)
- du fait que le solivage ne peut reposer directement sur le linteau des menuiseries, affaibli par la découpe d'encastrement
- de la hauteur du solivage
- de la hauteur du sol fini au rez-de-chaussée (en tenant compte de l'isolation, du revêtement de sol, et éventuellement de l'épaisseur du chauffage par le sol)

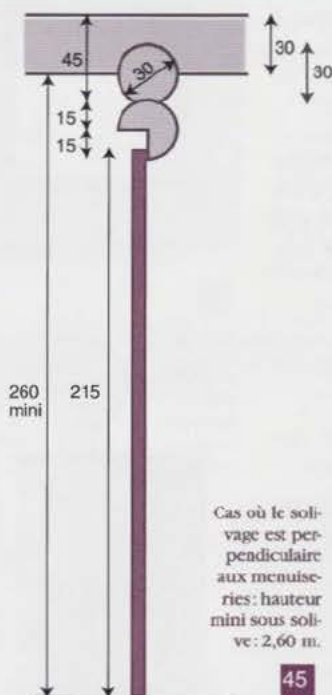
Par exemple, compte tenu de ces éléments, pour une hauteur de porte extérieure standard de 2,15 m (+ dormant et huisserie 5 cm) :

- si la menuiserie est située sur un mur qui se trouve dans le sens du solivage, le dessus du plancher de l'étage devra être à environ 2,75 m du sol brut du rez-de-chaussée.
- si elle est située sur un mur perpendiculaire au sens du solivage, le dessus du plancher devra être à environ 2,90 m du sol brut (ill. 45)

Cette hauteur de sol à sol est bien supérieure à celle que l'on prévoit dans la construction classique (2,50 m en général). Elle pourra être plus élevée encore avec des bois de fort calibre. Mais il faut bien garder à l'esprit que si le plancher est à 2,90 m, la hauteur sous les solives ne sera qu'à 2,60 m environ. Pour éviter une impression d'écrasement, une maison en rondins bruts a besoin de volume. Si aucune mezzanine n'est prévue, ni aucune échappée visuelle jusqu'au faîtage, cette hauteur est sans doute nécessaire. Penser aussi à la hauteur sous solive nécessaire pour placer la vieille armoire de grand-mère. Et pensez aussi au tassement, même si le constructeur en tient compte, bien entendu, dans son exécution.

Si l'on trouve pourtant cette hauteur trop importante, (et si l'on veut faire l'économie, importante, d'un tour de rondins), plusieurs solutions :

- adopter une hauteur inférieure pour les portes extérieures : dans la construction en rondins bruts, les portes assez larges et basses s'harmonisent très bien avec l'horizontalité des lignes.



- éviter, si c'est possible, de placer des portes dans le sens perpendiculaire au solivage prévu.
- dans le cas de très gros bois, poser le solivage au demi-tour qui suit les linteaux (et perpendiculairement), en veillant à placer les solives de part et d'autre et non au-dessus d'un linteau.
- ou encore, et c'est le plus simple, dissocier l'alignement des linteaux sur les murs de façade de celui des murs de pignon et adopter des hauteurs de porte différentes. En effet, quand on aligne les linteaux, si, dans un sens, ils « tombent bien » (c'est-à-dire dans la partie médiane d'un rondin), ils tomberont forcément moins bien dans l'autre, leur hauteur étant décalée d'un demi-tour. Outre le fait que, techniquement, l'entaillage et le montage des menuiseries (avec espace de tassement et pose de couvre-joints) ne pourront pas se faire dans les meilleures conditions dans les deux sens, l'effet visuel peut ne pas être très heureux : sur la moitié des murs, la place de la menuiserie sera équilibrée, sur l'autre moitié elle sera décalée, soit trop haute, soit trop basse par rapport à la ligne des rondins.

Certes, dans la construction classique, elle-même héritière des canons du grand siècle, on a appris que tous les linteaux doivent être parfaite-

ment alignés horizontalement pour des raisons à la fois techniques et esthétiques. Dans la construction rurale, il n'en est pas toujours ainsi et certaines maisons comportent, sur une même façade, trois hauteurs de linteaux différentes selon la fonction de la pièce desservie ou les dénivelés du terrain.

Dans la construction en rondins bruts, les références horizontales sont données à l'œil par les lignes de jointage des fûts. Il ne nous semble donc pas hérétique, pour notre part, de préférer l'harmonie visuelle au respect de règles formelles édictées en fonction d'une tradition bien particulière, celle de la construction classique en pierre, et de décaler la hauteur des linteaux entre murs perpendiculaires entre eux (ill. 46).



Sur ces deux fenêtres en angle, la hauteur du linteau est donnée par la ligne des rondins et non par le niveau : elle est en décalage d'un demi-tour d'un mur à l'autre (Remarquez les feuillures d'encastrement dans les montants pour méthode de pose "à la norvégienne" : cf. ill. 40.2)

3. Cloisons légères

Dans une fuste, les cloisons intérieures principales, qui font partie de la structure et sont souvent porteuses, sont en rondins. Les cloisons secondaires peuvent être réalisées en matériaux classiques (ossature-bois, panneau-sandwich, briques, carreaux de plâtre...) (voir Cahier 1, p. 44). La jonction de ces cloisons avec les murs en rondins se fait par l'intermédiaire d'un chevron couissant dans une rainure taillée de haut en bas des murs (ill. 47). Un espace de tassement doit par ailleurs être ménagé entre le sommet de la cloison et le solivage de l'étage.

1. Si la cloison est parallèle au solivage (solution la plus simple), elle devra être placée soit dans l'axe de la solive, soit contre la solive, de façon à mieux cacher l'espace de tassement et à établir une continuité entre rondins de solivage et cloisons (voir Cahier 1, p. 44). On prendra donc soin de concevoir le solivage de l'étage en fonction des cloisons du rez-de-chaussée.

2. Si la cloison doit être perpendiculaire au solivage (ill. 48, 49), il faut prévoir :

- soit un faux plafond (ill. 52)
- soit un habillage entre le plafond et le haut de la cloison (ill. 50)

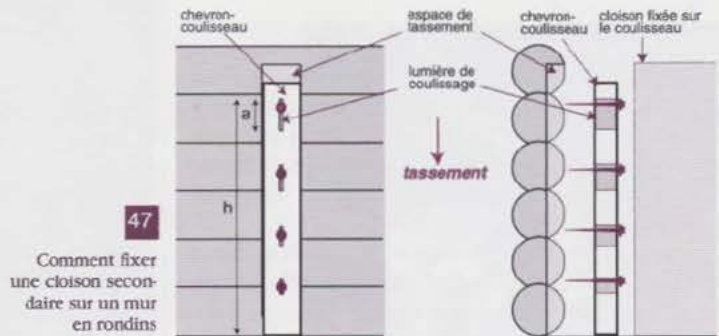
4. Plafonds suspendus au-dessus des cloisons légères

Lorsque l'on souhaite cacher un solivage par un faux plafond (ce sera nécessaire pour une cuisine de restaurant par exemple), on peut envisager un système moderne de suspentes métalliques portant le faux plafond, qui viendra glisser, au cours du tassement à l'intérieur d'un espace cloisonné (ill. 51-52).

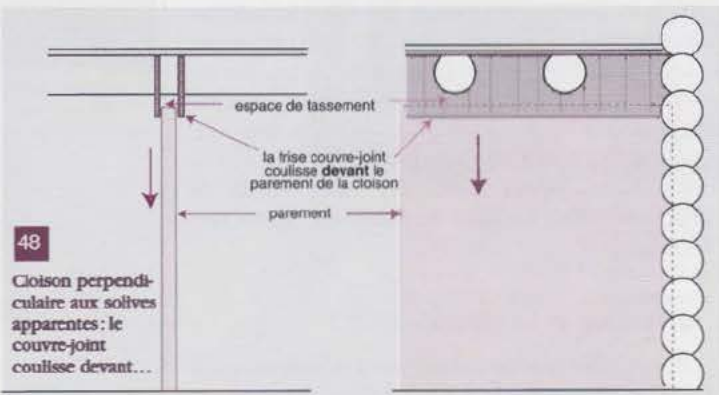
Réalisation d'un faux plafond pour sanitaires et cuisine d'un bâtiment public : on aperçoit les suspentes métalliques



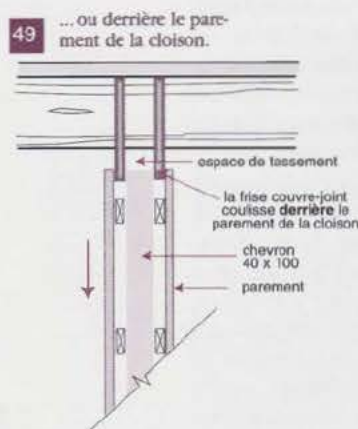
51



47
Comment fixer une cloison secondaire sur un mur en rondins



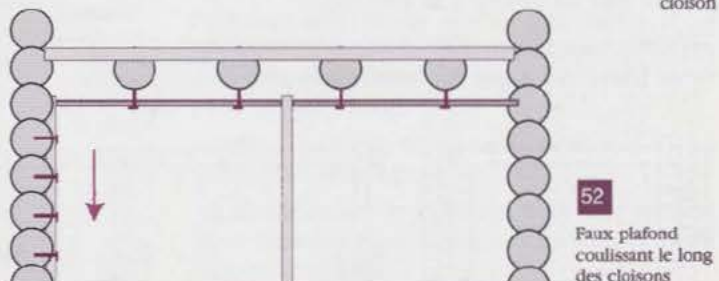
48
Cloison perpendiculaire aux solives apparentes : le couvre-joint couisse devant...



49
...ou derrière le parement de la cloison.



50
Frise en lambris couissant devant le parement de la cloison



52
Faux plafond couissant le long des cloisons

5. Doublage des murs

On peut être amené à vouloir doubler un mur, principalement pour des raisons sanitaires (permettre la pose d'un carrelage par exemple) ou pour obéir à des normes (c'est le cas notamment des cuisines dans un bâtiment public).

- Doublage d'un seul mur : il est facilement réalisable, à condition de fixer les panneaux de doublage sur des chevrons qui coulisent dans des rainures pratiquées dans les rondins.

- Doublage complet d'une pièce : le problème est beaucoup plus complexe car, au niveau des fenêtres, il sera difficile de faire en sorte que le doublage, après tassement, se trouve au niveau de la menuiserie, tout en restant étanche à l'humidité. Il vaut mieux, dans ce cas, faire les finitions (la pose des couvre-joints notamment) après tassement complet de la structure fuste, ou faire le doublage après tassement.

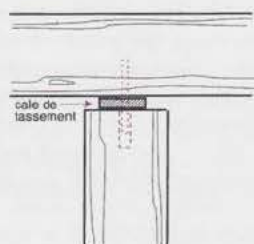


53
Poteaux sur croissillon avec cale de tassement (réal. T.H.)



54
Cale à retirer après tassement

cale en deux morceaux



6. Poteaux et croissillons

Pour créer une structure verticale destinée à supporter une avancée de toit, un balcon, une mezzanine, quatre solutions se présentent :

1. *Créer un « croissillon » (ill. 55.1)*, c'est-à-dire un empiement en croix avec des bois de courte longueur. Vu les problèmes de tassement, c'est apparemment une bonne solution, car les rondins du croissillon se tasseront en même temps que les rondins des murs.

Pourtant cet empiement risque de manquer de stabilité et présenter une certaine lourdeur architecturale si on le monte trop haut. Constitué de bois courts, qui sécheront plus vite que les bois des murs (surtout s'il est situé à l'intérieur de la maison), il risque par ailleurs de se rétracter davantage que le reste de la structure. Le croissillon n'est d'ailleurs guère utilisé dans la construction traditionnelle en rondins. Il vaut mieux, pour toutes ces raisons, limiter leur hauteur à 1 m environ.

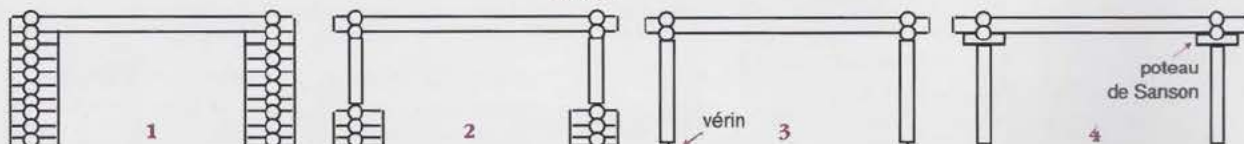
2. *Utiliser un poteau (ill. 55.3)* : solution beaucoup plus légère que le croissillon, le poteau a

évidemment l'inconvénient de ne pas suivre le mouvement de tassement des rondins horizontaux (car le bois ne se rétracte pratiquement pas dans le sens axial). Si on l'utilise sur une hauteur > 1 m, il est nécessaire :

- soit de l'équiper à sa base d'un vérin, réglable en fonction de l'évolution du tassement de la maison (voir Cahier 1, p. 44),
- soit de prévoir un système de cales à ôter au fur et à mesure du tassement (ill. 53, 54),
- soit enfin de prévoir de réduire la hauteur du poteau en cours et en fin de séchage (après avoir étayé la partie supportée).

3. *Marier croissillon et poteau (ill. 55.2)*. Dans certains cas, il est possible de réaliser un croissillon (ou de prolonger un mur sur une faible hauteur) qui jouera le rôle de rambarde de terrasse, de bar, de muret de séparation dans une grande pièce, et servira d'appui à un poteau dont la hauteur sera ainsi réduite. On peut également, dans ce cas, placer des cales sous ou sur le poteau, qui seront retirées progressivement.

55
1. Croissillons
2. Poteaux sur croissillons
3. Poteaux
4. Poteaux de Samson

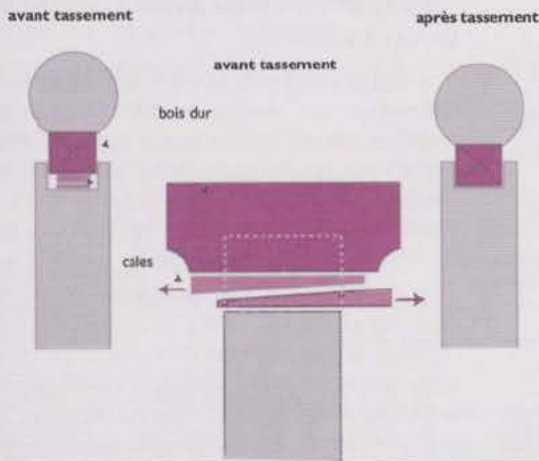


Le poteau de Samson

C'est un poteau surmonté d'un corbeau. Le corbeau est généralement réalisé en bois dur (chêne) ce qui permet de mieux reprendre les efforts de compression verticale.

Il est possible de prévoir dans le poteau de Samson un dispositif de coulisage: la tête du poteau est taillée en gargouille ou enfourchement, et 2 coins placés en opposition sont placés dans l'enfourchement entre le corbeau et le poteau. Pour assurer le coulisage au fur et à mesure du tassement des murs, on repoussera les coins. Ce dispositif est très efficace et sera utilisé chaque fois que l'on veut éviter un vérin métallique en pied de poteau.

Utilisé en terrasse ou dans une structure ou charpente "panne sur poteau", le poteau de Samson peut facilement recevoir des jambes de force indispensables pour contreventer une structure sur poteaux.



56

Les poteaux, qui apportent un peu de verticalité et de légèreté sont des éléments architecturaux importants, qu'il ne faut pas craindre d'employer en prenant les précautions indiquées.

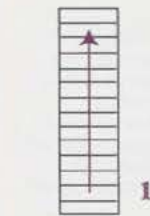
4. Utilisez la technique du poteau de Samson (ill. 55.4 et 56)

Le coulisage se fait au sommet du poteau.

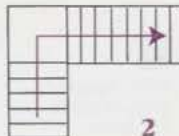
7. Les escaliers

Pour tenir compte du phénomène du tassement, un escalier doit pouvoir coulisser, les marches ne trouvant leur position horizontale définitive qu'une fois le tassement terminé.

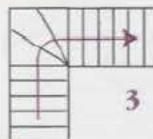
1. Escalier droit: c'est, techniquement, la forme d'escalier la plus adaptée pour résoudre les problèmes de tassement. L'escalier doit être monté sur pivot et rien ne doit l'empêcher de glisser sur le sol. On prévoira simplement de donner une certaine inclinaison aux marches afin que, après tassement, celles-ci se retrouvent horizontales.



1



2



3



L'escalier droit qui tourne: une belle réalisation de Brooks Minde, Minnesota.

2. Escalier d'angle avec palier intermédiaire: il faut le concevoir comme deux petits escaliers dont celui du bas reposera, par l'intermédiaire d'un pivot, sur une plateforme et pourra glisser au sol pour absorber les conséquences du tassement, et dont l'autre s'appuiera, avec également un pivot, sur le solivage de l'étage et pourra effectuer un léger glissement sur la plateforme.

3. Escalier d'angle balancé: Ce type d'escalier à 1 ou 2 quarts tournants peut être installé dans une maison dont les murs vont subir un tassement, mais doit être conçu très différemment des exemples précédents. Il devra être bâti sans liaison fixe avec les murs, mais avec un dispositif de glissière (fer plat avec une lumière de coulisage).

Au montage on doit calculer l'escalier de façon à ce que la dernière marche en haut de l'escalier, soit posée x cm plus bas que le niveau du plancher, x étant la hauteur du tassement prévu entre le rez-de-chaussée et le plancher de l'étage.

Après tassement la dernière marche sera au niveau du plancher.

Cette méthode de montage peut être utilisée pour tous les types d'escalier et quelque soit leur conception.

c) Les précautions de conception

Une fois la maison construite, le séchage des bois, qui conditionne le tassement de la construction, doit se faire de la façon la plus régulière possible, dans le temps, mais aussi entre les différentes parties de la maison. Or il peut se produire une différence de séchage entre :

- **les murs intérieurs et extérieurs** : les bois qui constituent les murs intérieurs, les murs de refend notamment, sèchent plus vite que ceux des murs extérieurs.

- **les murs du haut et du bas de la maison** : plus les bois supportent de poids, plus ils restent serrés ; les rondins des murs du haut d'une maison, ceux des pignons en particulier s'il s'agit d'une maison à pignon en rondins, n'auront pas un jointage aussi serré que ceux du bas d'une maison, surtout si les chevrons de la charpente couissent mal. Par ailleurs, comme la chaleur monte, ces bois sécheront et se rétracteront plus vite.

Le constructeur saura prendre, dans la réalisation de la préfabrication, les précautions nécessaires pour limiter ces phénomènes (il prévoira en particulier un jeu à l'extrémité extérieure des bouts débordants, qui sèchent moins vite que les murs eux-mêmes) (voir Cahier 1, p. 36). Une bonne technique d'entaillage des angles contribuera également à préserver le bon serrage des joints après tassement. Certaines règles de conception doivent être, par ailleurs, respectées. Il faut en particulier :

- **limiter de façon générale la hauteur des pignons en rondins** et éviter les pignons en rondins lorsque la pente est trop forte et les pignons trop larges.

- **éviter de faire monter les murs de refend jusqu'au faitage** (ill. 58) : au niveau des pignons, leurs bois, qui sècheront plus vite, qui ne comportent souvent qu'une entaille d'angle et qui supportent moins de poids que le bas de la construction, risquent de déjoindre. Il est pré-

férable d'interrompre le mur de refend par un solivage et un plafond. Si la pente est forte, c'est une raison de plus, du reste, pour concevoir les pignons en structure dite "verticale".

- **limiter le nombre de murs de refend** qui ne comportent qu'une seule entaille d'angle : séchant plus vite et mal tenus, ils risquent de subir des déformations.

d) Difficultés, problèmes et solutions

a. Les différences de niveau au sol des fondations : un problème

Si attrayantes soient-elles, les différences de niveau au sol sont à éviter ou doivent être réduites au maximum, car, à moins d'être supportée par un pilotis réglable par vérin, les fondations supportant le niveau le plus élevé empêcheront le tassement correct des rondins du niveau le plus bas (ill. 59).

Une différence de niveau de 2 tours peut être tolérable : elle entraînera malgré tout des déjointages légers que l'on pourra corriger en appliquant un joint souple. Au-delà, on s'expose à des déformations auxquelles on pourra difficilement remédier, à moins que le constructeur n'ait la possibilité de faire sécher suffisamment les bois destinés à la réalisation du premier niveau pour limiter au maximum le retrait. Mais cela reste un peu illusoire car sécher en étuve des fûts est d'un coût élevé et, comme on l'a vu, cela n'évitera pas le tassement-compression. Il y aura donc obligatoirement des déformations si l'on adopte une différence de niveau dans les fondations.

Si l'on veut tirer parti d'une pente naturelle ou épouser un relief, il vaut mieux concevoir deux structures étagées mais indépendantes qui pourront être reliées par un espace couvert (il pourra être vitré ou bardé après tassement) (ill. 60) : il prendra appui sur la construction la plus haute par l'intermédiaire de poteaux (avec dispositif de coulisage bien entendu).

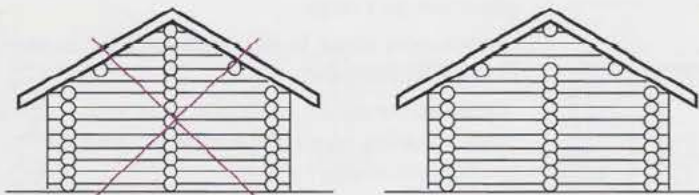
b. Le mariage de matériaux : une difficulté intéressante à surmonter

Ce qu'il vaut mieux éviter :

- 2 murs de rondins et 2 murs maçonnés (pierres, briques...);
- 3 murs de rondins et 1 mur maçonné;
- une partie de mur en rondins et l'autre maçonnée.

58

Eviter les grands murs de refend intérieurs

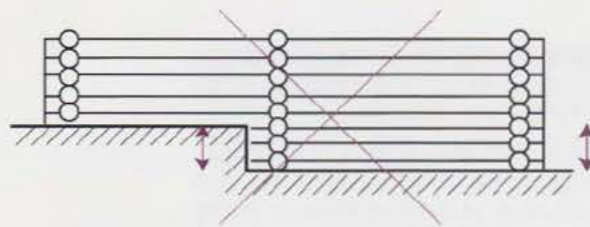


Ce qu'on peut faire sans problème :

- un mur en pierre au milieu d'une maison en rondins, à condition que ce mur soit désolidarisé du solivage et qu'il soit aménagé, au-dessus du mur, un espace de la hauteur voulue pour le tassement ;
- une cheminée en pierre au milieu d'une maison en rondins : les mêmes précautions doivent être prises. La cheminée devra être indépendante de la construction et la toiture devra pouvoir « descendre » autour de la cheminée sans la toucher (en prévoyant un dispositif de solin pour assurer l'étanchéité, voir Cahier 1, p. 45)

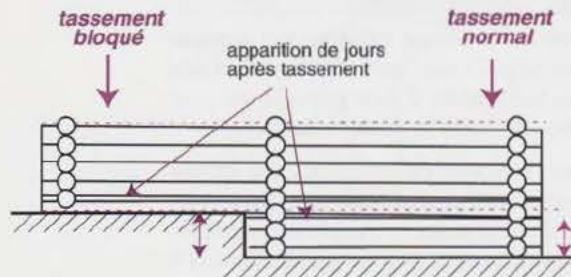
Ce qu'on peut faire avec des précautions :

- une cheminée en pierre en pignon (en prévoyant, toujours, un système de coulissage...)



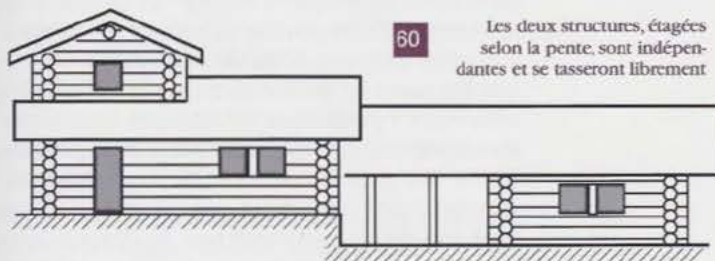
59

1. avant tassement



2. après tassement

Eviter les différences de niveaux dans les fondations : elles génèrent le tassement correct des bois



60

Les deux structures, étagées selon la pente, sont indépendantes et se tasseront librement

3. Le « pièce-en-pièce » ou « pièce-sur-pièce » : une solution un peu délicate

On a déjà évoqué la solution du « pièce-en-pièce ». Très employée au Canada français où il fut importé, dit-on... de France (Américains et Canadiens anglais le désignent sous ce nom français), on pourrait décrire le « pièce-en-pièce » comme la version « bois brut » du colombage (qui consiste à réaliser une structure de poteaux verticaux entre lesquels l'espace est rempli de torchis, de brique... ou de bois : les cités lacustres du Lac Paladru, dans l'Isère, étaient bâties, vers l'an mille, selon cette technique). Il remonte, au-delà, à bien plus loin encore puisque le système de « pièce-en-pièce » fut utilisé, à l'âge du fer (VI^e-V^e s. av. J.-C.), pour construire la cité lacustre de Biskupin, en Pologne (Cahier 1, p. 9).

Au lieu de s'entrecroiser et de se joindre par des entailles d'angles, les bois s'empilent pour

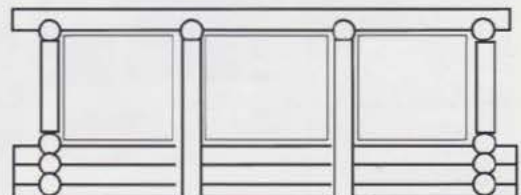
La technique du « pièce-en-pièce » permet d'intercaler entre les poteaux rondins ou grands vitrages (réal. Brooks Minde, Minnesota)



61

62

Elle est bien adaptée aux bois courts

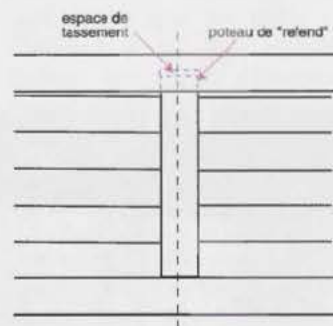


remplir l'espace entre des poteaux verticaux rainurés dans lesquels ils coulisseront. Mais des problèmes d'étanchéité se posent :

- au niveau de la jonction bois horizontaux-bois verticaux : il est difficile, avec des bois ronds irréguliers, de réaliser un ajustage parfaitement étanche entre bois horizontaux et bois vertical, tout en permettant le coulisage. Le calfatage sera donc nécessaire.

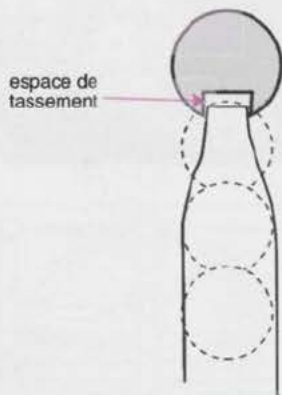
- au niveau de la panne sablière qui reprendra la longueur du mur : les bois horizontaux subissant un tassement, il faut prévoir un coulisage du poteau dans la panne sablière.

Le système pièce-en-pièce peut être utilisé pour réaliser entièrement une construction. Mais il peut être retenu et employé partiellement dans une construction en rondins bruts à entailles d'angle pour réaliser un agrandissement, éviter un mur de refend, créer une pièce très vitrée... (ill. 61, 62). Il ouvre de nombreuses possibilités architecturales.



63

Un espace de tassement doit être laissé au-dessus des poteaux



5^e contrainte: le rondin brut, matériau vivant

Chaque essence d'arbre a des propriétés différentes, chaque arbre est un individu, avec son propre code génétique. Selon les conditions dans lesquelles il a vécu (seul ou en groupe, au froid ou au chaud, dans un creux humide ou sur un versant sec, en lisière ou en futaie, exposé au vent ou abrité, à la lumière ou à l'ombre...), un arbre n'aura ni la même conformation, ni le même « caractère » que son voisin. Trapus ou élancés, droits ou tordus, branchus ou nets comme des crayons, durs ou tendres, coniques ou cylindriques, et même, comme les humains, avec la fibre qui tourne à gauche,...ou bien à droite.

Une fois mis en œuvre, le bois va continuer encore longtemps à obéir à des forces internes qui sont parfois imprévisibles et qu'il n'est pas toujours facile de maîtriser.

Il est rare, en particulier, que la fibre d'un bois soit parfaitement droite. Certaines essences, comme l'épicéa, celui des grandes forêts des massifs de l'est de la France par exemple, ont une fibre très rectiligne. Les bois, très droits, subissent peu de déformation au séchage. D'autres essences, comme le mélèze, ont souvent « la fibre torse ». C'est peut-être ce qui fait leur beauté. Mais ils peuvent réserver des surprises au séchage. Quand le rondin se rétractera, il aura tendance à légèrement vriller et pourra entraîner une déformation du mur si ce rondin n'est pas suffisamment bloqué.

Les défauts d'inclinaison du fil : fibre torse à droite et à gauche

En séchant, une pièce de bois dont la fibre est torse se déformera et « tournera » plus ou moins fortement dans le sens de la pente du fil. Il est important de savoir repérer facilement ce défaut. Il suffit d'observer, sur un fût qui a déjà séché, l'orientation des fentes de séchage le long du tronc, et de vérifier également si elles tournent vers la droite ou vers la gauche (ill.64). Les charpentiers savent par expérience que la fibre à droite est moins grave que la fibre à gauche... La classification habituelle des bois français tient bien compte de la pente du fil, mais absolument pas de son sens droite ou gauche.

Les règles de construction conseillent, quant à eux, de limiter les bois à fibre torse aux usages suivants :

- les bois à fibre torse "*à gauche-forte*", peuvent être utilisés, uniquement sciés en deux, pour réaliser le premier demi-tour de la construction ;
- les bois à fibre torse "*à droite-forte*" et "*à gauche-moyenne*" sont utilisables pour les murs, mais uniquement dans le quart inférieur de la construction ;
- les bois à fibre torse "*à droite-moyenne*" sont utilisables partout sauf en panne sablière ;
- les bois à fibre torse "*à droite ou à gauche-faible*" sont utilisables partout.

Pourtant on hésite souvent à éliminer les bois les plus « beaux » d'un pur point de vue esthétique, par crainte qu'ils ne se comportent mal et "sortent du rang". La beauté d'une maison en rondins bruts réside dans les bois qui la composent : certains peuvent avoir des « défauts » susceptibles d'entraîner quelques problèmes (réparables la plupart du temps) ; ce sont pourtant ceux-là qui lui donneront du caractère...

En tout cas et de façon générale, plus les bois sont irréguliers (forme, décroissance, fibre) plus le constructeur devra utiliser des bois courts et secs. Si le concepteur n'est pas le constructeur, il devra donc s'enquérir avant tout de la longueur maxima des bois utilisables.

La fibre torse

Sens de la fibre torse et pente maxi (a/b en %)		Qualification de la fibre torse
<i>droite</i>	<i>gauche</i>	
< 5 %	< 3 %	faible
5 à 10 %	3 à 5 %	moyenne
> 10 %	> 5 %	forte

64



Fibre torse gauche : dans le sens du pouce de la main droite

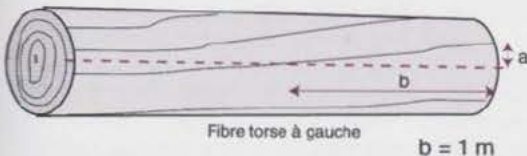
Fibre torse droite : dans le sens du petit doigt de la main droite

De larges débords : la meilleure protection contre la pluie... et les champignons



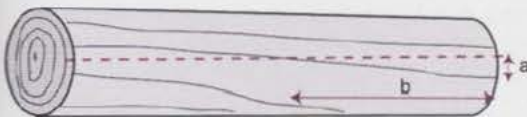
66

Pente du fil % = a/b



Fibre torse à gauche

b = 1 m



Fibre torse à droite

65

Le % de pente du fil du bois.

6^èe contrainte: le rondin brut, matériau naturel périssable, doit être protégé

Le bois en général est un matériau périssable. Si on laisse ses deux principaux ennemis, les insectes et les champignons du bois, se développer. Le traitement de préservation du bois doit être appliqué préventivement sur les essences de bois qui ne présentent pas de durabilité naturelle suffisante pour des risques biologiques donnés (cf. ci-contre). Pour ce qui est des champignons, ils ne se développent que si le taux d'humidité des bois dépasse 18 %, chiffre bien supérieur au taux d'humidité des bois d'une maison chauffée. Comme le seul risque concerne les parties extérieures d'une maison soumise, de façon occasionnelle, aux eaux de pluie, la meilleure et la première protection est d'empêcher les bois d'être mouillés, - un problème d'implantation et de conception plus que de traitement.

Rondins bruts et traitement

S'agissant plus particulièrement de rondin brut, il est bon de rappeler avant toute chose que :

- Simplement écorcé, il conserve sa protection naturelle, lisse, le **cambium**, qui limite la pénétration d'eau de ruissellement. Il en va différemment pour les bois d'un chalet en madriers, en rondins calibrés, ou d'une maison à ossature-bois, dont les fibres ont été mises à nu par équarrissage, sciage et/ou rabotage et sont exposées directement aux intempéries.
- Le cambium se patinera avec le temps. Y appliquer une lasure est inutile, - à moins que l'on ne veuille cacher les différentes nuances naturelles que, selon l'exposition, le temps lui apportera, et qui font, à notre sens, toute la beauté du rondin brut. Vernir est totalement déconseillé.
- Cependant le cambium n'est aucunement une protection contre les insectes et les champignons et le bois doit recevoir un traitement adapté à une utilisation dans des conditions données (cf. classes de risques ci-contre). Ceci dit, gardons à l'esprit que les murs sont constitués entièrement de rondins non doublés, avec lesquels, notamment sur leur face intérieure, les humains seront directement en contact. Il semble donc difficile de réaliser un traitement global qui soit, à l'extérieur, efficace contre les champignons dus à l'humidité et contre les insectes, et, qui soit, à l'intérieur, à la fois efficace contre les seuls insectes et inoffensif pour les humains. Le mode de traitement par trempage ou en autoclave ne semble donc pas très adapté. Le traitement par aspersion des murs permet d'appliquer un produit spécifique sur la face interne et sur la face externe.

Nichée au fond de la combe, protégée par bois et collines, la "Catiche" (réal. T.H.)



a) L'implantation. (cf. Chap.2, p. 50-53)

- Préférer une implantation abritée en creux plutôt qu'en site exposé (ill. 67). Si vous voulez vous installer au sommet de la butte pour profiter de la vue... et des vents, ne construisez pas en rondins !
- Bien étudier d'où viennent pluies et vents : c'est de leur côté qu'il faudra orienter la pente de toit.
- Planter des arbres brise-vent



Les normes concernant le traitement du bois "Les classes de risques"

Il s'agit de la norme NF B 50-100 et de la norme européenne NF EN 335, partie 1, qui la remplace partiellement. Elles définissent « 5 classes de risques biologiques des bois, selon leur destination et en fonction du risque d'humidification des éléments ». « A chacune de ces classes est associé un niveau de performance du traitement de préservation », qui détermine « le(s) procédé(s) de traitement et le(s) produit(s) utilisables(s) » :

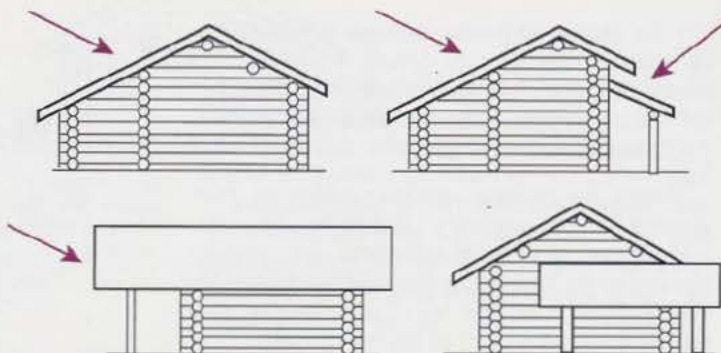
- Les bois situés « hors du contact du sol, à l'abri (sec) » et qui ne sont jamais soumis à l'humidité, sont en **classe 1**. Ils ne nécessitent aucun traitement contre les champignons. Sont donc en classe 1 les rondins de l'intérieur d'une maison.
- Les bois situés « hors du contact du sol, à l'abri », avec « risque d'humidification occasionnelle », sont en **classe 2**. Ils doivent être traités par trempage ou aspersion avec des produits classés dans cette catégorie. A cette classe correspondent donc les bois d'une ossature en rondins, à condition qu'une conception correcte les maintienne à l'abri de l'humidité. Si la longueur des avancées de toit a été prévue en conséquence, les bois d'une maison en rondins ne seront mouillés qu'« occasionnellement ».
- Les bois situés « hors du contact du sol, non abrités », avec risque d'humidification « fréquente », sont en **classe 3**. A cette classe correspondent par exemple les bois d'une terrasse non couverte.

Pour rester en classe 2 et éliminer un des ennemis du bois, les champignons, il est donc impératif que tous les rondins d'une construction soient correctement et physiquement protégés des intempéries, de façon à ce qu'ils restent à une humidité inférieure à 18 %-20 % : implantation et conception doivent être particulièrement étudiées sur ce point. Comme le souligne le CTB, « les risques biologiques auxquels sont soumis les bois d'ossature et de charpente dépendent largement de la conception de la construction. » (H.Skoutarides, M. Denancé, Construction à ossature bois, C.T.B.A, éd. Eyrolles, p. 28)

b) La conception

• Bien protéger les murs de l'ouest ou des vents humides dominants par des auvents, des terrasses et ne pas hésiter à faire descendre le toit bien bas du côté exposé (ill. 68).

• Les débords de toit doivent être importants, et proportionnels à la hauteur de la maison. Les codes internationaux préconisent d'observer un rapport de 1 à 8 entre la largeur du débord de toit compté à partir de l'aplomb extérieur des débords des murs et la hauteur du toit. C'est-à-dire que si la hauteur de la faîtière est de 6 m et celle de la ligne d'égout de 4 m, le débord de toit en pignon par rapport au débord des murs devra être de $6/8 = 0,75$ m, et le débord de toit en égout de $4/8 = 0,50$ m. Ce qui correspond, en pignon, à un débord de toit de 1,25 m environ par rapport à l'axe des bois, et de 1 m environ en égout. En situation très exposée aux vents et à la pluie, nous pensons qu'il est bon d'abaisser ce rapport à 1/7 (ill. 69).



68

Du côté des vents dominants et intempéries, auvents et grands débords de toit doivent protéger les bois.

ticale est beaucoup plus efficace que celle qui vient à l'horizontale. Placez les fenêtres le plus bas possible, car la partie haute de la fenêtre, qui risque d'être dans l'ombre du débord de toit si la maison est basse, apportera très peu de lumière (et plutôt du froid).

• En site exposé, préférez une maison basse qui se blottira dans un creux (toute à l'horizontale, c'est comme ça qu'elles sont le plus belles) à une maison à étage, haut perchée sur un sous-sol.

• Prévoir des gouttières qui évitent à l'eau du toit qui tombe au sol d'éclabousser le bas de la maison.

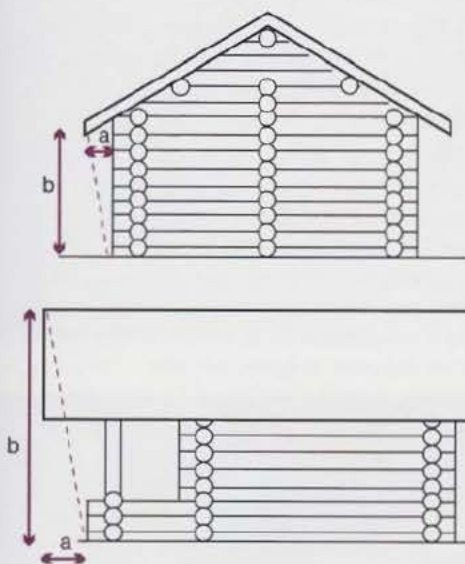
• Les fondations de la maison devront permettre de surélever les premiers bois de 20 cm au-dessus du sol, et même de 30 cm lorsqu'il y a risque de rejaillissement d'eau de pluie. Ces premiers bois, qui sont les plus exposés, devront être traités contre les champignons et séparés des fondations par une barrière d'étanchéité.

• Toitures à une seule pente et toitures-terrasses sans pente : on peut concevoir une maison à une seule pente de toit à condition que le mur haut, très mal abrité par une toiture qui remonte, ne soit pas exposé aux intempéries ; sinon il faut le protéger, par exemple par un auvent (ill. 72.1).

On peut également concevoir une maison à toit pratiquement plat, à condition que la maison soit très basse et les débords de toit suffisants (ill. 72.2,3)

69

Une bonne méthode pour calculer le débord de toit nécessaire

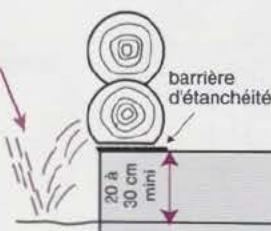


• Les balcons et terrasses, dont les bois font partie de la structure de la maison, doivent être également protégés par une avancée de toiture (en observant le même rapport de 1/8 ou de 1/7 par rapport aux bois les plus en débord). Pour une terrasse non couverte, il faudra utiliser des bois injectés (traités en classe 3 ou 4).

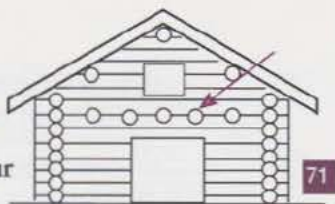
• Pour compenser la perte d'éclairage due aux débords de toit et auvents, prévoir des fenêtres de toiture : la lumière venant à la ver-

70

Les murs de la maison doivent être protégés du rejaillissement de l'eau de pluie sur le sol (fondations surélevées, gouttière).



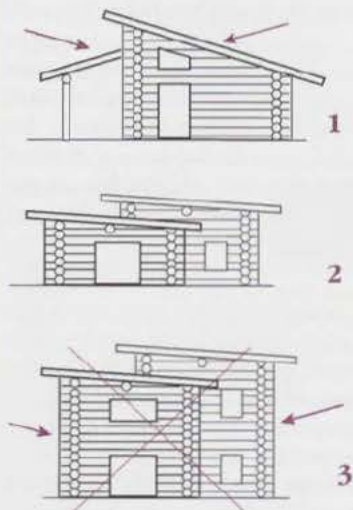
• En façade exposée, éviter de prévoir des solives débordant à l'extérieur du mur : c'est un risque supplémentaire pour l'infiltration d'air et d'eau.



Eviter de faire déborder les solives sur façades exposées

Toutes les maisons traditionnelles en bois possèdent de grands débords de toit. L'apparition et le développement des produits chimiques de traitement des bois ont amené les concepteurs, tant par souci d'économie que par désir d'innovation et de "modernisme" (et pour montrer sans doute que le bois pouvait être un matériau aussi performant que le béton), à dessiner des maisons en bois (à ossature-bois en particulier) sans débord aucun. Il est vite apparu que le bois de ces maisons se dégradait très vite, vieillissait mal et nécessitait d'être régulièrement entretenu (peintures, lasures,...). Par contrecoup, cela a entraîné le renforcement des règles de traitement des bois, et a souvent détourné du bois les candidats à la construction « parce que ça demande beaucoup d'entretien », « parce qu'il faut régulièrement repasser un produit sur les façades ». Et on a oublié la plus simple des règles : une bonne protection physique vaut mieux que tous les produits chimiques. Pour ne pas se mouiller, rien de tel qu'un large chapeau ou un parapluie...

Un savant du XXII^e siècle : "On a fait tellement de bêtises, au siècle dernier avec les insecticides... C'est ainsi qu'il y a deux cents ans, on a fait l'erreur d'augmenter sans cesse la toxicité des produits. Si bien que ceux-ci tuaient plus d'humains que d'insectes. Et nous avons créé des souches hyperrésistantes capables de consommer sans aucun dégât les pires poisons." Bernard Werber, *Les fourmis*, LP 9, p. 75.



Si la pente de toiture est très faible, la maison doit être basse, car des murs très hauts, montés comme des tours, seraient mal protégés des intempéries.

Prendre le système constructif comme la base de l'élaboration du projet



II. LES CONTRAINTES DU SYSTEME CONSTRUCTIF

7^e contrainte : la stabilité est assurée par le système constructif

Pour construire une fuste, on entrecroise les fûts 2 à 2 et on les ajuste en long, bois sur bois. Toute la stabilité de la structure est assurée par les rondins eux-mêmes et notamment :

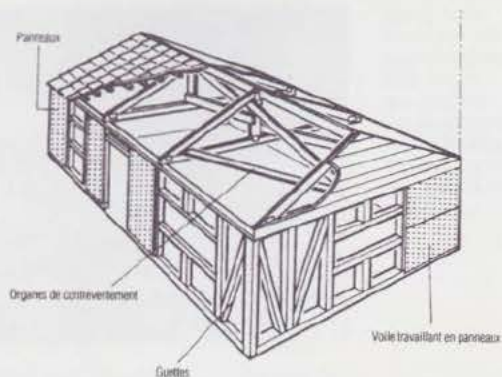
1. par les entailles d'angle ou « gueules » : elles sont étudiées pour qu'un bois reste bloqué à sa place ;
2. par les entailles longues ou « gorges » : les bois étant découpés en fonction du bois qu'il recouvre, chacun a une place et une seule ;
3. par son propre poids ;
4. par les solives et cloisons de refend qui contribuent à la stabilité de l'ensemble de la structure.

La résistance mécanique et aussi l'étanchéité de cet assemblage dépendent de la qualité de son exécution et non pas des calculs de mise en œuvre ; elle est difficile à exprimer en chiffres et ne peut guère s'apprécier que de façon empirique.

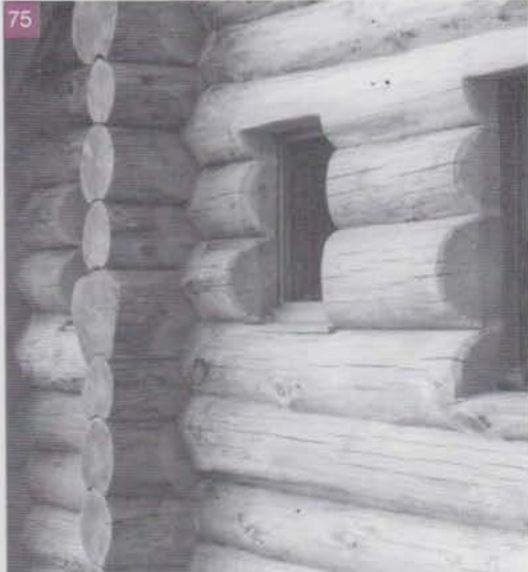
Le problème ne se pose donc pas du tout dans les mêmes termes que dans la charpente classique dont la stabilité repose sur des pièces qui la contreventent. De même, une ossature faite de chevrons verticaux doit en effet être contreventée par différents systèmes : voile travaillant en panneaux, liens de faîtage, poteaux

74

Dans la charpente classique, la stabilité est assurée par des pièces de contreventement (d'après *Construction à ossature-bois*, CTBA, cf. p. 102)...



...dans la construction en rondins ajustés, elle est assurée par la précision de l'entaillage et de l'encastrement des bois, et leur poids.



75

inclinés, etc... qui rendront le volume indéformable (ill. 74). Une construction en ossature bois légère, qui serait mal contreventée, pourrait aller jusqu'à se coucher sous l'effet d'un ouragan.

Il en va bien autrement pour une fuste. Le problème est d'assurer la stabilité d'un empilement à la verticale d'éléments horizontaux. C'est au constructeur qu'il appartient de garantir la solidité de ses assemblages par la qualité de l'exécution, par la mise au point et le choix d'encastrement adaptés, par la parfaite connaissance des bois qu'il utilise et par le choix approprié de chaque fût.

Mais il revient, auparavant, au concepteur, de respecter les contraintes imposées par le système constructif et de le prendre comme la base de l'élaboration de son projet.

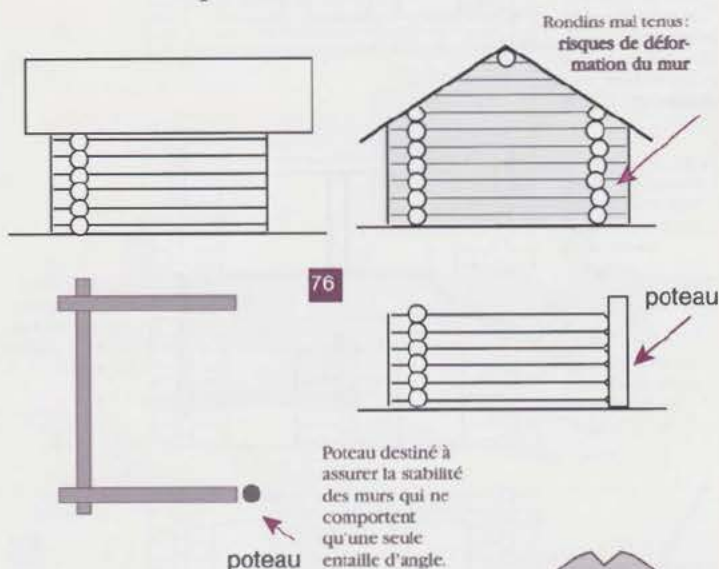
a) Stabilité du mur

On ne monte pas des rondins comme on monte des pierres ou des moellons de béton : pas de surface plane, pas de ciment ou mortier. La longueur et la hauteur maxi d'un mur en rondins doivent être limitées. Malgré l'encastrement en long, un empilement de rondins sans angle est instable, un empilement de rondins avec un seul angle est peu stable. En conséquence,

- **Constructions à trois murs** (pour abris, garages...) : les deux murs qui ne comportent qu'une seule entaille et ne sont tenus que d'un seul côté, doivent être rigidifiés, par exemple par un poteau boulonné au mur avec système de coulissage (ill. 76).

- **Murs intérieurs ne comportant qu'une seule entaille** : si ces murs dépassent une certaine longueur (2 m environ), le constructeur choisira de les maintenir en place :

- par un poteau en bout (idem ill. 76)
- par une tige filetée intérieure
- par un système de double gorge (ill. 77)
- par un boulonnage ou chevillage de chaque rondin.



Entaille longue à double gorge mise au point par le Canadien L. Beckedorf : pour les murs ne comportant aucune ou qu'une seule entaille d'angle

• **Empilement de rondins sans entaille d'angle** (par exemple entre deux portes): ils doivent être limités le plus possible (ill. 80.1).

Quand on a deux portes ou portes-fenêtres sur un mur sans refend, il est préférable :

- soit de les disposer de part et d'autre d'un poteau (ill. 80.2)
- soit de les espacer suffisamment pour pouvoir ajouter un petit mur de refend (ill. 80.3).

Quand on a plusieurs fenêtres ou une fenêtre et une porte sur un mur sans refend :

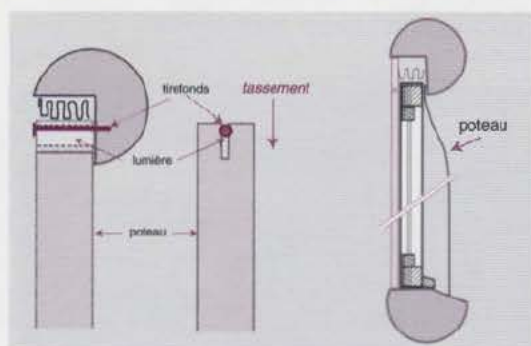
- soit les espacer suffisamment pour que la distance entre chacune soit d'au moins 1 m,
- soit les accoler de part et d'autre d'un poteau (ill. 80.4, 5, 78 et 79).

Pour tous les rondins sans entaille d'angle, le constructeur veillera à utiliser des bois ayant la fibre la plus rectiligne possible.

Deux petites fenêtres hautes accolées de part et d'autre d'un poteau : une impression de verticalité offrant un contraste heureux avec l'horizontalité des bois



Photo C. Bouchard

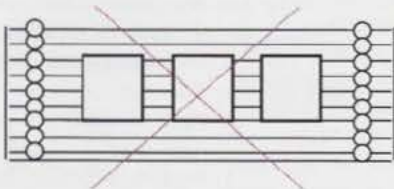


79

Montage d'un poteau entre deux menuiseries: le poteau vertical doit permettre au linteau de coulisser.

80

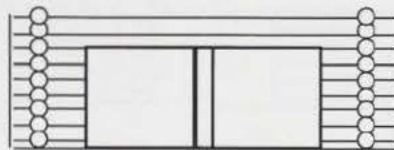
A éviter: fenêtres trop rapprochées, empilements trop étroits et instables. Et si l'on ne peut éviter cette disposition, faire le montage des fenêtres avec poteau (cf. p. 23, 26)



1



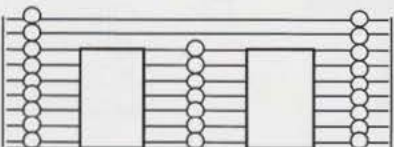
On peut grouper deux portes et les accoler de part et d'autre d'un poteau...



2



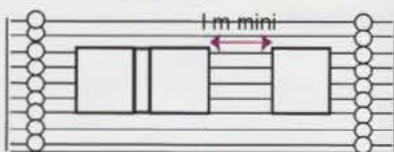
... ou bien les écarter et les séparer par un mur de refend.



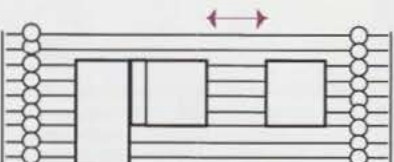
3



Il faut une longueur de 1 m mini entre deux menuiseries sans refend. Deux fenêtres, ou bien une porte et une fenêtre peuvent être groupées autour d'un poteau.



4



5



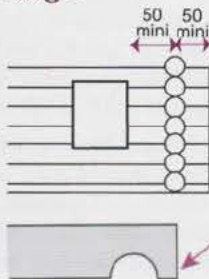
b) Solidité de l'entaille d'angle

Les entailles d'angle ou "têtes" de chaque bois sont des parties creusées, donc fragiles. Si les bouts débordants sont coupés trop près de la tête, ils risquent de se cisailier. Pour ne pas les affaiblir davantage, il faut :

- que les bouts débordants à l'extérieur soient **au moins de 50 cm** de long, mesuré à l'axe du mur (ou plus, en fonction du diamètre des bois),
- que les menuiseries ne soient pas situées **à moins de 50 cm de l'axe du mur** (ou plus, en fonction du diamètre des bois).

Les codes internationaux tolèrent une largeur légèrement inférieure : $25 \text{ cm} + 1/2 \text{ du } \varnothing$ moyen des rondins, soit 40 cm pour des bois de 30 cm (cf. *Règles de base de l'Art de la fuste*, ci-dessous p. 140, par. 12).

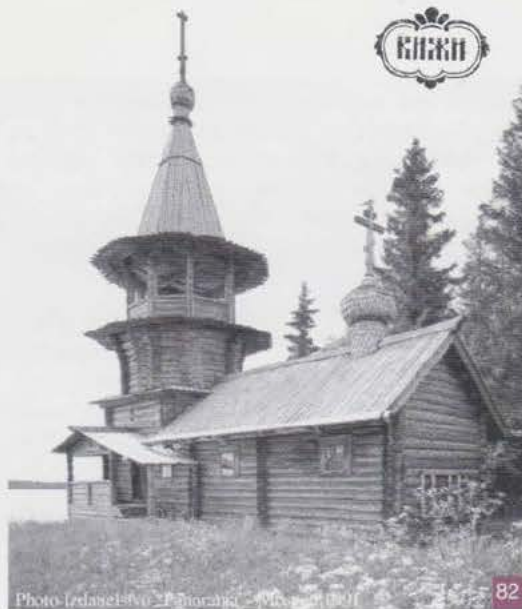
On sait (cf. AF 4 p. 77) que la longueur des débords conditionne la solidité d'une entaille d'angle. Mais il est possible de réduire cette longueur, si l'on construit la fuste, non pas avec des entailles creuses classiques mais avec des entailles tenonnées.



Il y a risque de cisaillement si le débord est trop faible

81

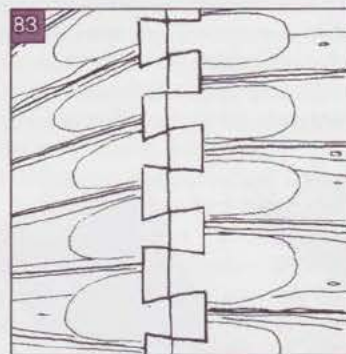
50 cm mini à l'axe pour les bouts débordants et la distance entre mur et menuiserie



82

Si l'on casse les 4 angles d'un carré, on obtient un octogone (cf. p. 63, n° 5)
Chapelle du Signe de la Vierge,
18^e s., Khijj

Entailles en queue-d'aronde, aux bouts arasés, qui peuvent être utilisées dans le cas de murs assemblés en angles obtus



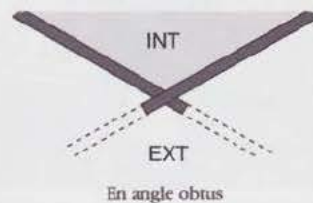
c) Angles droits et angles obtus.

Les angles d'une maison en rondins sont-ils obligatoirement droits? Non bien sûr. Ils sont le plus souvent droits parce que c'est le plus évident à concevoir, le plus simple à habiter, le plus économique, et c'est ce qui correspond le plus intrinsèquement au matériau. Réaliser une entaille à angle obtus demande plus de dextérité... et plus de bois.

Les espaces géométriques fermés réalisés à partir de rondins assemblés en angles obtus sont l'hexagone (ill. 86, 87) et surtout l'octogone. Les tours, bulbes et clochers des églises russes sont souvent réalisés en octogone (comme celui des églises en pierre d'Europe de l'ouest est réalisé en cercle) et s'élèvent à partir d'une base carrée (ill. 82). Notons que les entailles sont souvent, dans ce cas, réalisées en queue-d'aronde pour supprimer les

84

Espaces intérieurs délimités par des murs assemblés en angles droits et en angles obtus.



75



Pour croiser trois murs selon un angle obtus :

1 Solution impossible, car on ne peut superposer trois bois à entailler



2 Il faut décaler le troisième mur de refend...



... ou accoler les trois murs autour d'un poteau central

débords des angles, assez disgracieux et d'autant plus lourds qu'ils sont au nombre de 8 au lieu de 4. L'espace intérieur formé par ces figures se rapproche du cercle qui, dans les sociétés rurales traditionnelles est plus réservé au domaine du sacré qu'à l'habitat de l'homme (sauf les habitats nomades ou provisoires, proches de la nature, comme tepees, yourtes, huttes...).

Quoi qu'il en soit, il est possible de concevoir des constructions en totalité ou en partie à partir d'angles obtus, à condition :

- de faire en sorte que **le nombre de murs soit pair**, car la construction en bois empilé se fait en général par demi-tours successifs. On a vu (cf. AF 4, p. 107) qu'il est possible de construire avec un nombre impair de pièces de bois par tour, mais cela impose des contraintes importantes de choix de bois.

Pour éviter ces difficultés, il est souvent préférable de concevoir le plan en introduisant un poteau d'angle, de préférence coulissant, donc non porteur, ce qui simplifie le problème des pièces impaires, évite les entailles d'angle ouvert, et apporte beaucoup d'élégance à une architecture en bois horizontal. car la construc-

tion se fait obligatoirement par demi-tours successifs. Si le nombre de murs est impair, il faut soit ajouter un muret supplémentaire, soit prévoir que deux murs viennent se rejoindre sur un poteau (ill. 85.3)

- que les espaces prévus soient **suffisamment vastes** : les refends en angles obtus créent obligatoirement leurs complémentaires, des angles aigus ; le prolongement des débords de ces murs créera des surfaces à angles aigus peu fonctionnelles (ill. 84).

- par ailleurs des difficultés peuvent se rencontrer si on veut passer d'un croisement en oblique à un croisement en angle droit, car il est impossible de réaliser un assemblage à 3 murs croisés (ill. 85.1). Deux solutions :

- soit réaliser un cloisonnement en structure verticale,
- soit décaler le mur de refend en rondins (travail supplémentaire et perte de place) (ill. 85.2).

c) Poteau d'angle entre deux fenêtres ou baies.

Très séduisant, le poteau d'angle est une solution magnifique pour apporter un surcroît de lumière dans la maison.

Sa conception est pourtant délicate.

Si le poteau est porteur, on devra prévoir un système de coulissage au moyen de coins à enlever situés dans l'espace de tassement. On ne peut envisager un vérin métallique disgracieux en pied de poteau.

On préférera toujours un poteau d'angle non porteur, et dans ce cas, la charge supportée par l'angle du mur sera reprise par un poteau extérieur avec vérin métallique sur terrasse ou coulissage (poteau de Samson).



86 Très belle charpente vitrée, et tour en hexagone au bord du Lac Supérieur (Réal. Brooks Minde)



87 Au rez-de-chaussée de la tour hexagonale, un séjour très lumineux



Poteau d'angle entre deux vitrages fixes

8ème contrainte : La logique du plan

Le caractère massif du bois brut et son mode de mise en œuvre, très artisanal, demandent une conception simple, claire, rigoureuse.

L'essentiel du coût d'une fuste repose sur le travail, qui est proportionnel à la longueur des bois à entailler et aussi au nombre d'entailles d'angle à exécuter (cf. p. 107-108). Mais, on l'a vu, comme la longueur des bois est limitée, c'est par des murs de refend et des décrochements que l'on multiplie sa surface. Il faut donc arriver à un compromis harmonieux pour limiter le travail sans compromettre la structure.

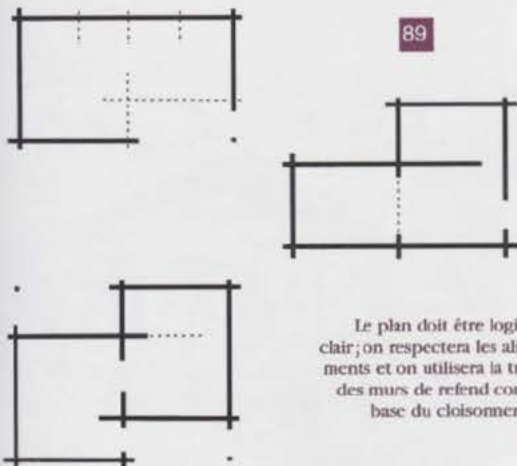
On cherchera donc à aligner le plus possible les axes des murs, en se servant des croisements d'angles pour prolonger un mur et fermer ainsi un espace. On bannira les longs couloirs étroits. On créera de grands volumes ouverts, on limitera les cloisonnements au strict nécessaire. On essaiera le plus possible de "percer les murs" d'une pièce à l'autre pour donner une impression de profondeur (par un bar, un "passe-plat" entre cuisine et séjour, une "fenêtre" entre chambre et séjour, une découpe ronde ou octogonale entre salon et bureau, une cloison mobile...)

On réalisera les cloisons des petites pièces (W-C, celliers, entrées...) en système plus léger (ossature-bois par exemple), chaque fois que la structure ne demande pas la présence d'un mur porteur en rondins. Et on en profitera pour placer de préférence sur ces cloisons légères revêtues du matériau de finition approprié, les équipements sanitaires et de cuisine.



Le concepteur doit prendre comme base de travail la logique du système constructif

Certes, on est souvent déconcerté par ce matériau qui impose tant de contraintes, avec lequel on a le sentiment de ne pouvoir « rien faire ». On ne peut le mouler à ses caprices comme le béton, l'empiler comme des parpaings, l'échafauder comme du métal, le projeter dans les airs comme une structure légère de bois scié, lui faire prendre angles et courbes selon son imagination. L'architecture moderne doit se montrer imaginative pour compenser la pauvreté des matériaux qu'elle utilise. Mais la beauté est déjà présente dans ce matériau naturel et brut. Avec du rondin brut, il n'y a pas de mérite à concevoir une belle construction, mais il n'y a pas d'excuse non plus pour en réaliser une laide. Alors reposez-vous, architectes, concepteurs ; faites simple, faites modeste. Ce sont les fûts de nos forêts, comme autrefois les pierres de nos terres, qui dicteront leur volonté. Faites leur confiance. Une texture riche s'accommode très bien d'une architecture simple.



Le plan doit être logique, clair; on respectera les alignements et on utilisera la trame des murs de refend comme base du cloisonnement



91
Toitures herbeuses étagées.
Esquisse de Camille Houdart

Quelques questions:

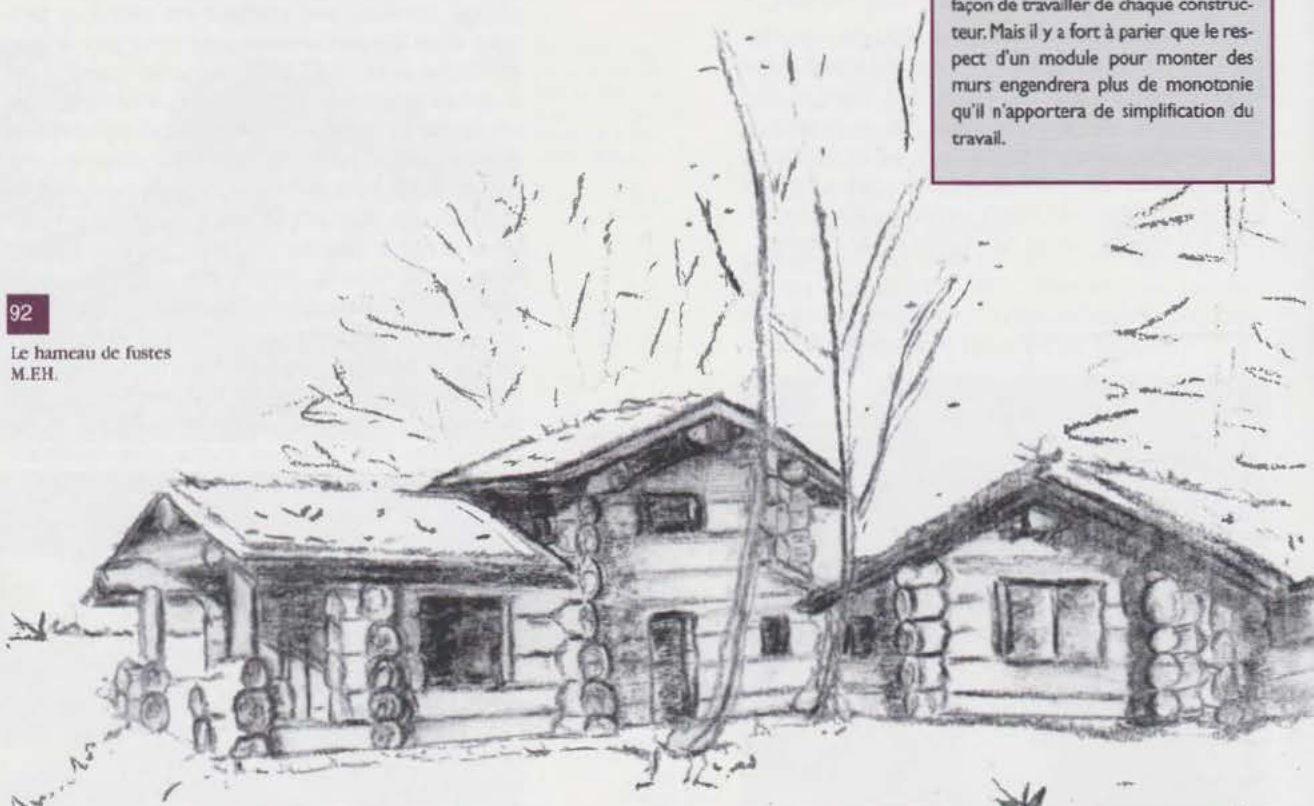
• Peut-on réaliser uniquement les murs extérieurs en rondins et le cloisonnement intérieur en cloisons légères?

Tout dépend de la taille de la maison. Si sa longueur doit dépasser 7 m, un mur de refend et/ou un décrochement seront nécessaires: on en profitera pour réaliser un cloisonnement intérieur. La distribution intérieure doit être guidée constamment par la structure.

• A-t-on intérêt, pour concevoir une maison en rondins, à créer des modules, une trame?

Il peut être intellectuellement satisfaisant, pour le concepteur, de créer un module (5 m x 5 m par exemple) pour en faire la trame de sa conception. Mais il n'est généralement pas dans l'habitude d'un constructeur, vu la nature de son matériau et sa recherche constante d'en tirer parti le mieux possible, de découper ses rondins en série à longueur précise. Les fûts ne sont pas non plus débités à longueur à la machine. Tout dépend de la façon de travailler de chaque constructeur. Mais il y a fort à parier que le respect d'un module pour monter des murs engendrera plus de monotonie qu'il n'apportera de simplification du travail.

92
Le hameau de fustes
M.E.H.





Le bois brut

C'est peut-être en effet entre ces deux termes extrêmes, dans la tension de cet espace ouvert, entre la pure géométrie issue de notre concept et la matière pesante et impénétrable qui résiste et qui dure, que l'architecture par la façon dont elle dramatise cette lutte de l'esprit avec la matière trouve en nous l'écho qui l'élève au rang de l'art le plus complet.

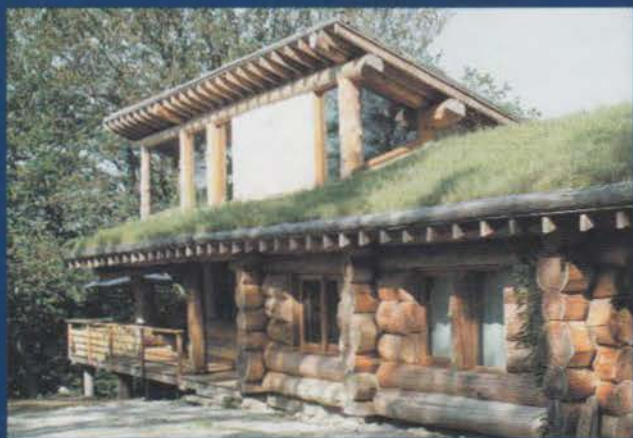
Stéphane Gruet

matériau d'exception :

Même mis en oeuvre dans une construction, il reste arbre plus que matériau.

Et à l'arbre, aux arbres qui font la construction, nous rattache toute notre culture.

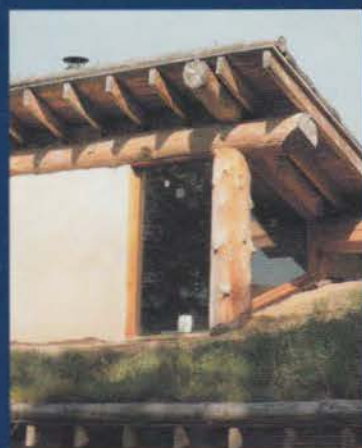




C'est un jeu équilibré de lignes horizontales et verticales.

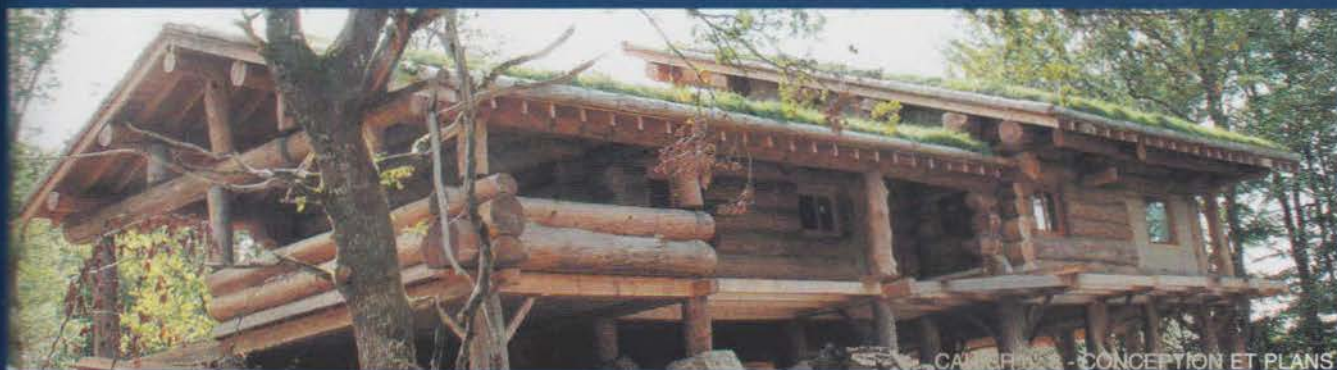
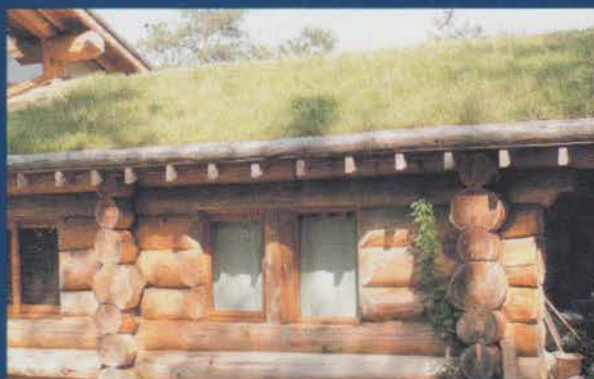
L'horizontalité, soulignée par la fuite des lignes d'ombres parallèles, la rend calme, reposée et reposante, proche de la terre.

La verticalité de ses poteaux et pilotis la hissent, comme les arbres, ou comme les colonnes des temples, vers le ciel, la lumière, l'espoir.





Les croisements peuvent surprendre par leur sincérité, leur honnêteté qui ne veut rien cacher. Et ils ont, c'est vrai, un côté humain qui touche et qui rassure : ils évoquent l'union, à l'image de deux mains qui se croisent.





Ouvrir, dédensifier, rendre plus fluide un espace,
libérer, alléger, élever les volumes, assembler le
bois brut simplement et naturellement avec d'autres
matériaux...

C'est possible grâce au poteau.





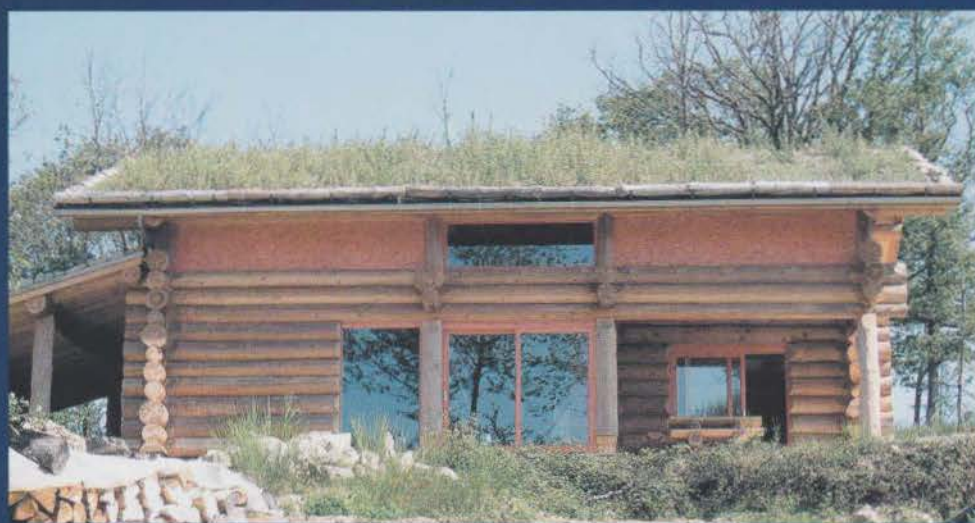
Alors on peut combiner empilage horizontal
et légèreté verticale, chaleur et lumière,
protection et énergie.



*« Je ferai une beauté par contraste, je trouverai la contrepartie,
j'établirai un dialogue entre la rudesse et la finesse, entre le terne et
l'intense, entre la précision et l'accident. »*

Le Corbusier





Une construction en bois brut, dont la technique, "domestiquée", n'est ni camouflée, ni dissimulée sous un revêtement, se révèle sans orgueil ni honte de sa raison et des lois qui lui sont propres.





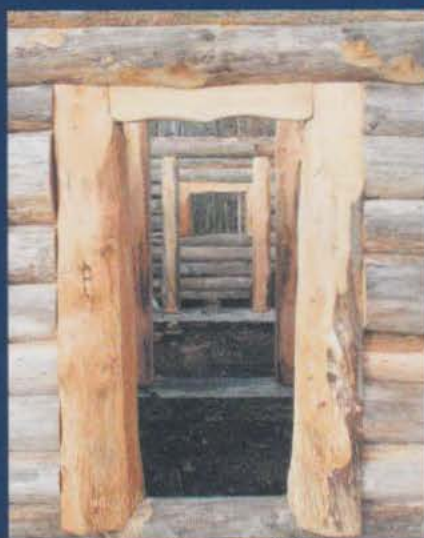
Elle est marquée par un matériau fort, et aussi par une mise en oeuvre qui insiste sur sa vraie nature : des arbres, dont les lignes horizontales soulignent les troncs et la texture, dont les croisements d'angles et les débords d'angle révèlent la chair profonde et la structure.





*"La ligne droite est un danger
créé par l'homme. Il y a tant de
lignes, des millions de lignes, mais
une seule est mortelle, et c'est la
ligne droite tracée à la règle"*

Hundertwasser



Dans un monde où règne
l'abstraction, le concept, le virtuel,
l'homme aspire à retrouver, par les
sens et l'imaginaire, **un contact plus**
poétique, plus symbolique avec le
monde, à **renforcer** cette conscience
d'être là au monde que de partout il
a le sentiment de perdre, dont il se
sent de plus en plus coupé.

Et c'est dans la confrontation
délibérée des contrastes entre rudesse
et finesse, matière et esprit, propre à
toute architecture en bois brut,
que peut naître une harmonie
nouvelle, qui réconcilie ce que
chacun porte en soi, de poésie
(et de raison.

Réalisations de :

Jérôme Largeau,
Jean-Michel Wagner,
Michel Fordy,
Francis Béteille,
Pierre Madic,
Thierry Houdart

Architecte :

Camille Houdart



C'est en prenant appui sur des bases solides que l'imagination se libère ; c'est en partant du système constructif propre à la construction en rondins bruts qu'architectes et concepteurs inventeront les fustes d'aujourd'hui. Mais tous ceux qui rêvent de bâtir leur maison de rondins de bois brut peuvent aussi se lancer dans l'aventure. Puisse ce chapitre les y aider.

CHAPITRE II

Comment concevoir et dessiner une fuste

Il existe de nombreux ouvrages destinés à tous ceux qui veulent dessiner eux-mêmes le plan de leur maison. Les points abordés ici, à travers quelques exemples, concerneront essentiellement les caractéristiques propres aux fustes. Pour les néophytes, voici auparavant quelques conseils de base pour élaborer et tracer les grandes lignes de leur projet.

I. LES ETAPES DE L'ELABORATION DU PROJET

1. Bien déterminer la surface que l'on peut construire en fonction du budget dont on peut disposer :

- si l'on fait appel à un constructeur pour faire tout ou partie de sa maison, se renseigner sur les prix approximatifs/m² de surface habitable, pour une maison finie ou à finir, en faisant bien préciser les prestations comprises ;
- si on veut la réaliser entièrement soi-même, bien déterminer son budget, mais aussi ses compétences et le temps dont on dispose.

A l'ouest, auvents et grands débords de toit protégeront les bois de la fuste



Par surface habitable, on entend les surfaces fermées au rez-de-chaussée et les surfaces fermées et habitables à l'étage (c'est-à-dire celles dont la hauteur sous plafond est supérieure à 1,80 m). Notez que, s'agissant d'une fuste, les constructeurs ont généralement l'habitude de compter les surfaces à partir de l'axe des bois, car ils sont de diamètre très variable.

2. Se renseigner :

- auprès de la DDE,
- ou auprès de la Mairie si la Commune est dotée d'un Plan d'occupation des sols (POS) ou d'un PLU et dans ce cas consulter en premier lieu l'article U 11 du POS, sur les éventuelles contraintes en matière d'aspect architectural : matériaux de construction, mais aussi pentes de toit, orientation des façades, proportion des menuiseries... Le POS indique aussi les contraintes vis-à-vis des limites de par-

celles, les servitudes,... et éventuellement, pour certaines communes, le coefficient d'occupation du sol du terrain (COS), qui déterminera la surface maxima que l'on peut y construire en fonction de sa superficie (pour plus de détail sur les formalités de permis de construire, voir ch.4).

3. Etudier attentivement son terrain

a) Orientation, ensoleillement, vents dominants

Le rondin brut, qui stocke du carbone, est un matériau naturel et renouvelable qui a un comportement thermique exceptionnel. Il se prête à la conception de maisons bioclimatiques très économes en énergie.

- Il est en effet isolant au sens classique, c'est-à-dire qu'il **freine les échanges de température** (chaud-froid, froid-chaud) entre intérieur et extérieur. Cette caractéristique se mesure par le coefficient de résistance thermique R.

- Mais il a par ailleurs la capacité, assez exceptionnelle parmi les matériaux naturels, de **freiner les pertes de chaleur** par sa masse thermique (cf.ci-dessous ch.3 p. 85 sq). Pour économiser les sources d'énergie artificielles, il est donc particulièrement important qu'une maison en rondins bruts puisse bénéficier de l'apport naturel extérieur qu'est le soleil et qu'elle soit donc conçue de façon à ce que les murs extérieurs reçoivent un maximum de soleil en saisons froides. Le soleil du matin (qui vient de l'est) est tout particulièrement appréciable, hiver comme été, pour compenser le refroidissement nocturne, tandis qu'il faut se protéger, en été, du soleil du sud et de l'ouest.

On devra, également, abriter la maison du froid, des vents et de la pluie. En zone océanique, on veillera essentiellement à protéger les bois contre les pluies apportées par les vents d'ouest, tandis qu'en zone de montagne, on fera en sorte de protéger la maison de la bise du nord.

On privilégiera donc généralement, pour les pièces principales, une exposition sud-sud/est, "au soleil de dix heures", comme disent les anciens. A l'est-sud/est seront placées les pièces où l'on souhaite recevoir la lumière du matin : séjour, cuisine-coin petit déjeuner, bureau ... (selon son mode de vie). L'ouest sera abrité des

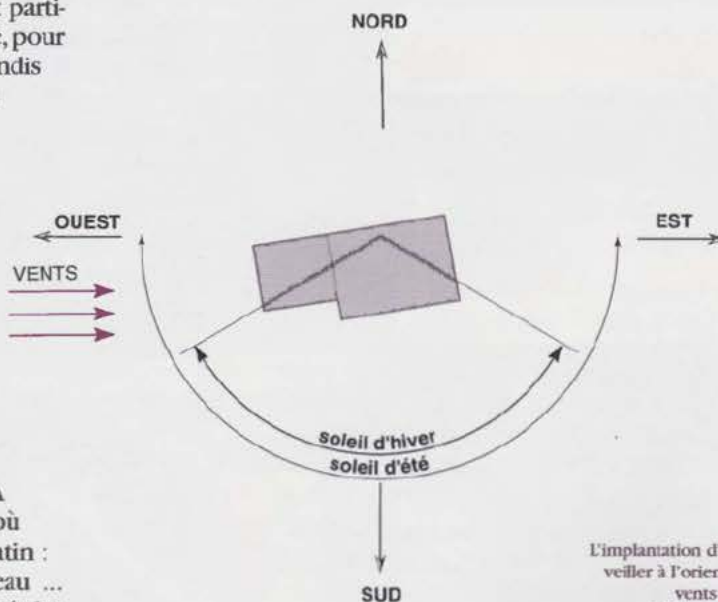


Maison basse, blottie dans un creux, protégée de l'ouest par la colline boisée

vents et de la pluie soit par une aile basse, soit par un auvent, un appentis, un garage... Le sud-sud/ouest sera protégé du soleil d'été par une terrasse couverte, un auvent...

Si la façade ouest de la maison est exposée en plein-vent, sans protection naturelle aucune (colline, bois, haie d'arbres...), il faudra songer à planter de ce côté une bordure d'arbres coupe-vent, des conifères de préférence, qui la protégeront même l'hiver.

Si l'est, au contraire, est boisé, il faudra faire un choix entre le soleil... et les arbres. Le plus raisonnable sera de n'y sauvegarder que des arbustes qui laisseront passer tous les rayons du soleil. Au sud-sud/est, des arbres à feuilles caduques pourront donner leur ombre d'été tout en laissant passer le soleil d'hiver (ill.90).



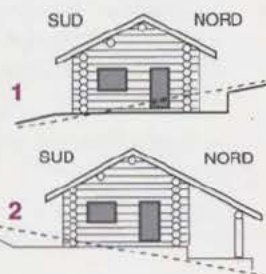
L'implantation d'une fuste : veiller à l'orientation, aux vents dominants et à l'ensoleillement.

b) La Pente du terrain

Elle conditionne aussi l'implantation de la maison et la décision de faire ou non un sous-sol.

Pente faible - Une fuste sera toujours plus belle si on a l'impression qu'elle "sort de terre". Intercaler un sous-sol en maçonnerie entre la terre et les bois revient pour ainsi dire à la couper de ses "racines". Si la pente du terrain est faible, un sous-sol serait non seulement coûteux mais pas très heureux.

Si la pente est plutôt **orientée nord-sud**, on aura avantage à décaisser à l'arrière et à remblayer légèrement à l'avant de la maison : la façade sud se trouvera ainsi de plain-pied et la façade nord sera protégée par un petit talus (ill. 97.1).



Pente orientée sud-nord : la grande pente de toit protège du froid, masque la maçonnerie et abrite un garage. (Arch. Nerinck)

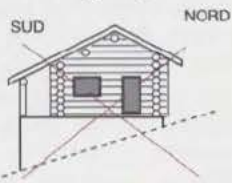


Si la pente est plutôt **orientée sud-nord** : une bonne solution est de cacher et de protéger tout ou partie de la façade nord arrière par un grand versant de toit descendant jusqu'au niveau bas : il servira de garage, abritera l'entrée du sous-sol et dissimulera la maçonnerie. La façade sud sera ainsi de plain-pied et la façade nord bien abritée (ill. 96 et 99.7).

Si la façade est dans le sens de la faîtière du toit et de la pente du terrain, on peut aussi rappeler, au niveau bas, le système constructif de la fuste par une entrée couverte en bois qui masquera la limite maçonnerie-bois (ill. 99.5, 6 et 124 p. 80).

Si la pente est plutôt **orientée sud-nord**, le terrain pourra être éventuellement décaissé et aplani par-devant, côté sud ; et l'on pourra profiter de la pente pour réaliser, légèrement en contrebas sur la façade arrière nord, un appentis/garage, avec un toit descendant très bas pour protéger du froid (ill. 97.2).

Pente forte - Dans ce cas il semble judicieux de l'utiliser pour aménager un sous-sol (c'est même parfois obligatoire dans certaines régions de montagne très enneigées), tout en évitant de « jucher » la maison sur la maçonnerie (ill. 98). On tâchera soit d'intégrer le plus possible la partie maçonnerie à la partie bois, soit de la placer en retrait par rapport à la partie bois.



Eviter de donner l'impression que la maison est posée sur un cube

Si la pente est plutôt **orientée nord-sud**, on pourra prévoir une terrasse en façade et/ou en pignon (côté sud, est et/ou ouest selon le terrain) : elle pourra être supportée au niveau 0 par des poteaux en rondins et éventuellement des croisillons (ill. 99.1, 3, 4) rappelant le système constructif du niveau 1 (la maçonnerie passera ainsi dans l'ombre à l'arrière-plan de la terrasse).

On pourra prévoir également que la partie rondins soit en porte-à-faux par rapport à la partie maçonnerie, qui sera de même reléguée à l'arrière-plan (ill. 99.2).

97 La pente de terrain est faible : décaissement et remblai discrets créeront la place de la maison.



c) La nature du sol

Les études de géobiologie tendent à montrer que la nature géologique du sol a une grande influence sur l'habitat. Ce n'est pas le lieu de traiter ici de cette question qui déborde notre sujet. Pour tous ceux qui sont sensibles à ces problèmes, nous ne pouvons que renvoyer aux études des spécialistes en ce domaine.

d) La vue

Une «belle vue» suppose souvent une position dominante, c'est-à-dire très exposée aux vents et à la pluie. Pour une construction en rondins ou en bois en général, ce ne doit pas être le critère déterminant. Il vaut sans doute mieux privilégier le confort et la préservation de sa maison plutôt que le plaisir des yeux.

Une maison en rondins est faite pour se blottir ; elle aime se fondre dans le paysage, pas le dominer. Gardez-lui sa nature et placez-la en creux, avec vue sur un beau jardin plutôt que sur un vaste paysage. Mais si vous pouvez concilier les deux, c'est encore mieux ...

e) Les accès

Pensez au sens et à la commodité d'accès, par rapport à la route : celui des véhicules (l'emplacement du stationnement est à mentionner sur la demande de permis de construire), et celui des habitants et de leurs visiteurs.

Mais pensez aussi, et c'est capital, aux contraintes de construction : si la maison est réalisée par un constructeur, les bois seront livrés par une semi-remorque qui devra accéder jusqu'au site. La voie d'accès devra donc être suffisamment large et stable (même par temps humide...). Un emplacement sera prévu pour décharger et stocker les bois ; il devra être situé dans le rayon d'action de l'engin de levage (grue, camion-grue...) avec lequel sera effectué le remontage. Pensez également à l'emplacement de cet engin (à voir avec le constructeur). Si ces conditions ne sont pas bien étudiées, il faudra compter des frais de manutention supplémentaires.

4. Faire "l'organigramme" du projet

En fonction de toutes ces données, (surface de la maison, contraintes administratives, caractéristiques du terrain...) il est utile de faire un «organigramme» du projet, c'est-à-dire

de répartir la surface habitable dont on veut disposer entre les différentes pièces nécessaires et de les disposer sommairement les unes par rapport aux autres (ill. 100).

Exemple : on souhaiterait une maison de 120 m² habitables, comprenant :

- 1 séjour ± 40 m²
- 1 cuisine ± 12 m²
- 1 chambre ± 12 m²
- 2 chambres 10 x 2 ± 20 m²
- 2 salles de bain 8 x 6 m² ± 14 m²
- 2 WC (1,5 m x 2) ± 3 m²
- 1 cellier ± 6 m²

(+ si possible un espace de jeux/chambre d'appoint)

TOTAL = 107 m²

TOTAL + 15% (circulation) = 123 m²

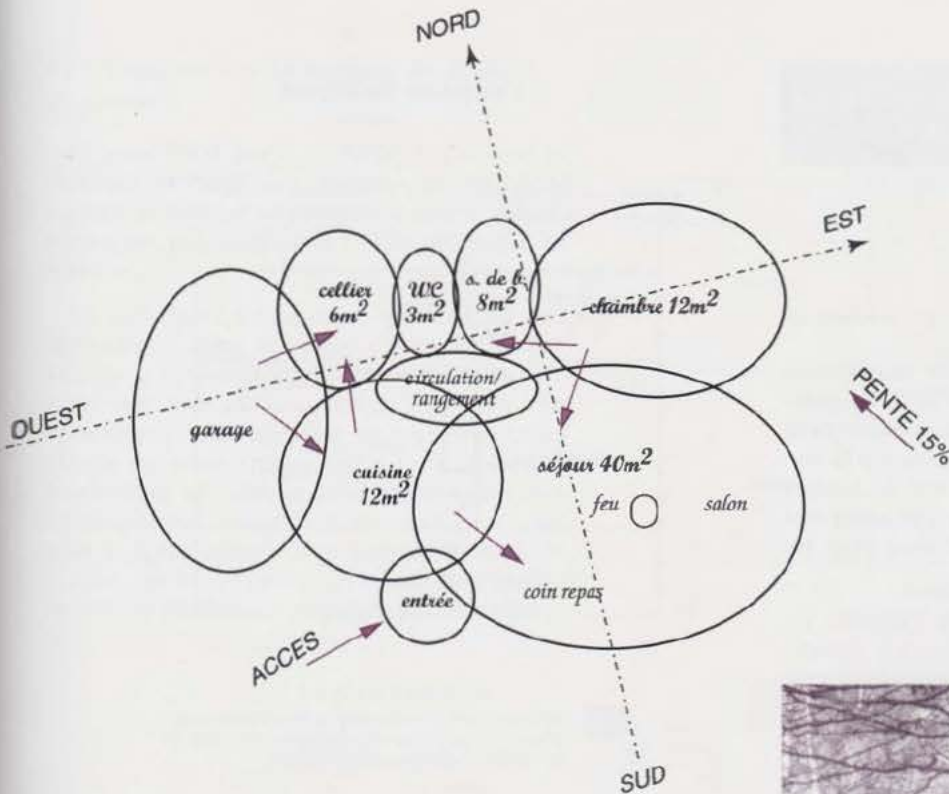
La surface obtenue après ce premier calcul, dépasse légèrement la surface projetée sans espace de jeux. Il faudra l'adapter. Mais on pourra sans doute compter, à l'étage, avec les parties en combles qui agrandiront notablement chambres, salle d'eau... et qui permettront peut-être de dégager quelques mètres carrés pour aménager une petite mezzanine. L'élaboration du plan sera un aller-retour entre le souhaitable et le possible, dont le résultat devra autant à la créativité qu'au sens pratique.

On peut disposer ensuite, en cercles schématiques plus ou moins grands, les différentes pièces de la maison en fonction de l'orientation, de la vue, des accès, de la circulation entre elles..., sans oublier les espaces de vie extérieurs que sont les terrasses couvertes, auvents, appentis de rangement qui, ne serait-ce que pour des raisons de protection, font intrinsèquement partie de l'architecture d'une fuste et la prolongent. Essayez de grouper et de superposer autant que possible les pièces d'eau (économie de plomberie) .

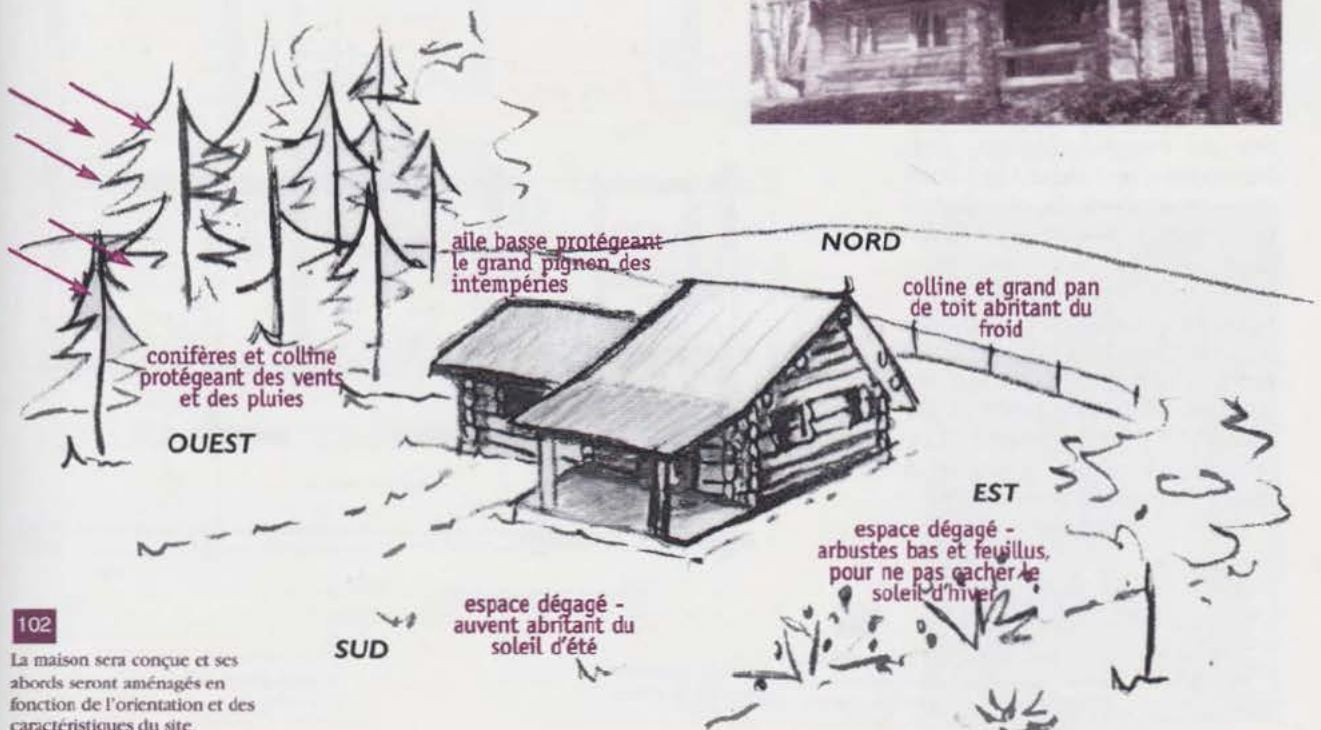
On passera ensuite au plan proprement dit. L'étude de quelques plans d'amateurs aidera à comprendre comment s'y prendre pour concevoir une fuste, à manipuler astucieusement l'espace délimité par ces gros bois, à éviter les défauts les plus courants et à dessiner une maison harmonieuse, bien pensée et adaptée à la technique de construction en rondins bruts.

100

Faire l'organigramme d'une maison = déterminer schématiquement tous les éléments à prendre en compte dans le projet : surfaces, accès, orientation, disposition, circulation...



Gîte au bord du lac : chênes et bouleaux apportent leur fraîcheur à cette maison d'été. Une occupation hivernale demanderait sans doute d'en sacrifier quelques-uns.



102

La maison sera conçue et ses abords seront aménagés en fonction de l'orientation et des caractéristiques du site.

II. QUELQUES PRINCIPES À BASE D'EXEMPLES

1. Comment dessiner

a) Dessiner tout à l'échelle : 1^{er} exemple

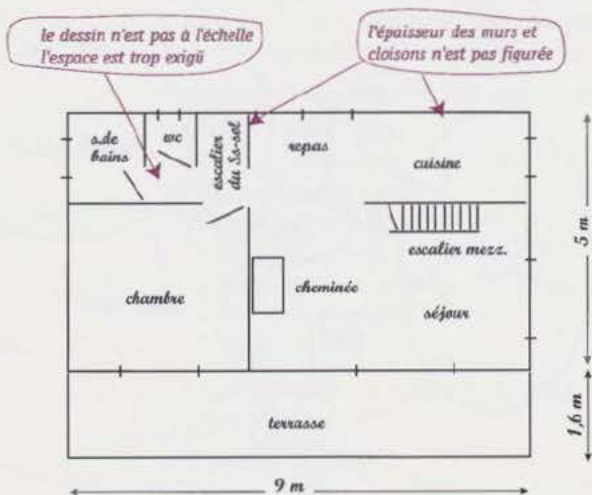
Les rondins bruts «prennent de la place» et s'assemblent de façon particulière. Les figurer par des lignes est totalement trompeur et peut mener à des erreurs d'appréciation sur la surface que l'on souhaite, donc sur le budget nécessaire. Il faut dessiner leur épaisseur (en fonction du calibre envisagé) ainsi que les croisements d'angle.

Il faut dessiner également à l'échelle les portes, WC, escaliers ... ainsi que les équipements (lits, baignoires, éléments de cuisine), sans oublier les gros meubles que l'on veut caser à tout prix ! (cf. quelques dimensions p. 55)

Bien distinguer les cloisons en rondins des cloisons secondaires beaucoup moins épaisses (10-15 cm).

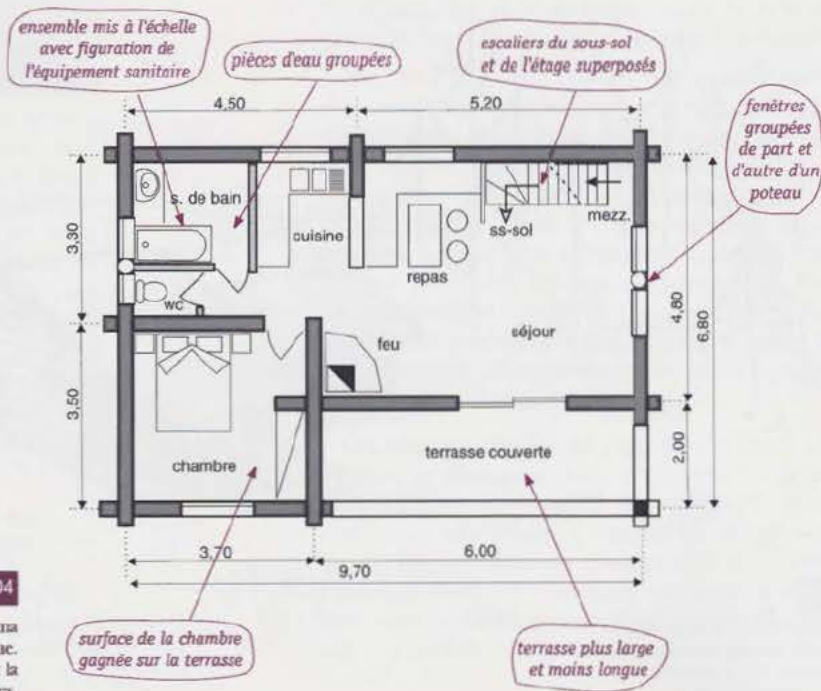
La mise à l'échelle de cette esquisse de plan et la figuration des rondins avec leur épaisseur et leurs croisements d'angle a montré que la surface consacrée à l'ensemble salle d'eau/WC/escalier du sous-sol/chambre était beaucoup trop exiguë. On a donc été amené, pour la chambre, à gagner sur la longueur de la terrasse, qui a été en compensation élargie (elle est ainsi plus habitable). Les deux escaliers, celui montant de la cave et celui menant à la mezzanine ont été superposés et la cuisine a été réunie à l'ensemble salle d'eau-WC, ce qui dégage le séjour et réduira les coûts de plomberie.

L'esquisse de départ



103 Attention : faire le schéma de sa future maison en traçant de simples lignes peut induire en erreur sur les surfaces véritablement nécessaires...

Le plan réétudié



104

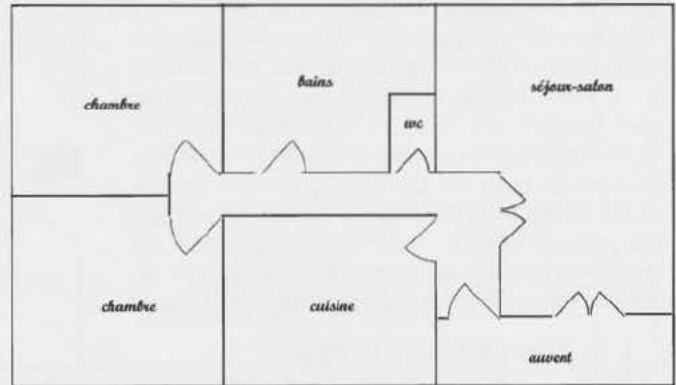
La mise à l'échelle de ce schéma oblige à agrandir la surface prévue. Elle amène à préciser la nature et la place des cloisons intérieures.

b) S'appuyer sur la logique de la fuste :
2^e exemple

Le plan n'est pas à l'échelle, l'épaisseur et l'entrecroisement des rondins ne sont pas figurés. Sinon on se rendrait compte que le plan n'est pas, sous cette forme, réalisable en rondins.

En particulier les couloirs, qui sont à éviter dans une maison classique puisqu'ils ne servent qu'au passage, sont totalement inadaptés dans une fuste. Si l'on donne aux bois leur épaisseur, si l'on supprime un couloir pour en élargir un autre, qui de cette façon, outre sa fonction de circulation, peut servir également au rangement, on obtient un plan beaucoup plus logique, adapté à la technique, tout en conservant des proportions et une distribution intérieure similaires à celles du plan d'origine.

L'esquisse de départ

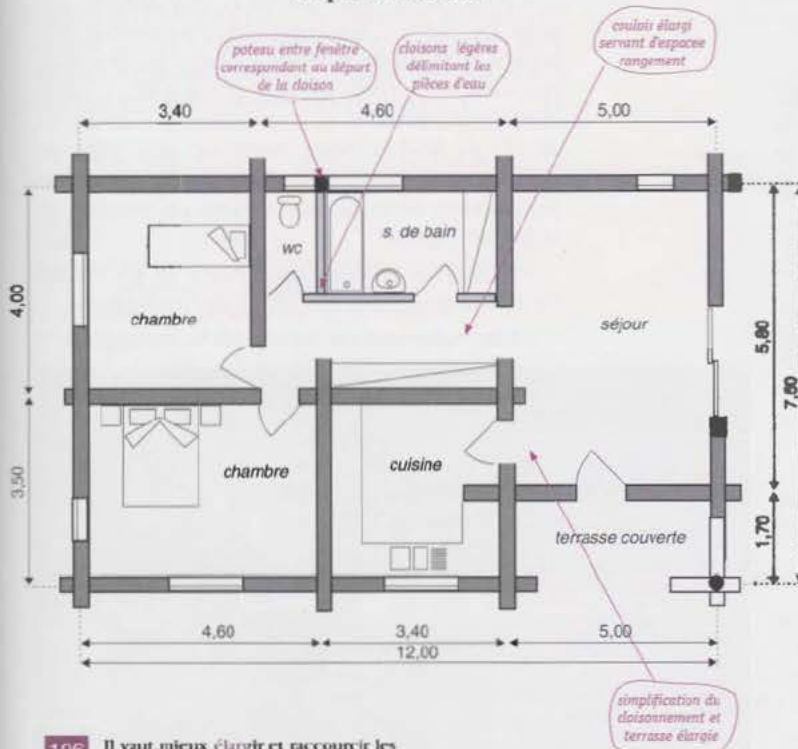


Superficie : 90 m² env

Les couloirs sont à limiter le plus possible dans une fuste.

105

Le plan réétudié



106 Il vaut mieux élargir et raccourcir les espaces de circulation, balcons et terrasses.

Quelques dimensions courantes
(en cm)

- Lit 1 pers. : 190 x 80
- Lit 2 pers. : 190 x 150
- Équipement cuisine : larg. : 60
- Dim. mini. pour WC : 150 x 80
- Douche : 80 x 80
- Baignoire : 70 x 140/180
- Lavabo : 60 x 45 env.
- Portes int. : 3 largeurs : 63, 73, 83
- Porte d'entrée : larg. 85/90
- Escalier : 80 x 270 mini



107

Poteau sur croissillon pour limiter une terrasse couverte : un des charmes des maisons en rondins bruts

c) Dessiner en élévation

Une maison n'est pas une surface, c'est avant tout un volume. Quand on a déterminé sa largeur, sa longueur, il manque encore sa hauteur. Une première esquisse de plan au sol réalisé, il faut donc «l'élever», dessiner ses «élévations» c'est-à-dire ses façades nord, sud, est, ouest, en vue frontale (de face) et non en perspective (qui donne un aperçu de ce à quoi ressemblera la maison, mais ne représente pas les dimensions réelles). Cette hauteur dépend elle-même, en premier lieu, du choix de créer un seul ou plusieurs niveaux habitables, ensuite du type de toiture retenu et de la pente qui lui sera donnée.

1. La surface habitable à l'étage.

Les procédés d'isolation ont, de nos jours, ôté aux greniers leur fonction d'espace tampon entre la maison et l'extérieur. Cet espace, maintenant disponible sous les toits pour l'habitation proprement dite, est d'autant plus important que la pente est forte ; il est négligeable si elle est très faible.

La hauteur de la construction va dépendre de la combinaison de plusieurs facteurs : la surface voulue à l'étage, la pente de toit, le sens d'orientation du faîtage et la largeur de la construction.

Si un étage est prévu, la hauteur minima à partir du sol pour disposer d'une surface habitable est, dans une fuste, de 4,65 m sous faîtière (cf. ci-dessus p. 24) (ill. 109). La pente de toit peut être imposée par la réglementation et par la nature du matériau de toiture retenu (cf. schéma des pentes de toit en % et en degrés, AF 2, p. 52). Le

sens d'orientation du faîtage peut également dépendre de l'orientation du terrain, des conditions climatiques et des règles architecturales propres à la région. Ces deux éléments sont à la base du dessin en élévation des façades. S'agissant d'une fuste, voici quelques principes simples mais utiles à rappeler :

- Pour une pente donnée et une même hauteur de murs, plus le pignon est large, plus il sera haut (ill. 108).

- Si on veut concevoir une maison «de plain-pied» (sans étage), il est économiquement plus intéressant de la prévoir

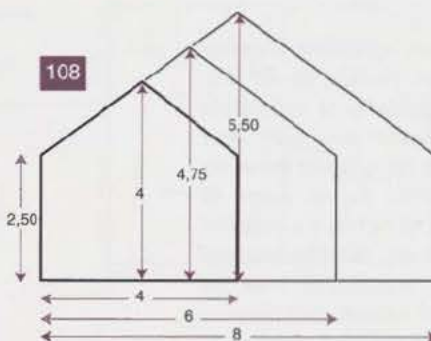
étroite, puisque l'espace en combles ne sera pas utilisé.

- Pour des pentes fortes et une grande largeur de pignon, les charpentes ne seront pas traitées en système ronds empilés, mais plutôt en structure verticale ou triangulée, c'est-à-dire indéformable (cf. ci-dessus p. 20-21 et AF 1, p. 38-42). Mais dans ce cas, plus le pignon sera large, plus il apparaîtra une disproportion entre la partie murs en ronds et la partie pignon.

- Il ne faut pas dépasser 6 à 7 m d'entraxe de mur à mur sans refend ni décrochement.

- Pour une maison à étage, il faut ajuster :

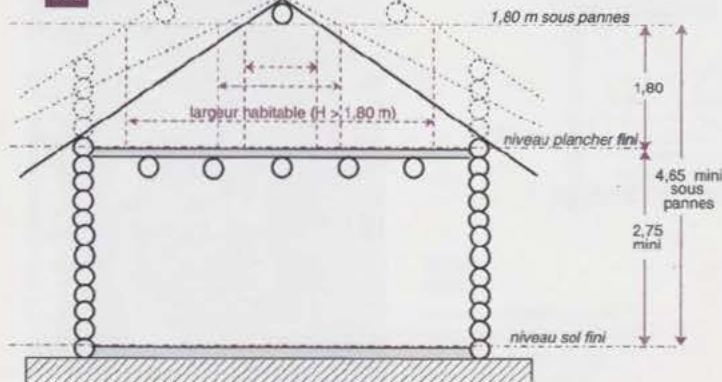
- la largeur habitable souhaitée
- la surface habitable voulue,
- la largeur du pignon,
- la hauteur des murs en ronds nécessaire au-dessus du plancher de l'étage.



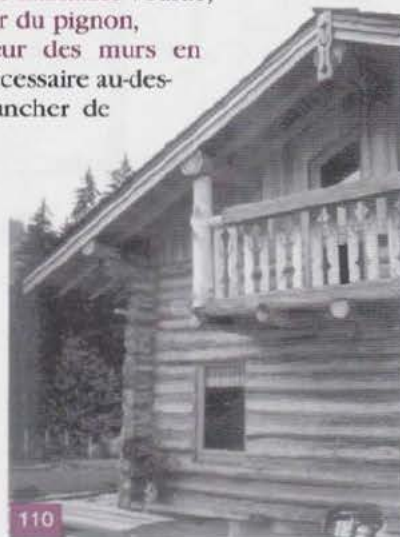
Plus le pignon est large, plus il est haut...

Surface habitable à l'étage et hauteur mini sous pannes.

109



Avec une pente de toit assez faible, la surface habitable a été obtenue en montant quelques tours de ronds au-dessus du solivage.



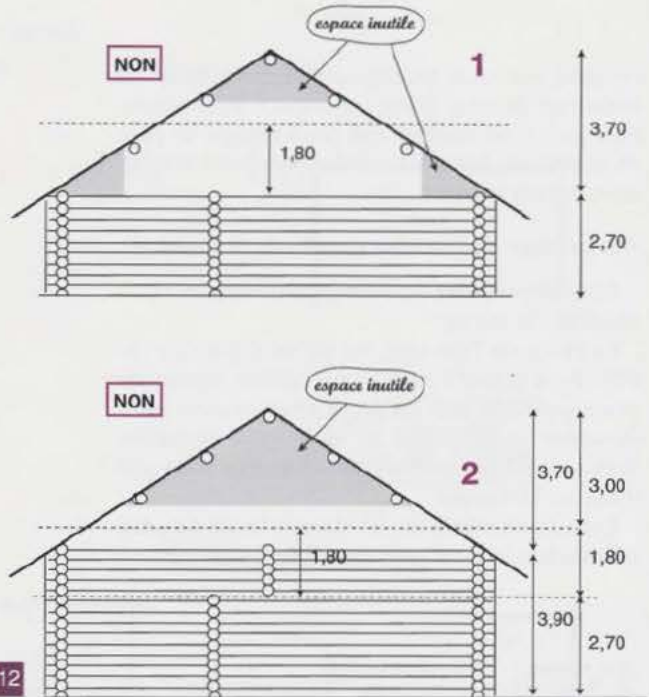
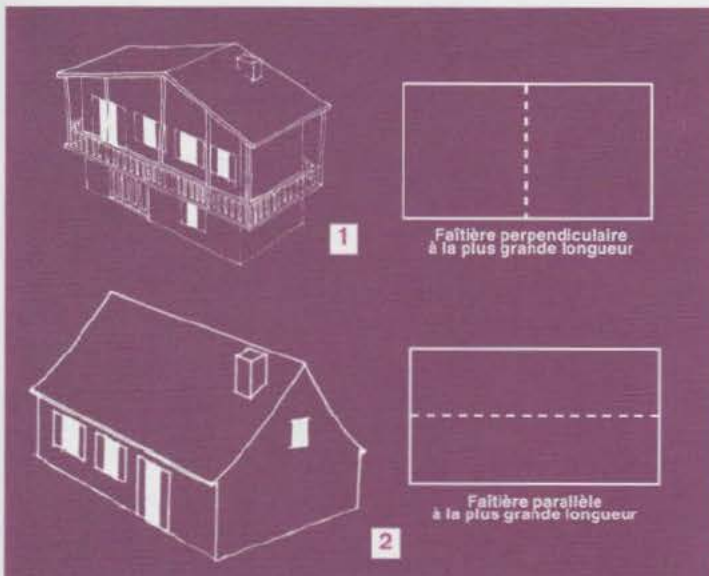
110

2. Le sens du faîtage

Si l'on part d'une forme basée sur le rectangle, la faîtière du toit peut se trouver, selon les régions et les architectures, parallèle ou perpendiculaire à la plus grande longueur de la maison ; ce n'est pas seulement un problème de climat, mais d'histoire, de sociologie, de technique... Elle est dans le sens de la plus grande longueur dans la plupart des régions paysannes de France (Bretagne, Massif Central ...) (ill. 111.2). Elle est dans le sens de la largeur dans certaines régions de montagne où l'on veut profiter au maximum de l'ensoleillement (Haute-Savoie, Savoie), dans les Landes également (ill. 111.1). Typiques du chalet suisse, les pignons larges avec leurs balcons tournés vers le soleil, marquent une architecture qui, à juste titre, n'est pas acceptée partout en France. Mais *une fuste n'est pas un chalet*. La construction en rondins bruts, pour toutes les raisons indiquées, s'adapte mal aux larges pignons. Les fustes du Queyras (ill. 174), bien qu'alpines, ont quant à elles, une forme en longueur, avec pignons étroits adaptés à la taille des fûts et à la technique de l'empilement (voir AF 1, p. 2, 3, 4).

111

Deux grandes familles d'architecture dans la construction traditionnelle européenne : le faîtage est dans le sens
• de la largeur (1) ou • de la longueur (2) de la maison
(Doc. "N'abîmons pas l'Ariège", d'après un dessin de B.Calley.)



112

Deux "contre-exemples"

La faîtière est perpendiculaire à la plus grande longueur de la maison.

III. 112.1 - Avec une pente du toit bien supérieure à 40 % et une largeur de pignon de 11 m, la charpente pignon doit être conçue en système vertical. Posé sur une hauteur de mur de rondins de 2,70 m, c'est-à-dire au niveau du plancher, le pignon a une hauteur de 3,70 m, plus importante que celle des murs eux-mêmes. Il en résulte plusieurs défauts :

- une disproportion difficile à masquer entre partie murs en rondins et partie pignon,
- un volume inexpressif et une architecture massive en "chalet savoyard" qui ne sera pas acceptée partout,
- une difficulté technique pour réaliser un pignon stable qui s'harmonise bien avec le bas de la maison : on peut prévoir une charpente classique, mais quelle unité restera-t-il entre le bas et le haut de la construction ?
- une perte d'énergie thermique si une partie de l'étage est traitée en mezzanine : la chaleur monte,
- de l'espace inutilisé dans le bas des rampants de toiture et sous la faîtière.

III. 112.2 - Un deuxième niveau, presque totalement habitable a été prévu. Mais la largeur du pignon crée un grand espace inutile en

comble, pouvant pratiquement constituer un troisième niveau. C'est un espace non voulu, non prévu au budget qui augmentera le prix de la maison. L'aspect «chalet» risque d'être ici encore très marqué.

3. La place de l'escalier et celle de la cheminée

Elles dépendent également du sens et de la hauteur du faîtage.

La place de l'escalier est ce qu'il y a de plus difficile à trouver : il doit prendre le moins de place possible tout en étant assez central pour desservir tout l'étage et doit, bien entendu, déboucher à un endroit où la hauteur sous plafond est suffisante.

Quant aux conduits de cheminée, ils doivent déboucher le plus près possible du faîtage.

2. Savoir utiliser la "grammaire" et le "vocabulaire" de l'art de la fuste

Il n'est pas interdit d'écrire ou de parler sans appliquer les règles de grammaire, mais on sera plus ou moins bien compris. On peut aussi, avec une même langue, et en appliquant les mêmes règles, écrire un courrier administratif, une lettre d'amour, un roman ou un poème. De la même façon une fuste répondra sans doute mieux à sa destination si elle est conçue selon la grammaire qui lui est propre, et à partir de laquelle chacun pourra concevoir, à sa guise et en toute liberté créatrice, la fuste qui lui ressemble.

Une charpente vitrée : une note contemporaine.



Mouvements de toitures et structures imbriquées.



Voici donc le moment venu de mettre en application cette "grammaire" pour imaginer espace et volumes qui deviendront des lieux de vie, tout en s'efforçant de répondre aux différentes contraintes évoquées : fonctionnelles, financières, administratives, techniques... Pour guider les imaginations, sont proposées, dans les pages qui suivent, différentes variations sur des thèmes qui obéissent à quelques idées simples :

- s'éloigner du type «chalet»
- éviter les symétries systématiques
- ouvrir les volumes, créer vides et reliefs.

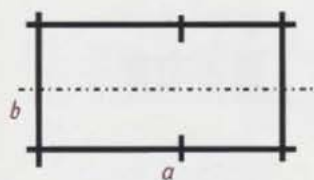
Pour procéder par ordre, ces exemples sont classés selon deux critères de base :

- le sens du faîtage par rapport à la plus grande longueur,
- la pente du toit,

qui déterminent la structure générale, le traitement des façades et des pignons (structure horizontale ou verticale), et conditionnent la façon dont l'ensoleillement ou les intempéries toucheront la construction.

Faitière dans le sens de la plus grande longueur et pente faible : un seul toit à deux pentes

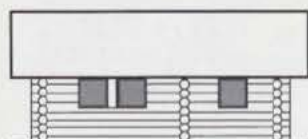
Pl 1



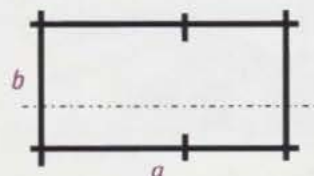
1



1b



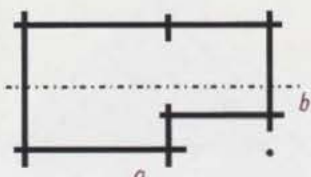
1a



2



2b



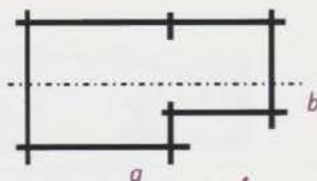
3



3b



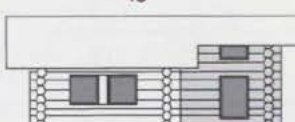
3a



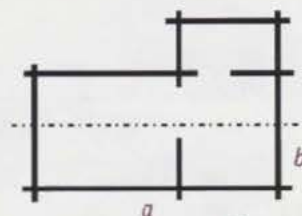
4



4b



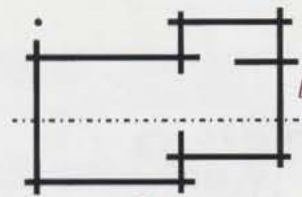
4a



6



6b



7



7b

Pour une construction de taille modeste, il y a plusieurs façons d'animer un simple plan en rectangle, en jouant sur la place de la faitière et sur des décrochements de murs et de toiture.

1, Faitière centrée ou 2, décalée par rapport à l'axe : un côté de l'étage sera plus habitable que l'autre - 3, 5, Décrochement latéral ou central des murs vers l'intérieur : on crée ainsi des espaces ouverts, mais couverts pour terrasses, entrées... - 4, Si ce décrochement est prolongé jusqu'au toit, il invite à la création d'un étage habitable - 6, Décrochement des murs vers l'extérieur : on prolonge la toiture vers le sol, et on crée ainsi des pièces plus basses, avec rampant de toiture (convient pour pièces orientées au nord/nord-ouest, buanderies, cellier, chambres...) - 7, Combinaison de décrochements intérieurs et extérieurs.

**Faitière dans le sens de la plus grande longueur
et pente faible : appentis, auvents et décrochements**



1



2



3



4



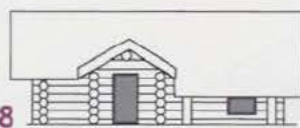
5



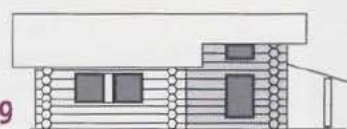
6



7



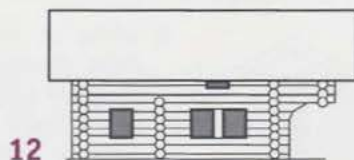
8



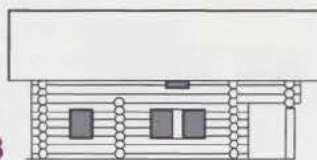
9



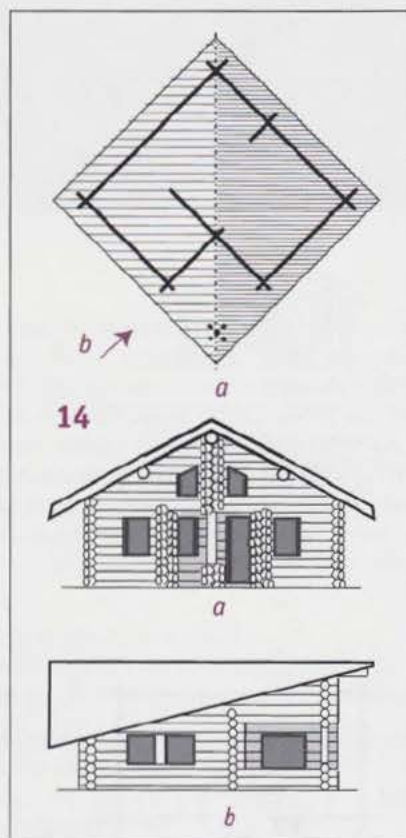
10



12



13

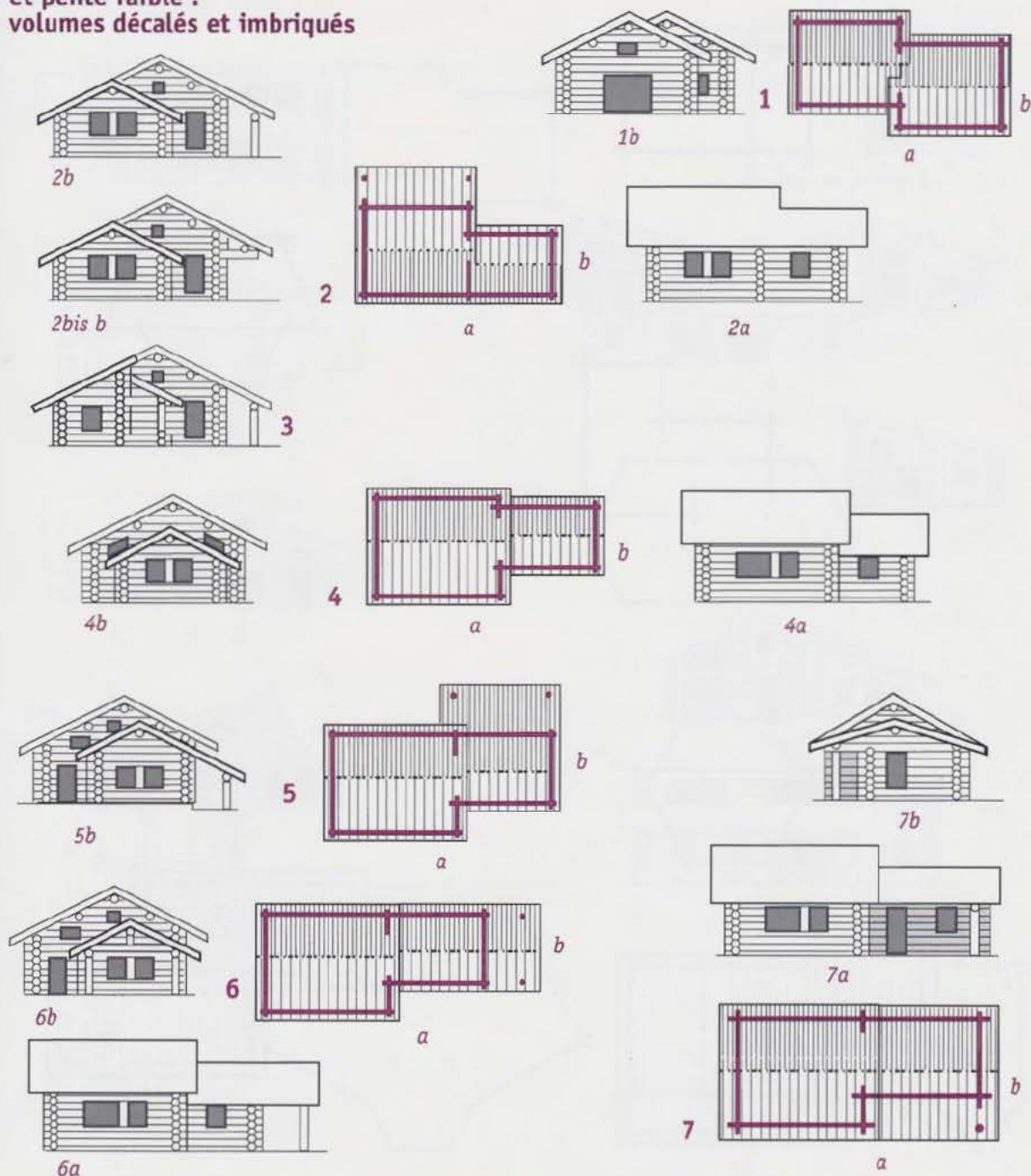


Auvents, appentis, porches ont plusieurs fonctions : protéger les bois des intempéries, créer des volumes abrités et ouverts, animer les façades. Ils peuvent être conçus de multiples façons.

1, 2, 4, Auvents en façade(s), ou **6, 7**, en pignon - **3**, Faitière décentrée avec toiture simple - **4, 5**, Création d'un pan de toiture plus bas en auvent, ou sur appentis fermé - **6**, Prolongement vers le sol d'une partie du pan de toiture en façade - **10**, Avancée du toit en porche sur le pignon - **2, 8, 10**, Avancée du toit ou auvent en noue - **12**, Prolongement des murs de l'étage en encorbellement avec porte-à-faux, ou **13**, avec poteau de support permettant une plus grande portée. La partie en saillie sera fermée ou bien ouverte en balcon - **14**, Une variante originale : faitière en diagonale sur une structure carrée.

**Faitière dans le sens de la plus grande longueur
et pente faible :
volumes décalés et imbriqués**

Pl 3

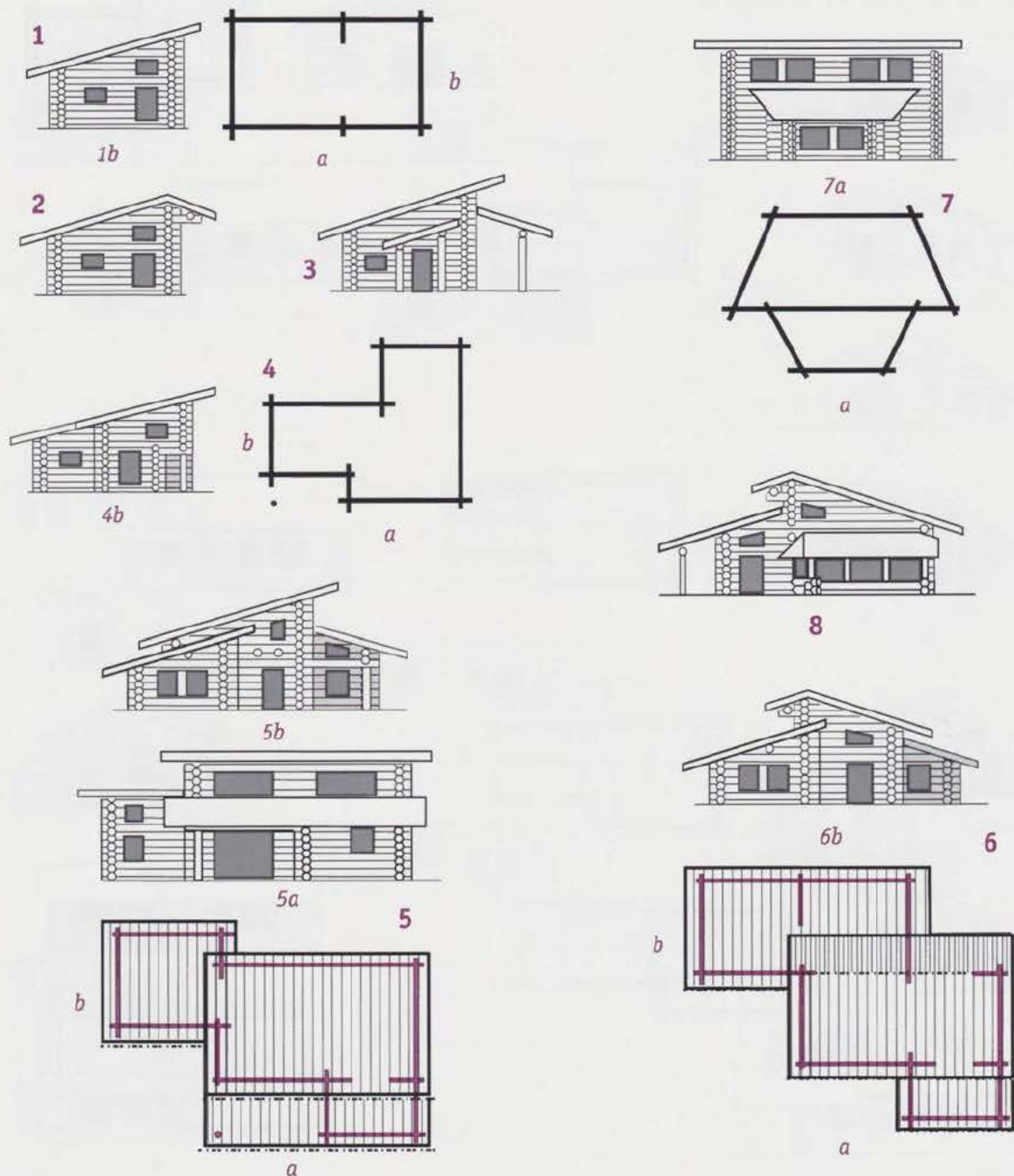


Volumes décalés et imbriqués (pour des maisons de taille un peu plus importante), au même niveau ou à plusieurs niveaux différents : on crée ainsi un espace habitable sur une seule partie de la maison.

1. Toitures dissociées au même niveau - **2.** Volumes imbriqués avec un pan de toit commun : prolongement de toit en auvent supporté par un poteau (2b) ou par une panne volante (2bis b) - **3.** Deuxième auvent dissocié et en appui sur un mur de façade - Volumes imbriqués et toitures dissociées : **4.** sans mur commun, **5, 6,** avec murs arrière alignés, et **7,** avec pentes de toit différentes, ce qui permet de créer un espace abrité.

Toitures à une pente

Pl 4



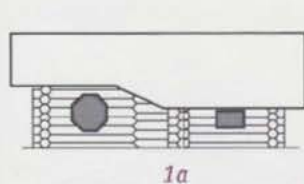
D'allure plus contemporaine, des maisons qui font pénétrer la lumière, avec jeux de toitures à une seule pente : à condition que la pente soit faible, que les façades soient assez basses et que les bois soient bien protégés.

1, Un seul pan de toit à pente faible, en site peu exposé - **2**, en site exposé, un retour de toiture est nécessaire - **3**, Pente plus forte et façade exposée : auvent en façade et en pignon sont nécessaires - **4**, Variante avec décrochement intérieur et extérieur -

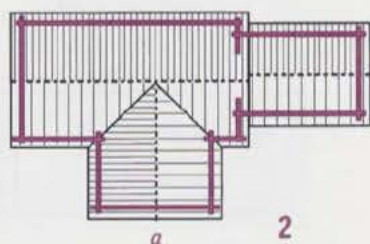
5, 6, Plusieurs volumes imbriqués avec pentes orientées diversement. Toutes les combinaisons sont possibles - **7**, De conception plus actuelle, avec des angles aigus/obtus pour tous les murs, ou **8**, seulement pour l'espace véranda.

Angles droits et obtus : formes en T, en V en Y ...

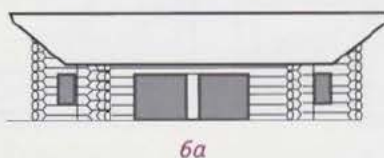
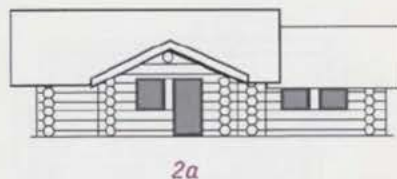
Pl 5



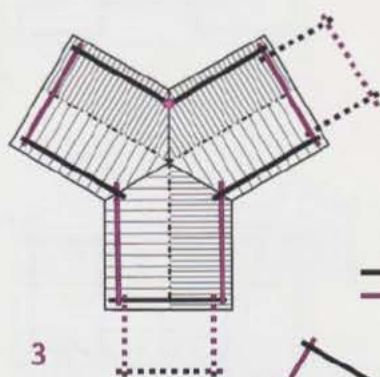
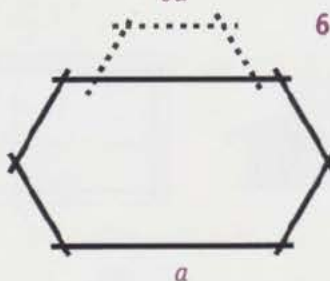
1



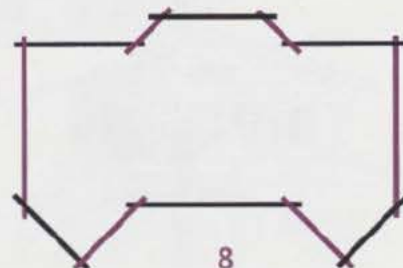
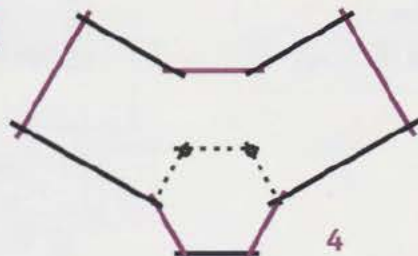
2



6



— 1er demi-tour
— 2ème demi-tour



Pour ceux qui n'aiment pas les angles droits : beaucoup de possibilités en ouvrant les angles ou en partant du triangle équilatéral, de l'hexagone ou de l'octogone

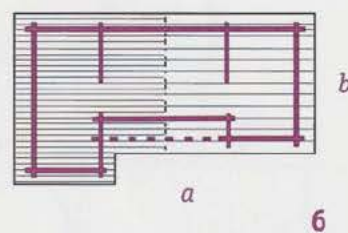
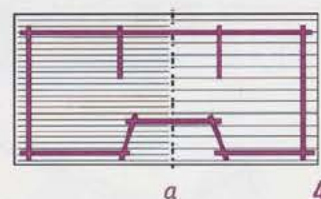
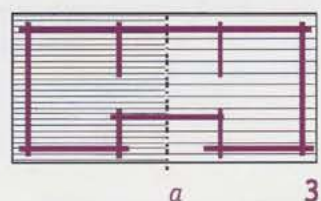
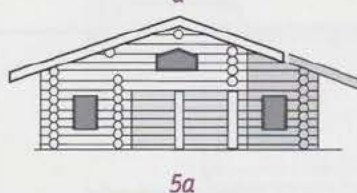
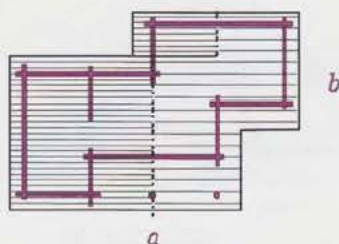
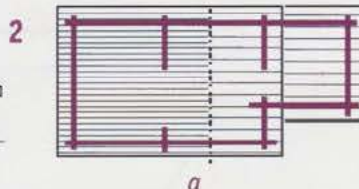
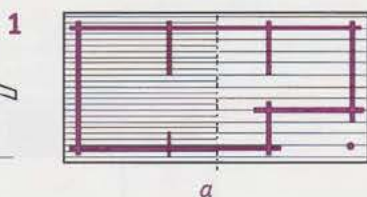
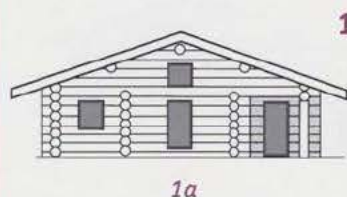
1, Décrochements symétriques en ouvrant les angles des murs -
2, Croisement de toitures en noue, selon un angle droit, ou 3, en trois ailes qui se croisent à 120° : dans ce cas, le nombre de murs étant impair (voir p. 32), les deux murs arrière se rejoignent sur un poteau. Chacune des ailes peut elle-même se prolonger par volumes imbriqués - 4, L'aile avant est remplacée par un hexagone : les deux

murs arrière sont reliés par un troisième qui agrandit l'espace et rend le nombre de murs pair - 5, En cassant de façon régulière les angles d'un carré, on obtient un octogone : c'est la base du plan de nombreuses églises russes (voir ill. 72, p. 32) - 6, 7, Plan en hexagone à 6 côtés égaux ou inégaux - 8, Structure à angles droits combinée avec des décrochements en angles obtus.

Faitière perpendiculaire à la plus grande longueur et pente faible : Pignons en rondins

Pl 6

1) Un seul volume



Quand la façade est très large et si la pente de toit est faible, les pignons peuvent être traités en rondins. Mais il faut permettre l'aboutage des bois, protéger les murs de la pluie et donner du relief à la construction.

1, Décrochement intérieur latéral des murs avec poteau - **2**, Décrochement intérieur latéral des murs et décrochement de toiture - **3**, **4**, Grand décrochement central des murs, en angles droit ou en angles obtus, créant deux ailes symétriques en avancée, reliées par le balcon -

5, Décrochement en encorbellement à l'avant de la maison et décrochement latéral pour créer un pignon bas et excentré à l'arrière de la maison - **6**, Au premier plan, pignon en avancée avec un seul pan de toit, à l'arrière-plan décrochement central formant balcon sur la façade.

Faitière perpendiculaire à la plus grande longueur et pente faible : Pignons en rondins

Pl 7

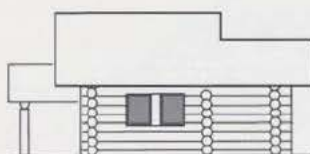
2) Volumes dissociés et imbriqués



1



a

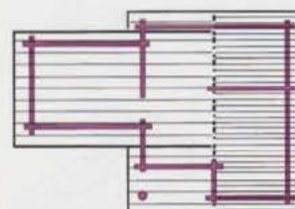


a

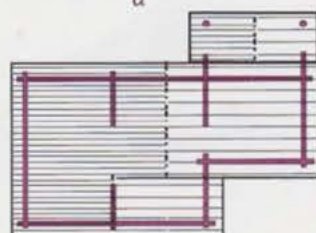


4

a



a



2

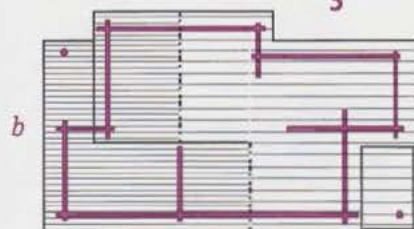
a

a



a

3



b

a



5



6



7

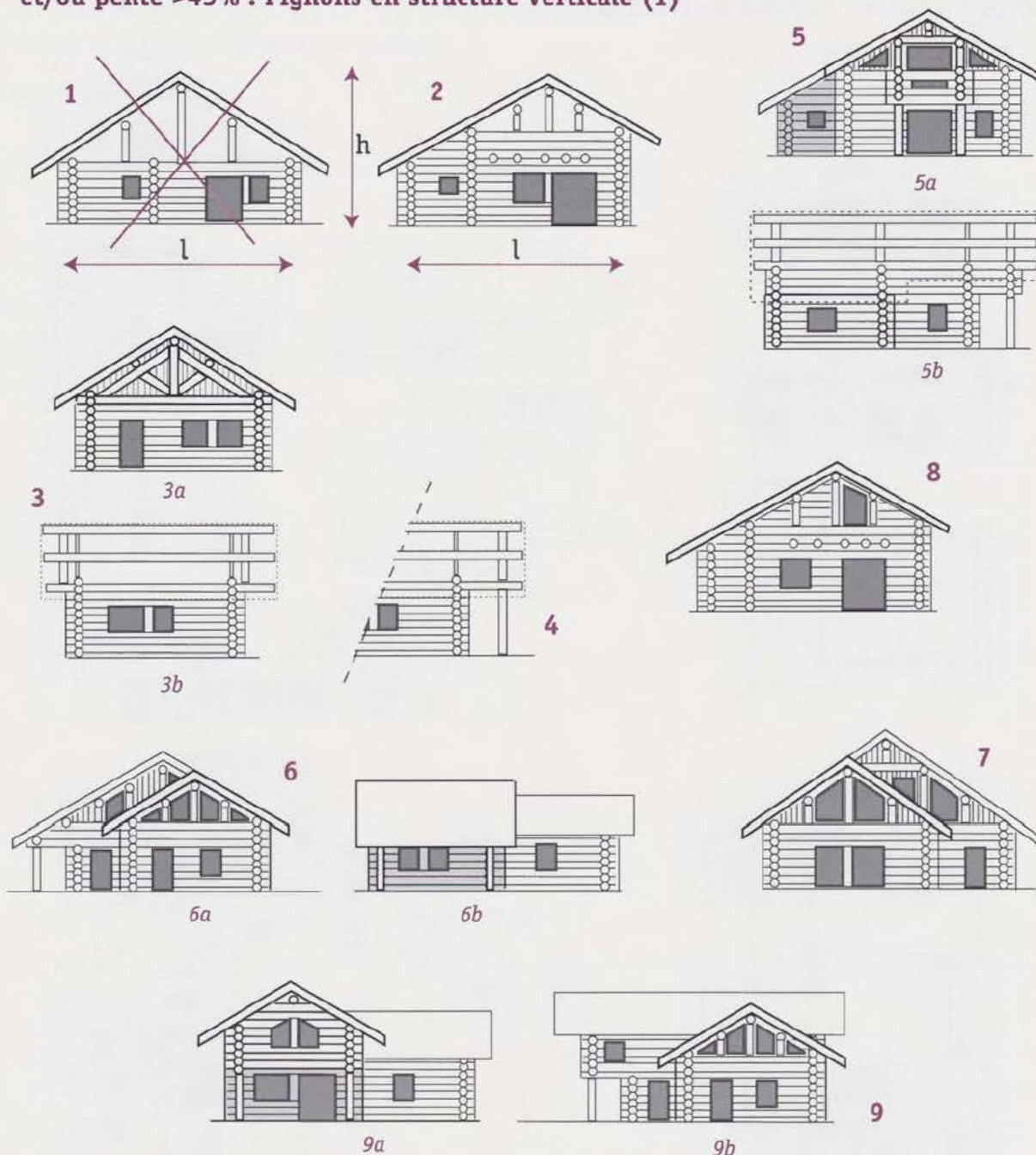
Pour des constructions plus importantes à larges pignons, toutes les combinaisons sont possibles en dissociant et imbriquant les volumes, en jouant des porches, auvents, balcons...

1, Volumes imbriqués à deux faitières, deux pignons et un pan de toiture commun - 2, Trois faitières et trois pignons créés par décrochement avant et arrière de la toiture - 3, Maison asymétrique, avec décrochement intérieur à droite et décrochement extérieur à gauche : le pan de toiture bas se prolonge sur toute la façade (b) pour abriter le mur le plus haut de la construction - 4, Comme dans les grandes fermes de la

Russie du Nord, de la faitière unique partent deux pans de toiture de pente différente - 5, Si la façade avant doit être très large, on peut aussi la dissocier en deux ailes étroites distinctes, reliées par une structure plus basse - Deux variantes sur la même forme de base : 6, avec rupture de pente et mur commun aux deux pignons ; 7, avec pignon étroit en avancée sur un pignon arrière large.

Faitière perpendiculaire à la plus grande longueur et/ou pente >45% : Pignons en structure verticale (1)

Pl 8

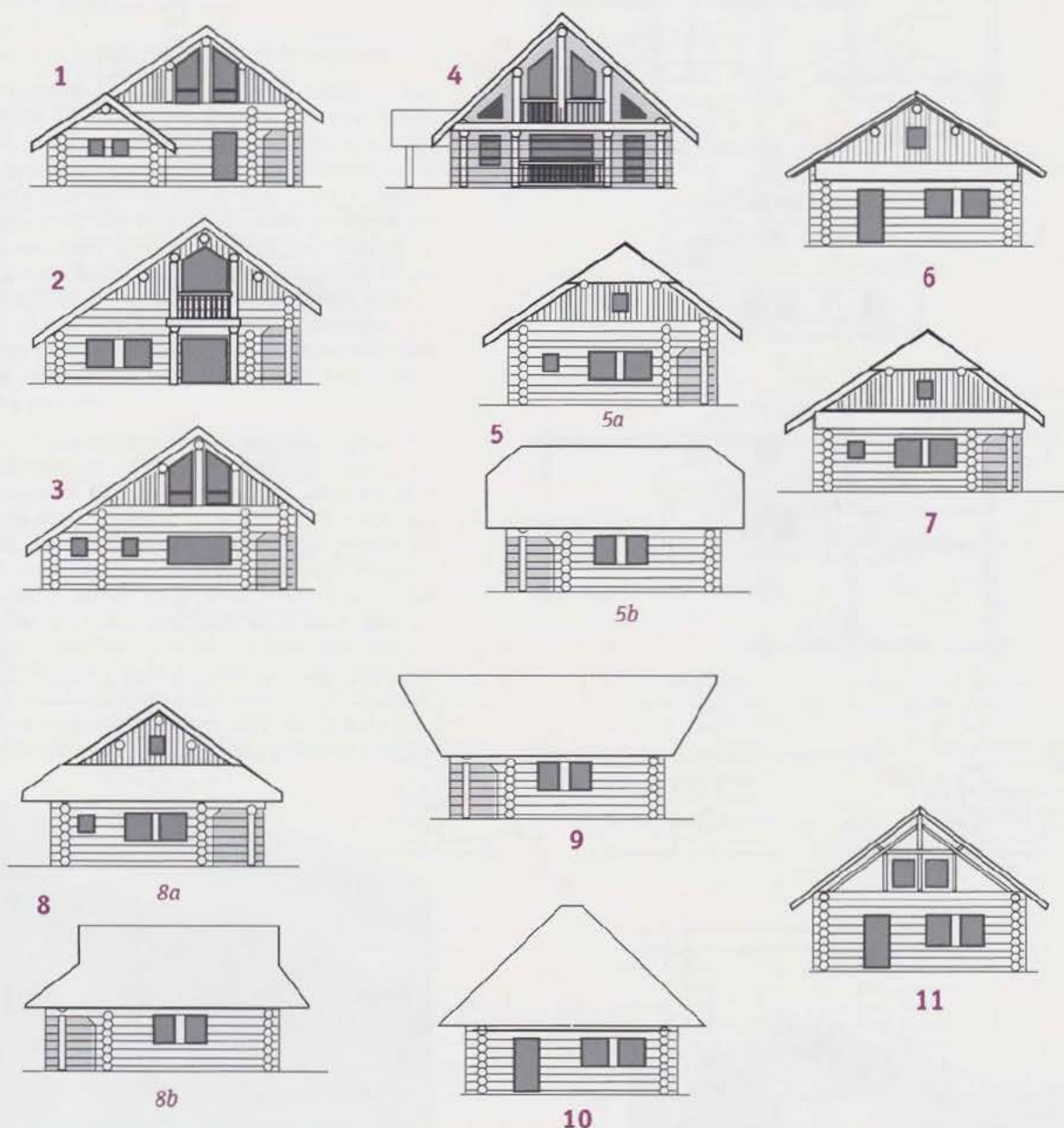


Quand la maison est large et la pente forte, les pignons devront être réalisés en structure verticale : il faut veiller à leur proportion, faire ressortir les volumes et tâcher de les placer en second plan.

1, Ce qu'il ne faut pas faire : grand pignon plat inesthétique et instable - 2, Il est préférable de décaler la faitière pour diminuer les proportions du pignon, hauteur et largeur restant ainsi les mêmes - 3, 4, On peut cacher le pignon bardé derrière une charpente en rondins purement décorative ou supportant une avancée de toit sur porche ou balcon - 5, Par la combinaison des deux systèmes (décalage de la faitière, accent mis sur une structure en rondins au premier plan), le pignon

bardé passe inaperçu - 6, 7, On peut également faire ressortir les volumes en dédoublant les pignons (idem Pl.7) - 8, L'utilisation du système "pièce-en-pièce", qui combine système horizontal et vertical, peut être une bonne solution si le constructeur le maîtrise bien - 9, En scindant en deux la largeur d'une façade, on peut créer deux volumes aux faitières perpendiculaires sur le modèle des "ramloft" norvégiens. Les pignons devenant étroits, on peut rester en système horizontal

Faitière perpendiculaire à la plus grande longueur et/ou pente >45% : Pignons en structure verticale (2)



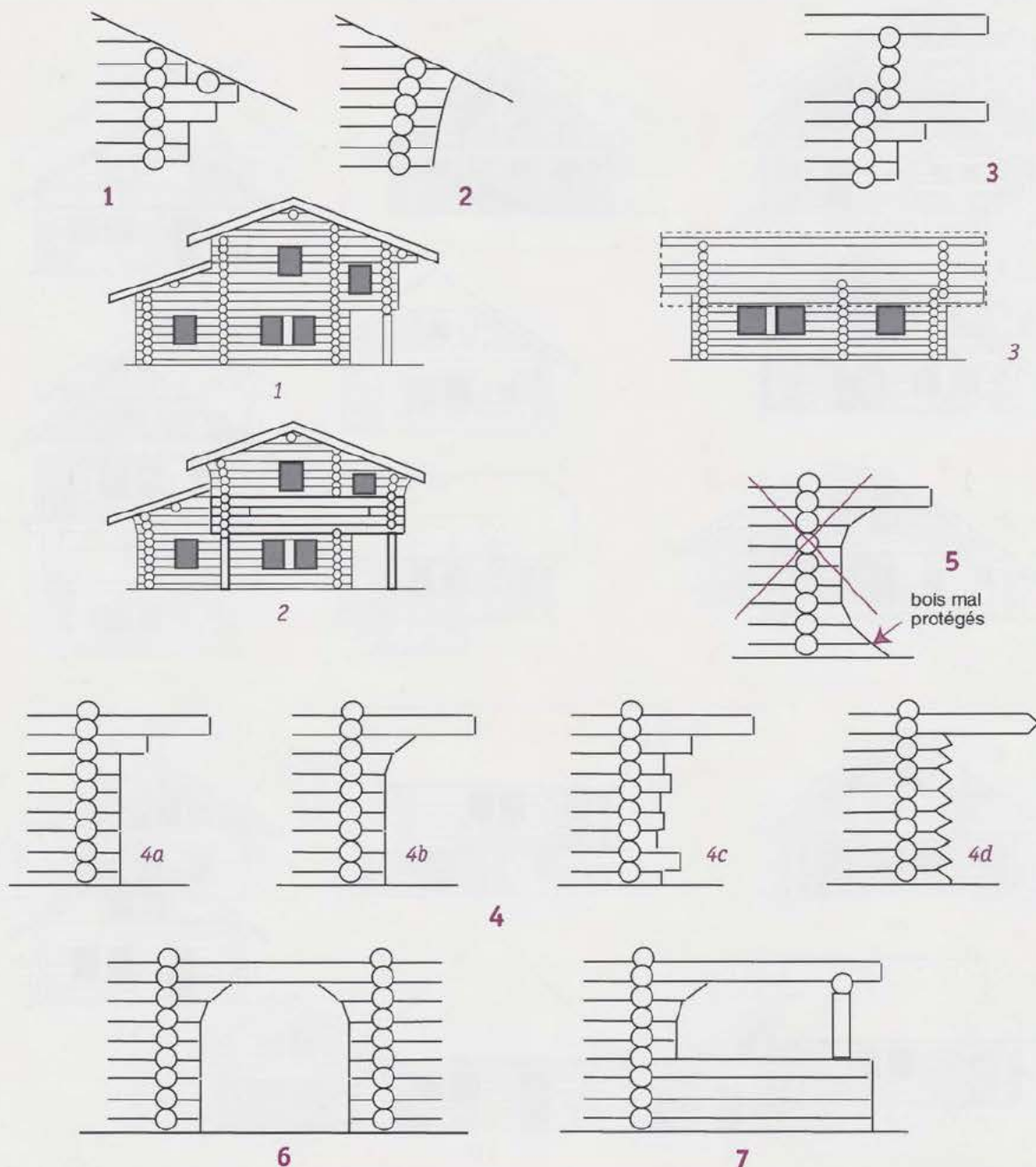
Soigner le passage entre les deux systèmes : limiter l'utilisation de matériaux plats et les placer en retrait, travailler la place des menuiseries et la forme du toit, ou, pourquoi pas, associer empilement et colombage.

1, 2, 3, En insérant de grands vitrages, en alignant verticalement les ouvertures, **2, 4**, en plaçant au premier plan des éléments en rondins verticaux, se superposant de haut en bas, on recrée une unité qui atténue le passage entre les deux systèmes. On peut aussi accentuer la fonction protectrice du toit : **5**, "à la limousine", en créant des pans coupés qui cassent la hauteur du pignon et réintroduisent une ligne horizontale - "A la Biélorusse" : **6**, en plaçant sur chaque pignon un petit auvent qui protège les murs et masque la limite entre les deux systèmes, et même **7**, en com-

binant les deux solutions - **8**, "A la polonaise" ou "à la japonaise", en raccordant ces deux auvents avec les pans de toiture, ce qui crée une protection sur tout le pourtour de la maison - **9**, "A l'Américaine", en allongeant les faitières par rapport aux sablières et en donnant aux pans de toit un angle obtus, ce qui renforce la fonction protectrice du toit - **10**, En cachant complètement les pignons sous un toit à quatre pans - **11**, Et une solution "à la française" : le mariage de l'implantation et du colombage, comme dans les vieilles maisons de l'Allier (voir ill. 179, p. 87)

Modes de finition des bois, variantes de style, arches...

Pl 10



Selon le style souhaité, différents modes de finition des bois, découlant directement du principe de construction, sont possibles : ils donneront à chaque maison son caractère

1. Pour agrandir les débords de toit, on peut placer une panne volante supportée par le prolongement d'un rondin de débord - **2.** On peut aussi incurver légèrement la ligne des rondins au fur et à mesure que l'on monte vers la panne sablière : c'est le système utilisé pour les tours des églises russes - **3.** En système-pignon horizontal, doubler le rondin qui recouvre la panne sablière et monter le pignon à partir de ce deuxième rondin donne du relief

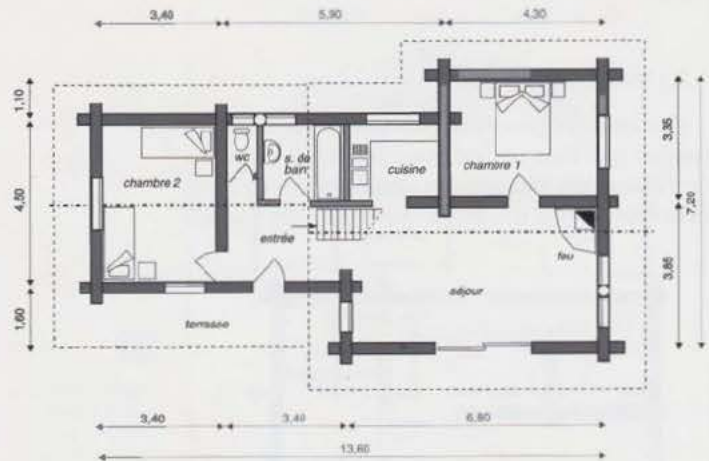
au mur ; cette légère avancée de toiture protégera mieux les bois - Différents modes de finition des bouts extérieurs débordants : **4a**, droite carrée, **4b**, droite incurvée, **4c**, irrégulière **4d**, en pointe d'abattage ... - **5.** Effet de style illogique : les rondins du bas ne seront pas protégés - **6, 7.** A l'intérieur, la finition incurvée crée des formes en arches intéressantes pour créer des passages, des demi-cloisons de refend ... (cf. III, 63)

3. Quelques études de plans classiques

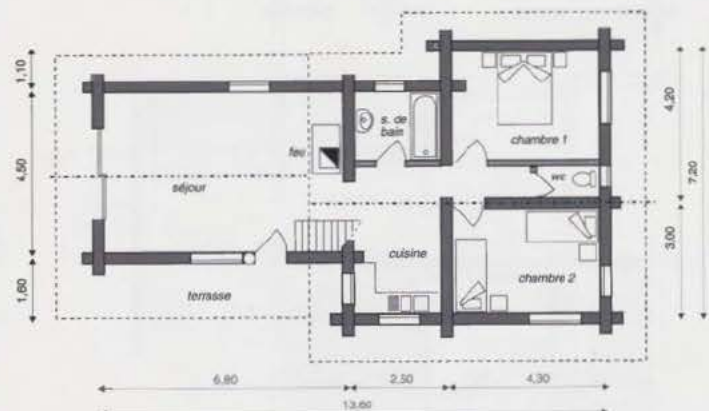
a) Les juxtapositions «à la paysanne»

Observez les vieilles maisons rurales de nos villages. Elles sont très souvent faites de la juxtaposition de plusieurs volumes, car, autrefois, la famille paysanne vivait bien souvent dans une pièce unique qui servait pour cuisiner, manger, dormir, et parfois même pour abriter les animaux. Quand il était nécessaire de l'agrandir, la façon la plus simple était de lui juxtaposer un autre volume plus bas, dont le toit venait s'imbriquer sous le premier. Les pentes du toit étaient souvent similaires, mais pas toujours si on voulait faire l'économie d'un grenier.

Ce système de volumes imbriqués convient parfaitement aux fustes. Sur cette base, on peut jouer à l'infini (ill.118), en décalant plus ou moins les différents corps de la construction, en variant les hauteurs et les pentes de toit, en modifiant la distribution de l'espace intérieur. Sur un canevas de base, on peut par exemple : consacrer tout le volume bas au séjour (avec sous-toiture et charpente visibles) (ill.115.2), ou bien y aménager une chambre indépendante et de plain-pied (ill.115.1). Dans tous les cas on pourra profiter de la hauteur du grand volume pour créer des pièces à l'étage.



1 Dans l'aile basse sont groupées chambre indépendante et entrée.



2 L'aile basse est ici consacrée au séjour

115

Deux variantes sur le même canevas de base



116 Toitures imbriquées et charpente en structure verticale.

Toitures imbriquées avec pan arrière commun et pignons en rondins (Arch. Nerinck)



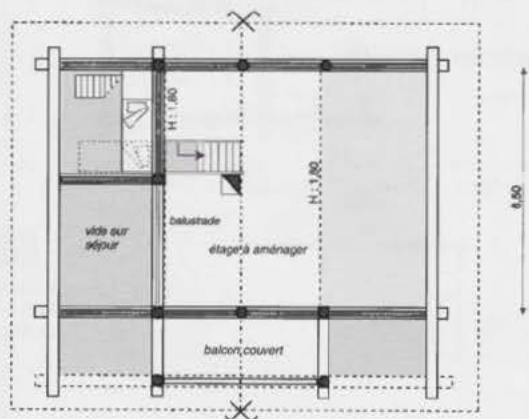
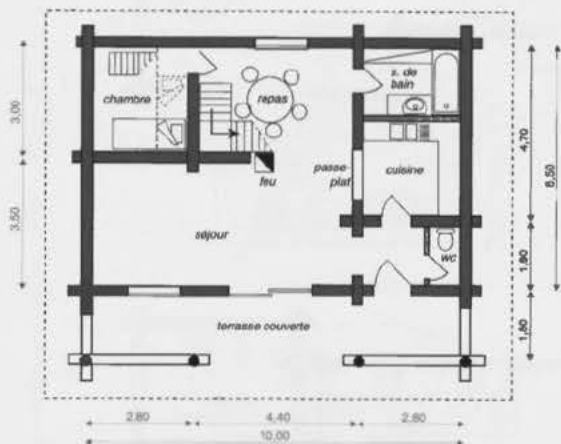
117

118



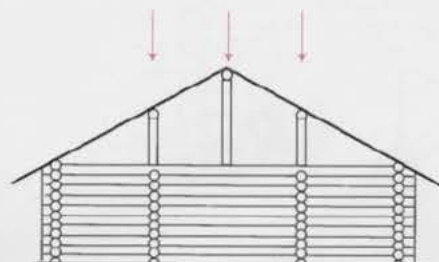
b) Toute en largeur

Certaines régions ont des traditions architecturales qui font les maisons toute en largeur : certaines régions alpines, les Landes Pour cette maison de montagne tournée vers l'adret,



119

Clarté et logique du plan



120

Pour ce pignon en structure verticale, la charge des pannes se reporte sur les murs du rez-de-chaussée.

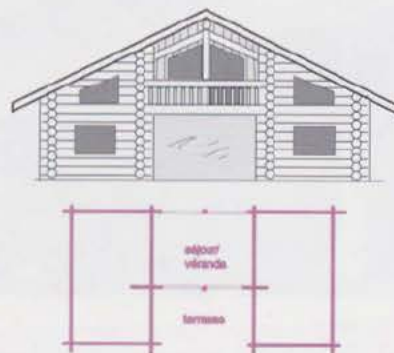
la façade-pignon est large, la pente du toit est supérieure à 40 % : on a jugé préférable de réaliser le pignon en système vertical. Dans un cas semblable :

Premier souci : harmoniser les parties murs et pignons. Le résultat a été obtenu en plaçant le pignon ossature-bois en retrait derrière le balcon situé au-dessus de la terrasse. La série de poteaux verticaux supportant balcons et pannes du toit rythme la façade et recrée l'unité, de même que les vitrages, verticalement alignés.

Deuxième souci : veiller à régler l'emplacement des murs du rez-de-chaussée (porteurs) sur l'écartement des pannes de la charpente ; en effet, si dans les pignons-rondins porteurs, la position des pannes sur le mur-pignon peut facilement varier, dans les pignons à structure verticale, la position des pannes doit coïncider avec celle des poteaux qui doivent eux-mêmes reposer sur une structure porteuse.

Troisième souci : la logique du plan. Toutes les «pièces à eau» ont été groupées dans la partie est. Le prolongement des murs délimitant la chambre est utilisé pour servir de support à l'escalier et marquer le coin-repas. A l'étage (à aménager), une partie de l'espace non habitable est laissée vide en mezzanine au-dessus du séjour : ainsi, pas de perte de surface et pas trop de perte de chaleur.

Variante "à la landaise"



121

La maison traditionnelle landaise est souvent formée de deux corps de bâtiment séparés par un espace vide l'«airial» et réunis par un vaste toit à pente douce. Sur ce principe, on peut envisager de concevoir une fuste formée de deux ailes séparées par un espace transparent aménagé en terrasse-veranda, et couvertes par un toit commun.

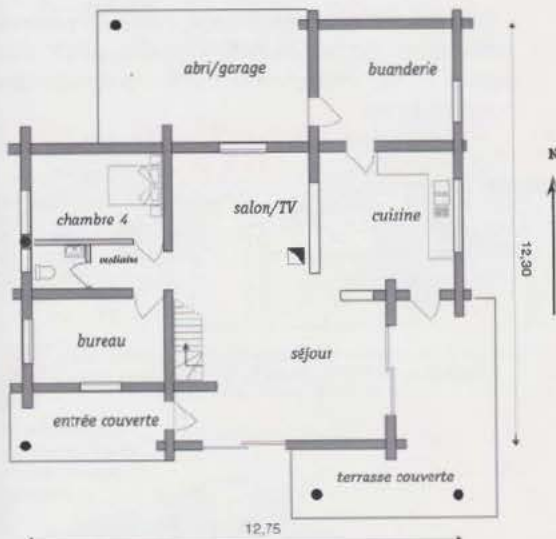
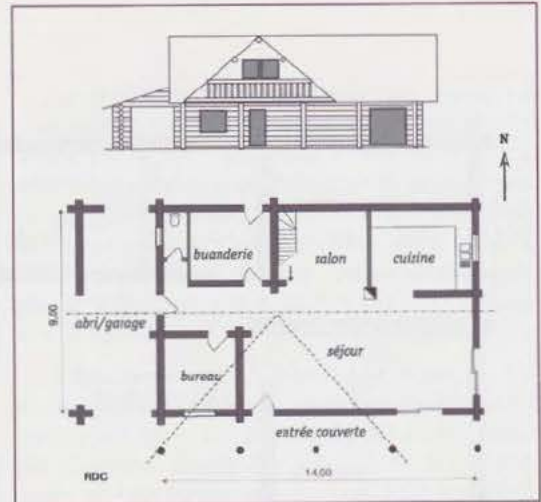
3) Un étage en «pigeonnier»

Pour sortir d'un plan classique avec toitures qui se croisent en noue, on peut s'inspirer des "ramloft" norvégiens (cf. p. 58, PL.8, n°9) pour concevoir un plan beaucoup plus adapté aux fustes. Le schéma de départ : une maison assez basse, toute en longueur, avec un avant-corps classique et un raccord de toiture en noue.

Sur l'extrémité est de la maison, on élève un étage dont la faîtière est perpendiculaire à celle de la partie basse. Sur cette base, toutes les variantes sont possibles. Ici trois chambres à l'étage : une dans les combles de la partie basse, deux dans le pigeonnier qui, prolongé en encorbellement, abrite une galerie-terrasse au rez-de-chaussée et un balcon à l'étage.

122

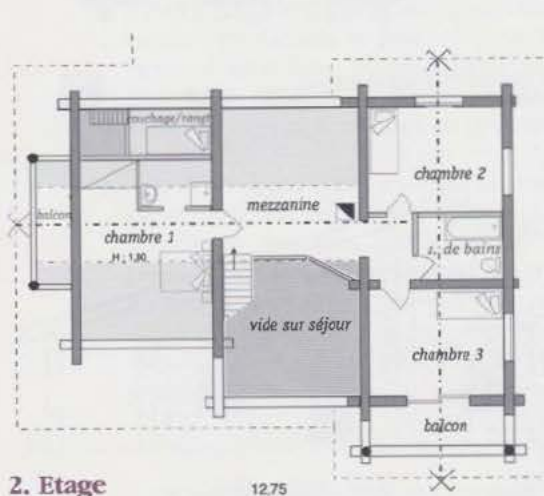
Le schéma de base : un plan classique, tout en longueur, avec un avant-corps en noue



1. RDC

123

Le projet réétudié : un jeu de décrochements qui donnent à la maison tout son charme.

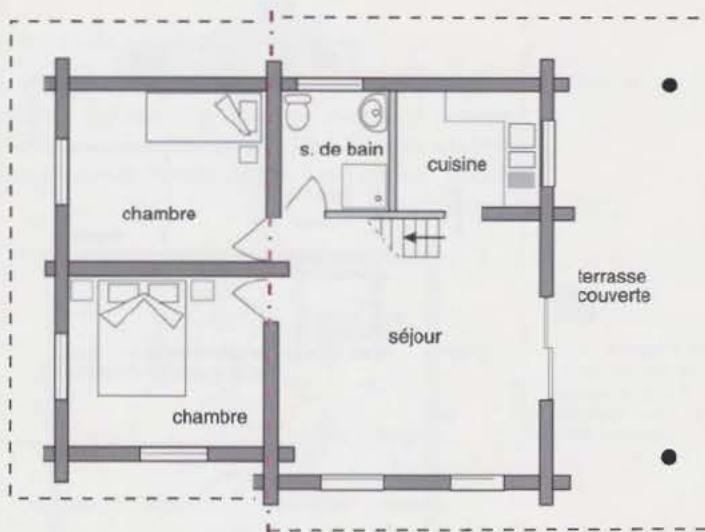


2. Etage

124

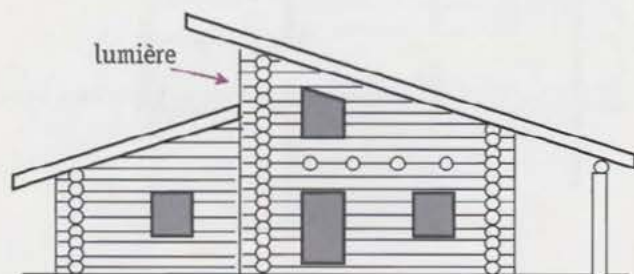
Ramloft en montagne
Esquisse - MEH



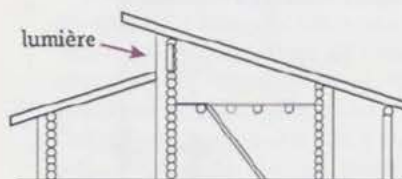


1. Plan Un volume très simple avec un décrochement du mur de façade.

125



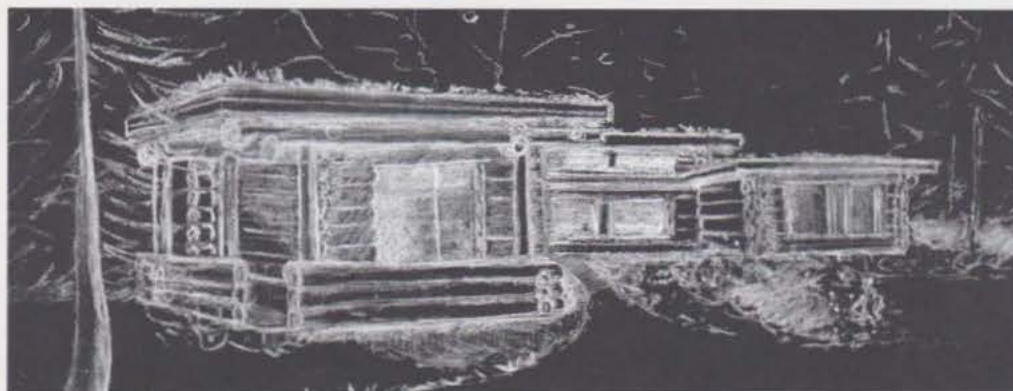
2. Élévation Les pans de toiture ont été dissociés, ce qui donne de la verticalité à la maison...



3. Coupe ...et permet de créer un étage sur une seule partie de la maison.

126

Combinaison de plusieurs unités à pans de toiture dissociés



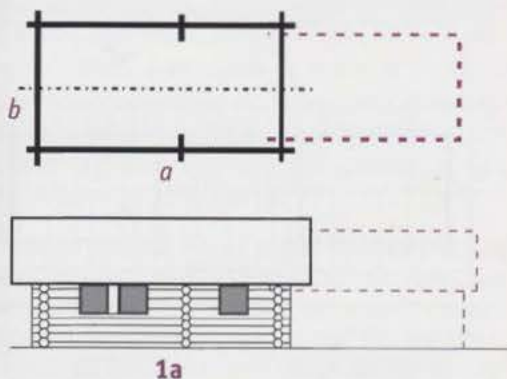
1. Les maisons "murondins",
Le Corbusier,
Ed. Etienne Chiron,
1942

127

"A l'horizontale"
Esquisse - M.F.H.

e) Habitat évolutif et habitat éclaté

Sera-t-il possible d'agrandir ? C'est une question qui revient souvent. Oui, mais l'idéal est bien sûr de le prévoir au moment de la conception.



1a



1b

2b

128 Agrandissement en imbriquant les volumes par le pignon : avec pentes de toit semblables 1b, ou différentes 2b.



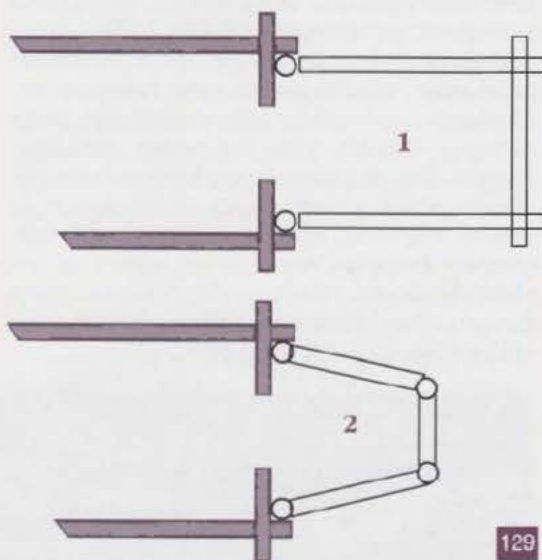
130

La toiture de la deuxième structure s'encastre sous celle de la première (couverture en bardeaux de châtaignier fendus)

Que le bâtiment à agrandir soit en pierre, en bois empilé ou en tout autre matériau, le problème est de raccorder des éléments non stabilisés (des rondins empilés qui ne se sont pas encore tassés) à des matériaux stables (pierre...) ou stabilisés (des rondins déjà tassés). Les deux solutions de base, qui ne demandent pas de retoucher à la structure du toit existant sont les suivantes :

a) **Encastrer le 2^e bâtiment sous le 1^{er}** par les pignons (selon le principe des volumes imbriqués, cf. p. 61, Pl.3 et p. 69) et les relier par l'intermédiaire de poteaux le long desquels viendront se fixer et coulisser les murs de la nouvelle construction (ill.128.1b et 129.1). S'il n'est pas possible d'encastrer un volume plus étroit et plus bas sous l'autre on peut adopter une pente de toit résolument plus faible (ill.128.2b). Pour un petit agrandissement, on peut le réaliser en "pièce-en-pièce" (ill.129.2).

Le principe est le même si l'on envisage de construire une maison extensible. L'agrandissement se fera sans problème par le ou les pignons. Il est bon de prévoir les ouvertures en conséquence, une fenêtre pouvant facilement se retailler en porte. De nombreuses églises russes ont été ainsi réalisées par juxtapositions successives.



129

Agrandissement :
1. par l'intermédiaire de poteaux,
2. en système pièce en pièce, avec angles non droits.



131

Une ferme suisse constituée de plusieurs bâtiments groupés (Graubünden) : l'orientation différente des faîtes donne de la vie à l'ensemble (extrait de : K. Klöckner, *Der Blockbau*)

b) Séparer les deux bâtiments, puis les relier soit par un petit sas, soit par un espace plus vaste qui pourra être laissé ouvert en galerie, ou bien vitré en véranda, ou même par une passerelle qui relie les étages (ill.133). Sur ce même principe, pourquoi ne pas envisager un habitat très "éclaté", évolutif au fur et à mesure de l'agrandissement ou de l'évolution de la famille : les enfants naissent, grandissent, partent, reviennent. L'enfance n'a qu'un temps et les désirs d'indépendance s'affirment vite. Quoi de plus séduisant qu'une petite maison à soi, reliée par une passerelle ou une galerie au foyer principal... ? Quoi de plus agréable qu'un bureau, qu'un atelier, qu'une pièce à musique tranquille, tournée vers la nature ... ? Et la maison finira par ressembler à un petit hameau, faite d'imbrication de volumes et de toits. Les fustes se prêtent très bien à ce genre d'architecture. En témoignent les fermes suisses ou norvégiennes (ill.131, 132).

Dans le même esprit de deux bâtiments reliés, une solution simple pour les autoconstructeurs : concevoir et construire deux volumes simples, plus ou moins similaires. Distants l'un de l'autre de quelques mètres, placés en prolongement ou en angles ouvert, ils seront couverts par un même grand toit. L'espace entre les deux parties servira de terrasse, de véranda (mur derrière, poteau et vitres devant). C'est aussi une bonne solution pour réaliser des gîtes (ill.134).

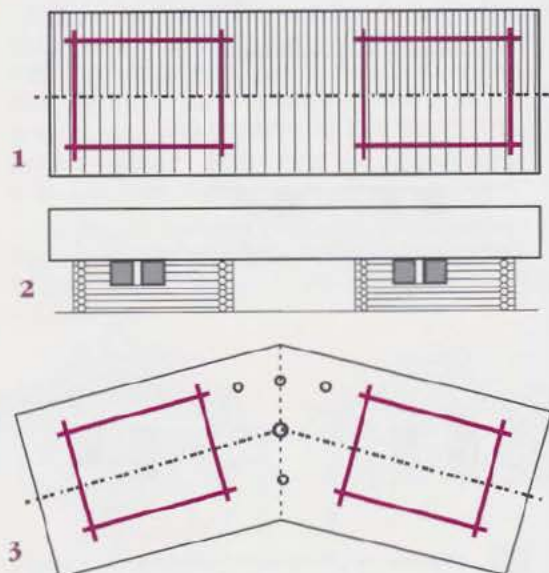
133

Agrandissement par volumes totalement dissociés, reliés par une passerelle ou une galerie.



134

Conception par volumes séparés et reliés sous un même toit : 1, 2, en angle droit, 3, en angle ouvert.



Et si l'on déménage un jour ... ? A condition de prendre la peine de démonter le toit, on peut aussi emporter sa maison ... Les bûcherons de Franche-Comté démontaient et emportaient leur loge de rondins, ... mais c'est ainsi que la vieille Matrona, dont A. Soljenitsyne a raconté l'histoire, vit partir "la chambre" de son isba !

Habitat éclaté au Musée de Lillehammer (Norvège) : une succession de structures étagées, juxtaposées, décalées au fur des besoins de la vie : une belle harmonie



132

Le corps séparé de la belle chambre placé sous la même toiture irait après sa mort à Kira. (...) Elle ne plaignait pas la chambre qui restait inemployée (...). Mais ce qui l'angoissait c'était de commencer à démonter le toit sous lequel elle avait vécu quarante ans. (...) Et l'addé s'en vint avec ses fils et ses gendras par un matin de février, et cinq haches cognèrent à la fois, les planches qu'on arrachait se mirent à crier, à grincer (...). Après avoir numéroté les poutres faîtières et les planches du plafond ils démontèrent la chambre avec la soupente (...). Les rondins avaient été sortis et empilés devant le portail (...). En rentrant de l'école au crépuscule, je vis du mouvement près de notre maison. Les rondins étaient déjà chargés sur un grand traîneau tracté, neuf. ... Pour savoir la suite, qui est triste, lisez *La maison de Matrona*, par Alexandre SOLJENITSYNE, Le Livre de poche, p. 54 sq.

4. Quelques idées nouvelles pour marier bois empilés et autres matériaux (terre, chanvre, fibre de bois, verre, pierre, ...)

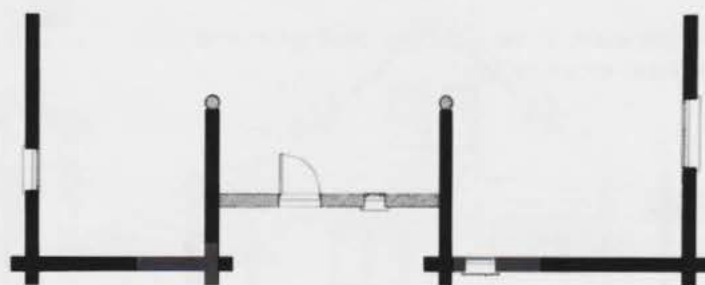
Le bois brut, qui en a parfois assez de jouer seul, recherche de plus en plus la compagnie d'autres matériaux avec qui s'associer : la pierre, le verre, mais aussi la terre, la paille, le chanvre, les copeaux de bois..., des matériaux comme lui économiques et écologiques, c'est-à-dire qui émettent peu de carbone et qui, pour certains, le stockent.

Est-ce possible ? Oui. Il faut dans ce cas utiliser, conjointement à l'empilage, une structure verticale, qu'on l'appelle structure squelettique, poteau-poutre, colombage (de *colonna* : colonne), ou même ossature bois (la structure dite «à ossature-bois», ou «ossature bâton», étant, quant à elle, plus légère, car ce sont des chevrons qui supportent les charges).

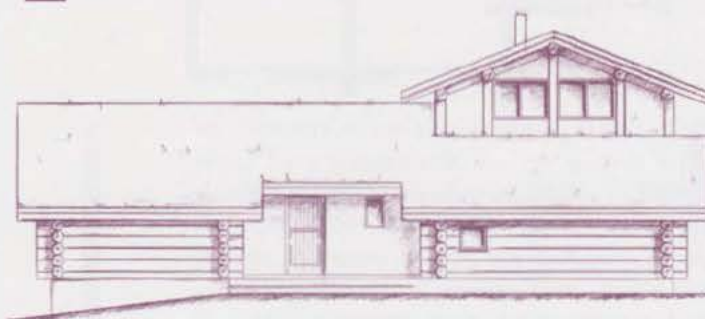
Mais on comprend aisément que marier des structures massives qui se tassent, à d'autres qui restent stables, impose de mettre en œuvre un certain nombre de solutions techniques qui doivent rester simples et efficaces.

Dans les exemples qui suivent, nous en verrons un aperçu.

Concepteurs et architectes sauront utiliser ces possibilités très créatives qui montrent, s'il en est encore besoin, que la maison en bois brut est la maison de demain.



135



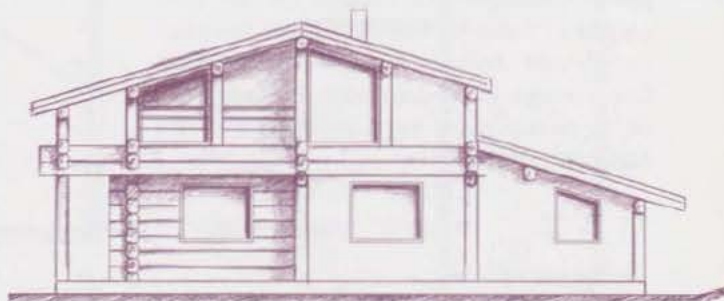
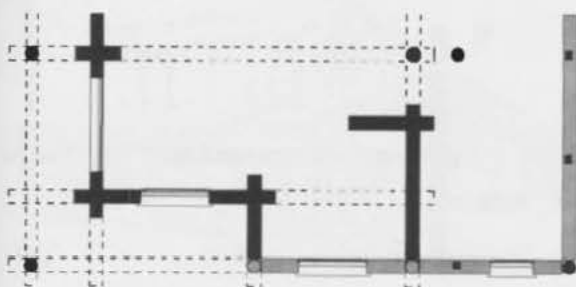
• On peut lier 2 volumes ou 2 murs en bois brut par un mur de remplissage non porteur

- soit de mur à mur (1)

- soit en extrémités de murs (2). En rez-de-chaussée comme à l'étage, la partie en bois empilée n'est pas porteuse, mais joue un rôle de remplissage. Les charges sont reprises par les poteaux fixes dont certains sont placés en porte-à-faux. Le tassement sur les parties en rondins empilés sera compensé par un calfatage (cf. pièce-en-pièce)

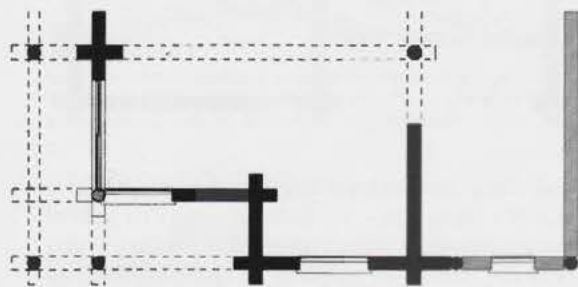
136

2

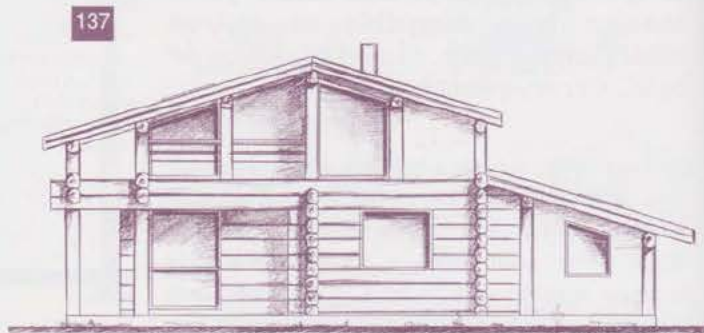


• En dissociant les toitures :

Juxtaposition d'une structure avec tassement et d'une structure fixe



(3) La partie principale du rez-de-chaussée de cette maison est en bois empilé avec tassement. Les poteaux couissent (par système de vérins ou poteau de Samson), tandis que l'ap-pentis sera fixe sur poteau porteur. Une liai-son simple sera prévue à la jonction du toit de l'ap-pentis sur le mur empilé. A l'étage, la structure est fixe, de type poteau-poutre.

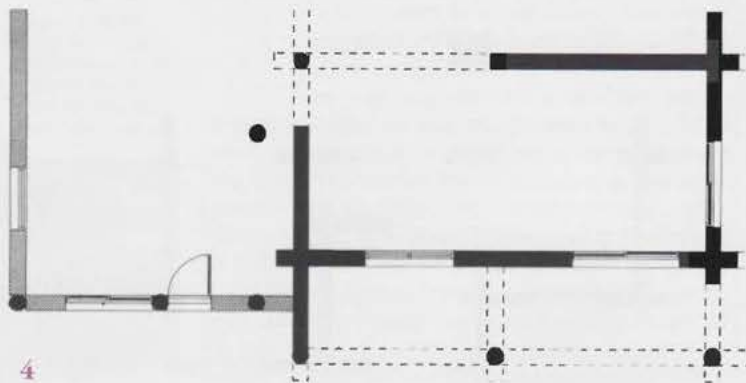


3



138

(4) La partie basse du rez-de-chaussée (à gauche) est fixe, de type colombage. La partie principale (à droite) est en bois empilé et subit un tassement. Les poteaux en terrasse doivent coulisser. L'étage est fixe, comme précédemment. La charpente de la partie basse sera indépendante du bâtiment principal.

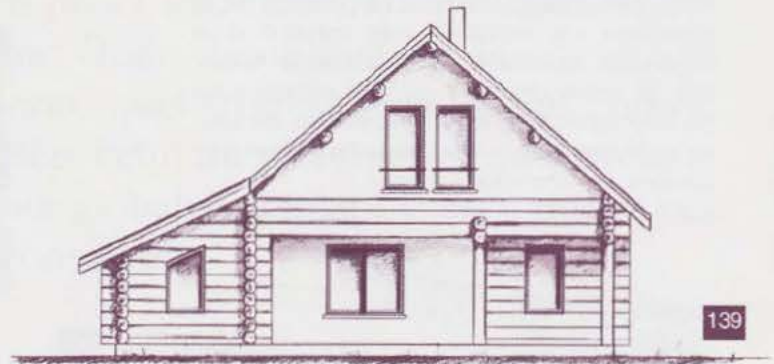


4

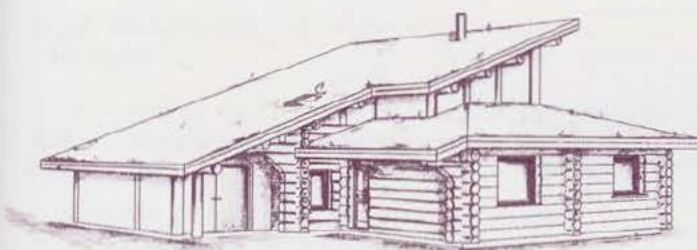
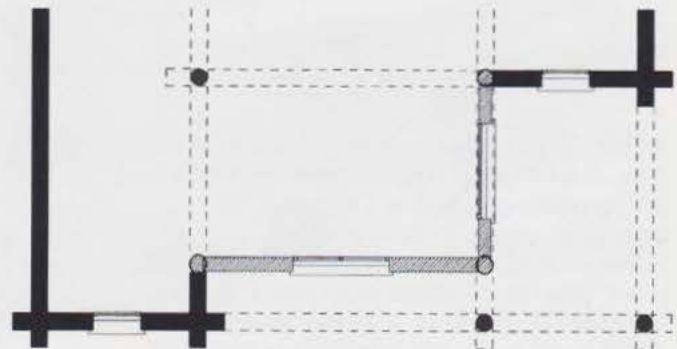
• En créant une structure permettant à certains murs extérieurs de ne plus être porteurs :

Ce sont les poteaux indépendants extérieurs (en terrasse) ou intérieurs qui reprennent les charges de la construction. Dans ces deux exemples (5) (6), le rez-de-chaussée est une structure avec tassement. les murs en colombage sont fixes et viennent coulisser dans les linteaux. Ces murs en colombage ne sont pas porteurs. Les charges sont parfois réparties sur des poteaux en porte-à-faux.

Dans certains cas, on pourra choisir de faire le remplissage des murs en colombage après tassement définitif de la structure empilée. Le plan (6) montre un appentis en structure poteau-colombage sur vérin, qui sera rempli après tassement.

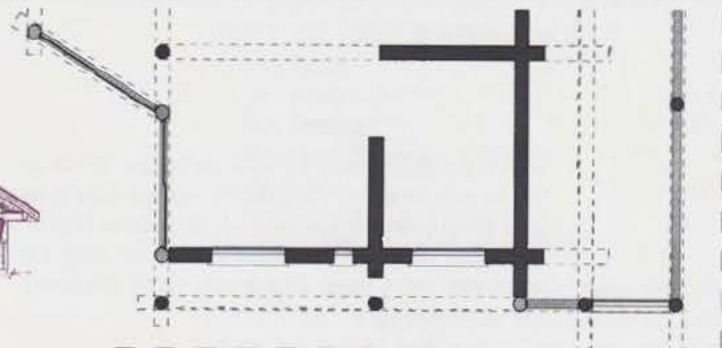
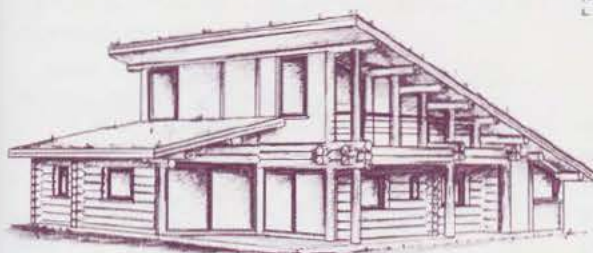


5



140

6



• **En dissociant le mur non porteur de la structure en rondins**, avec création d'un espace de tassement au niveau de la toiture (7) : le rez-de-chaussée en bois empilé subit un tassement, mais le mur sablier bas est fixe, de type structure-poteau. La toiture vient simplement coulisser sur ce mur.

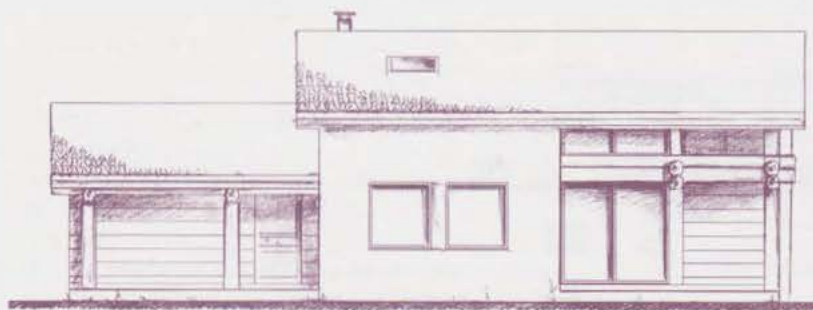


7

141

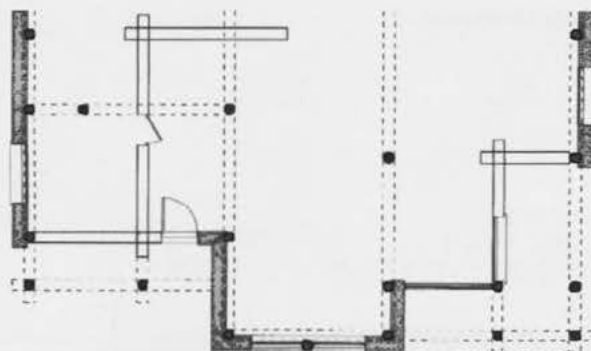


• **En créant une ossature entièrement fixe** où les murs en rondins empilés n'ont plus de fonction porteuse - Ce projet combine deux structures : l'une basse en empilage, l'autre en structure fixe où les rondins empilés n'ont plus de fonction porteuse. C'est une méthode (il en existe d'autres) pour réaliser une maison mixte, structure bois et paille (8).

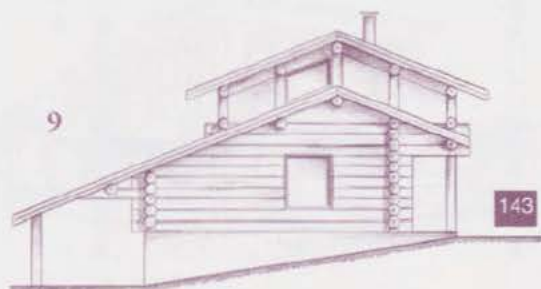


8

142



• **En prolongeant la toiture dans le sens de la pente** et en l'appuyant sur un mur porteur maçonné, ce qui permet de rendre la maison plus discrète et moins haute. Le mur en appentis est fixe et la toiture vient coulisser sur cette ossature (9)



9

143

Sur quel type de fondations poser une fuste, sur quelles données s'appuyer pour réaliser une étude thermique, comment concevoir la toiture et sa charpente, quel style de menuiseries choisir, quel sera le travail de l'électricien, celui du plombier et du carreleur, et enfin comment estimer le coût global du projet ? C'est à toutes ces questions que ce chapitre est consacré.

CHAPITRE III

Le projet global de construction

I. LES FONDATIONS

1. Fondations et descentes de charges

Les fondations sont nécessaires pour supporter et répartir le poids de la construction sur le sol.

La **surface** de fondation qui porte sur le sol dépend d'une part de la **résistance du sol** en kg/cm^2 (sa portance), et d'autre part du **poids de la construction** réparti sur ces fondations (les descentes de charge). Ces trois facteurs doivent être tels que :

$$\frac{\text{poids de l'ouvrage en kg}}{\text{surface d'appui des fondations sur le sol en cm}^2} \leq \text{Résistance du sol en kg/cm}^2$$

La résistance du sol en kg/cm^2 est très variable. Elle est d'environ :

- 200 g/cm^2 pour la vase liquide
- 2 kg/cm^2 pour la terre franche
- 25 kg/cm^2 pour un sol rocheux



144

Photo C. Bouchage

La fuste ne sera réussie que si tous les éléments qui constituent la maison dans son ensemble : fondations, chauffage, toiture, menuiseries... ont fait l'objet d'une étude réfléchie.

Calcul des descentes de charge d'une maison en rondins

On appelle descentes de charge l'ensemble du poids exercé sur les fondations par un bâtiment et par les surcharges qu'il peut recevoir (celles de la neige notamment). Leur mode de répartition sur les fondations est un élément important à prendre en considération.

Le poids à répartir sur les fondations d'une maison est égal à la somme du poids :

- des murs
- des planchers
- des cloisons
- des menuiseries
- de la toiture
- des surcharges climatiques
- des surcharges d'exploitation.

Les descentes de charge d'une fuste, sont, du fait de sa structure, particulièrement bien réparties sur le périmètre de l'ossature. Elles

seront transmises aux fondations par le premier tour de rondins. On peut considérer, en première approche (pour un calcul de prédimensionnement des fondations), que les charges globales sont réparties sur le périmètre des rondins de lisse basse.

Pour effectuer ce calcul, outre le poids des différents matériaux (toiture, menuiserie, planchers etc...), il conviendra avant tout de définir le poids des murs en bois massif. Il peut être calculé par m² de mur de la façon suivante :

Ex : - rondins de Ø moyen 30 cm
 - hauteur d'encastrement : 2 cm
 - à chaque tour, on monte de $30 - 2 = 28$ cm
 - le nombre de tours par mètre de hauteur de mur = $\frac{100}{28} = 3,57$ tours

- poids de 1 mètre linéaire de rondins de Ø 30 cm (de masse volumique 500 kg/m³) = 35 kg/m.l. (voir table p. 16 - on néglige le poids de la gorge évidée).

Soit pour 1 m² de mur : $3,57 \times 35 = 125 \text{ kg/m}^2$

A épaisseur moyenne égale, un mur de moellons ou béton aurait un poids au mètre carré quatre à cinq fois supérieur. Le bois massif peut donc être considéré comme un matériau relativement léger.

Exemple des descentes de charge (hors fondations et dalle béton du rez-de-chaussée) sur une maison de 100 m² habitables, avec étage et combles habitables.

On supposera les charges réparties sur le périmètre du 1er tour de rondins (intérieurs et extérieurs) :

Poids des murs de rondins + menuiserie	= 47 000 kg
Poids du plancher de l'étage	
+ surcharge d'exploitation	= 12 000 kg
Poids de la toiture + surcharge de neige	= 68 000 kg
Poids total	= 127 000 kg
Périmètre de la maison	= 47 ml
Charge par mètre linéaire	= 2 700 kg/ml

En supposant que les murs sont portés par une longrine de largeur 20 cm (soit $20 \times 100 = 2 000 \text{ cm}^2/\text{ml}$),

la charge répartie par cm² sera : 1,35 kg/cm²

(Voir p. 16 : Table des diamètres-volumes unitaires - poids unitaires)

Maison posée, en région de montagne sur sous-sol en béton. Une entrée couverte avec croisillon de rondins et bardeaux assure la transition entre bois et maçonnerie.



2. Typologie des fondations

On peut envisager, pour les fondations, trois types de solution :

a) sur plots avec plateforme en bois

b) avec dalle béton

- 1- sur terre-plein avec fondations en radier
- 2- sur terre-plein avec fondations en semelles
- 3- sur vide sanitaire
- 4- sur sous-sol

c) avec plateforme (dalle) en bois

- 1- sur sous-sol
- 2- sur vide sanitaire

a) Fondations-plots (ill.147)

Installer une maison sur plots est une solution simple lorsqu'on ne veut pas dégrader un site, en particulier en montagne ou dans un terrain en pente. Cela permet aussi, si la pente est forte, de dégager un espace pour le rangement du bois de chauffage sous la maison.

Si le sol est de bonne portance, c'est la solution idéale ; sinon, on ne devra pas faire l'économie de fondations sur longrines.

Un seul bois local, l'acacia, durable en classe 4, permet de réaliser des plots enterrés. Si l'on ne dispose pas d'acacia, il conviendra de faire des plots en pierre ou béton. La partie aérienne du plot pourra ensuite être en bois (chêne de préférence).

Une maison sur plot a toutefois un sérieux inconvénient : l'isolation du plancher doit être faite avec soin, compte tenu de la circulation d'air sous la maison.

Pour des maisons de vacances, on pourra faire un montage sur plots suivant 2 méthodes :

1. Poser les rondins directement sur plots.

Le solivage est encasté dans les rondins, mais l'isolation est très limitée, entre solives uniquement (ill. 147.1)

Il est préférable de poser les bois sur une plateforme composée de solives et d'un platelage (panneaux ou planches). L'isolation se fera alors au-dessus du platelage, c'est plus efficace et plus simple à réaliser (ill. 147.2)

Mais pour un habitat permanent, on devra prévoir une double isolation (ill. 147.3) :

- une dalle très isolante (caisson isolé avec un matériau possédant une bonne masse thermique ou une dalle en lamellé bois cloué) posée sur plots.

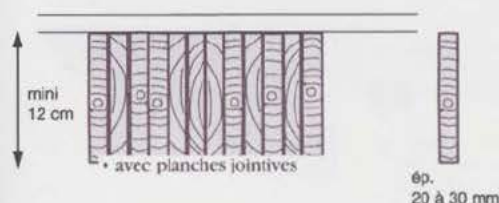
- une isolation, si possible en continue, sur la dalle.

2. Poser les rondins sur une plateforme en bois (ill. 146)

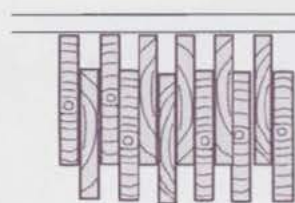
Les rondins sont posés directement sur une dalle ou plateforme en bois, elle-même d'épaisseur minimale de 12 cm, conçue suivant la méthode du caisson de plancher isolé de type ossature bois ou du système lamellé cloué (ou contre-cloué).

Le caisson en planches clouées (ou lamellées-clouées) est autoportant. C'est une solution économique et très écologique (isolation et stockage de carbone) pour éviter la dalle en béton.

Cette technique, très ancienne, a été réintroduite et devrait connaître un grand développement. Les planches sont clouées sur leur parement. La dalle est préfabriquée par élément de 60 cm à 1,20 m en grande longueur (jusqu'à 8 m). Le montage de la plateforme est très rapide aussi bien sur plot que sur sous-sol ou vide sanitaire.



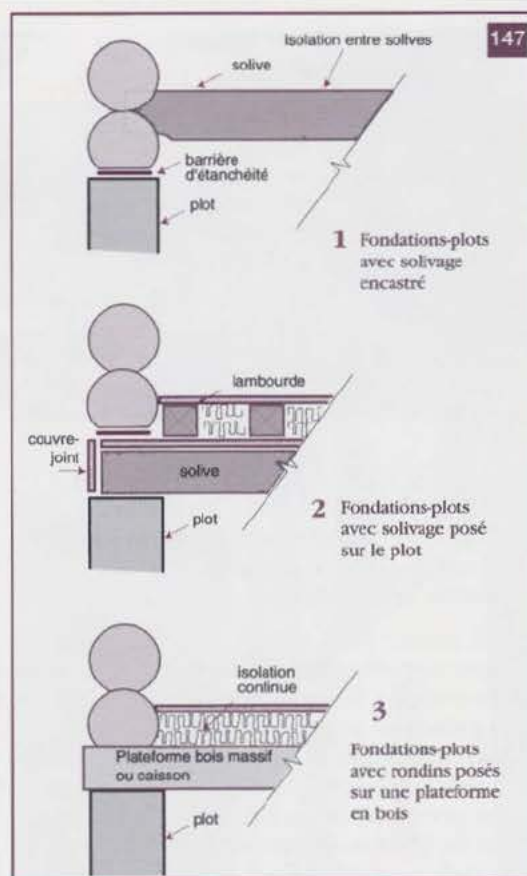
ép.
20 à 30 mm



• avec planches décalées

146

Plateforme en bois
lamellé-cloué
(pointes de 90 mm)



147

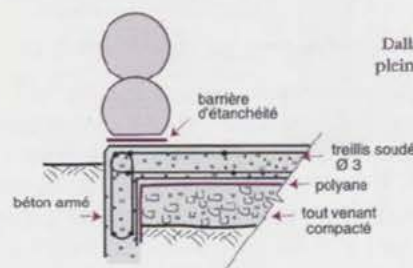
1 Fondations-plots
avec solivage
encastré

2 Fondations-plots
avec solivage posé
sur le plot

3 Fondations-plots
avec rondins posés
sur une plateforme
en bois

b) Fondations avec dalle béton

1. Dallage sur terre-plein avec fondations en radier (ill. 148) : lorsque la portance du sol est mauvaise, la solution des fondations sur radier renforcé par des bèches en béton armé est simple et peu onéreuse. L'isolation se fera alors de préférence sur la dalle. Son principal inconvénient est d'obliger à prévoir toutes les évacuations, gaines, eau, électricité avant de couler la dalle. Il sera difficile de modifier l'installation sanitaire.



Dallage sur terre-plein - Fondations
en radier

148



Béton pollueur

Le béton semble être un passage obligé pour réaliser les fondations et dalles pour porter une maison en bois.

Quoi qu'en disent les industriels du ciment, ce matériau n'a rien de naturel, ni d'écologique car il est la source d'importantes émissions de gaz carbonique. Le ciment est à l'origine de 7 à 8 % (source ADEME) des émissions de gaz carbonique à l'échelle de la planète, juste après le pétrole et ses dérivés.

Pour produire 1 tonne de ciment, près de 250 kg d'équivalent carbone sont émis dans l'atmosphère, à peu près autant que... ce que stocke 1 m³ de bois.

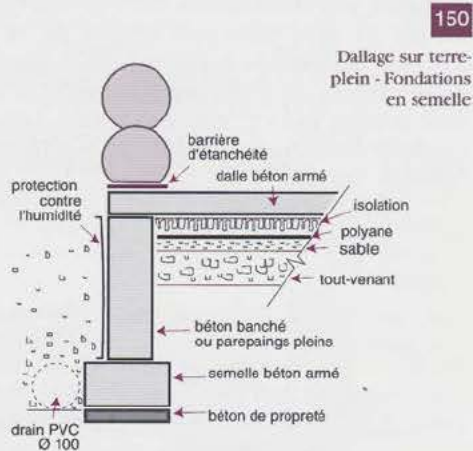
Le bilan carbone d'une maison est le véritable indicateur de son degré de qualité écologique !

Posée sur plots, avec une terrasse sur pilotis au bord de l'eau... (et une toiture en bardeaux de châtaignier)

2. Dallage sur terre-plein avec fondations en semelle (ill. 150) : cette solution permet de réaliser une première isolation (polystyrène dur) sous la dalle en béton qui est solidaire de la semelle des fondations.

3, 4. Dallage sur vide sanitaire et sur sous-sol : la dalle en béton sur vide sanitaire ou sous-sol est la solution la plus couramment employée. Son principal avantage est de présenter un espace qui facilitera tous les branchements et évacuations (eau, sanitaire, chauffage, électricité), et permettra de les modifier, et de protéger le sol du froid et de l'humidité.

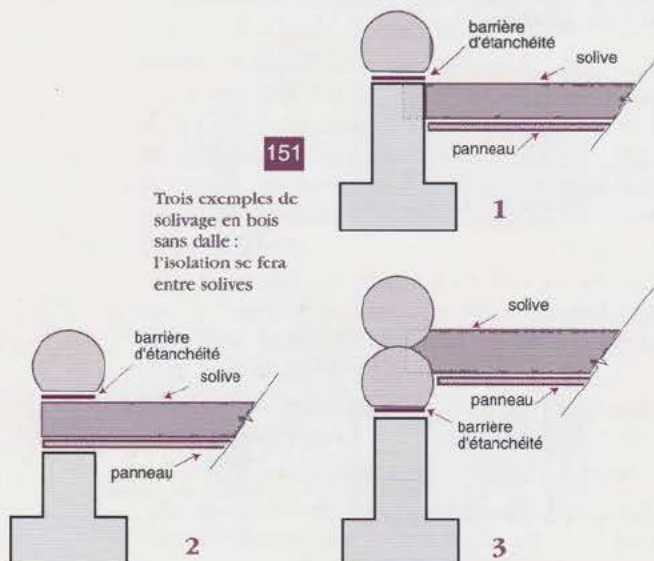
La dalle sera en général portée par des poutrelles en béton avec entrevous de hourdis qui pourront être isolants. Les murs pourront être en parpaings ou en béton banché d'épaisseur 15 cm minimum. Tous les murs enterrés devront être rendus étanches sur la partie extérieure.



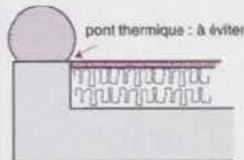
c) Fondations sans dalle béton, avec solivage en bois (ill. 130)

Le vide sanitaire ou sous-sol sera réalisé en béton ou pierre, mais la dalle sera remplacée par un solivage en bois. Cette solution est envisageable lorsque la solution d'un plancher en bois est retenue en rez-de-chaussée.

Le vide sanitaire ou sous-sol devra être particulièrement bien ventilé pour garantir la bonne préservation du bois du solivage (et éventuellement du plafond du sous-sol).



1

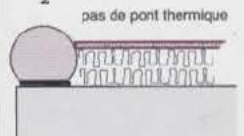


Niveau du sol fini et pont thermique

La liaison des premiers bois d'une fuste avec la dalle doit être envisagée de façon à réduire au maximum les ponts thermiques. Cette disposition a des conséquences sur le niveau fini du plancher. Analysons les 3 exemples ci-contre.

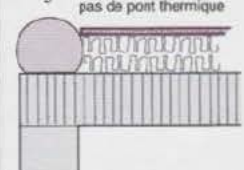
Dans le schéma 1, les bois sont posés sur une longrine en béton, l'isolation de la dalle béton est placée de façon à ne pas perdre de hauteur, le sol fini affleure au niveau du premier demi-rondin. Cette solution doit être évitée. Elle est la source de ponts thermiques et de fuites.

2



Dans le schéma 2, le premier bois est posé au niveau de la dalle, l'isolation est au-dessus de la dalle béton et vient en continuité avec le bois. Les ponts thermiques sont réduits, mais le niveau du plancher est relevé de l'épaisseur du composant isolation-sol fini. Pour un chauffage par le sol (isolation, chape et carrelage), l'épaisseur sera de 16 à 18 cm minimum.

3



Dans le schéma 3, le premier bois est posé sur une dalle ou plateforme en bois massif (lamellé cloué) ou un caisson porteur bien isolé.

Les éventuels ponts thermiques sont réduits par rapport à la solution 2. L'isolation du plancher se fera comme dans le schéma 2.

152

Quelques points importants dans les fondations

- Prévoir une coupure de capillarité empêchant la remontée d'eau. Elle devra se situer (cf DTU 20.11) à 20 cm au-dessus du niveau du sol.
- Les fondations doivent dans tous les cas être hors gel. La profondeur hors gel est variable ; elle doit être de 80 cm minimum.



154

Basse, posée sur une simple dalle au ras du sol, couverte d'herbe, la maison se fond dans la nature (RéaL.T.H.)

153



En cours de remontage sur son sous-sol, la maison de l'ill. 145

3. La liaison premier bois-béton

Pour éviter tout risque de pourriture du premier bois, la liaison devra avoir pour but d'éviter :

- que les remontées d'humidité du béton (matériau hygroscopique) ne viennent en contact avec le premier bois,
- que les eaux de pluies ne risquent de s'infiltrer entre le béton et le premier bois.

Pour ce faire, on réalisera une barrière d'étanchéité entre les fondations et le premier bois. Les solutions :

a) pour éviter les remontées d'humidité

On pourra utiliser une chape de bitume armée type 40 avec armature de tissu de verre (norme AF P 84-303) ou un polyéthylène de 200 microns (ill. 155.1, 2, 3). C'est la solution la plus fréquente. On pourra aussi poser le premier tour de rondins sur un bois équarri injecté, lui-même posé sur une chape de bitume.

b) pour éviter la pénétration d'eau de ruissellement (pluie)

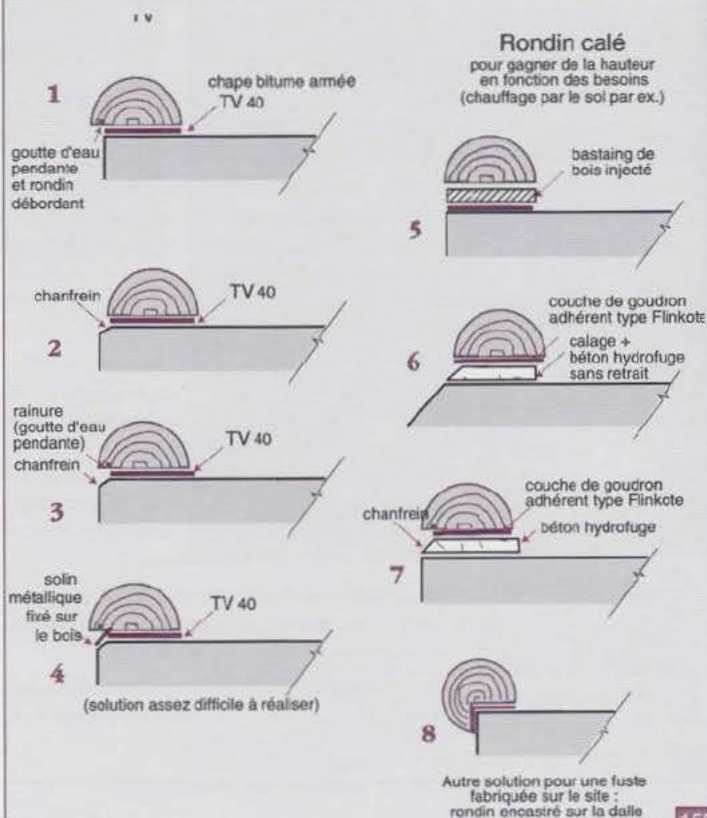
Première précaution : de larges débords de toiture éviteront le ruissellement d'eau sur les rondins proches des fondations. Toutefois il sera bon de prévoir un dispositif empêchant l'eau de s'introduire entre la dalle et le premier bois. Ce pourra être un chanfrein sur la dalle, une rainure goutte d'eau sous le rondin, un solin métallique... (ill. 155)

Le choix d'une solution doit tenir compte du fait que la dalle en béton sera rarement d'une planéité parfaite. Dans ce cas on peut passer une couche de goudron (type "flinkote") sous le premier rondin, lequel sera calé à hauteur désirée (c'est parfois utile lorsqu'on installe un chauffage par le sol, si l'on désire éviter le contact du chauffage avec le bois - cf. DTU de chauffage par le sol) (ill. 155.6,7). Après calage, un rejointoiement au béton hydrofuge, sans retrait, est exécuté, chanfreiné à l'extérieur.

Autre solution : le premier rondin n'est pas scié mais encastré sur la dalle. Cette technique demande un respect rigoureux des dimensions de la dalle. Elle est intéressante lorsque la maison est fabriquée sur son site définitif (ill. 155.8).

Différentes liaisons possibles bois-béton

Dans tous les cas : une barrière d'étanchéité doit être posée entre le bois et le béton (chape bitumée armée ou goudron)



155

Les qualités antisismiques d'une fuste

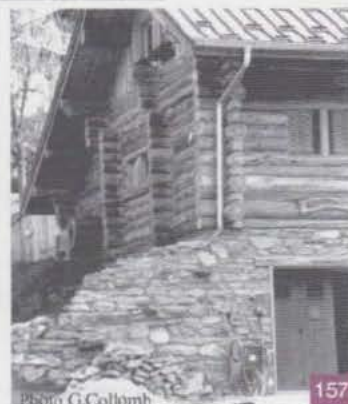
Une fuste, et en général les maisons en bois empilées à entaille d'angle autobloquantes, sont des constructions tout à fait antisismiques. Chaque rondin assure par lui-même un véritable "chainage" de la construction et un mur en bois empilés est en quelque sorte une poutre composite qui supportera des variations importantes du niveau des fondations. On peut soulever de plusieurs centimètres l'angle d'une maison sans que se produise le moindre désordre, à l'exception, sans doute, du bris de quelques vitres. Voyez par exemple ces vieilles maisons norvégiennes posées sur des pilotis de bois, dont une des fondations s'est effondrée, et qui tiennent toujours en équilibre...

Les Japonais, qui vivent dans une zone de séismes fréquents savent par expérience que la maison en rondins est une sécurité en cas de séisme. Après un terrible tremblement de terre, des trains entiers de maisons en bois sont partis de Finlande en direction du Japon...



156

Sous-sol en maçonnerie avec parement en pierre de montagne.



157

II. ISOLATION THERMIQUE ET CHAUFFAGE

La maison en bois massif, le "chalet", sont devenus à ce point symboles de chaleur, de lumière et de bonheur au cœur de l'hiver qu'ils sont bien souvent choisis comme messagers des vœux de bonne année ; et pourtant tous les préjugés courent encore sur l'isolation des maisons en bois massif... Les habitants des pays de grand froid, de l'Alaska à la Russie, vivent dans des maisons de rondins ; et pourtant on se demande souvent ce que sera l'isolation d'une construction en bois empilés. Les personnes qui habitent une maison de rondins bruts constatent qu'elles font des économies de chauffage ; et pourtant, selon les normes appliquées en France, l'isolation de ces maisons n'est pas suffisante... Pardonnez-nous de rentrer dans des explications un peu techniques (résumées dans l'encart ci-contre), mais il vaut la peine d'expliquer ce paradoxe...

1. Les coefficients et méthodes de calcul de l'isolation thermique : les normes en France

Dans une maison, de 20 à 40 % des pertes de chaleur se font par les murs. C'est dire à quel point l'isolation des murs est importante.

Les calculs d'isolation thermique utilisés dans le bâtiment s'appuient sur un certain nombre de concepts :

a) La conductivité thermique : λ

La conductivité thermique (λ) d'un matériau est son aptitude à conduire la chaleur.

λ s'exprime en watt/m° C

Pour du béton : $\lambda = 1,4$

Pour du bois résineux : $\lambda \sim 0,12$ à $0,23$ selon la masse volumique du bois

Pour un isolant léger : $0,029 < \lambda < 0,065$

Pour les différents matériaux, λ est défini par les règles Th K-77. Remarquons que les résultats sont obtenus d'après des mesures définies par les normes NF-X10-021 et 022 et



Une carte de vœux comme il en existe des centaines : une maison en bois dans la neige.

Une réglementation qui pénalise le bois massif

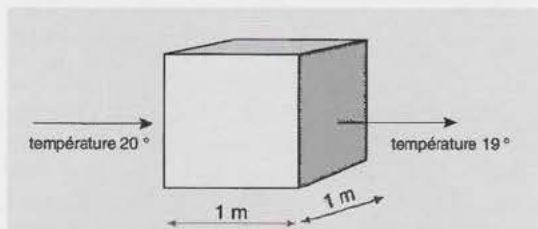
Les normes de calcul d'isolation en France sont basées sur une méthode dite "en régime statique" (la température extérieure est supposée fixe, alors qu'en fait elle varie beaucoup).

Cela désavantage le bois massif dont les performances sont dues non seulement à sa bonne résistance thermique mais à sa "masse thermique" exceptionnelle, qui freine les déperditions de chaleur lors des variations de la température extérieure ("en régime dynamique").

Ce phénomène est bien connu des thermiciens, qui parlent d'effet de masse thermique, de diffusivité ou de déphasage. Mais ce n'est pas tout... Comment se fait-il qu'à température égale, on ait toujours l'impression qu'il fait plus chaud dans une maison en bois que dans une maison en béton ? Cela ne relève pas de la magie mais de phénomènes physiques qui méritent quelques explications.

Aux USA, des études récentes ont amené à réviser ces normes de calcul qui freinaient le développement de la construction en bois massif.

En France les normes de calcul d'isolation devraient également être revues pour ne pas pénaliser la maison en bois massif.



λ est le flux ou courant de chaleur obtenu par m^2 d'un matériau, lorsque se produit une différence de température de $1^\circ C$ de part et d'autre d'une épaisseur de $1 m$.

159

La conductivité thermique : le coefficient λ .

effectuées à température constante sur les deux côtés d'une paroi. Ces mesures effectuées à température constante sont dites en régime stationnaire ou statique.

b) La résistance thermique

Exprimée en $m^2 \cdot ^\circ C / W$, la résistance thermique (R) d'une paroi caractérise son aptitude à résister au passage de la chaleur ; elle est proportionnelle à l'épaisseur du matériau et inversement proportionnelle à sa conductivité thermique λ .

$$R = e / \lambda$$

Le flux surfacique de chaleur (φ) qui s'écoulera, du côté le plus chaud vers le plus froid, à travers une paroi, sera d'autant plus fort que la différence de température est grande entre l'intérieur et l'extérieur, mais sera d'autant plus faible que la résistance de la paroi est grande. C'est ce que décrit la loi de Fourier :

$$\varphi = \frac{\theta_i - \theta_e}{R}$$

φ = flux surfacique de chaleur en W/m^2

$\theta_i - \theta_e$ = différence de température entre intérieur et extérieur en $^\circ C$.

R en $m^2 \cdot ^\circ C / W$.

Si donc on veut limiter le flux de chaleur qui s'écoulera à travers la paroi, la solution est a priori d'augmenter le R (résistance thermique de la paroi). Par exemple, un mur de parpaings creux de 20 cm d'épaisseur aura une résistance de 0,19. La résistance de ce mur sera multipliée par 6 si on le double avec 4 cm de polystyrène expansé.

Un mur de bois massif en résineux léger d'épaisseur moyenne 24 cm, aura une résistance thermique de : $R = 0,24 / 0,12 = 2$

c) Le coefficient G

G est le coefficient volumique des déperditions globales qui regroupe :

- les déperditions par renouvellement d'air
- les déperditions au travers des parois.

G traduit les pertes thermiques globales de $1m^3$ d'un volume habité pour $1^\circ C$ d'écart entre l'intérieur et l'extérieur. G s'exprime en $W/m^3 \cdot ^\circ C$.

d) Le coefficient B

B est la valeur moyenne des besoins de chauffage d'un logement par degré d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur divisé par le volume habitable. Ce coefficient tient compte des apports solaires.

La réglementation RT 2000, mise en place depuis fin 2001, constitue une révolution dans la méthode de calcul et exige l'aide d'un logiciel. Pour chaque bâtiment, un coefficient $U_{bât}$ doit être calculé.

e) La nouvelle réglementation RT 2005

Cette nouvelle réglementation a pour but de réduire la consommation d'énergie, non seulement pour le chauffage, mais aussi pour la ventilation des constructions, ainsi que pour les besoins en eau chaude et éclairage. Elle vise à réduire les entrées d'air parasites et les ponts thermiques.

2. Quel coefficient R appliquer (en régime statique) ?

Le calcul de la résistance thermique théorique (en régime statique) d'un rondin ajusté, dans une fuste, requiert de connaître :

- le coefficient de conductivité λ
- l'épaisseur moyenne (e) du mur d'une fuste, qui dépend du diamètre des bois.

$$R = e (m) / \lambda (w/m^\circ C)$$

Le coefficient de conductivité défini par le DTU - Règles Th K-77 indique un coefficient λ en $W/m \cdot ^\circ C$, qui est fonction de la masse volumique ρ du bois.

Le carbone et l'isolation

La nouvelle réglementation thermique 2005 veut répondre à la crise climatique annoncée.

Selon l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), le secteur du bâtiment est un des gros consommateurs d'énergie et donc responsable d'une part importante des émissions de gaz carbonique (CO_2) (20 % environ selon cet organisme).

L'objectif défini par la loi n° 2005-781 de programme, fixant les objectifs de la politique énergétique du 13 juillet 2005, est de réduire par 4 les émissions de CO_2 , principale cause de l'effet de serre et de la crise climatique.

Ce plan carbone a amené l'ADEME à mettre au point une méthode de calcul des facteurs d'émission de gaz carbonique, exprimée en équivalent carbone. Il s'avère donc que le bâtiment est doublement responsable d'émission de carbone :

- Pour son utilisation : selon son niveau de confort thermique, une maison consommera, selon le type de chauffage utilisé, plus ou moins d'énergie, et émettra donc un "équivalent carbone."

- Pour sa construction, car la plupart des matériaux sont fortement émetteurs de carbone. Pour produire, par exemple, 1 tonne de laine de verre, on doit émettre près de 600 kg d'équivalent carbone ; et pour le polystyrène, près de 800 kg pour 1 tonne produite.

Quant au bois massif, au lieu d'émettre du CO_2 , il le stocke : 1 m³ de bois permet de stocker environ 250 kg EC, dont on devra déduire, pour être exact et objectif, les quelques kilos de carbone émis lors de son exploitation, de son transport et de sa transformation (voir p. 97).

Le renforcement des normes d'isolation dans le bâtiment a indirectement des conséquences sur l'émission de carbone, si l'on utilise pour isoler les matériaux "classiques" (laine de verre ou de roche, polystyrène, polyuréthane...) d'autant que l'on sait que les économies de chauffage sont loin d'être proportionnelles à l'épaisseur d'isolant utilisé.

On conçoit bien que le bilan global de l'habitat, que l'on pourrait qualifier d'"écologique", doit obligatoirement intégrer le facteur émission de carbone. C'est l'indicateur le plus fiable..., même s'il donne un avantage considérable à la construction en bois massif !

La RT 2005

Depuis l'an 2000, une nouvelle réglementation et un nouveau mode de calcul sont en vigueur pour l'isolation des bâtiments neufs résidentiels et tertiaires. Celle-ci a été modifiée en 2005 (plan climat) et vise à renforcer les économies d'énergie tant par le niveau d'isolation qui doit être amélioré de 15 % que par le renforcement de l'étanchéité et la réduction des ponts thermiques. Elle intègre également les besoins en eau chaude, climatisation, éclairage. La RT 2005 aura des suites car, dès 2008, elle sera renforcée par de nouvelles exigences en matière de climatisation et performances des chaudières.

A terme, en 2020, la réglementation ambitionne d'améliorer de 40 % la "performance énergétique des bâtiments".

Cette nouvelle méthode de calcul est très compliquée et exige l'aide d'un logiciel, qui devrait permettre de calculer un coefficient *U_{bât}* pour chaque bâtiment. Elle fixe un seuil de consommation de référence pour ces bâtiments et précise des limites de consommation maximales par m² de surface pour les consommations de chauffage, refroidissement, production d'eau chaude sanitaire suivant les zones climatiques et par type d'énergie primaire de chauffage :

- Zone H1 (Nord) : 130 kWh/m²/an (combust. fossile) ou 250 kWh/m²/an (électrique)
- Zone H1 : 110 kWh/m²/an (combust. fossile) ou 190 kWh/m²/an (électrique)
- Zone H3 (Sud) : 80 kWh/m²/an (combust. fossile) ou 130 kWh/m²/an (électrique)

Les labels HPE et THPE sont attribués à des consommations inférieures de respectivement 10 et 20 %.

En 2006 a été signé un programme de recherche (PRE-BAT) pour trouver des solutions pour réaliser des bâtiments consommant moins de 50 kWh/m²/an (label basse consommation). Dans ce domaine, la région Poitou Charente a innové en aidant financièrement les projets consommant moins de 45 kWh/an, qui doivent aussi intégrer des solutions de production d'énergie dites renouvelables, solaire notamment.

En ce qui concerne les murs, la RT 2005 utilise désormais la notion de coefficient de transmission surfacique *U* exprimé en W/m².K qui est le flux thermique en régime stationnaire par unité de surface, pour une différence de température de 1 Kelvin ou ° Celsius, entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.

U est donc l'inverse de la résistance thermique *R* que l'on connaît plus facilement.

Cette réglementation a introduit l'idée de "garde-fou", c'est-à-dire de limite à ne pas dépasser : ainsi, pour un mur en contact avec l'extérieur, le Coefficient *U_{max}* qui était de 0,47 dans la RT 2000 est passé à 0,45 W/m².K, ce qui correspond à une résistance de 1/0,45 = 2,2 m².K/W.

Pour $\rho > 600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,23$
 Pour $450 < \rho < 600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,15$
 Pour $\rho < 450 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,12$

Pour les résineux les plus courants (épicéa, sapin), $\lambda = 0,12$. Les bois les plus légers sont les plus isolants.

L'épaisseur moyenne d'un mur de rondins peut être définie, par le calcul, en mesurant l'épaisseur équivalente d'un mur dont les parois seraient droites. Il n'est pas tenu compte de l'isolant renfermé dans l'entaille longue (ou gorge). Soit un mur de rondin de diamètre d (ill.160). La largeur de la gorge c est considérée régulière de 7,5 cm de large. On recherchera l'épaisseur équivalente l d'un madrier de hauteur h dont la section serait égale à celle du rondin, diminuée des 2 segments circulaires s correspondant au recouvrement des entailles longitudinales (ill.161) :

$$l \times h = \frac{\pi d^2}{4} - 2s$$

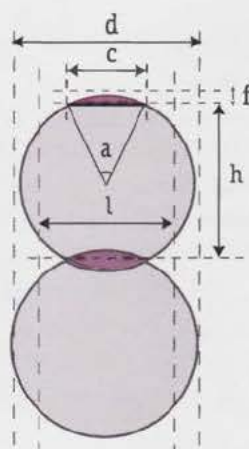
Par le calcul géométrique, il est possible d'en déduire la valeur de l :

$$l = d \frac{(\pi - 2 \text{Arc sin } c/d + \sin (2 \text{Arc sin } c/d))}{4 \cos (\text{Arc sin } c/d)}$$

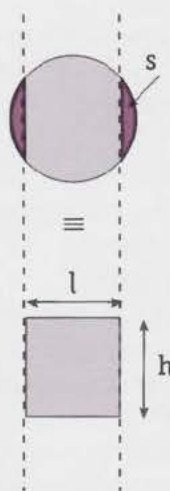
Cette formule permet d'établir la table ci-contre de l'épaisseur moyenne d'un rondin en fonction de son diamètre.

Ex : pour un $d = 30 \text{ cm}$, $l = 24 \text{ cm} = 0,24 \text{ m}$, la résistance thermique R d'un rondin de masse volumique $< 450 \text{ kg/m}^3$ sera de :

$$l/\lambda = 0,24/0,12 = 2$$



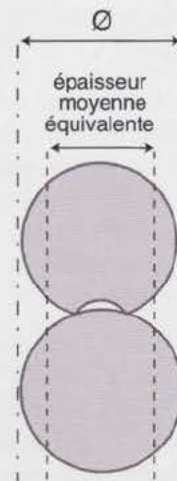
160 Les paramètres du calcul d'épaisseur moyenne du rondin.



161

Quelle épaisseur moyenne retenir pour un mur en rondins pour calculer sa résistance thermique en régime statique ?

Ø du rondin en cm	épaisseur moyenne équivalente
20	16,5
21	17,3
22	18,1
23	18,8
24	19,6
25	20,3
26	21,1
27	21,8
28	22,6
29	23,4
30	24,2
31	24,9
32	25,7
33	26,5
34	27,3
35	28,0
36	28,8
37	29,6
38	30,3
39	31,1
40	31,9
42	33,4
45	35,8
48	38,1
50	39,7



163



Photo R.Tessa

Une implantation pour bénéficier de l'ensoleillement

162

3. Un mur en bois massif peut-il répondre aux exigences théoriques de la réglementation thermique sans doublage ? Réflexions sur un paradoxe

Les normes en vigueur, compte tenu du coefficient U, imposent d'utiliser, pour les murs, des matériaux dont la résistance thermique est au moins de 2,2 ; elle doit être supérieure à 3 pour obtenir le "label 4 étoiles" haute performance.

Si l'on s'en tient à un λ de 0,12 W/m.°C (bois résineux), une résistance thermique de 2,2 correspondrait à un mur :

$$R = e/\lambda \Rightarrow e = 2,2 \times 0,12 \\ e \pm 27 \text{ cm}$$

Il serait donc nécessaire pour respecter la réglementation thermique de base, de doubler tous les murs en bois massifs inférieurs à 27 cm d'épaisseur moyenne, soit de 34 cm de diamètre. Quant à une demande de label Haute performance, elle sera inévitablement rejetée pour une maison en bois massif dont les murs ne sont pas doublés.

Or les habitants d'une maison en rondins de Ø 30 cm et plus ne tarissent pas d'éloges sur le confort thermique de leur maison et sur les économies d'énergies qu'ils réalisent (à condition que le jointage soit de bonne qualité !). Nombreux sont les témoignages rapportés, à ce sujet, par les habitants d'une maison en rondins. Celle de Claude par exemple, qui fit une demande de label HPE pour sa maison de 120 m² habitables, située dans le Massif Central, à 900 m d'altitude. Cette demande fut catégoriquement rejetée. Claude fit cependant installer un chauffage électrique par le sol ainsi qu'un poêle à bois de complément. Ses conclusions aujourd'hui : il n'utilise pratiquement pas le chauffage par le sol, son poêle est suffisant pour chauffer sa maison et sa consommation de bois est faible !

Quant aux habitants des maisons en rondins d'Alaska, du Canada ou de Laponie, pour qui - 40 °C est température courante en hiver, ils vivent très confortablement sans que leurs murs ne soient jamais doublés.

En pratique, l'expérience montre que les études thermiques portant sur des murs de bois massif et réalisées sur la base du seul coefficient R de résistance thermique (défini



Une maison chauffée par un simple insert.

en France par les règles Th K-77) ont souvent amené à surdimensionner les capacités d'une installation de chauffage, et que, dans tous les cas, la consommation réelle de chaleur s'est avérée inférieure à celle prévue par le calcul.

4. Quelques tentatives d'explication des performances thermiques des murs en bois massif

Si la température extérieure était constante entre le jour et la nuit (on serait alors en "régime statique") et si le soleil ne venait pas réchauffer les murs d'une maison en hiver, le mur en bois massif se comporterait comme n'importe quel matériau : c'est sa seule *résistance thermique* qui s'opposerait aux pertes de chaleur à travers le mur.

En fait, comme la température extérieure varie entre le jour et la nuit, on se trouve en régime "dynamique" :

- d'une part la température de l'air va s'élever durant la journée, en demi-saison (printemps, automne), et la température extérieure pourra même être supérieure à la température intérieure de la maison pendant quelques heures à la mi-journée : les murs extérieurs vont donc être réchauffés ;
- d'autre part le soleil va agir sur :
 - . les baies vitrées, par effet de serre, en chauffant les matériaux de l'intérieur de la maison,
 - . les murs en les chauffant, s'ils ont de l'inertie (une forte capacité à absorber de la chaleur).

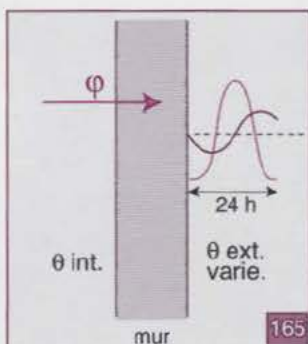
Cet apport de calories par le soleil et par la hausse des températures extérieures va modifier les déperditions thermiques.

Régime statique :

on considère un écart de température constant int./ext. au cours de la journée

Régime dynamique :

on considère un écart de température variable int./ext. au cours de la journée



Les pertes de chaleur en régime dynamique. L'onde sera amortie et déphasée si le matériau est peu diffusif.

a) L'apport de chaleur par le soleil sur les baies vitrées : le rôle de l'inertie thermique des murs et planchers intérieurs

C'est un phénomène bien connu, un matériau de chaleur massique élevé est capable de stocker de la chaleur et de la restituer lentement. C'est le rôle de l'eau dans un chauffage central. On peut de la même façon stocker de la chaleur apportée par rayonnement solaire au travers des baies vitrées qui agissent comme capteur solaire. L'apport de chaleur dépendra du matériau rencontré par les rayons solaires. Plus sa chaleur massique sera élevée, plus il sera à même d'accumuler de la chaleur pour la restituer lentement.

Pour bénéficier de l'apport solaire par les baies vitrées, il faudra donc leur associer des planchers et murs intérieurs de chaleur massique élevée ; c'est ce qui amène souvent les architectes à prévoir des murs capteurs en matériaux lourds non isolés (en béton par exemple), à l'intérieur d'une maison moderne de structure légère. On parlera de matériaux à forte inertie thermique (à ne pas confondre avec l'effet de masse thermique dont on parle ci-après).

b) L'apport de chaleur sur les murs extérieurs : le rôle du "temps caractéristique" d'un matériau en régime dynamique (1)

Pour les murs extérieurs, il en va autrement. Les normes françaises de calculs d'isolation thermique ne tiennent donc pas compte de cet apport de chaleur diurne (par le soleil et par une hausse de température). Il y a bien lieu, cependant, de se poser une question : dans quel système thermique les coefficients (λ , K , R) servant de base aux calculs thermiques définis par les règles ThK - 77 sont-ils établis ?

1. Sur ce sujet, on peut consulter : *Transferts thermiques*, de J. TAINE et J.P. PETIT (Dunod 1991)

Si l'on revient aux principes de calcul, on constate que la résistance thermique définie pour un matériau, qui caractérise son aptitude à résister au passage de la chaleur, est établie dans un régime dit "statique", c'est-à-dire que l'on considère que la température de chaque côté de la paroi ne varie pas.

$$\phi = \frac{\theta_i - \theta_e}{R} = \text{différence de température entre l'extérieur et l'intérieur}$$

Pourtant les climats sont ainsi faits que les variations de température extérieure dans un laps de temps très court peuvent être considérables. L'écart jour-nuit atteint et dépasse couramment 20 °C. En montagne, les amateurs de sport d'hiver prendront un bain de soleil à midi et seront emmitoufflés dans une fourrure à minuit... Sans parler des déserts subtropicaux où la canicule du jour sera suivie d'un gel nocturne.

Les matériaux d'isolation qui nous protègent du froid en hiver évoluent, en fait, dans un régime **dynamique** et peuvent "réagir" à chaque variation de température extérieure en s'opposant plus ou moins longtemps à la variation du flux de chaleur, qui tend à traverser la paroi du chaud vers le froid. C'est lors de ces variations de température que la masse et également la chaleur massique vont intervenir. La physique des transferts thermiques, d'une haute complexité, fait appel aux notions de **diffusivité** et de **temps caractéristique** pour expliquer ces phénomènes.

1. La diffusivité thermique a est définie par la formule :

$$a = \frac{\lambda}{\rho C_p}$$

a = diffusivité en m²/s

λ = conductivité thermique W/m.°C

C_p = chaleur massique J/kg.°C

ρ = masse volumique kg/m³

La diffusivité "a"

Pour le béton, $a = 8 \times 10^{-7}$ m²/s

Pour la laine de verre, $a = 22,6 \times 10^{-7}$ m²/s

Pour le bois (épicéa), $a = 0,71 \times 10^{-7}$ m²/s

Plus la diffusivité est grande, plus le matériau réagira vite aux variations de température.

Plus elle est faible, moins il réagira vite. Il pourra ainsi jouer le rôle d'amortisseur sur une courte période. C'est l'effet de masse thermique.

La diffusivité thermique est un indicateur de la vitesse de transmission de la chaleur dans un matériau par conduction. Plus la diffusivité est faible, et c'est le cas du bois, plus le flux de chaleur mettra de temps à traverser la paroi, et plus le temps caractéristique sera long.

Le temps caractéristique d'un matériau est le rapport du carré de l'épaisseur de la paroi par la diffusivité du matériau (e^2/a).

Le bois massif (et les bois reconstitués en panneaux de fibres, particules...) est le matériau le moins diffusif.

On parlera aussi de déphasage exprimé en heures ou de vitesse de transfert VT de l'onde de chaleur exprimée en cm/heure.

Pour du bois résineux léger, $VT = 1,5$ cm/h, alors qu'elle est de 8 cm/h pour la laine de verre et 4,1 cm/h pour du béton.

Ce phénomène de diffusivité est difficile à comprendre et parfois mal interprété. Il a des conséquences aussi bien sur le confort d'été que d'hiver. La difficulté de compréhension vient de ce que l'isolation d'une paroi est jugée dans beaucoup de pays (à l'exception de quelques-uns dont les Etats-Unis et le Canada) uniquement d'après le coefficient de conductivité λ , et ne tient pas compte de la vitesse de transfert (la diffusivité) qui influe sur les pertes de chaleur dès que l'on se place dans un régime avec des variations de température extérieure (c'est-à-dire en régime dynamique).

Le gain ou économie de chauffage (ou de climatisation en été) sera très effectif lorsqu'on observe une variation de température sur une courte période (24 h).

Pour aider à comprendre comment un matériau peut annuler l'influence des variations de température extérieure au cours d'une journée de 24 h, on peut considérer la température extérieure comme une onde périodique, de période 24 h. Suivant le matériau rencontré - de plus ou moins grande diffusivité - l'amplitude cette onde sera plus ou moins atténuée.

Le Pr. Jean-Pierre Petit, Maître de conférences à L'Ecole Centrale de Paris (1), démontre par le calcul que, pour un mur de rondins de $\varnothing 20$ cm (épaisseur moyenne 16,5 cm), les variations de température sont totalement absorbées au cours d'une période de 24 h. Pour faire une comparaison, il explique que les murs se com-



166

Le bois massif, matériau exceptionnel

Oui, le bois est un matériau dont le comportement est exceptionnel :

- C'est un bon isolant, comme tous les matériaux légers.
- C'est le seul matériau léger à avoir une bonne capacité à accumuler de la chaleur. 1 kg de bois stockera plus de chaleur qu'un kg de béton (2 600 contre 1 100 joules/kg.°C). Mais si l'on se réfère au volume, 1 m³ de béton stockera plus de chaleur que le bois.

Ses caractéristiques en font donc un matériau à part, à la fois isolant et accumulateur de chaleur.

La physique thermique est une science complexe qui rend parfois difficile la compréhension du confort thermique d'une maison en bois massif :

- Le bois a une faible diffusivité qui amortit et ralentit les pertes de chaleurs.
- Il a aussi une faible effusivité qui donne à l'homme cette impression de chaleur au contact d'une paroi en bois : on dit que c'est un matériau chaud.

Le corps humain perçoit une certaine température qui ne dépend pas seulement de la température de l'air, mais aussi de la température de surface de la paroi du local, et pour que la sensation de confort soit complète, l'humidité de l'air et la vitesse de l'air doivent être adaptées.

portent comme des "filtres passe-bas", c'est-à-dire qui ne laissent passer que les basses fréquences et éliminent les hautes fréquences. Le mur en rondins ne prendra ainsi en compte qu'une température extérieure moyenne, alors que le mur en ossature légère, - où la laine de verre est le principal isolant, réagira de façon effective et rapide à toutes les variations de température.

A titre d'exemple, si l'on compare un mur de bois massif d'épaisseur moyenne 24 cm (rondins de 30 cm de Ø) et un mur de la même épaisseur de laine de verre, les calculs montrent que l'amplitude de l'onde (la température extérieure) est divisée par 250 pour le bois, alors qu'elle n'est divisée que par 5 pour la laine de verre. Le bois massif agit comme un amortisseur des variations de la température extérieure.

Toutes ces données prouvent à quel point les **méthodes de calcul en vigueur** reflètent mal la nature dynamique des phénomènes d'échange de température dans un bâtiment, et **pénalisent considérablement le bois**.

Elles montrent, de plus, toute l'attention qui doit être apportée à la conception et à l'implantation de la maison pour lui faire bénéficier le plus possible de l'apport solaire.

2. L'effusivité

Le bois est faiblement effusif. L'effusivité est mesurée par la formule

$$b = (\lambda \times C_v)^{1/2}$$

Et, là encore, la faible conductivité du bois λ et sa forte chaleur massique C_v , lui donnent une propriété tout à fait particulière.

Tentons d'en donner une explication.

L'effusivité est un indicateur de la vitesse d'absorption des calories par un matériau. Chaque matériau a sa propre effusivité, celle de la pierre ou du béton est très élevée. Le corps humain a aussi une certaine effusivité, c'est celle de l'eau dont notre corps est constitué en grande partie. Elle est plus forte que celle du bois, mais moins élevée que celle de la pierre ou du béton.

Quand 2 matériaux sont en contact, c'est le matériau le moins effusif qui impose sa température au plus effusif. En hiver, on constate cette effusivité en ramassant dehors, à main

nue, un morceau de bois et une pierre ou un morceau de fer. Seul le bois ne donnera pas de sensation de froid. Cela signifie que le corps humain a imposé sa température au morceau de bois, mais que la pierre, le fer... et tous les matériaux lourds imposent leur température au corps humain.

Dans une maison chauffée, à température égale le bois paraît à ses habitants plus chaud que le mur en pierre... : c'est l'effusivité qui en est la cause ! Cela n'est qu'une impression, on parlera de chaleur subjective, mais cette chaleur est bien réelle pour celui qui habite une maison en bois. A température égale, vous aurez plus chaud dans une maison dont la paroi intérieure est en bois. Il s'agit d'une sensation, mais notre corps est régi par un système nerveux qui mesure et analyse des sensations.

Dans une maison en bois massif, on peut même penser que la chaleur subjective vous fera faire des économies de chauffage !

Un seul matériau très naturel et écologique est moins effusif que le bois, c'est le liège. Mais il est malheureusement peu abondant et relativement cher.

5. Les recherches sur l'isolation et le comportement du bois en régime dynamique : l'effet de masse thermique.

La recherche en France semble quasi inexistante sur le sujet. Il est vrai que la maison en bois massif est seulement en train de naître.

Les études les plus importantes nous viennent du nouveau monde (USA, Canada), où la maison en bois massif gagne une place de plus en plus importante à côté de la maison individuelle à ossature-bois, et où, aussi, les études thermiques de l'habitat ont été très développées, en raison sans doute des climats plus extrêmes (froid et chaud) que l'on y rencontre.

a) La recherche en Amérique du Nord

Pendant longtemps, les Etats-Unis ont appliqué les mêmes principes de calcul de résistance thermique qu'en France, c'est-à-dire une résistance thermique R calculée en régime sta-

tique, ne tenant compte ni des variations de température extérieure, ni de la chaleur massique, ni de la masse volumique du matériau.

Depuis 1980, un large débat sur la contribution de l'effet de masse thermique (EMT) s'est développé aux USA. Différentes études ont été réalisées. La plus significative et la plus crédible eut lieu en 1979, réalisée par le Département Fédéral de l'énergie. Six maisons de 6 m x 6 m, construites en

- ossature-bois
- maçonnerie
- bois massif

de résistance thermique différente, furent étudiées en grandeur réelle. L'étude eut lieu dans le Maryland. Une comparaison fut faite en particulier entre :

- une maison en ossature-bois
- et une maison en bois massif d'épaisseur 18 cm

la résistance thermique des murs de ces deux maisons étant très proches, légèrement supérieure pour l'ossature-bois.

Les résultats de cette étude ont montré en particulier que (1) :

- au printemps et en automne, les besoins de chaleur pour chauffer ces maisons étaient de **46 % inférieurs** pour la maison en bois massif par rapport à celle en ossature-bois (qui pour tant avait un R supérieur) ;
- en hiver, les besoins de chacune étaient identiques ;
- en été, les besoins de climatisation étaient de **24 % inférieurs dans la maison en bois massif.**

1. "The Energy Economics and Thermal Performance of log houses", in *LHG 1982*, D. MUIR and P. OSBORNE

2. The Thermal Performance of Log Home Walls, Thomas M. GORMAN, Department of Forest Products, University of Idaho, USA, oct. 1995

Cette étude avait un défaut : il était difficile d'extrapoler des résultats obtenus dans un climat relativement doux à d'autres régions des USA, au climat plus rigoureux.

Plusieurs autres études en grandeur réelle ont été réalisées (8 maisons dans l'état de New Mexico, un bâtiment de 400 m² dans le Tennessee). Elles ont été accompagnées de simulations par ordinateur.

b) Une nouvelle réglementation aux USA en 1987

En 1987, l'ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers) a modifié ses normes de calcul thermique pour les maisons d'habitation. Ces normes appelées 90.2 incluaient dorénavant un **crédit de masse thermique** pour calculer l'isolation d'une maison en bois massif. Ce fut une grande victoire pour le North American Log Homes Council (NALHC, syndicat nord américain de constructeurs de maisons en bois massif).

c) Une étude récente de l'Université de l'Idaho.

Réalisée par le Pr. Thomas M. Gorman (2), une autre étude plus récente (octobre 1995) du Department of Forest Products (University of Idaho) a eu justement pour but de vérifier les données définies d'après les normes adoptées en 1987 par le Council of American Building Officials (CABO). Le CABO prévoit dans ses normes un **crédit de masse thermique (CMT)** pour les murs de bois dont la masse est, au minimum, de 20 livres/pied carré (97 kg/m²). Le crédit est calculé d'après une table et un graphe tenant compte notamment du nombre de degrés jours de la zone (*degrés jours : nombre de degrés d'écart journalier avec une température de 18 °C x nombre de jours par an*)

Le crédit de masse thermique prévu dans les calculs est d'environ 9 % (aucun crédit de masse thermique n'est donné pour les climats les plus rigoureux). L'étude réalisée par M. Gorman a eu pour but de mesurer l'effet du climat sur cette méthode de CMT, en particulier dans des régions de climat différent et qui ont le même nombre de degrés jours (les Etats-Unis ont des climats très variables et extrêmes).



167

En climat de montagne, aux fortes amplitudes thermiques... : une fuste confortable, aux rondins de diamètre moyen 30 cm.

En dépit des règles françaises de calcul thermique, il n'est pas nécessaire de doubler les murs d'une maison en rondins, de diamètre 30-35 cm, correctement ajustés.

La réglementation nord-américaine tient compte depuis quelques années de la "masse thermique" du bois massif, et tolère que les maisons en rondins ne soient pas doublées, même dans les climats les plus rigoureux de ce continent.

Toutefois, il est possible de renforcer l'isolation d'une maison en bois massif par un doublage intérieur. Mais avant d'envisager cette opération, vérifiez concrètement votre consommation de chauffage : vous verrez alors si c'est vraiment utile, même si les calculs théoriques voudraient vous persuader du contraire.

La simulation fut effectuée (Suncode PC - computer) sur 9 climats très différents des USA, tenant compte de l'épaisseur variable des bois massifs et de la densité des bois. Les principaux résultats de cette étude par simulation montrent que :

- L'effet de masse thermique est surtout significatif **sur les faces d'une maison exposée au sud** en hiver, mais plus encore en automne et au printemps. Sur les faces nord non exposées au soleil, l'effet de masse thermique est sans influence sur les économies de chaleur, en hiver, en climat très froid ; mais en demi-saison, il est très sensible.

- L'effet de masse thermique **n'est pas directement proportionnel à la masse** proprement dite des bois ; au contraire il est plus important pour des bois de faible masse volumique. L'étude a montré que l'effet de masse joue même pour le bois massif lorsque le mur a une masse inférieure à 97 kg/m² (norme du CABO). Un bois léger sera donc avantageux pour avoir un bon CMT.

- L'influence du **diamètre des rondins** a été confirmée par cette étude.

- Le **crédit de masse thermique** est de 10 % pour des rondins de 10 cm et passe à 27 % pour des bois de 30 cm. Ce crédit, qui est fonction de l'épaisseur des murs, est un bonus par rapport à

la résistance R théorique donnée par les normes en régime statique. Mais il semble qu'il y ait un diamètre optimum : au-delà de 30-35 cm, le crédit de masse thermique ne croît plus.

Paradoxalement, les bois de densité élevée perdent de façon importante leur crédit de masse thermique. L'auteur indique même qu'un bois lourd de petit diamètre pourra avoir un meilleur CMT qu'un même bois lourd de gros diamètre.

Enfin cette étude a confirmé que le site climatique est déterminant pour le CMT.

En dernier lieu, le Pr. Gorman souligne l'importance d'avoir une parfaite étanchéité des bois à l'air, afin d'éviter que les qualités thermiques du bois massif ne soient annulées par des fuites d'air.

Précisons qu'une fuste bien ajustée doit être étanche à l'air par son joint bois sur bois, sans avoir l'herméticité quasi totale de certaines maisons modernes hyperisolées, qui imposent d'installer une ventilation mécanique. Aucune VMC n'est nécessaire dans une fuste. Une maison bien conçue et bien réalisée gardera des joints étanches et ne devrait réclamer aucun joint supplémentaire. Si, malgré tout, se produisent de légères déformations imputables à la nature de ce matériau, ou parfois à celles de certaines essences plus nerveuses, il est facile d'y remédier par des joints souples et discrets.

Plus les bois sont légers, plus ils sont isolants, meilleure sera leur masse thermique et leur comportement en régime dynamique.

6. La valeur thermique d'un mur en rondins

Des études et analyses décrites ci-dessus, on peut tirer 4 éléments :

a) La conception de la maison en rondins

Il importe d'implanter et de concevoir la maison pour bénéficier au maximum de l'effet de masse thermique, aussi bien en hiver et en demi-saison (en recherchant l'ensoleillement

maximal) qu'en été (en se protégeant du soleil : débords de toiture, porches et auvents joueront un rôle important).

b) Absence d'étude et de réglementation particulière en France

En l'absence d'étude et de réglementation particulière en France concernant l'effet de masse thermique, on sera contraint de prendre comme base de calcul les coefficients imposés par les règles définies en régime statique ThK-77. Mais il est bon, dans une étude thermique, de tenir implicitement compte de l'effet de masse thermique, notamment par une régulation très fine en moyenne saison (printemps et automne), et de ne pas surdimensionner inutilement l'installation.

c) L'urgence de réviser les calculs d'isolation

Ces conclusions montrent l'urgence de réviser en France, et en règle générale en Europe, les règles de calcul d'isolation des maisons. Les organismes de recherche, centres techniques, universités... devraient s'intéresser au problème de *calcul d'isolation en régime dynamique*, de l'effet de masse thermique et du cas particulier du bois massif. La construction en bois massif connaîtra un développement certain en Europe dans les prochaines années, la production de la forêt résineuse européenne le permet, la technique également. Le public est de plus en plus séduit par ce genre de construction. Il importe qu'une *réglementation archaïque* ne vienne pas bloquer ce développement.

d) Le climat d'Europe de l'ouest et les bois résineux adaptés à la construction en rondins.

Un climat relativement doux, aux amplitudes thermiques quotidiennes nettes est très favorable à l'effet de masse thermique du mur en bois massif. Les bois résineux de nos régions, à croissance rapide, et donc légers, sont également un facteur positif d'économie d'énergie.

Ces deux atouts font de la construction en rondins une technique du plus haut intérêt, dans un siècle où l'économie d'énergie est de plus en plus vitale et où le bois, par sa capacité à stocker le carbone, peut avoir un rôle déterminant dans l'environnement. La cons-



168

Village lapon en hiver - Andreas Alarieston Lapinkuvat, Lapin maakuntamuseo, Rovaniemi 1974.

truction en bois massif a un bel avenir devant elle... si elle arrive à se faire entendre face aux lobbies du béton et de la laine de verre. Nous en reparlerons en faisant le bilan carbone de ces maisons.

7. Quel mode de chauffage choisir ?

Beaucoup de fustes sont implantées en milieu rural, où le bois abonde, et de nombreux propriétaires de maisons en rondins choisissent de se chauffer au bois. Un gros poêle suffira souvent à chauffer le volume d'une maison de 100 m².

Par ailleurs il n'y a pas de mode de chauffage à exclure (gaz, fuel, électricité, géothermie...). Toutefois, en règle générale, il sera toujours

Le confort d'été aussi !

Il est parfois surprenant de lire dans des ouvrages à vocation écologiques ou sur des sites internet que le confort d'été du bois est moyen, voir médiocre.

Peut-être y a-t-il une confusion avec la maison de type ossature bois, dont les murs sont composés en grande majorité de matériau isolant sans aucune inertie comme les laines minérales.

Ses caractéristiques d'isolation et de masse thermique font du bois massif un matériau isolant du froid comme du chaud. Une anecdote illustre ce phénomène : Alain est de retour dans sa fuste après quelques vacances. C'est un jour de canicule, Mais Alain eut une telle sensation de fraîcheur qu'il enfila rapidement un pull-over...

préférable d'éviter les convecteurs (en chauffage électrique) et les radiateurs (en chauffage central), qui sont peu esthétiques dans les rondins, et qui surtout ont tendance à trop chauffer les bois près desquels ils sont placés et à provoquer des fentes de séchage parfois importantes.

Le chauffage par le sol basse température, qu'il soit électrique (à accumulation ou radiant), à eau chaude basse température ou autre, paraît à tous points de vue préférable, d'autant que les installateurs ont maintenant une bonne expérience de ce genre d'installation : invisible aux yeux, il permet des économies de chaleur certaines (une meilleure convection et un meilleur confort thermique), et un sérieux gain de place par rapport aux radiateurs.

Le bois massif un matériau bioclimatique naturel

Quel matériau est capable :

- de ne demander aucune dépense d'énergie (autre que solaire et gratuite) pour être produit, et donc aucune pollution
- d'être renouvelable
- d'avoir une bonne résistance thermique doublée d'une masse thermique élevée, qui apporte un confort thermique, été comme hiver
- de filtrer les odeurs
- de respirer et d'apporter une ventilation naturelle
- et même, pensent certains, de ne pas perturber les champs magnétiques et radiations cosmiques.

A propos de l'inertie

L'inertie est la source de beaucoup de confusions quand on parle de bois massif. Alors précisons un peu :

Les bois légers, les résineux que nous utilisons pour une fuste, n'ont pas une forte inertie à proprement parler, mais à isolation identique, ils ont une très forte inertie. Et c'est ce mariage entre isolation et inertie qui apporte cette qualité exceptionnelle au mur de bois massif, par sa faible diffusivité ; on parle aussi d' "effet de masse thermique". Un matériau comme le bois massif, qui est en contact avec l'extérieur, amortira les pertes de chaleur. De plus sa faible effusivité (due également à ce mariage isolation + inertie) améliorera le confort intérieur (effet de chaleur subjective).

En isolation conventionnelle, on apprécie beaucoup l'inertie des matériaux comme le béton, à condition que ce matériau lourd, mais peu isolant, soit isolé par l'extérieur. Il joue alors le rôle d'accumulateur de chaleur, mais seulement si une enveloppe isolante le protège. Par ailleurs, la forte effusivité du matériau à forte inertie accélérera la pénétration de la chaleur et renforcera son inertie.

Tout cela n'est pas très simple à comprendre ni à expliquer, mais c'est là une des grandes particularités du bois, matériau à part, qui a un comportement spécifique. Il est moyen en tout, en isolation comme en inertie, c'est pourtant ce qui en fait le meilleur... Et en plus, il nous accumule ce précieux carbone, l'or du XXI^{ème} siècle, à condition qu'il soit enfermé dans nos murs, et non brûlé et parti en fumée...

Et puis le bois, c'est un être qui a été vivant, qui est mort et qui, dans nos maisons, vit une seconde vie après sa mort... ! Tant de qualités... Oui, le bois est sacré !

A propos d'isolation thermique

LE BILAN CARBONE :

seul critère de la qualité environnementale

La construction des maisons connaît en ce début de XXI^{ème} siècle, un véritable bouleversement. Non seulement l'époque de l'énergie bon marché est révolue, mais nous sommes dans l'obligation de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Les logements sont une source importante d'émission de gaz carbonique, car habiter, c'est :

- construire une maison : or la plupart des matériaux de construction génèrent ou émettent du carbone, (ils sont "carbone+") ;

- s'éclairer, se laver, faire la cuisine, se chauffer...

et cela représente plus de 40 % des émissions de carbone ("carbone+").

La maison doit donc devenir économe en énergie. On pense d'abord au chauffage qui absorbe les trois quarts de l'énergie dépensée par les habitants d'une maison ; mais il y a aussi l'eau chaude, l'appareillage et l'éclairage électriques...

Nous connaissons les objectifs ambitieux de nos dirigeants qui entendent réduire par 3 les émissions de CO² à l'horizon 2020, et par 4 à l'horizon 2 050. (sur la base des émissions de CO² de 1990).

Pour construire, isoler une maison, il a fallu dépenser de l'énergie. Certains matériaux demandent une énergie considérable pour leur production, d'autres sont économiques. On parle alors d'**énergie grise**, qui inclut l'énergie pour produire, mais aussi pour transporter et pour mettre en œuvre les matériaux de construction d'une maison. Cette énergie grise est la source d'émission de gaz carbonique, en grande partie responsable de l'effet de serre, et donc de carbone.

Un véritable bilan économique et écologique d'une maison doit donc intégrer à la fois les dépenses d'**énergie de consommation** courante sur une longue période, et l'**énergie grise** totale pour réaliser ces constructions.

Ce bilan doit être exprimé dans une unité cohérente permettant des comparaisons valables. L'unité retenue est désormais la "**tonne équivalent carbone**" émise par le gaz carbonique. On parlera de "**bilan carbone**". Depuis quelques années, l'imminence de la catastrophe écologique due à l'effet de serre a créé une inflation de label, certifications, s'intitulant écologiques ou environnementaux... qui relèvent trop souvent de la promotion publicitaire. Les produits verts sont à la mode !

La qualité écologique d'un produit peut pourtant être jugée selon un critère indiscutable et objectif, qui est le nœud du problème écologique : le **bilan carbone**. C'est

Energie grise ou facteur d'émission carbone

C'est un terme que l'on rencontre souvent dans les ouvrages et sites traitant d'isolation écologique. Elle est souvent exprimée en kWh/tonne ou m³.

Il s'agit de l'énergie consommée à tous niveaux pour produire un matériau, tant au cours de sa transformation que de son transport. Une maison en bois brut qui sera importée des pays du nord sera pénalisée en plus de l'énergie consommée lors de son exploitation, d'une énergie considérable pour le transport routier sur plusieurs milliers de kilomètres.

Cette énergie grise peut également s'exprimer en équivalent carbone qui correspond à la méthode du plan carbone de l'ADEME. C'est la méthode qui nous paraît la plus fiable.

la méthode qui a été appliquée pour l'industrie dans le but de freiner les émissions de gaz à effet de serre. La directive européenne d'octobre 2003 installe un système d'autorisation d'émissions de gaz à effet de serre sous la forme de quotas.

"Sur le marché, les entreprises qui dépassent le plafond ont la possibilité de racheter les droits à polluer de celles qui émettent moins de CO². Le prix du quota est fixé par l'offre et la demande, l'objectif étant qu'il devienne suffisamment élevé pour inciter les pollueurs à investir dans des technologies propres et ainsi réduire leurs émissions de dioxyde de carbone. Les entreprises qui dépassent leurs quotas sont passibles d'une amende de 40 euros par tonne de CO², un montant qui passera à 100 euros en 2008." (source l'Actualité économique)

L'établissement de ces quotas oblige à effectuer un bilan carbone. Les outils existent pour l'industrie et l'on peut aisément les transposer à notre vie de tous les jours, d'autant que les industriels ne sont pas les seuls responsables de l'effet de serre : les transports, mais aussi l'habitat le sont aussi...

Pour une maison, établir son bilan carbone est, sans conteste, la meilleure façon d'estimer ses qualités environnementales. Et l'on peut même imaginer le jour où chaque permis de construire indiquera le bilan carbone du projet, et qu'un système de bonus-malus sera institué en fonction des émissions ou accumulations de carbone.

Le bilan carbone de l'habitat fait la synthèse des émissions de carbone (en + ou en -) pour construire une maison, et pour son utilisation (chauffage, eau chaude, éclairage...) sur une période de 2 générations soit 60 ans environ (c'est la durée que nous avons retenue).

Ce bilan doit être établi lors de l'élaboration du projet, en même temps que les devis. C'est un outil qui doit permettre à chacun de choisir avec objectivité le projet le plus "économe" pour la survie de la planète, et qui incitera réellement à choisir des matériaux "carbone -" (c'est-à-dire accumulateur ou stockeur de carbone) plutôt que "carbone +".

Pour définir ce bilan, l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) a édité le dossier **Bilan carbone** (Avril 2005, version 3.0). Nous utiliserons les éléments chiffrés de ce dossier comme valeurs de référence.

kg EC/tonne produite = kg Equivalent carbone de CO² émis, soit $1 \text{ kg EC} = 12/44 * \text{kg CO}_2$

A titre de comparaison, quantité d'équivalent carbone générées par la production de quelques matériaux :

Polystyrene : 770 kg EC/tonne produite
PVC : 520 kg EC /tonne produite
Plastique valeur moyenne : 640 kg EC/tonne produite
Laine de verre : 580 kg EC/tonne produite
Ciment : 235 kg EC/tonne produite
Pierre : 3 kg EC/tonne produite
Briques : 250 kg EC/tonne produite
tuiles : 250 kg EC/tonne produite
acier : 870 kg EC/tonne produite

Les matériaux "carbone -" (accumulateur ou carbone négatif) sont essentiellement d'origine végétale (bois et dérivés, paille, lin, liège, coton...) et animale (laine de mouton...).

Pour le bois massif, on sait qu'environ 50 % du bois est constitué de carbone, et si l'on utilise du bois résineux semi-léger, la masse volumique de référence étant 500Kg/m³, on stockera $500 \times 50 \% = \text{env. } 250 \text{ kg EC/m}^3$ de bois.

Bien entendu, il n'y aura accumulation ou stockage (on parle de puits de carbone de substitution) que si la forêt où ce bois a été coupé continue à produire du bois, et reste donc à l'état de forêt : on peut parler alors de gestion durable de la forêt, qui est effective en Europe puisque la surface forestière croît chaque année (en France, la forêt augmente sa surface annuellement de plus de 50 000 ha)

Mais pour construire avec ce bois, il a fallu l'abattre, le débarker, le transporter, puis le transformer et enfin le mettre en œuvre sur le chantier. Au cours de ces opérations, on a dépensé de l'énergie et utilisé des machines qui ont elles-mêmes demandé de l'énergie pour être fabriquées ; on aura donc émis un certain équivalent carbone de CO². Selon que l'on a construit avec du bois brut (des arbres écorcés et simplement entaillés) ou de l'ossature bois (des chevrons étuvés et rabotés) ou des panneaux de fibres de bois (du bois déchiqueté séché, reconstitué et pressé) le bilan carbone variera beaucoup.

De même si l'on utilise du chanvre ou de la paille pour isoler un mur, le bilan carbone devra tenir compte du carbone émis pour cultiver, récolter, transporter et mettre en œuvre ce produit sur le chantier

Pour une maison, le bilan carbone doit donc comprendre :

1) Le bilan du carbone généré ou émis (+) et accumulé ou stocké (-) pour la construction, sans oublier le transport qui est une source importante d'énergie grise dans le bâtiment.

2) Le carbone émis sur une période de 60 ans pour chauffer la maison.

A titre d'exemple, nous avons considéré une paroi en bois de 1m² de rondins empilés et effectué son bilan carbone.

Ce calcul comprend le carbone accumulé dans le mur après déduction des chutes de matières, ainsi que du carbone émis pour la fabrication, le transport et le montage (y compris la quote-part du carbone émis pour la fabrication des moyens de production et transport utilisés).

On a évalué ensuite les pertes thermiques annuelles sur la base de l'isolation (**en régime statique sans tenir compte du bonus d'effet de masse thermique**). Elles dépendent bien entendu du type de chauffage utilisé. Nous avons retenu pour cet exemple le chauffage électrique sur la base de 6 mois de 30 jours de chauffage 24 h sur 24, avec un écart de température moyen de 10,9 °C, une base d'émission de carbone de 54 g EC/kwh consommé (c'est celle retenue pour la production électrique à destination de chauffage, et compte tenu des pertes en ligne - source ADEME)

Le résultat de ces calculs nous montre que le bilan carbone établi sur cette base sur une période de 60 ans est "carbone-neutre" pour un mur de fuste (rondins empilés non doublés) à partir du diamètre 32 cm. Cette période peut encore être allongée en renforçant l'isolation des murs. Dans cet exemple, nous avons considéré que la distance entre le chantier de préfabrication et le site est de 300 km.

Si l'on change d'hypothèse, une fuste importée du Nord ou de l'Est aura effectué 2 500 km, pour parvenir jusqu'au chantier de destination : le bilan carbone est de ce fait diminué de 15 % et la maison est "carbone neutre" sur 49 ans au lieu de 60. On voit donc l'importance de construire en bois, oui, mais avec du bois local, du bois de pays !

Ce bilan carbone méritera d'être comparé à celui de bien d'autres types de constructions, et même aux plus performantes (maisons dites passives). Il montrera, à n'en pas douter, que la maison en bois massif mérite véritablement le nom de maison économique et écologique. La maison de l'avenir est celle qui aura "emmuré le carbone". C'est la fuste !

A suivre...

III. CHARPENTE ET TOITURE

1. La charpente

La charpente d'une fuste est de type classique : des pannes horizontales de forte section (des fûts non équarris) sont supportées par des éléments porteurs, pignons, murs de refend ou fermes, dont le rôle est de transmettre les charges de la toiture et d'assurer sa stabilité. La portée, distance entre ces éléments, doit faire l'objet d'une étude de prédimensionnement (voir ci-dessus p. 15). Sur les pannes seront posés les chevrons, eux-mêmes supportant la toiture et son isolation.

Dans une fuste, la conception de la charpente (les éléments porteurs des pannes) peut se faire de deux façons très différentes selon la structure des pignons.

a) La charpente pignon en rondins empilés

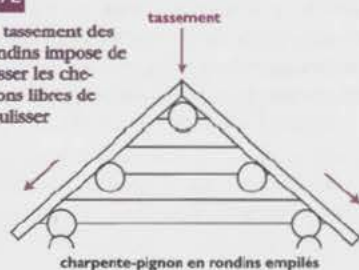
Celle-ci sera soumise au phénomène de tassement et imposera, on l'a vu (cf. AF 1 p. 39) de prévoir un coulisage des chevrons sur les pannes. Ce système sera utilisé pour des pentes faibles à moyennes, et pour des pignons relativement étroits. Il impose en outre de concevoir, de préférence, les murs de refend dans le même système.

La charpente pignon est une méthode contraignante, mais qui a 2 grands avantages : elle conserve une unité à une maison en bois empilé, et permet de préfabriquer complètement les pignons. Le remontage d'une charpente pignon en rondins empilés sera très rapide.

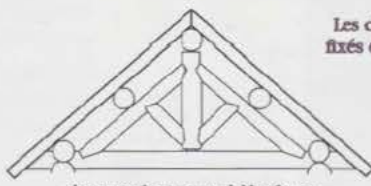
Une charpente pignon doit être conçue en dessinant son épure à l'échelle, en fonction du diamètre moyen des bois, de façon à positionner les pannes à mi-bois sur les pignons (cf. AF 4 p. 127).

172

Le tassement des rondins impose de laisser les chevrons libres de coulisser

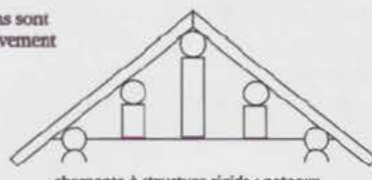


charpente-pignon en rondins empilés



charpente à structure rigide : ferme

Les chevrons sont fixés définitivement



charpente à structure rigide : poteaux

Exemple d'ossature avec pignons en rondins. La forte pente du toit oblige à prévoir un sérieux dispositif de coulisage des chevrons.

169



b) La charpente à structure rigide

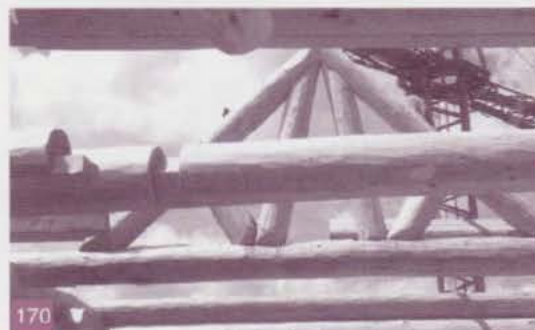
Elle peut être conçue avec les systèmes pannes-sur-poteaux et fermes triangulées.

Les structures poteaux et fermes ne subiront pas de tassement. Les chevrons pourront être fixés sur les pannes sans coulisage.

La charpente à structure rigide a de grands avantages. Elle permet de réaliser tous types de toitures, même de forte pente et des com-

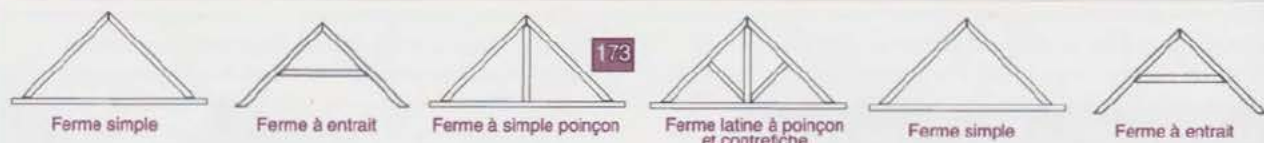
Exemple de ferme en W - Réal Allan Mackie, Colombie Britannique

170



Exemple de ferme à poinçon et contrefiche - Réal Kim Blair, Alaska.

171



plications (arêtiers, noues). Elle permet une grande souplesse dans l'habillage des pignons (vitrage, torchis, bardage...), mais ce travail ne pourra se faire qu'au remontage. La stabilité de la charpente devra être soigneusement étudiée (liens de faitage, contrefiches, cloisons avec panneau-voile travaillant).

Les fermes triangulées pourront être utilisées à l'intérieur d'un bâtiment, ou à l'extérieur, sous une avancée de toiture, un porche. En pignon la ferme triangulée devra être vitrée ou habillée (bardage, torchis).

Parmi les types de fermes triangulées, la ferme latine est la plus courante. Elle est adaptée à des pentes moyennes à fortes.

On ne peut exclure de bâtir des fermes en bois équarri, qui permet de réaliser des assemblages plus faciles ; mais le résultat, une charpente en bois équarri dans une maison en bois ronds, pourra être décevant. La réalisation des charpentes en rondins représente, pour le constructeur-fustier, une des difficultés majeures et ce sera souvent la "signature" de son bâtiment. En effet, les bois étant ronds et surtout irréguliers, il est extrêmement difficile de tracer directement les assemblages à réaliser à partir d'épures, comme dans la charpente classique en bois équarri. Les bois seront tracés au moyen de dispositifs spéciaux (voir AF 4, p. 138-140). Les assemblages tenons-mortaises sont également très délicats à exécuter en bois ronds ; on pourra procéder, le cas échéant par assemblages boulonnés. Dans tous les cas, les charpentes doivent faire l'objet d'un calcul de statique et de résistance permettant de déterminer la section des bois à employer.

Allan Mackie dirigeant le montage d'une charpente "à la Mansart", Alberta.



Exemple de charpente à simple poinçon - Réal. Mike Senty, Minnesota



Peut-on bâtir dans un système mixte, pignon en rondins et structure rigide ?

Le pignon en rondins est élégant car il n'engendre aucune rupture de matériaux entre le bas de la maison et ses pignons. Mais les murs de refend peuvent apporter, à l'intérieur, une certaine lourdeur.

Une ferme de charpente ou une structure-poteaux apporte force et majesté à un bâtiment très "ouvert" (grand séjour, salle d'accueil ...) (ill. 16, 175, 176).

Le mariage de deux techniques est le rêve de l'architecte et le cauchemar du constructeur, mais il est possible. Il existe, de par le monde, des réalisations de constructeurs de renom qui ont su associer pignons en rondins et structure fixe de charpente. Elles ont le plus souvent été le fruit d'un dialogue entre architecte et constructeur. Deux principes peuvent être retenus si l'on veut s'y lancer :

- 1) Le pignon en rondins n'est pas porteur des pannes et vient coulisser dans la structure-charpente rigide (méthode mise au point par l'architecte M. Ertel)
- 2) Le pignon en rondins est porteur des pannes et la charpente poteau est munie d'un dispositif de tassement à régler manuellement (par vérins ou poteau de Samson)



Série de contrefiches en "arbre de vie" pour soulager des pannes de forte portée.

2. La toiture

Le rôle demandé à la toiture est :

- de protéger des intempéries (pluie, neige)
- d'isoler du froid comme du chaud
- de supporter et de résister aux surcharges climatiques (neige et vent)
- de résister au rayonnement du soleil
- de participer à la stabilité de la structure construite, notamment par contreventement
- d'être la plus durable possible.

a) Sa conception

Nombreuses sont les méthodes et leurs variantes pour concevoir une toiture. Pour une fuste (dont la charpente comporte en général des pannes en bois rond de fortes sections), on pourra par exemple procéder ainsi :

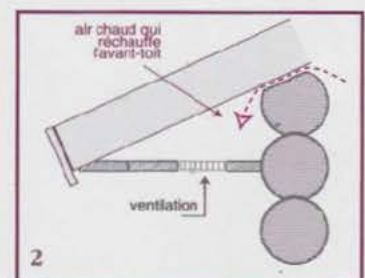
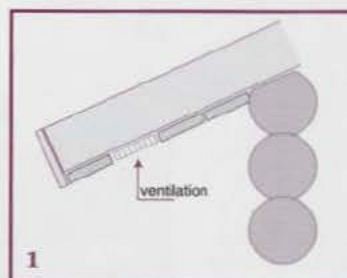
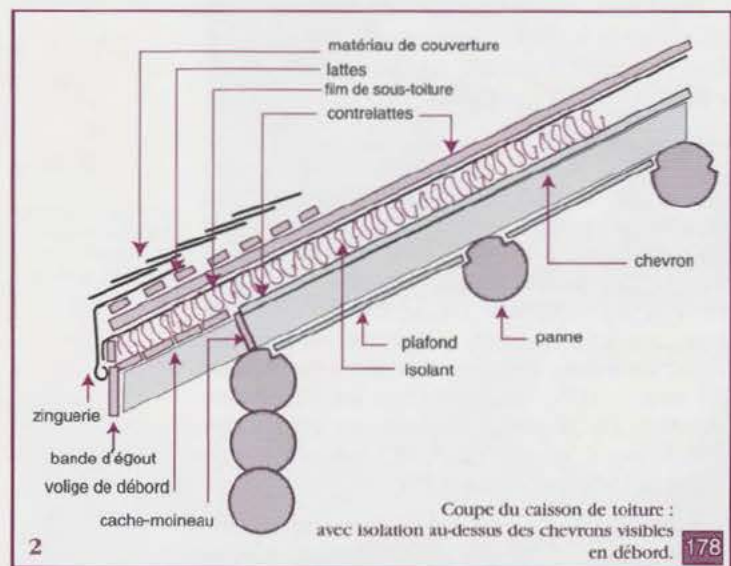
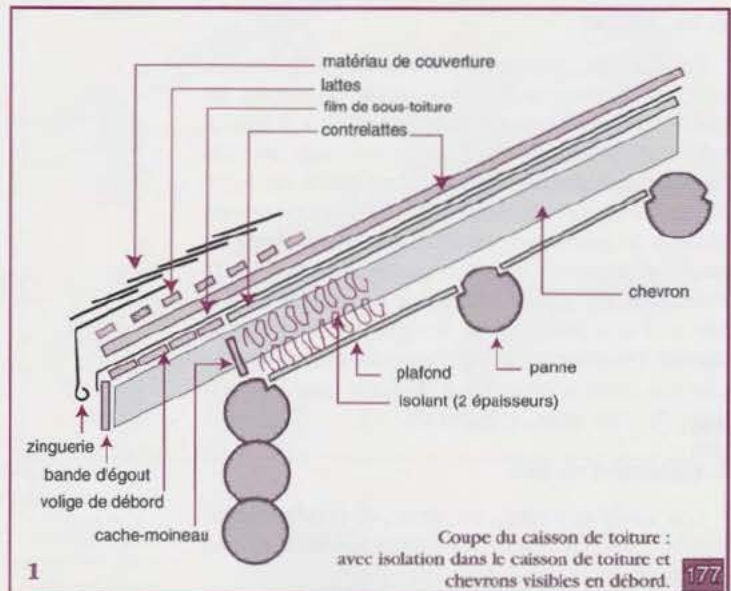
1. Charpente

1 - les pannes en bois rond en appui sur les pignons, murs de refend et/ou charpentes intermédiaires : visibles en combles, elles servent à la fois de support pour le plafond et pour les chevrons. L'écartement des pannes devra être proche de 2 m.

2 - les chevrons, pièces de bois de section rectangulaire (aux dimensions adaptées à la charge portée) servent de support à la toiture proprement dite. Le rôle des chevrons est à la fois de rigidifier la structure de la charpente, d'obtenir des surfaces (pans de toiture) rigoureusement planes, et de permettre des débords de toiture qui protègent les murs de la maison. Ils peuvent :

- soit être visibles en débord : c'est la solution la plus courante et celle qui visuellement donne une épaisseur à la toiture qui convient bien aux fustes (ill. 177, 178)

- soit être cachés : les chevrons sont alors intégrés au caisson de toiture et cachés par des lames de bois (en général des lambris). Celles-ci peuvent être posées directement sous les chevrons (ill. 179.1), ou bien, ménageant un espace isolant sous le toit, posées horizontalement entre l'extrémité des chevrons et les murs en rondins. Cette solution est assez peu esthétique, mais elle peut être préconisée en montagne pour réchauffer les avant-toits et éviter les accumulations de neige et la formation de glace en débord (ill. 179.2).



179 Chevrans non visibles :
1. volige posée sous les chevrons

2. avant-toit isolé

2. Le plafond

Le plafond, apparent, repose sur les pannes visibles. Il pourra être constitué de lames de bois (lambris, parquet large, planches à recouvrement déalignées ou non...), ou bien de panneaux (agglomérés, placo-plâtre) peint ou revêtu. Dans le cas de lames de bois, elles seront posées de façon perpendiculaire aux pannes : le plafond participe ainsi au contreventement de la charpente. Poser les lames perpendiculairement et directement sur les pannes simplifie le travail. De plus les lignes ascendantes formées par les chants tendent à donner une impression de plus grande hauteur.

3. L'isolation du toit

Les combles sont en général rendus habitables dans les constructions modernes, et l'on devra isoler directement la toiture.

L'isolation d'une toiture est délicate. L'air chaud s'élève et les pertes par le toit peuvent être élevées. L'humidité contenue dans cet air chaud tend à se condenser.

1) Isolation sur chevrons (ill. 178)

C'est la méthode qui s'impose si l'on veut garder les chevrons apparents à l'intérieur de la maison. Elle est plus onéreuse car on doit utiliser des panneaux rigides de haut niveau isolant. Un voligeage raboté ou lambris sera posé sur les chevrons. L'isolation se fera par deux panneaux épais de type fibre de bois, de 80 mm et 100 mm (posés sur un film freine vapeur), de façon à obtenir un coefficient d'isolation U de 0,20 W/m²K, avec un coefficient de diffusivité très faible.

Au-dessus des panneaux isolants, est ensuite fixé un contre-lattage suivi du voligeage ou litage, suivant le type de couverture

On peut également faire appel à des composites isolant-support de couverture, qui servent à la fois de chevrons, plafond, isolation et même parfois de litage ; ils permettent de mettre hors d'eau une maison en un temps record. Leur prix est très élevé et leur aspect esthétique un peu éloigné de celui d'une fuste.

2) Isolation entre et sous les chevrons (dans le caisson de toit) (ill. 177)

C'est la méthode la plus courante et la moins onéreuse ; elle consiste à isoler entre chevrons et sous les chevrons (20 cm minimum). Elle per-

met un choix dans une gamme d'isolants très variés, en rouleaux ou panneaux : laines minérales, laine animale, cellulose etc... ou en vrac, cellulose, chanvre, copeaux de bois et chaux... Une attention particulière devra être apportée aux problèmes de diffusion de la vapeur d'eau, ce qui donne avantage aux matériaux permettant de concevoir une toiture qui respire, capable d'absorber de l'humidité sans perdre son pouvoir isolant. Il est également intéressant d'utiliser des matériaux à effet de masse thermique, et au premier rang desquels figurent les copeaux de bois qui, mélangés à la chaux, donnent un isolant économique qui, de plus, stocke du carbone. Il n'a qu'un inconvénient : il n'a pas été testé par un laboratoire agréé !

Selon la solution envisagée, les types d'isolant utilisés et selon leur épaisseur, on pourra envisager différents modes de liaison, toiture panne sablière.

5. La liaison toiture panne-sablière

Si l'on opte pour l'isolation dans le caisson de toiture, on peut envisager plusieurs possibilités de montage. Le choix d'une méthode est lié aux types d'isolants retenus, et également au diamètre des rondins employés. Ce choix devra se faire dès la conception du projet.

- Les pannes sont délardées (ill. 181.1) (sciées sur leur face supérieure), le plafond est posé directement sur le plat de la panne et l'isolation ne peut se faire qu'entre chevrons. La hauteur pour l'isolation en rouleau ou en vrac sera limitée à celle des chevrons, et il n'est pas possible d'avoir une couche continue d'isolant sous les chevrons ; mais un complément d'isolation pourra être apporté par panneau, fibre de bois par exemple, sur les chevrons.

- Cette solution (ill. 181.3) est une variante de la première, mais les chevrons sont rehaus-

Bardeaux de bois fendus posés sur lattes.



sés par un calage sous chevrons. L'ancrage des chevrons et l'étanchéité sont délicats à assurer.

• **Les pannes sont encochées (ill. 181.2) :** Cette méthode permet de garder toute la hauteur de la panne et de ne pas l'affaiblir, de dégager un espace pour une isolation continue sous les chevrons.

• **Les pannes sont encochées (ill. 181.4) et le chevron est encastré dans la panne sablière.** Cette solution présente un double avantage, en plus de celle de la solution 3, elle permet d'éviter les cache-moineaux et elle facilite l'étanchéité au niveau de la liaison chevron-panne.

4. Le support du matériau de couverture

- débord de toiture et voligeage
- étanchéité de sous-toiture
- lattage, contre-lattage, panneaux...

Les débords de toiture, visibles sur les chevrons, pourront être "voligés" avec des planches de largeurs inégales, de préférence posées à claire-voie (ill. 23, 56, 153) (pour plus de détails sur la conception de la toiture, cf. *Toits de bois en Europe et La prairie sur le toit*).

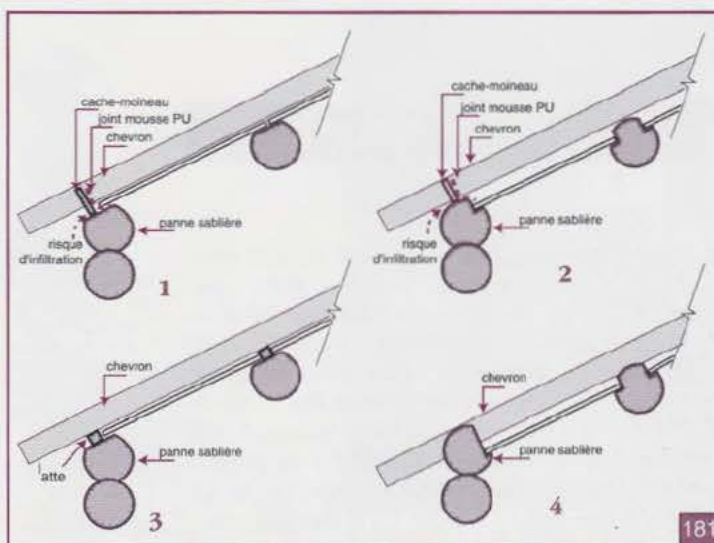
b) Quel type de couverture pour une fuste ?

La toiture, écrit l'architecte René Vittone, est la cinquième façade qui affirme la fin d'un bâtiment. Son expression extérieure façonne l'environnement.

Tous les types de couverture pourront être envisagés. Mais une maison en rondins bruts se doit d'être "couronnée" d'un matériau en harmonie avec ses formes généreuses et les nuances douces et variées des bois. La couleur vive de la tuile rouge, la platitude du shingle bitumeux, l'uniformité froide de la tôle lui conviennent mal. Préférons, autant qu'il est possible, un matériau au relief prononcé, donnant une épaisseur au toit et dont les teintes s'harmonisent avec les bois.

Pour une maison en rondins dont la pente de toit est inférieure à 50 %, la toiture idéale sera la pierre (les lauzes), la terre (la toiture-prairie, ill. 183) : en effet, une toiture lourde tassera et serrera durablement l'empilement des rondins.

Si la pente est forte, on posera de préférence des bardeaux de bois fendus (ancelles, tavaillons, clavins, ill. 180, 182) ou des ardoises. Bardeaux de bois et toiture prairie sont les seules toitures, avec le chaume, à stocker du carbone et à s'isoler par l'extérieur.



La liaison toiture-panne sablière :
1. plafond en retrait par rapport à la panne sablière
2. plafond tangent à la panne sablière

Couverture en bardeaux de châtaignier fendus (Ets Richard, Bénévent l'Abbaye)



Toiture-prairie : une toiture lourde qui contribue à renforcer le jointage des rondins, et qui stocke du carbone.

IV. QUELLES MENUISERIES ?

a) Leur matériau

Toutes les menuiseries (portes et fenêtres) courantes peuvent être montées dans une fuste. Suivant la méthode choisie (avec couvre-joints extérieurs, en feuillure, à l'américaine), une huisserie devra être vissée dans les montants pour compenser l'épaisseur des rondins (ill. 159). Si l'on opte pour un montage sur poteau avec ou sans linteau équerri, on pourra éviter de monter une huisserie rapportée, et les couvre-joints seront réduits. C'est l'un des avantages du montage des menuiseries sur poteau.

Quatre grands types de menuiserie sont disponibles sur le marché :

- En bois (bois d'Europe, feuillus ou résineux, bois exotique)
- En aluminium, laqué ou anodisé : elles peuvent être source de déperdition de chaleur si elles n'ont pas été conçues avec une rupture de ponts thermiques
- En PVC : elles passent pour avoir une bonne stabilité et demander peu d'entretien. Mais leur vieillissement et la tenue de leur couleur ne sont peut-être pas réellement fiables. De plus elles représentent un réel danger en cas d'incendie.
- Menuiseries mixtes aluminium-bois : offrant la chaleur du bois à l'intérieur et la facilité d'entretien et la légèreté des lignes de l'aluminium à l'extérieur, ce sont peut-être les menuiseries du futur.

Le choix des menuiseries est essentiel, niveau d'isolation et d'étanchéité, prix mais aussi bilan carbone que l'on oublie souvent. A titre d'exemple une menuiserie en bois stockera près de 10 kg d'équivalent carbone, tandis qu'en aluminium, on aura émis plus de 60 kg pour le produire, et en PVC près de 40 kg.

b) Types, styles et formes

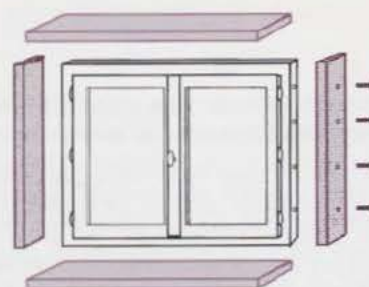
Les fustes sont des maisons intimes, mais moins lumineuses que les maisons classiques (grands débords de toit, couleur des bois...). Les fenêtres à petits carreaux, préférées par certains pour leur côté "rustique" et traditionnel, laissent mal pénétrer la

184

Une huisserie doit être vissée sur chacun des montants de la menuiserie pour rattraper l'épaisseur des rondins.

Les volets :

- à fixer après tassement
- à accrocher par agrafes picardes
- roulants (caisson peu esthétique) ou bien :
- vitrages anti-effraction et double rideaux
- persiennes en bois intérieures



lumière. Les grandes baies apporteront une touche plus contemporaine et peuvent être source de chaleur, mais aussi de froid.

Il peut être intéressant de combiner les deux styles, en choisissant de grandes baies pour les parties séjour et des fenêtres à petits carreaux pour les parties chambre (ill. 144, p. 72 et couverture), et même marier deux matériaux : aluminium pour les baies (cadres plus légers et moins coûteux en grandes dimensions), bois pour les fenêtres, à condition de les "mettre en couleur" pour recréer une unité. Les puristes ont parfois du mal à admettre que les menuiseries d'une fuste puissent être d'un autre matériau que le bois. Pourtant il ne faut pas exclure, a priori, des menuiseries alu (ill. 190) ou PVC dans une fuste : elles apportent une note plus actuelle et surtout des couleurs vives qui loin de jurer avec le bois brut, le mettent en valeur.

En effet, contrairement à une idée reçue, ce n'est pas la couleur "bois" qui s'harmonisera le mieux avec les rondins bruts. Des couleurs chaudes, vives mais légèrement patinées comme le bleu ancien, le rouge sang, le vert "bavarois" feront ressortir la beauté du bois brut, aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur. Adeptes de la peinture sur bois, à vos pinceaux, pour rehausser de couleurs et motifs encadrements, portes et couvre-joints.

Menuiseries à petits carreaux donnent plus d'intimité...

186



185

...les grands vitrages mettent en valeur le bois brut. Dans les deux cas, les menuiseries sont peintes (en vert, et en bleu).



Enfin, il faut ajouter un mot sur les fenêtres de toiture dit "velux". Elles apportent, venant du ciel, une clarté incomparable. Au rez-de-chaussée, la lumière est souvent tamisée par les auvents et débords de toit : une grande fenêtre de toiture pourra éclairer de façon efficace et agréable salle de séjour et mezzanine.

V. L'INTERVENTION DES CORPS DU BATIMENT DE SECOND OEUVRE

1. L'électricité

La réalisation de l'installation électrique de façon conforme aux normes en vigueur ne présente pas de problèmes dans une fuste, mais elle doit avoir été prévue avant le remontage des rondins. C'est sur le lieu de préfabrication que se font tous les perçages nécessaires au passage des câbles ou gaines, ainsi que les réservations pour prises, interrupteurs ou autre appareillage.

Le passage des câbles ou fils gainés pourra se faire (ill.187, 188) :

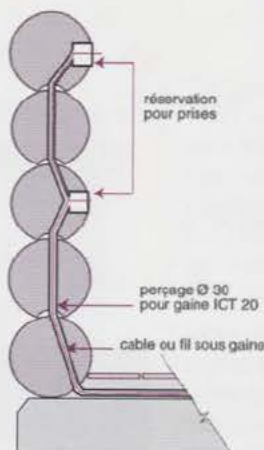
- dans les rondins percés verticalement
- dans les vides des cloisons légères en ossature-bois ou autre
- dans les caissons de plancher et de toiture
- dans la chape de carrelage

On pourra aussi concevoir globalement l'installation de façon similaire à une construction ossature-bois, à partir d'un tableau central et éventuellement de tableaux de dérivation situés de préférence dans les cloisons ossature-bois (ill.189).

Pour tous les cas où le passage des câbles ou gaines doit se faire dans les rondins, l'implantation de tous les accessoires électriques (interrupteurs, prises) devra être définie et tracée avant remontage des bois. La réglementation française tolère pour les passages électriques dans les rondins :

- soit du **câble type RO2V** (noir) sous gaine
- soit du **fil sous gaine**.

Il importe que tous les perçages permettent le "réaiguillage" des câbles ou fils, c'est-à-dire qu'un fil ou câble puisse être changé dans l'installation sans difficulté. On évitera donc de donner aux cheminements de câbles ou gaines un angle prononcé. Et l'on percera à un



Perçage vertical des rondins pour passage des câbles ou gaines

187



Rondins percés pour passage d'un câble RO2V qui sera gainé

188

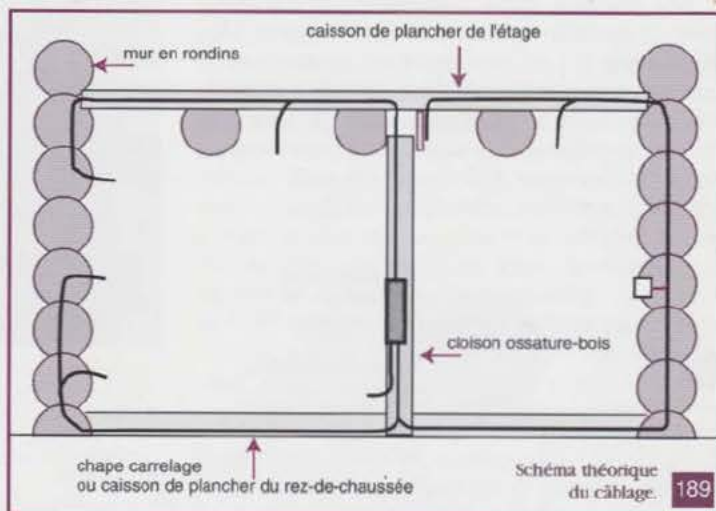


Schéma théorique du câblage.

189



Réservation creusée dans un rondin...



... pour pose d'une prise

diamètre largement supérieur au diamètre des gaines ou câbles.

Pour les prises et interrupteurs, on pourra réaliser des réservations cylindriques (au moyen d'une scie cloche), de diamètre 57 ou 65, selon le type de boîtes (ill.190).

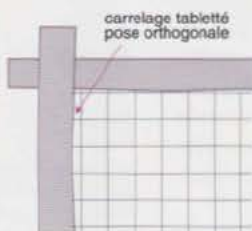
2. Le carrelage

En rez-de-chaussée, le sol sera souvent couvert d'un carrelage. Il peut être posé :

- soit directement sur un lit de mortier de 2 à 4 cm d'épaisseur
- soit collé sur une chape en ciment.

Le carreleur devra apporter un soin très particulier à la jonction carrelage-bois. Avant la pose de la chape, une bande de relevé isolante souple sera fixée sur tout le périmètre des rondins. Elle jouera un rôle de protection du bois vis-à-vis du béton et formera un joint utile lors du retrait du rondin de lisse.

Les rondins étant irréguliers, le carreleur devra tabletter (ajuster) ses carrelages le long du rondin. Il peut être intéressant de poser le carrelage en diagonale : les pièces paraîtront plus vastes et le tabletage sera un peu plus facile et surtout beaucoup moins visible (ill.193).



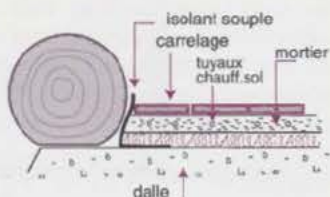
192



193

191

Mode de pose du carrelage contre les rondins.



191. Pose du carrelage dans le sens des murs
192. Pose d'un carrelage très large en diagonale

3. Cuisines et salles-de-bains

On sera le plus souvent amené à doubler les rondins dans les parties exposées des cuisines et salles de bain. Le carrelage pourra se poser sur panneau aggloméré CTBH ou sur placoplâtre. Bien entendu, ces panneaux seront posés sur des tasseaux verticaux avec lumière, pour permettre le coulissage des rondins (cf. ill. 47, p. 25). On ne peut exclure a priori de laisser le rondin apparent dans une partie exposée d'une salle de bain, à condition de prévoir un traitement hydrofuge des bois (par une lasure), et de soigner particulièrement les joints avec les appareils sanitaires (baignoires, lavabos), sans oublier de prévoir le tassement des rondins si l'on encastre un appareil dans les bois : mais alors, un bain dans les arbres, quel plaisir ...!

Cuisine en cours de montage : l'angle du mur a été doublé pour recevoir un carrelage.



194

Un mur de brique sépare la cuisine de la salle de bain : un dispositif de tassement a été prévu.



195

VI. LE COUT D'UNE FUSTE : ELEMENTS DE CHIFFRAGE QUANTITATIF ET DE CALCUL DE COUT

L'architecte et/ou le futur propriétaire d'une fuste doivent adapter leur projet au budget dont ils disposent.

Le coût global d'une construction en bois brut se décompose en trois grands postes :

1. Les fondations, VRD
2. Le gros-œuvre bois, c'est-à-dire l'ossature-charpente ou la fuste proprement dite
3. Le second œuvre, à savoir :
 - la toiture (la mise hors d'eau)
 - les menuiseries (la mise hors d'air)
 - les planchers
 - l'aménagement intérieur (escaliers, cloisons secondaires...)
 - la plomberie, le chauffage
 - l'électricité

Pour les postes 1 et 3, un estimatif classique pourra être fait à partir d'un descriptif quantitatif détaillé et des bordereaux de prix publiés par différents organismes de bâtiment (voir liste en annexe) ; il devra bien entendu tenir compte des points particuliers de conception et de mise en œuvre évoqués dans les pages précédentes.

Pour estimer le coût d'une ossature, il faut prendre en compte : diamètre des bois, nombre de têtes, nombre de mètres linéaires de bois, sans oublier pannes, solives...



C'est le coût du poste 2, la fuste proprement dite, qui nous intéresse ici. Les prix approximatifs au m² de surface habitable qui peuvent être donnés par les constructeurs existants constituent une base de départ, mais sont insuffisants pour établir un projet et un programme de construction, surtout si le plan doit être d'une certaine complexité.

Le montant du devis ne peut non plus être établi, comme dans la maçonnerie, en fonction des surfaces de murs, majorées des difficultés de construction. Pour une fuste, les bases de calcul sont bien différentes et font intervenir quatre paramètres :

1) Le diamètre moyen des fûts employés

Le choix d'un diamètre moyen est le premier élément à déterminer. Une variation de diamètre moyen a des conséquences importantes sur l'estimation quantitative globale des longueurs et nombre d'entailles d'angle (têtes). Plus les diamètres moyens des bois sont élevés, plus la construction "montera" vite à chaque tour réalisé, mais plus dur sera le travail de découpe des bois. Plus élevé sera également le coût de matière première car, d'une part le bois de gros diamètre est plus cher, d'autre part le volume d'un fût croît selon le carré du diamètre (cf. encadré p. 83).

Le choix d'un diamètre moyen détermine le nombre de tours de rondins (NT) nécessaires pour atteindre une hauteur de murs donnée (à ce diamètre moyen, on soustraira une hauteur de 2 cm d'encastrement).

Exemple :

hauteur de mur projetée : 3 m
 \varnothing moyen des bois : 25 cm
 hauteur par tour = $25 - 2 = 23$ cm
 nombre de tours : $NT = 3 \text{ m} / 0,23 \text{ m} = 13$

2) La longueur totale des fûts nécessaires

Pour la connaître, on multiplie la "longueur par tour", par le nombre de tours. La longueur par tour (L) est la **longueur hors-tout** des murs intérieurs et des murs de refend (= longueur aux axes + 0,50 m de débord de part et d'autre de chaque tête),

(nota : pour un chiffrage + précis, en déduira les longueurs de bois aux endroits des ouvertures).

Exemples : (L = longueur par tour) (ill.172)

Plan 1 : $L = 2 (6 + 8) = 28 \text{ m.l.}$
 $L \text{ totale} : 28 \text{ m.l.} \times 13 = 364 \text{ m.l.}$
 Plan 2 : $L = 2 (6 + 8) + 4 + 6 = 38 \text{ m.l.}$
 $L \text{ totale} : 38 \text{ m.l.} \times 13 = 494 \text{ m.l.}$

A ces chiffres on ajoutera les longueurs de bois nécessaires pour solives, pannes, poteaux, charpentes ...)

3) Le nombre d'entailles

Le nombre d'entailles par tour (NE) est le nombre de croisements par tour multiplié par deux (1 entaille par demi-tour, soit 2 entailles par croisement). Le nombre de mètres linéaires pour une entaille (L/NE) est pour le constructeur, un bon indicateur de la quantité de travail à réaliser ; le plan 1 demandera moins de travail pour chaque mètre linéaire de fût que le plan 2.

Exemples : (NE = nombre d'entailles)

Plan 1 : $NE = 4 \times 2 = 8$
 $NE \text{ totale} : 8 \times 13 = 104$
 $L/NE = 28/8 = 3,5 \text{ m.l. pour 1 entaille}$
 Plan 2 : $NE = 8 \times 2 = 16$
 $NE \text{ totale} : 16 \times 13 = 208$
 $L/NE = 38/16 = 2,4 \text{ m.l. pour 1 entaille}$

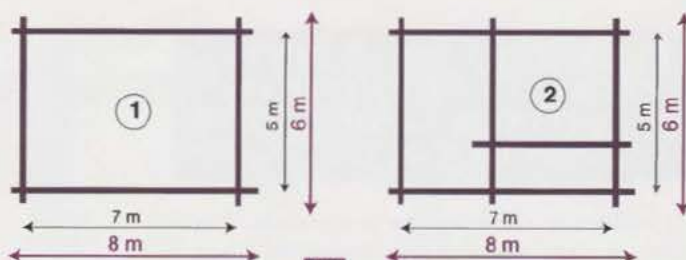
On ajoutera également à ces chiffres les entailles des solives, pannes, charpentes... (en comptant toujours 2 entailles par croisement).

4) Le pourcentage de fûts de grande longueur

Le pourcentage de fûts de plus de 8 m de long aura enfin une incidence importante, car ce sont les plus difficiles à approvisionner et souvent les plus chers.

Il n'est pas question, dans le cadre de ce cahier, de définir un barème de coût au mètre linéaire. Chaque constructeur a son propre prix de revient en fonction de paramètres multiples : le prix du bois selon les diamètres moyens et le coût d'approvisionnement, les coûts et prix de revient propres de chaque entreprise (main-d'œuvre, équipement, méthode de travail, frais commerciaux ...)

Pour le concepteur d'un projet, la connaissance de ces quatre paramètres du devis (diamètre moyen des fûts, longueur globale de



Pour une même surface habitable, le plan 2 sera beaucoup plus coûteux que le plan 1.

197

bois, nombre total d'entailles d'angles, pourcentage de fûts de grande longueur) sera une base de dialogue avec le constructeur et une bonne méthode pour affiner un projet, pour optimiser ses coûts, faire un choix entre diverses options. Elle évitera l'élaboration de plans non réalisables.

Cette estimation des paramètres quantitatifs d'un projet sera également très utile à l'auto-constructeur ou au futur artisan, qui pourront définir leur propre temps de travail, et en déduire en toute connaissance leur prix de revient.

L'incidence du diamètre du bois :

le volume d'un fût croît selon le carré du diamètre.

Dans le plan 2/on a : 38 m.l./tour et 16 têtes / tour
 Avec des rondins de 25 cm de diamètre, on montera à chaque tour de $25 - 2 = 23 \text{ cm}$. Supposons que ce projet comporte un total de :

$L = 570 \text{ m.l.}$ $NE = 240 \text{ entailles}$

Quelle sera la longueur totale L' et le nombre total de têtes N'E, si le diamètre moyen est 34 cm ?

Pour chaque tour, on montera de 32 cm. Une simple règle de trois permet de calculer L' et N'E :

$$L' = \frac{570 \times 23}{32} = 410 \text{ mètres linéaires}$$

$$N'E = \frac{240 \times 23}{32} = 172 \text{ têtes}$$

Pour un diamètre moyen de 25 cm, le volume net de bois nécessaire pour cette fuste sera de :

$$570 \times 0,049 = 27,9 \text{ m}^3 \text{ (0,049 = volume unitaire)}$$

(voir tableau p. 14)

Pour un diamètre moyen de 34 cm, le volume net de bois nécessaire sera de : $410 \times 0,091 = 37,3 \text{ m}^3$

En augmentant ainsi le diamètre moyen de 25 à 34 cm, le nombre de mètres linéaires diminue de 29 %, mais le volume de bois nécessaire augmente de 34%.

Un patrimoine européen très ancien, source d'inspiration plus que jamais actuelle

A l'orée du 3^e millénaire, il est bon de se rappeler que les fustes, ces maisons faites d'arbres entiers, ont en Europe près de 4000 ans d'âge, et que, depuis qu'il a la hache de bronze, il n'est guère de régions forestières où l'homme n'ait construit en empilant et croisant les troncs, selon une infinité de styles, de techniques, de manières, seuls ou mariés à d'autres matériaux. Vestiges ou tradition bien vivante, ce patrimoine de fustes d'Europe nous indique la voie pour inventer l'architecture de bois brut de demain.

Une maison harmonieuse

De cette maison du nord de l'Italie, posée sur sous-sol de pierre, la forme est classique. Mais tous les détails concourent à son harmonie.

- Bien que la maçonnerie suive strictement le pourtour de la construction en bois, on n'a pas l'impression d'une frontière nette entre pierre et bois, comme souvent dans les "chalets". Ici le bois ose s'aventurer dans la pierre. Une unité est ainsi créée :

- par l'escalier (dont la pente est même rappelée par la rampe des poules, qui lui est parallèle)
- par la porte du sous-sol qui, placée juste dans l'angle, introduit une rupture dans la maçonnerie et qui, avec son linteau de bois et sa barrière, est comme la continuité, dans la pierre, du balcon et de la porte placés, au niveau supérieur, dans le bois.

- Le constructeur a osé marier les techniques :

- des bois empilés croisés pour le bâtiment principal
- du poteau-poutre pour la partie en appentis.

Par ailleurs, cachés par les balcons, les débords n'apparaissent que très peu et sont ainsi très discrets. Cette

1. Le pignon offre un quadrillage très vivant de lignes horizontales et verticales créées par les rambarde et les montants verticaux qui descendent jusqu'au sol, tandis que l'oblique de l'escalier permet de rompre la symétrie : à l'étage, un balcon, au rez-de-chaussée un demi-balcon, tandis qu'au niveau inférieur, la pierre et le bois se rencontrent.



maison peut être une source d'inspiration quand, pour des raisons de permis de construire notamment, on demande de "cacher les débords"

- Toute la façade est orientée vers le soleil. Mais la présence de ce décrochement en appentis, d'une part fait rentrer davantage de lumière, d'autre part diminue la largeur du pignon (voir *L'art de la fuste*, cahier 3, p. 52, ex. 2 et 5), ce qui est toujours intéressant dans une maison en rondins.



2. L'ensemble balcon-porte du sous-sol adoucit ainsi la rigueur de l'angle et introduit une liaison entre le bois et la pierre.



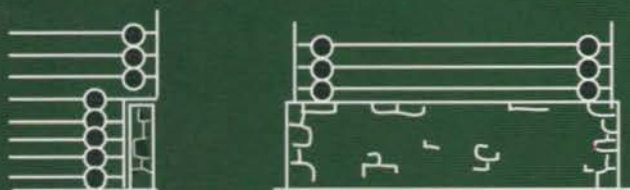
3. Une maison harmonieuse qui crée une belle unité entre la pierre et le bois
(Museo etnografico di Dietenheim, Brunico (BZ), Italie)



De l'arrière, c'est une enfilade de petites maisons que l'on dirait posées sur un sous-bassement de pierres...

La maison qui apprivoise la pente

C'est une maison des Dolomites pleine de surprises, dont le faitage suit le dénivelé de la prairie, orientée nord-sud. De derrière, on dirait une toute petite maison adossée à la pente et posée sur un sous-sol de pierre. Passé le coin du mur, on découvre une maison tout en bois, qui s'ouvre sur une entrée de plain-pied, protégée par le balcon de ce qu'on aurait pris, de derrière, pour un rez-de-chaussée et qui est en fait un étage.



Voici une bonne solution quand on veut intégrer un mur de pierre, pour des raisons fonctionnelles (un mur pare-avalanche par exemple) ou d'harmonie avec un environnement où la pierre est très présente. Il suffit de réaliser un simple décrochement dans les rondins, et l'encorbellement créé viendra se placer sur le mur maçonné, sans même au début le toucher (on peut placer des cales provisoires, mais ce n'est même pas nécessaire car le porte-à-faux

n'est pas important et le tassement ne sera nullement gêné).

Bonne idée aussi d'aménager une petite entrée-terrasse au soleil de l'est, de plain-pied, protégée par le mur de pierre et l'avancée du balcon.

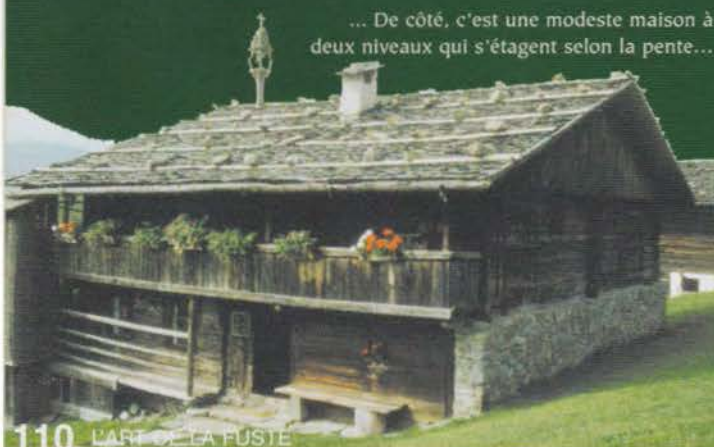
Continuons le tour de la maison. La pente du terrain s'accroissant vers le sud, le côté gauche de la façade Est se trouve maintenant en surplomb. Notez la façon dont sont traitées les rambardes de balcon : des planches verticales à l'étage, des petits rondins horizontaux espacés au rez-de-chaussée, ce qui introduit variété et légèreté.

Passé l'angle, cette maison nous réserve encore une surprise : c'est un grand pignon qui s'étage sur trois niveaux et donne l'impression d'une vaste et imposante construction, en opposition totale avec le pignon nord. Ce sentiment est encore renforcé par le véritable mur de bois constitué par le bois de chauffage rangé sous le balcon du rez-de-chaussée.

A noter aussi la "colonne en planches" qui marque, de haut en bas, l'angle Sud-Est et ne manque pas d'allure : elle cache en fait des toilettes superposées (peut-être vaut-il mieux attendre que la maison se tasse si un tel aménagement vous tente...)

Cette maison qui pourrait se présenter en plan comme un simple rectangle est en fait une construction d'une grande variété qui joue avec la pente pour se métamorphoser : beaucoup d'idées dont on peut s'inspirer quand on a un terrain en pente, orienté vers le sud, pour ne pas faire un "chalet", mais une "maison", en privilégiant tout autant la longue façade qui semble dévaler la pente selon les marches d'un grand escalier, que le pignon orienté au sud.

... De côté, c'est une modeste maison à deux niveaux qui s'étage selon la pente...



... et de face, c'est une maison imposante qui tourne vers le soleil ses deux rangées de balcon. Le toit est ce qu'on appelle un "toit chargé". Les bardeaux de mélèze sont simplement posés et maintenus par des lattes et des grosses pierres. (Museo etnografico di Dietersheim, Brunico (BZ), Italie)

Rien de plus ennuyeux qu'une construction où chaque niveau est parfaitement délimité: une tranche sous-sol en maçonnerie, une tranche murs de rondins, et parfois encore une tranche pignon en ossature bois.

Pour brouiller les niveaux, on peut: faire descendre le bois devant la pierre, ou bien faire monter la pierre dans le bois

Faire descendre le bois devant la pierre

Au Tirol, on choisit généralement de privilégier le bois qui, même dans le cas d'un soubassement maçonné voulu par le dénivelé, est présent du haut en bas de la construction.

Quand la pente est perpendiculaire au faitage et le pignon orienté au sud, la maison sera d'un côté de plain-pied tandis que de l'autre un soubassement sera mis à découvert. Dans ces deux exemples, le dénivelé du terrain est mis à profit pour créer une terrasse couverte et un appentis. C'est une façon d'ancrer la maison au sol, au lieu de la poser sur un piédestal.

Cette solution a plusieurs avantages:

- elle cache la transition entre le bois et la maçonnerie en faisant descendre le bois devant la pierre
- elle coupe la symétrie du grand pignon en faisant sortir un petit volume ouvert
- elle crée deux niveaux supplémentaires: une terrasse un peu surélevée au-dessus (ce qui est bien agréable pour avoir une jolie vue) et un espace-appentis en dessous (pratique pour rangement, réserve, niche...)



2. En contrebas de l'escalier d'entrée, une réserve dont le plafond sert de terrasse. Ici encore, il n'y a pas de rupture entre la maison et son soubassement maçonné



1. L'appentis délimite une terrasse, ancre la maison au sol et cache la maçonnerie du soubassement (pour ranger le bois, les outils de jardin...)



Dans le premier cas, l'appentis est recouvert d'un petit toit qui fait ainsi comme un rebord à la terrasse. Notez, dans le deuxième cas, la façon aérée et variée dont est délimité le volume de la terrasse.



Museum Tiroler
Bauernhöfe à
Kramsach (Autriche)

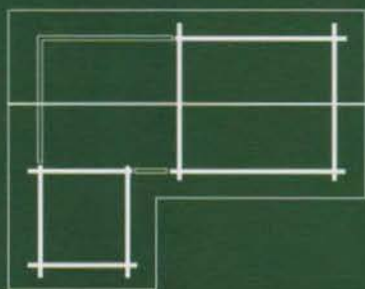
Faire monter la pierre dans le bois

Dans ces deux exemples du Valais suisse, c'est la pierre qui vient s'immiscer au milieu des volumes réservés au bois. Dans ce pays aux toitures de lourdes lauzes, l'unité est ainsi trouvée entre le bois et la pierre.

Il est souvent tentant de marier, sur un même niveau, pierre et bois, en dépit des problèmes de tassement inhérents à la construction en bois empilés. Dans ce dernier cas, on pense par exemple aux cuisines ou parties sanitaires de bâtiments recevant du public, qu'il n'est pas simple de doubler entièrement pour obéir aux normes. Ces deux exemples de maison, une récente, une ancienne, pris dans le Valais suisse, peuvent inspirer des solutions.

Dans la maison récente, un décrochement du toit abrite une aile maçonnerie. Celle-ci peut être un simple cube, qui sera totalement désolidarisé de la fuste. L'avancée de toit qui la recouvre pourra reposer sur des poteaux extérieurs, sans que le tassement ne risque d'être bloqué par la maçonnerie.

La maison ancienne est beaucoup plus complexe, réalisée sans doute en plusieurs temps. Un volume de pierre vient s'immiscer entre deux volumes de bois. Et tout l'ensemble épouse la pente en jouant sur deux niveaux :



2. A Lana, près d'Evolène (Suisse), un vaste toit de lauze abrite une maison pleine d'imprévu qui, encore une fois, tire parti, de façon inventive, de la merveilleuse complémentarité de la pierre et du bois



1. Une maison dans le Valais qui a bien su marier deux matériaux du paysage : la pierre et le bois.

la partie en pierre, qui s'ouvre de plain-pied vers le sud, s'abaisse jusqu'au niveau inférieur en se glissant entre les deux volumes de bois qu'elle relie.

Dans la conception d'une fuste, on pourrait imaginer de bâtir d'abord deux volumes en bois, en combinant bois croisés et "pièce-en-pièce" pour l'appentis, de les couvrir par un vaste toit, et de réaliser ensuite, après tassement, les parties maçonneries ou bien traitées en colombage, poteaux-poutres et vitrages...



Pignons-toits polonais

En Pologne, les toits, généralement recouverts de "gonte", de longs bardeaux à recouvrement latéral, sont très pentus. Ce qui explique que les pignons ne soient pas réalisés en bois empilés, mais en système vertical. Dans un cas semblable, la partie pignon est généralement plus haute que les murs même, et prend visuellement plus d'importance. Par ailleurs, si la toiture est peu débordante, toute la façade est très exposée aux intempéries. Si au contraire elle est abritée par de grands débords, ces derniers feront obstacle à la pénétration de la lumière dans la maison.

Les constructeurs des Carpathes y remédient en scindant horizontalement ce pignon, et cela de différentes façons.

Une des plus courantes est de ne laisser à découvert que le triangle supérieur du pignon et de faire partir de sa base un petit pan de toit qui ira rejoindre les deux autres pans de toiture. Ce qui fait qu'en haut, la toiture est à deux pentes ("à 2 eaux") et qu'en bas elle est à quatre pentes ("à 4 eaux").

On a l'impression que ce toit fait véritablement le tour de la maison pour la protéger de partout, sans pour autant enfermer les pignons (comme dans un toit à 4 pentes classique). Cela permet de placer des vitrages

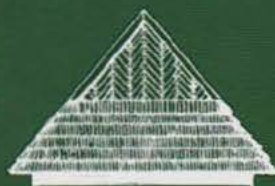
1. Un auvent qui s'appuie sur le pignon pour protéger la terrasse tout en rattrapant la pente du toit : une solution fonctionnelle et efficace. Notez comme la terrasse est juste délimitée par un léger quadrillage de bois équarris (Musée de Nowy Sącz, Pologne)



dans le triangle supérieur des pignons qui éclaireront bien l'étage, d'autant plus que le débord peut être très réduit car le bas de la maison est bien protégé. Parfois, cette avancée de toit abrite une terrasse.

La modeste maison (2. ci-contre) offre un très bel équilibre : les deux petits pans de toit, celui du pignon et celui de l'appentis, se répondent.

2. Dans la campagne polonaise (Tatras), une modeste maison comme on en voit tant : l'auvent du pignon est ici assez réduit (on voit bien sa fonction protectrice) rappelé par celui de l'appentis.



(d'après Wanda Bogusz)

4. A Zakopane (Tatras, Pologne), un remarquable bâtiment en demi-rondins jointés par des torsades serrées de paille de bois. Ici encore, on ne sait si le toit est à deux ou quatre pentes. Toujours est-il qu'il protège bien la maison tout en laissant le pignon éclairé.



3. A Chocholow, un bel alignement de maisons offrant toutes le même profil



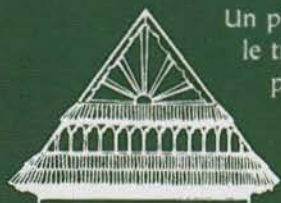
Pignons-ossature en relief

1. Pignon très décoré de la "Willa Koliba" conçue en 1894 par le peintre Stanislas Witkiewicz à Zakopane (Pologne)

Une autre façon de scinder un pignon est de mettre en saillie et en valeur le triangle supérieur du pignon lui-même.

La solution la plus simple est de placer, par-dessus la première couche de planches qui recouvre le bas du pignon, une deuxième couche de planches à une distance suffisante pour créer une ligne d'ombre et donc donner une impression de relief.(2)

Ce triangle supérieur s'avance parfois au-dessus du pignon, comme sur la maison (3), où il repose sur les pannes intermédiaires. Constitué de planches délicatement ajourées, c'est un peu comme un rideau de bois, qui décore et abrite le pignon. L'ombre créée donne l'impression que le haut du pignon fait partie du toit et vient s'y poser comme une légère visière qui protégera le bardage.



Un peu plus loin dans cette solution: le triangle supérieur est devenu une partie du toit, comme un pan coupé. Parfois, il part du faîtage.

Parfois, comme ici (4), il laisse juste un tout petit triangle formé par le croisement des planches de rive sur lequel il vient s'appuyer. Le pignon



D'une simple couche de planche à un véritable pan de toit: le pignon est toujours scindé en deux, dont la partie supérieure vient en relief par-dessus l'autre et la protège (Trois maisons au Muzeum Budownictwa Ludowego, Olsztyn, Pologne).



5. Willa Kolyba à Zakopane (Pologne), une merveille d'Art-nouveau dans le bois.

est ici très joliment traité, comme un véritable parquet vertical.

Les artisans "montagnards" de la région de Zakopane, encouragés et poussés par les artistes peintres et poètes du début du siècle, se sont fait une spécialité du décor des pignons. Sans aller jusqu'à la surcharge décorative de la "Willa Koliba", celle-ci peut donner beaucoup d'idées (vitrages, jeu de reliefs et de découpes) pour faire vivre et agrémenter ces pignons ossature-bois, souvent si plats, qui coiffent les ossatures de bois bruts.



De l'or et de l'argent : la splendeur des bois qui vivent

L'esprit de la "fuste" est d'être, comme son nom l'indique, une maison faite de "fûts", des troncs d'arbre restés bruts. C'est ce qui fait quelle s'intègre si bien dans l'environnement, "comme si elle avait poussé là. Elle n'a pas l'air d'être neuve. On dirait une maison qui a déjà une longue vie..., la vie des arbres. Et plus elle vieillit, plus sa patine lui apportera de charme, comme ces belles femmes auxquelles l'âge donne un supplément d'âme et de présence.

Or, par souci de trop grande perfection, deux tendances voient le jour. La première, pour satisfaire une clientèle trop habituée au lisse et au "zéro défaut", est de tendre vers des bois tellement réguliers, propres et blancs qu'ils finissent par ressembler, à s'y méprendre, à des bois usinés.

La deuxième est de vouloir empêcher ou cacher le vieillissement naturel des bois, par l'emploi de lasures plus ou moins incolores ou foncés, qui ne sont pas durables et imposent des traitements renouvelés, alors que, dans le même temps et dans certaines stations de ski à la mode, on se plaît à patiner artificiellement le bois ou même à démonter les vieux chalets d'alpage pour en récupérer les vieux bois patinés... Quoi de plus magnifique dans le soleil, que ces vieux bois que le temps a



Une maison "style Zakopane" (Pologne) : bois doré, toit d'argent sous un ciel d'orage.

rendus argentés. Quelle belle harmonie avec la pierre que ces dégradés de gris, d'ocre et de dorés !

Ces tonalités, vous les retrouverez sur votre fuste, si vous la laissez se patiner avec le temps. Et si vraiment vous voulez lui redonner un peu de jeunesse, si le tanin s'est accumulé à la surface des bois, faites comme ces paysannes polonaises qui lavent leur maison - au jet d'eau - pour éclaircir leurs bois. Ça marche très bien. la patine obtenue est superbe. Essayez.



Dans la vallée de la Clarée (Hautes-Alpes)



Harmonie d'ocre et d'argent, de la pierre au bois au Grand-Bornand (Savoie)

Dans les Tatras (Pologne), les femmes lavent à l'eau leur maison (à la brosse ou au jet sous pression) pour leur redonner un peu d'éclat



Laissons aux constructions en bois calibrés cette mode du trop parfait qui nous vient d'outre-Atlantique. Inspirons-nous plutôt des vieilles maisons en bois de notre Europe.

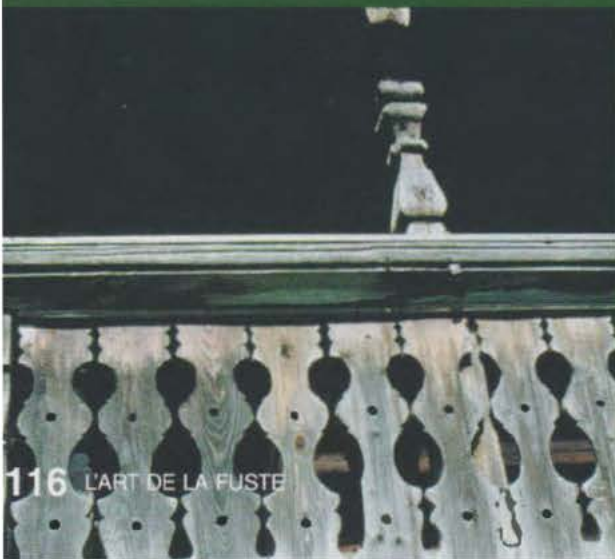


Détails de charme : découvrir un bijou en s'approchant

1. Deux oiseaux en vis-à-vis finement découpés dans les planches d'un pignon posées en chevron, parallèlement à la frise des planches de rive. Un ensemble discret d'un grand raffinement. (Muzeum Rolnictwa, Ciechanowlec, Pologne)

La beauté est faite de contrastes. La légèreté des feuillages d'un arbre fait ressortir la rudesse de son tronc, comme les vitraux d'une église mettent en lumière la dureté de la pierre. Le bois brut ne sera jamais mieux mis en valeur que dans son rapprochement avec la finesse d'un décor, d'une couleur, d'une découpe, d'une ouverture qui font jouer l'ombre et la lumière, horizontales et verticales, lignes droites et courbes, teintes chaudes et froides. Rudesse et finesse se répondent l'une l'autre.

Poésie et fantaisie discrète, à condition de ne pas attirer toute l'attention : c'est comme un bijou que l'on découvre sur un joli cou en s'approchant. Une fuste doit attirer le regard pour sa beauté propre. C'est en s'approchant que l'on doit découvrir ses parures une à une, une rambarde sculptée comme un collier, une tête de panne qui capte la lumière comme une boucle d'oreille, un motif peint ou découpé comme une broche.



4. Cette balustrade découpée avec sa frise et sa colonnette sculptée, un vrai bijou dans un écrin d'ombre (Région de Lienz, Autriche).

2. Une balustrade très sobre dont les deux montants verticaux, comme ceux qui encadrent la porte, sont finement sculptés. Trois petites ouvertures carrées, directement taillées dans la masse du bois, vitrées en alvéoles (Museum Tiroler Bauernhöfe à Kramsach, Autriche)



3. A Molines en Queyras (Hautes-Alpes), tout un jeu de verticales et d'horizontales, d'ombres et de lumière jouant dans les balustres, dans les bouts des pannes débordantes, de pleins et de vide. La légèreté de tous ces éléments contraste avec la force des colonnes et de leurs chapiteaux de bois, typiques de la région.



5. Un décor, c'est parfois aussi un moyen de se rassurer, d'affirmer ce à quoi l'on croit, ce pour quoi l'on vit, de protéger son toit, sa maison. Le décor devient sacré. Il donne à la maison son âme et impose le respect. (Ferme du Beaufortin, Savoie)

“**L**es maisons en rondins bruts empilés relèvent d’une architecture étrangère ; elles brûlent ; elles ne sont pas conformes à la réglementation du bâtiment...” Autant de contre-vérités et de faux arguments auxquels ce chapitre s’efforce de répondre.

CHAPITRE IV

Fustes en France : tradition et réglementation

Pour tous ceux qui rêvent ou projettent de bâtir une maison en bois brut, la grande inquiétude est d’en être empêchés par la réglementation. Et les mêmes questions angoissées reviennent toujours : les “maisons en rondins” sont-elles autorisées partout ? Y a-t-il des régions où l’on refuse le permis de construire ?... On se soucie aussi de savoir si les assureurs acceptent de garantir, sinon à prix d’or, une maison en rondins (...“parce que le bois brûle”...!). Quant aux maîtres d’ouvrage ou maîtres d’œuvre des marchés publics, ils se préoccupent de la conformité aux normes de ce type de construction, condition sans laquelle les garanties professionnelles d’usage ne pourront jouer. Toutes les réticences que l’on peut rencontrer viennent en fait d’une grande méconnaissance, d’une part de l’existence d’une tradition bien française, la construction par empilement de bois brut, d’autre part des modes de mise en œuvre actuels de ce type de construction.

I. CONSTRUIRE EN BOIS BRUTS EMPILES : UNE TRADITION DES MONTAGNES ET DES FORÊTS

Aujourd’hui encore, l’image de la maison en bois bruts empilés renvoie essentiellement au chalet alpin, à l’isba russe, aux log cabins du far-west ou aux demeures scandinaves. On a oublié que la construction en pierre ne s’est généralisée en France qu’à partir de la fin du XVIII^e siècle et que la maison de bois bruts empilés fut souvent, en Europe tempérée, une maison des pays de montagnes et aussi des pays de forêts.

La courageuse
jeune fille barre la
porte à la maré-
chaussée qui veut
emmener les
enfants du bûche-
ron (Dess. de Félix
dans *Histoire d’un
forestier* de
Prosper Chazel)
(fin XIX^e s.)



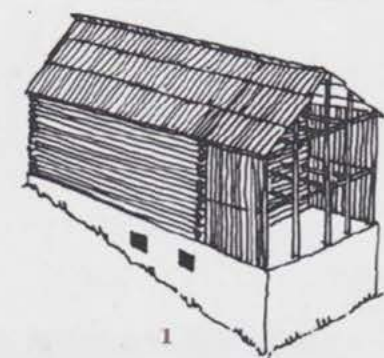
173

Suzanne se tenait debout, les bras en croix.

1. Dans les pays de montagne

Il est certain que, à l’origine, le “chalet” des Alpes était, de façon générale, constitué de troncs bruts. C’est sous cette forme qu’il s’est maintenu dans certaines vallées enclavées : le Queyras, célèbre pour ses fustes, “construites en empilage de troncs de mélèze bruts ou à peine équarris” ; la vallée de la Clarée près de Briançon, où la technique d’empilement des rondins est appelée *chapila*, (les *chapis* étant les rondins empilés) (1) ; le massif des Bauges où, comme à Allèves, il subsiste de belles constructions de rondins bruts ; le Val d’Aoste, où certaines maisons, faites d’un empilement de rondins bruts, remontent aux XVII^e ou

1. ‘Architecture
rurale dans les
Hautes Alpes’, Le
monde alpin et
rhodanien, n°4 bis,
1983, p. 121-200



199

Maisons de rondins empilés des Alpes :
1. Fuste du Queyras (doc. Parc Naturel Régional du Queyras)
2. Chapilla du Briançonnais (doc. "Architecture rurale dans les Hautes Alpes")



Photo Thérèse Houdart

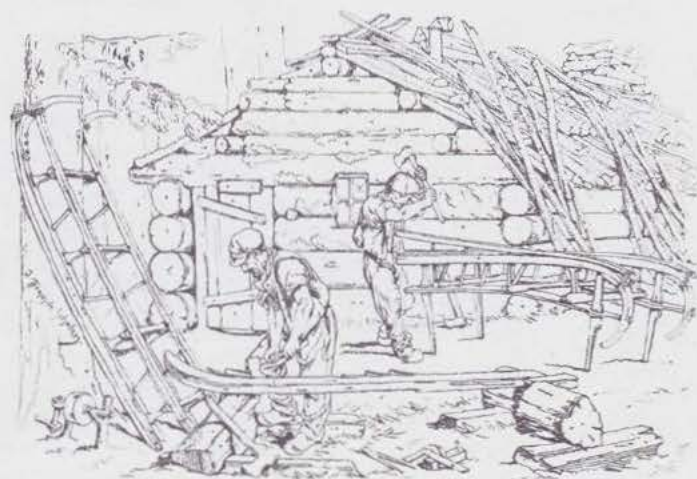
Le balcon ensoleillé d'une fuste du Queyras

XVIII^e siècles ; le massif des Bornes ou le Beaufortin, où le type de chalet en bois qu'on rencontre "découle directement de la maison en bois la plus élémentaire et la plus facile à construire. Des troncs d'arbres rectilignes, essentiellement des résineux, sont posés les uns sur les autres pour former un quadrilatère, et assemblés aux extrémités par des encoches grossièrement ébauchées" : cette technique y est appelée "pièce-sur-pièce" (1). Des troncs bruts, on passa généralement, dans les Alpes, aux poutres grossièrement équarries, puis aux madriers sciés.

Mais, en dehors des montagnes, la construction en bois était si générale au XVI^e siècle en France que le pouvoir royal, par crainte de voir disparaître ses forêts, dut en contrôler sérieusement l'usage.

1. L'architecture rurale française, Savoie, par Henri RAULIN, Ed. Berger-Levrault, 1977, 241 p., p. 34-35

2. Les forêts de Bourgogne, Georges PLAISANCE, Ed. Horvath, 1988, p. 62



FABRICATION DE BOULETTE

201 Maison de travailleurs des forêts des Vosges (Gravure de T. Schuler, 1857, in *Les bûcherons et schlitteurs des Vosges*, Réed. J.-P. Gyss, 1981)

Tout au long du XVI^e siècle, diverses Ordonnances royales tentèrent de restreindre les droits d'usage des forêts. Mais l'obligation de "maisonner en pierre" (2), ne semble guère avoir été appliquée, tant était ancrée l'habitude de construire avec le bois disponible dans les forêts, aussi bien dans les villes que dans les campagnes, et même dans les forêts.

2. Dans les pays de forêts

Jusqu'au XIX^e siècle en effet, et même jusqu'au début du XX^e siècle, la forêt elle-même était peuplée et habitée par tout un peuple de travailleurs des bois : bûcherons, charbonniers, scieurs de long, cercliers, sabotiers, merrandiers, forgerons... Ils y vivaient dans des maisons appelées, selon les régions, "loges", "baragues", "bacus", "cabioles"...

Nous avons déjà parlé (voir AF 1, p. 13-14) de l'habitat de rondins des bûcherons des Vosges, dont les illustrations de Théophile Schuler et de Lix nous donnent de beaux témoignages (ill. 198 et 201), et de ceux de Haute-Saône (décrit par Eugène Bouchey), Un voyageur du début du XIX^e siècle, J.-M. Le Quirio, nous décrit également la maison d'un garde forestier du Jura :

"Un simple rang de tiges d'arbres d'environ cinq pouces de diamètre, et longues de quinze à vingt pieds, couchées horizontalement et s'élevant, posées les unes sur les autres sans intermédiaire ; telles sont la construction, l'épaisseur et la matière du mur dans la composition duquel il n'entre ni pierre, ni ciment, ni clous, ni mortier ; l'édifice est toujours de forme quadrangulaire ; et les arbres qui composent chaque muraille sont entaillés à demi-épaisseur à leurs extrémités ; à chacun des angles, l'arbre, qui forme un de ses côtés, est recouvert dans son entaille par l'arbre qui forme l'autre côté de l'angle droit ; tous les murs s'élèvent ainsi en superposant alternativement l'arbre d'un côté de l'angle droit dans la coche de l'arbre qui forme l'autre côté du même angle.

Par cette superposition alternative et l'arrêt que présentent les coches, ces murs si peu épais acquièrent l'élévation que l'on veut, et une solidité suffisante ; on les consolide encore en piquant de quelques poutres en terre, et de chaque côté du mur, deux ou trois pieux qui s'arrêtent en haut par un lien de bois ou une cheville, et qui embrassant le mur entre eux dans toute sa hauteur, ne permettent à aucun des arbres qui le composent de s'écarter.", J.-M. Le Quirio, *Voyage pittoresque et physico-économique dans le Jura*, An IX, t.1, p. 74-75.

Mais le témoignage, beaucoup plus récent, de Cécile Chaniet, rapporté par son petit-fils, André Besson, nous est très précieux pour comprendre la vie des forestiers (voir réf. p. 143). La famille Chaniet, originaire de la forêt de Chaux, dans le Jura, formait, à la fin du XIX^e siècle une communauté importante, qui se déplaçait de région en région tous les deux ou trois ans, au gré des "ventes" (des coupes). Les hommes partaient un mois à l'avance pour construire le four à pain et les trois ou quatre "bacus" nécessaires pour loger chaque foyer. La famille Chaniet travaillait ainsi sur une très vaste zone : la Franche-Comté, mais aussi "le plateau de Langres, la Bresse et la Bourgogne" (*Une fille de la forêt*, p. 17 et 32-33).

Une gravure de 1825, extraite des *Voyages pittoresques* de Charles Nodier, représentant trois "bacus" de rondins et leur four à pain, nous donne une image certainement très réelle de ces villages de bûcherons-charbonniers dans les bois, une image très proche en tout cas, de cette carte postale prise au début du XX^e siècle, quelque part dans la forêt de Chaux.

Dans la vallée de l'Ognon subsistent encore plusieurs de ces maisons de bois croisées, étudiées par l'archéologue Pierre Pétrequin, des maisons de charbonniers sédentarisées en limite de village. Ces maisons, démontables, pouvaient se transporter au gré des coupes. Pour les maisons temporaires, le matériau était pris sur place. Mais pour celles qui étaient destinées à durer plus longtemps, on utilisait des plus gros bois, et parfois des bois équarris, débarrassés de leur aubier fragile, réutilisables et plusieurs fois réutilisés (2).

À Le Vieille Loye (Jura) l'Association des Amis de la forêt de Chaux a reconstitué un de ces "bacus" décrits par Cécile Chaniet, à côté de "baraques" de bûcherons faites de montants de bois verticaux et de torchis : elles correspondent à des habitats fixes, construits, semble-t-il, par l'administration au XVIII^e siècle pour fixer les habitants des forêts (cf. p. 143).



202

Village de baraques, habitation des charbonniers franc-comtois (Dess. de Adam, dans J. Taylor, Ch. Nodier, A. de Cailleux, *Voyages pittoresques et romantiques de l'ancienne France*, 1825)



"Bacu", c'est le nom qu'on donnait à nos baraques forestières. Je crois qu'on les appelait ainsi parce que ces maisons n'étaient pas très hautes, c'est-à-dire, comme disait l'un de mes oncles, plutôt basses du cul. Partout où nous allions, les "bacus" étaient édifiés sur le même modèle. Mon père et ses frères en avaient appris les règles de construction de Passemaux qui les tenait sans doute lui-même de son propre père, cela depuis des générations et des générations de bûcherons-charbonniers.

Il s'agissait de chaumières rudimentaires, mais solidement construites, conçues pour résister aux intempéries. Elles étaient faites en rondins superposés et en "redos" (dosses) qui formaient une double cloison entre laquelle on tassait de la mousse et de la glaise mêlée de paille, une bonne isolation pour l'hiver. (...)

Chaque "bacu" comprenait une grande cuisine servant de salle commune, avec une cheminée montée en briques. On prévoyait plusieurs chambres, selon le nombre d'habitants. Construites en entilade, elles étaient éclairées par de petites fenêtres dotées de véritables vitres (André BESSON, *Une fille de la Forêt*, Ed. France Empire, 1996, p. 32-33)

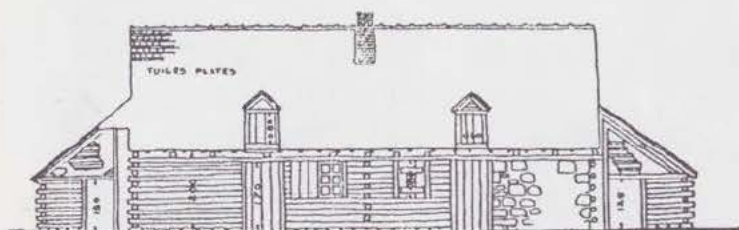
2. Une architecture liée à l'exploitation de la forêt, par P. PÉTREQUIN, Centre universitaire d'études régionales, Besançon, n° 4 - 1982, p. 27-43)



Les « bacus » des bûcherons-charbonniers étaient construits en rondins jointoyés de terre glaise et couverts de chaume forestier ou de planches. DOCUMENT JACQUES THÉRIOT

203

Carte postale du début du XX^e siècle, prise dans la forêt de Chaux, dans *Une fille de la forêt*, par André BESSON, reproduite avec l'aimable autorisation de l'auteur.



204 Maison de bûcheron en bois (Isle et Bardais), dans *Le Bourbonnais* par A. BERNARD et C. GAGNON, Ed. Gallimard, 1954, p. 57 (Doc. A.T.P.)



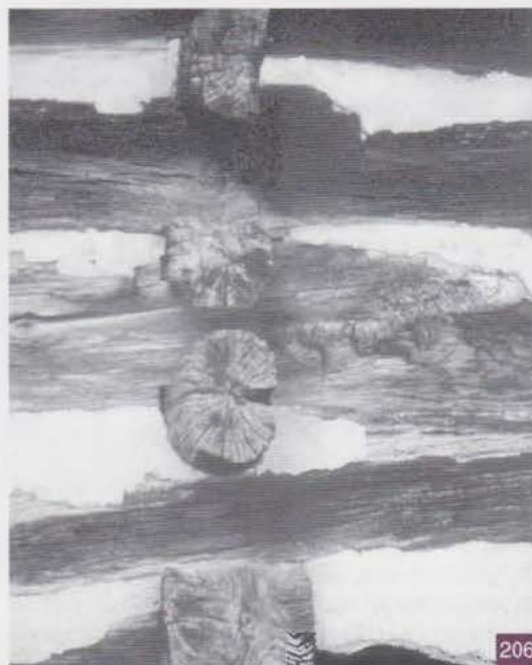
205 Une maison en poutres de chêne empilées et pignon en colombage à Thionne (Allier)

Une deuxième grande zone de forêt et de populations forestières vivant en "loges" de rondins est celle des magnifiques futaies du centre de la France : parmi celles-ci, la plus belle et la plus célèbre, la forêt de Tronçais (Allier), où existe encore, à Isle et Bardais, une maison à empilage, et où, selon Elie Bertrand (1), on estimait, à la fin du XVIII^e siècle, le nombre de loges à près de 400 sur toute l'étendue de la forêt ; et également les forêts du Bourbonnais dont Georges Sand a si bien parlé dans son beau roman "Les Maîtres sonneurs", ainsi que celles de la Sologne Bourbonnaise.

Autour du village de Thionne, dans l'Allier encore, on trouve de très vieilles maisons de poutres de chêne empilées. L'époque de leur construction n'est pas connue, mais on estime qu'elles sont antérieures au XVI^e siècle, époque vers laquelle la technique du colombage semble avoir détrôné l'empilage. Les bois, laissés ronds (il n'en reste que le bois dur) ou bien grossièrement équarris sur deux faces, ont

1. "Tronçais, La forêt sous la monarchie de Juillet", *La lettre du pays de Tronçais*, n°36, par Elie BERTRAND

2. Sur ces maisons, voir Maisons paysannes de France, n° 3/76, p. 6-9 et *Habitat rural en Bourbonnais*, "Commission régionale Auvergne de l'inventaire..."



206 Gros plan sur le mur d'une construction de Thionne : les bois, dont l'aubier a disparu sont ronds ou très grossièrement équarris.

gardé leurs formes naturelles qui dessinent de superbes courbes sur la chaux blanche qui sert de joint (2). Dans le pays, on dit que ces maisons sont construites "pièce-sur-pièce", le même terme que l'on utilise toujours en Amérique du Nord, chez les francophones et les anglophones, pour désigner un certain type de construction en bois empilés... !

Ce terme "pièce sur pièce", on le trouve, on l'a vu (p.25) au Canada et aux Etats-Unis (traduit en "pièce on pièce" ou anglicisé en "pièce en pièce"). Il semble suggérer une origine bien française et donc une assez large diffusion de la technique de construction en bois empilés en France aux grands moments de la colonisation du continent nord-américain. On peut penser qu'elle y était suffisamment vivace, au XVII^e siècle, pour avoir pu se transplanter sous le même nom au Canada, où certains spécialistes comme Allan Mackie peuvent considérer les Français comme les pionniers de la construction en rondins dans ce pays (*Building with logs*, p.10)

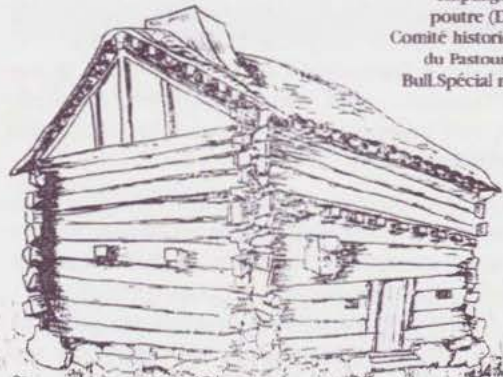
Ceci nous mène vers une troisième zone de construction par empilage. C'est, à vrai dire, une région bocagère, très peu boisée aujourd'hui, une région de bastides et de châteaux, où l'on ne s'attendrait guère à trouver des maisons en bois : le Nord de l'Agenais (Lot-et-Garonne et Dordogne). Et pourtant, il y subsiste une cinquantaine de maisons faites de poutres de chêne empilées et entaillées aux angles, datées par dendrochronologie du



207

1. Ces maisons ont fait l'objet de deux études du Comité historique et archéologique du Pastourais, dans ses bulletins spéciaux n°7 et 18

Une maison à empilage de poutres de chêne dans la région de Villeréal



La maison type à empilage de poutre (Doc. Comité historique du Pastourais, Bull. Spécial n°7)

208

milieu et de la fin du XVI^e siècle. Ce sont des maisons de 8 à 12 m de long, de grande qualité, constituées d'énormes poutres équarries de 35 à 60 cm de haut. Elles comprennent à l'origine deux pièces dont l'une comporte une "cheminée monumentale dont le manteau, constitué d'une énorme poutre, traverse toute la maison (...). Le manteau de deux de ces cheminées est sculpté d'un écu français ancien" (1). Certaines de ces maisons ont subsisté sous leur forme d'origine. La plupart ont été agrandies, enrichies, rehaussées en utilisant la technique du colombage, et la combinaison des deux systèmes donne des résultats superbes (2).

La construction en poutres empilées ne semble pas s'être perpétuée au-delà du XVII^e siècle. Si l'on peut penser que la construction en bois empilés a pu exister avant le XVI^e siècle, de facture peut-être plus rudimentaire ce qui expliquerait sa disparition, l'étude dendrochronologique montre que toutes les maisons étudiées sont antérieures à 1714. Leur caractère massif et relativement riche a suggéré l'hypothèse qu'elles auraient pu être construites par les "abbayes et les seigneurs propriétaires des forêts (...) pour protéger la vie de leurs tenanciers et mettre à l'abri leurs récoltes" (1). En tout cas, le diamètre des troncs dont furent tirées ces poutres laisse supposer l'existence et l'exploitation d'une forêt immense, dont, du reste, "on voyait au 19^e siècle des restes considérables".

En zone forestière, l'habitat de bois brut correspond à des périodes de grands défrichements ou de grands besoins de bois. C'est le cas où, suite à de longues périodes de troubles, la guerre de cent ans, aux XIV^e-XV^e siècles, la guerre de trente ans au XVII^e siècle,

2. Pour une synthèse historique et architecturale, voir : «Le mystère des maisons à empilage du Nord-Agenais», par Camille Houdart, *Courrier de la fuste*, n°4, p. 4-10, 2000

3. Elle BERTRAND, op.cit, p. 44 cf. ci-dessus note 1, p. 120

4. Voir en particulier *Les baraquements forestiers de la forêt de Chaux*, dossier établi par HBAILLARD, 1988, Document communiqué par l'Ass. des Villages de la forêt de Chaux

la forêt s'est considérablement étendue : à qui voulait défricher un lot de forêt pour le cultiver, on donnait le droit, pour "amaisonner", de prendre tout le bois voulu dans la forêt : c'était le "marronnage". C'est aussi le cas quand l'industrie en expansion consomme d'énormes quantités de charbon de bois pour ses forges, salines, verreries... Alors on laisse se multiplier les loges dans les forêts. Mais, dès la fin du XVIII^e siècle, ces populations étaient si nombreuses dans les forêts qu'"avec l'aide de la force armée on procéda à la destruction des loges". Mais "une tolérance avait été admise sur le pourtour des forêts" (3), ce qui sans doute incitait les bûcherons à s'y fixer en construisant plus solidement, mais comme ils l'avaient toujours fait : en bois empilés.

Ces trois groupes de maison, celles des forêts de Franche-Comté, celles des forêts du Centre, celles du Nord de l'Agenais nous en apprennent beaucoup :

1) Maisons de forêts, maisons de pionniers, maisons-refuges contre le froid et les intrus : ces trois aspects des maisons de rondins empilés ne sont pas incompatibles, bien au contraire ; ce sont trois aspects que l'on retrouve partout, de la cité lacustre néolithique de Biskupin, en Pologne, aux maisons-fortresses érigées au Québec, en Alaska et un peu partout aux Etats-Unis, en passant par les défricheurs des forêts françaises.

2) Dans les trois cas, on assiste à une transition entre deux techniques de construction en bois bien françaises (4). La technique par empilage finit par s'éteindre totalement, brutalement même, quand la ressource fait

défaut,...ou quand on l'interdit : il est fort possible que cela ait été le cas sous le ministère de Colbert. Elle se perpétue là où la tradition et la ressource forestière l'autorisent : c'est le cas en Franche-Comté, malgré semble-t-il les tentatives de l'administration pour sédentariser les travailleurs de la forêt.

On rencontre dans bien d'autres régions des témoignages et vestiges attestant en France l'existence de cette tradition : dans les Landes, les Pyrénées Orientales, le Poitou (cf. p. 123), et la liste ne demande sans doute qu'à s'allonger... Un peu partout, la France retrouve son patrimoine et les maisons des travailleurs forestiers donnent lieu à des reconstitutions, des expositions, des veillées... Les maisons de pierre, omniprésentes depuis deux siècles à peine, ne sauraient faire oublier qu'elles furent souvent précédées ou concomitantes de maisons de bois tout aussi respectables et dont les vestiges sont encore plus précieux aujourd'hui pour connaître la vie rurale des siècles passés, pour retrouver le fil d'une tradition qui ne demande qu'à renaître.

Et pourtant, dans toutes ces régions, seuls quelques passionnés s'y intéressent et disent les efforts qu'ils déploient pour les sauvegarder, sans guère trouver d'écho auprès des pouvoirs publics. "Ne serait-ce pas là encore l'expression d'une civilisation qui inconsciemment sélectionne sa mémoire collective en s'attachant à la pierre durable et non pas au bois éphémère et en rejetant pour la dernière fois les témoins modestes d'une activité de simple subsistance" se demande P. Pétrequin (1). C'est l'opposition toujours actuelle entre pierre et bois, mais aussi entre paysan et forestier.

Car, inutile de dire que les hommes travaillant en forêt, atypiques, mobiles, un peu sauvages, en marge, libres et même volontiers "hors-la-loi" parce que vivant "hors" de la communauté des hommes de la terre, comme les a bien décrits Georges Sand, étaient mal considérés par les communautés paysannes. "Gens du finage et gens de bois" (2) ne s'appréciaient guère et se comprenaient mal. Le discrédit frappant "bûcheux" et "charbournats" frappait aussi son habitat, et leurs loges de rondins ou même de branchages et de terre

1. Ouvrage cité, p. 43 (cf. ci-dessus p. 86, note 2)

2 "Gens du finage, gens du bois", par TJOLAS, F.ZONNABEND, *Annales Economies, Sociétés, Civilisations*, n°1, 1973, p. 285-305

"Une maison à empilage du XVI^e ou du XVII^e siècle vaut un château"

Ch.Higounet (cité par Comité historique du Pastourel, Bull.n°7)

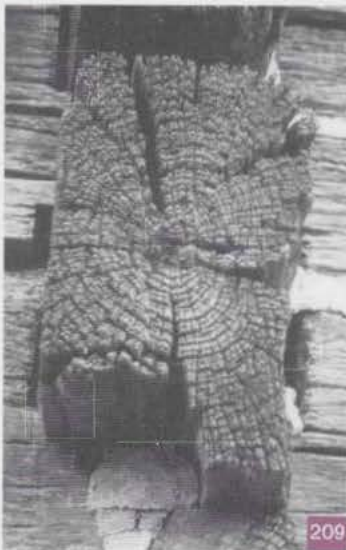
ne pouvaient être autre chose, aux yeux des paysans, que des cabanes de sauvages.

"... gueux, poulleux, grilles-besaces..." criaient les gens des villages en voyant passer la famille Chaniet.
"Laissez-les donc 'tatasser', ces 'badiots' ! Malgré nos vieilles 'biaudes' et nos gueules machurées, nous sommes sans doute moins poulleux qu'eux !" disait le père de Cécile. (...) Et ma foi, c'était certainement vrai. Dans le double-fond des boîtes à sel qui servaient de tirelres familiales, il y avait, je l'ai su plus tard, suffisamment de pièces d'or économisées pour nous installer n'importe où en achetant des maisons décentes. Mais pour rien au monde, les Chaniet n'auraient accepté d'abandonner la vie libre qu'ils menaient dans les forêts.
Une fille de la forêt, par André BESSON, p. 30

Les recherches archéologiques qui pendant longtemps se sont occupées exclusivement de l'art monumental et des pierres qui en restaient, ont contribué à entretenir l'idée que la tradition architecturale française est basée sur l'emploi de la pierre, ce qui est loin de correspondre à la réalité.

Les conceptions des archéologues ont parfois été relayées par celles de certains architectes qui continuent à faire davantage référence à l'histoire de l'art monumental qu'à l'histoire de l'habitat des hommes. L'invention des matériaux modernes avec lesquels tout est possible les entraîne vers une sophistication qui les éloigne de concepts aussi simples que celui qui consiste à entrecroiser des troncs, pour reinventer le "mode d'habiter" des hommes. Mais le concepteur de la "cité radieuse", Le Corbusier lui-même ne se construisait-il pas une "cabane en bois" en Provence : gageons qu'elle représentait davantage pour lui qu'une "machine à habiter". Et ne proposa-t-il pas aux jeunes, en 1942, de rebâtir leurs villages sinistrés en maisons "murondins" : des maisons de terre et de rondins... (cf. p. 72, ill.114).

La construction en bois bruts empilés n'est ni archaïque, ni étrangère à la tradition française. Elle y a eu, elle y a sa place. Par ailleurs, elle correspond parfaitement à une de ces périodes de l'histoire où la construction en bois rejaillit car la forêt s'est fortement développée. C'est le cas actuellement dans nos pays.



Maison de Villercéal - Détail

La tradition des maisons de bois brut à empilage en France (en dehors des Alpes)

1) Dans les Vosges : de nombreuses illustrations du XIX^e siècle représentent des maisons de bûcherons (voir AF 1, p. 13), en particulier dans :

- *Les bûcherons et schlitteurs des Vosges*, par Alfred Michiels, illustration de Théophile Schuler, reproduction en fac-similé de l'édition de 1857, Ed. Jean-Pierre Gyss, 1989 (un très beau livre)

- "Voyage à travers l'Alsace et la Lorraine", par Charles Grad, dans *Le Tour du Monde* XLVIII, 1884, p. 161-165, et *Histoire d'un forestier*, par Prosper CHAZEL, (dessins de Félix)

2) En Franche-Comté

- *Une fille de la forêt*, par André Besson, Ed. France-Empire, 1996 (cf. Fiche de lecture, p. 103)

- Maisons de la vallée de l'Ognon (Aubertans, Montbozon..., Hte Saône), étudiées par P. Pétrequin, CNRS dans "Une architecture liée à l'exploitation de la forêt, la baraque de charbonnier", Centre Universitaire d'Etudes régionales, Université de Franche-Comté, n°4, 1982, p. 27-43

- Gravure représentant un village de charbonniers dans le bois de Chailluz vers 1825, dans *Voyages Pittoresques* de Charles Nodier (cf. III.177)

- Diverses reconstitutions de "baragues" et "bacus" par :

- Musée Départemental de la Montagne de Château-Lambert (Hte-Saône)
- Association des villages de la forêt de Chaux, La Vieille Loye

3) En Bourgogne, dans le Centre et le Morvan

- à Thionne et dans les environs, à Paray le Frésil, Venas, Montoldre, Ygrande, Monetai sur Loire... : il existe encore de nombreuses maisons de bois empilées, étudiées par :

- Maisons paysannes de France (voir n° 3/76 et 4/78).
- Commission régionale d'Auvergne de l'Inventaire général : *Habitat rural en Bourbonnais*
- J. Guibal, *L'architecture rurale française - Bourbonnais, Nivernais*
- Michel Ameuw, *Généalogie et Histoires en Val de Besbre*
- Elie Bertrand, Association des amis de la forêt de Tronçais

- A Isle-et-Bardais : encore une belle maison à empilage toujours debout, et une belle reconstitution au centre du village, réalisée à l'initiative de l'Association des amis de la forêt de Tronçais

- Dans le Morvan, selon J. Drouillet (*Folklore du Nivernais et du Morvan*), maison à Quarré-les-Tombes en 1875, en 1915, il subsistait également à Ternant, des maisons en troncs ou rondins empilés.

4) Dans le Nord de l'Agenais

- A Sainte Sabine (Dordogne) et aux alentours de Villerséal (Lot et Garonne), une cinquantaine de maisons de poutres de chêne empilées, étudiées par le Comité Historique et Archéologique du Pastourel

- L'ass. Maisons Paysannes de France a édité une cassette vidéo sur les maisons paysannes de Dordogne, où il est question d'une de ces maisons à empilage.

5) Dans les Landes : au Musée des Arts Décoratifs, Paris, une gravure "Village dans les Landes", avec l'annotation "vers 1808", montre un groupe de maisons dont plusieurs sont en rondins (voir AF 1, p. 5)

6) Dans le Poitou : témoignage de maisons à empilage, signalé par Passerat dans *Les platanes du Poitou*

7) Dans les Pyrénées Orientales, dans le pays de Sault, et d'après le témoignage des archives, la plupart des maisons étaient faites d'un assemblage de poutres selon la technique dite à "vige jointe", pratiquée encore couramment vers 1736 et attestée au début du XIX^e siècle, "vige" étant le terme local qui désigne une petite poutre (C. FRUHAUF, *Forêt et Sociétés*, CNRS, Toulouse 1980, p. 42).

Voir en annexe, p. 103, les adresses des associations qui se consacrent à l'étude et à la sauvegarde de ces maisons.

A nos lecteurs :

Faites-nous connaître les vestiges ou témoignages de maisons en bois empilés existant dans votre région

II. LE PERMIS DE CONSTRUIRE

1. Les questions

a) Faut-il un permis de construire pour bâtir une fuste ?

Oui, si sa surface hors œuvre brute de plancher (S.H.O.B.) est supérieure à 20 m²

- Quoi qu'on pense et qu'on lise parfois, une maison en rondins n'échappe pas à la règle qui veut qu'un permis de construire soit nécessaire pour toute construction dépassant 20 m² hors-œuvre brute (S.H.O.B. : c'est-à-dire surface comptée à l'extérieur de la surface de plancher créée, qu'elle soit fermée ou non, - la surface d'un auvent compte). En outre, une autorisation est dans ce cas à demander à la mairie (un imprimé est à remplir).

- Les locaux démontables dépourvus de fondations : il ne faut pas confondre règles d'urbanisme et règles fiscales. Si elle n'a pas été construite dans un but et pour une durée limitée précise, une fuste, comme toute autre construction, relève de la procédure du permis de construire. Si elle est « dépourvue de fondations », c'est-à-dire si, une fois démontée, il ne devait en rester aucune trace au sol (dalle, éléments de maçonnerie, plots, murets...), elle nécessite un permis de construire, mais elle peut-être exemptée de la taxe locale d'équipement et de la taxe d'habitation.

- Ne pas confondre certificat d'urbanisme et permis de construire. Si un terrain se trouve en zone non constructible, il n'obtiendra pas le certificat d'urbanisme : on ne pourra donc y tolérer aucune construction. La commune pourra à la rigueur y accepter une construction de moins de 20 m² telle que définie ci-dessus.

La construction en bois croisés, encadrés ou mortaisés en bout, est de tous les temps et de tous les pays. Point n'est besoin de lui rechercher une origine plus ou moins locale ou une très longue tradition régionale. (Elle) est implicitement liée aux climats froids ou frais, à la montagne ou à l'exploitation de la forêt et bien souvent aux groupes pionniers.

P. Pétrequin, *Une architecture liée à l'exploitation de la forêt*, op.cit. p. 30

Mais attention ! si vous passez outre, ou si vous dépassez la surface tolérée, une fuste étant réputée « démontable », il y a peut-être plus de chance qu'on vous oblige effectivement à la démonter. A ne pas prendre à la légère, c'est déjà arrivé !

b) Y a-t-il des régions où il est interdit de construire en rondins bruts ?

Code de l'urbanisme - Article R. 111-21

Le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales si les constructions, par (Décret n° 77-755 du 7 juillet 1977, art. 14) « leur situation, leur architecture, leurs dimensions ou l'aspect extérieur » des bâtiments ou ouvrages à édifier ou à modifier, sont de nature à porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants, aux sites, aux paysages naturels ou urbains ainsi qu'à la conservation des perspectives monumentales.

En principe non. Mais la question ne se pose pas du tout en ces termes et dépend de multiples facteurs qui souvent tiennent essentiellement à la personnalité et aux goûts propres du représentant de l'autorité à qui revient la décision et à sa façon d'interpréter l'article R 111-21. Juger si une construction en rondins bruts est « de nature à porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants, aux sites, aux paysages naturels... » ne peut guère relever que de l'appréciation la plus subjective, car le bois déclenche souvent des sentiments extrêmes d'amour ou de rejet total. Le problème vient de ce que l'on considère généralement que ce qui est traditionnel en France, c'est la pierre... Or, quand il s'agit d'interpréter l'article 111-21, il y a deux attitudes possibles :

- ou bien on adopte une position théorique et formelle, et l'on oppose deux matériaux que l'on juge incompatibles, la pierre et le bois : dans ce cas, on considère qu'une maison en rondins « n'a rien à faire » dans le voisinage d'un château ou dans un environnement où la construction en pierre prédomine ; que ce qui a remplacé la pierre est le béton, que l'on doit donc construire « en dur » ;

- ou bien on juge d'un point de vue visuel et on ne retient pas l'opposition pierre/bois, mais la similitude de couleur, d'aspect, de relief

Pour le dépôt de permis de construire, le recours à un architecte est obligatoire :

- si le demandeur est une personne morale

- si la SHON du projet dépasse 170 m²

S.H.O.B. (surface hors œuvre brute) :

somme des surfaces de plancher de chaque niveau de la construction

S.H.O.N. (surface hors œuvre nette) :

Prendre la S.H.O.B. et déduire :

- les combles d'une hauteur sous plafond < 1,80 m
- les balcons, terrasses, surfaces non closes
- les sous-sols non aménageables
- les garages
- 5 % de la S.H.O.N. obtenue (épaisseur des murs, isolation)

Nota : la SHON se calcule en prenant les dimensions à l'aplomb extérieur des murs.

entre deux matériaux naturels : on considère que la teinte des bois bruts peut très bien s'harmoniser avec celle des vieilles pierres, que la maison va se fondre dans l'environnement, comme si elle avait toujours été là, à la différence d'une construction en béton neuve, qui ferait tache dans le paysage.

En effet, qu'est-ce qui ressemble le plus, visuellement, à un mur de pierres, matériau naturel, avec toutes ses irrégularités et ses multiples nuances : un mur de parpaings bien droits et bien crépis ou un mur de bois bruts, autre matériau naturel, avec lui aussi ses irrégularités et toutes ses nuances... les mêmes que celles de la pierre ?

Quand on se promène le long des routes de France, on constate que l'on essaye un peu partout de redonner vie aux constructions de béton des dernières décennies, tristes, vieillies prématurément : on les repeint de couleurs naturelles et douces, pour mieux les intégrer au paysage, on tente de créer des reliefs, d'animer les façades par la peinture, par l'apport d'éléments en bois, de plantations, de trompe-l'œil... Nos contemporains comprennent qu'ils se sont trompés ; ils sont de plus en plus nom-



Implantée dans les pins et les rochers

breux à vouloir vivre dans du bois. Les aspirations profondes changent, et il va être de plus en plus dur de s'opposer au besoin éprouvé par les hommes d'habiter dans du bois.

c) Permis de construire et développement durable

La France et quelques pays voisins d'Europe ont un patrimoine architectural à dominante pierre, de haute qualité, mais aussi un patrimoine de constructions conventionnelles à dominante béton, dévoreuses en énergie.

Pour notre époque, il s'agit désormais de faire des maisons très économes en énergie et peu émissives en carbone, des maisons isolées par l'extérieur, qui respirent naturellement mais dont l'aspect et l'architecture devront être transformés.

La maison de demain ne ressemblera pas à celle du siècle passé.

- Elle sera exposée et blottie pour se protéger du froid, pour capter les rayons de soleil en hiver, et récupérer l'énergie gratuite, mais aussi pour se protéger de la chaleur en été.

- Elle devra inclure beaucoup de matière végétale, du bois en premier lieu, pour toutes ses qualités naturelles, et surtout pour stocker du carbone.

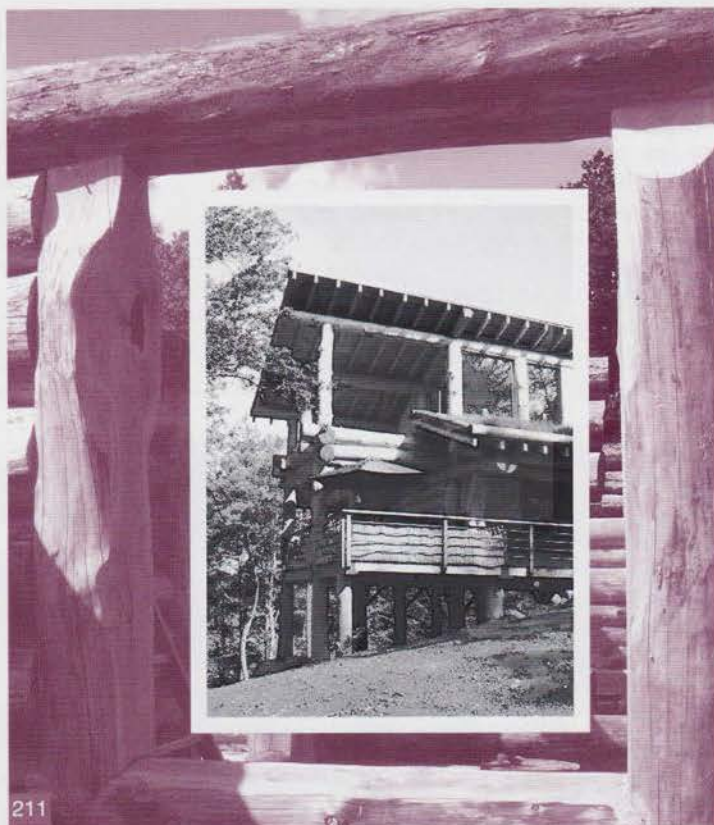
- Elle devra aussi comporter des protections constructives adaptées aux matériaux isolants qui vont désormais l'envelopper.

- Sa toiture devra la couvrir plus largement, à la fois pour mieux protéger les murs des intempéries et pour se protéger du rayonnement solaire des étés que l'on nous annonce caniculaire dans un avenir proche.

On peut comprendre que la période de révolution que nous vivons actuellement crée tensions et conflits entre la volonté de conserver et de préserver un patrimoine architectural existant (qui mène parfois les décideurs de l'architecture à une attitude néo-régionaliste qui freine les innovations), et la prise de conscience de plus en plus forte chez tous nos contemporains de l'urgence qu'il y a à prendre des mesures et à changer de comportement pour tenter de protéger la planète.

Ce souci est particulièrement manifeste chez les candidats à la construction, de mieux en mieux informés, qui entendent créer pour leur famille un habitat sain, et qui sont par ailleurs conscients que l'acte de construire est devenu quelque chose qui engage l'avenir de la planète : par les choix qu'ils feront des matériaux, du mode de chauffage, de leur mode de vie..., ils savent qu'ils peuvent contribuer à préserver l'avenir de leurs enfants ou au contraire contribuer à le détruire. Comment leur donner tort ? Rappelons le chiffre : l'habitat, c'est-à-dire construire sa maison, la chauffer, l'éclairer, y vivre... est responsable du quart des émissions de gaz à effet de serre, et surtout de CO² ! (source : Secrétariat d'Etat au Logement, oct. 2004). Comment blâmer ou pénaliser ceux qui peuvent et veulent contribuer à faire baisser ce chiffre ? Les considérations environnementales devraient être aujourd'hui le premier critère d'obtention des permis de construire.

Nous sommes certainement au début d'une révolution dans l'art de concevoir l'habitat et de bâtir.



Ce qu'il faut savoir pour faire une demande de permis de construire

En résumé, et pour gagner du temps dans les démarches, quand on possède ou songe à acquérir un terrain, il faut se renseigner sur les points suivants :

a) La commune où se trouve le terrain possède-t-elle un P.O.S. (Plan d'occupation des sols) ou un PLU (qui remplace le POS) ?

Le POS est un document dans lequel une commune a rédigé son propre code en matière de zones constructibles, naturelles, agricoles, en matière d'architecture, également.

• Si elle a un POS, c'est donc elle qui a autorité pour l'obtention du permis de construire. Pour chaque section cadastrale de la commune, les directives du POS concernant l'aspect extérieur des constructions se trouvent dans les articles U 11 (UB 11, UD 11...). Si des restrictions existent en ce qui concerne l'utilisation du bois comme matériau de façade (ou de toiture), c'est là qu'elles seront indiquées. Passer outre demanderait une révision du POS, il ne faut guère y compter... S'il n'existe aucune contre-indication particulière concernant le bois en général, les rondins en particulier, c'est une bonne chose mais ce n'est pas gagné pour autant car les prescriptions de l'article R 111-21 « s'appliquent alors même qu'il existe un POS » (A. Bonhomme p. 111) (1). Pour résumer, si le Maire est séduit par les fustes (... ou s'il ne lui est pas indifférent de peupler sa commune), il sera en mesure de faire passer le projet (dans la mesure où la commission d'urbanisme de la commune y est aussi favorable). Si non il arguera de l'article R 111-21. S'il hésite, il consultera les experts de la DDE, qui eux-mêmes...

• Si la commune n'a pas de POS (généralement une petite commune), c'est à la DDE qu'appartient la décision de délivrer le Permis de construire (avec toutefois l'avis du Maire). Le critère déterminant reste dans ce cas l'article R 111-21... affaire de goût de la personne qui instruit le dossier.

b) Le terrain se situe-t-il en zone « sensible », c'est-à-dire :

- dans le champ de visibilité d'un édifice classé (église, château) ?
- dans un site naturel inscrit ou classé ?
- dans un secteur sauvegardé ?

Dans ce cas, la demande de permis de construire est soumise à l'avis de l'Architecte des Bâtiments de France (A.B.F.). Son avis sera favorable ou défavorable, selon qu'il considère qu'une maison en rondins bruts n'est pas à sa place dans un tel site ou au contraire s'y intégrera beaucoup mieux qu'une construction de parpaings crépis. Affaire de goût... Mais l'avis des ABF fait généralement autorité.

c. Le terrain se situe-t-il dans un Parc Régional ?

Il est possible que des règles architecturales précises y aient été élaborées. Il faut se renseigner auprès du Parc, dans les mairies ou les DDE.

Ces formalités ne sont pas simples, elles varient d'une commune à l'autre. C'est pourquoi il est fortement conseillé, avant toute démarche officielle :

- de consulter un architecte du CAUE de votre département (Conseil en Architecture, urbanisme et environnement) : les CAUE n'ont pas de pouvoir de décision, mais, leur avis étant dans de multiples occasions sollicité par l'administration, leurs conseils sont pratiquement des positions officielles.

- de prendre rendez-vous avec l'architecte de la DDE pour solliciter ses conseils.

Mais avancez très prudemment. Lors de tout contact avec l'administration, évitez de parler de construire un « chalet » (car les fustes n'en sont pas), si vous n'êtes pas en région de chalets, mais une maison en bois massif. Le chalet correspond à une architecture spécifique de certaines régions alpines qui, à juste titre, n'est pas acceptée partout, et n'est pas synonyme de « maison en bois ». Montrez des photos de fustes, à partir desquelles vous pouvez, si les réactions ne sont pas négatives, engager un dialogue constructif.

Dans tous les cas, et a fortiori si la situation vous semble un peu délicate, il est judicieux de s'adresser à un architecte qui saura tenir compte des caractéristiques de l'environnement et de la réglementation et servir de relais avec l'administration.

1. Guide pour l'établissement des projets de bâtiment, A. BONHOMME, Ed. du Moniteur, 1 985



212



213

Près d'une vieille maison de pierres, ou dans un cadre de montagnes..., la fuste de rondins bruts, patinée par le temps aux couleurs de la nature, se fond dans l'environnement.

2. Quelques problèmes rencontrés dans les demandes de permis de construire et leurs raisons

Un projet de construction d'une maison en bois brut n'est pas habituel. Il peut surprendre, voire choquer. Il déclenche très souvent des réactions passionnelles qui tiennent souvent à des a priori. Si bien qu'ils mettent souvent dans l'embarras les personnes amenées à statuer sur une autorisation, qui seront toujours plus exigeantes sur la qualité du projet que s'il s'agissait d'un dossier de routine..

a) De mauvais plans

La construction d'une fuste se fait souvent en autoconstruction. Dans cet esprit, il est très fréquent que le constructeur tienne à faire lui-même les plans de sa maison, d'autant que, depuis quelques années, des logiciels de dessin sont apparus qui laissent à penser que la conception d'un projet n'est qu'une histoire de dessin informatique, - à moins que l'on ne trouve encore plus facile de faire le copier-coller d'un plan-type (d'origine nord-américaine, ce qui aggrave les choses) trouvé sur Internet.

Les responsables de l'équipement se trouvent alors :

- devant des plans typés, simplistes, conventionnels,
- devant des rendus informatiques totalement infidèles, qui ne peuvent rendre compte de la matière, de la texture, de l'irrégularité du bois brut : rondins cylindriques, couleurs surréalistes...,
- et on ne peut s'étonner de leurs réactions négatives.

Il semble pourtant que nous avons suffisamment montré, tout au long des pages qui précèdent, qu'un plan s'étudie en fonction d'un terrain et d'un environnement. Et il faut prendre garde, par ailleurs, à ne pas desservir un projet bien étudié par un rendu infidèle qui en donnera une idée fausse.

C'est pourquoi la bonne démarche semble être de s'adresser à un professionnel - à moins que vous n'ayez ces compétences -, qui saura, mieux que vous :

- concevoir un projet qui corresponde à vos besoins, à votre manière de vivre, à votre imaginaire, mais aussi à votre terrain et à votre budget.

- concevoir un habitat qui tienne compte du site d'implantation de la maison, de ses caractéristiques, de son environnement naturel et bâti et de la réglementation de façon à définir orientation, volumes, espaces...

- maîtriser le système constructif : la conception d'une maison en bois bruts empilés requiert une bonne connaissance du matériau bois et de la technique de construction (phénomène de tassement, stabilité et solidité de la structure, longueur des fûts, protection du bois, problème d'utilisation conjointe de matériaux autres comme pierre, terre, verre...)

- servir de relais avec l'administration : l'architecte saura, par le dialogue et la recherche de solutions techniques et esthétiques innovantes, concilier les attentes de son client et les directives émises par les services administratifs. Le dialogue se fera beaucoup mieux entre personnes du métier.

b) Des raisons qui ne concernent pas le matériau « rondins bruts » mais tout autre aspect du projet :

Le dossier peut être refusé ou retourné pour modifications (qui multiplient les délais d'obtention) pour des raisons concernant : la pente ou les matériaux de toiture, la forme des ouvertures, l'implantation sur le terrain, le sens d'orientation des faîtières... ; ou encore des problèmes d'alignement, de respect du COS (coefficient d'occupation des sols), d'approvisionnement en eau ou d'évacuation des eaux usées... Consultez POS et DDE sur tous ces points avant d'élaborer votre projet pour éviter de perdre du temps et d'avoir des problèmes d'architecture.

c) Des raisons qui ne concernent pas le matériau « rondins bruts » mais le matériau « bois » en général et les « chalets » en particulier :

- Dans certains Parcs Régionaux, le POS de nombreuses communes interdit de construire en bois !
- Dans certaines régions (des régions très touristiques en particulier), qui revendiquent une spécificité par rapport à leurs voisines.

Exemples :

- en Savoie, dans l'Isère : de nombreuses communes, certaines stations de ski parmi les plus prestigieuses notamment, soucieuses de leur image, interdisent les chalets en bois « car on

n'est pas en Haute-Savoie »

- dans l'Ain, à l'ouest du Rhône, on interdit les toitures en bardeaux de bois, en Haute-Savoie, à l'est du Rhône et à quelques kilomètres de là, on les subventionne...

• Certains architectes considèrent que le bois n'a pas sa place dans certaines régions où la construction en bois n'est pas traditionnelle, même si ce sont des départements aujourd'hui très boisés.

d) Des raisons qui ne concernent pas le matériau rondins bruts en lui-même, mais le concernent indirectement :

• On refuse parfois les grands débords de toit, car « dans la région, les débords de toit sont faibles » (c'est qu'à une certaine époque, le bois de charpente était devenu rare et cher).

• Dans le Jura et le Doubs, on voudrait interdire les débords de murs des constructions en bois empilés (qu'elle soit en madriers ou en rondins), parce qu'on n'est pas dans une région de chalets, et qu'on ne veut pas de "coucous suisses"... alors que c'est sans doute dans les magnifiques forêts de cette région que les maisons en rondins étaient jadis les plus fréquentes en France. La Franche-Comté n'a-t-elle pas de mémoire ou aurait-elle honte de ses forestiers d'autrefois et de son patrimoine ?

e) Des raisons enfin qui concernent le matériau « rondins » :

Le motif allégué pour interdire les rondins ne pouvant être autre que l'article R 111-21, les causes réelles d'un refus peuvent être :

• Le libellé même de l'article R 111-21 qui laisse le goût personnel de la personne chargée d'instruire le dossier tenir lieu de critère, et dispense de se prononcer de façon objectif

ve et sérieusement étayée.

• La méconnaissance de ce matériau et de sa mise en œuvre, l'embarras, la peur de prendre des risques et le refus de trancher, le recours à l'instance hiérarchique supérieure.

• La peur du précédent : elle incite à appliquer à la lettre une réglementation ou une décision, quand bien même la construction se trouve en zone boisée, visible de nulle part, où ne peut même pas être invoqué l'article R 111-21, les rondins ne pouvant sérieusement porter atteinte à l'intérêt des lieux environnants.

• La formation que reçoivent les architectes (amenés à se prononcer à différents échelons : commissions d'urbanisme des communes, DDE, des CAUE, des Bâtiments de France). Leur avis n'est souvent que consultatif, mais, en cas d'embarras, on se retranche derrière lui. Le bois a encore parfois très mauvaise presse (mais les choses changent) dans les Ecoles d'Architecture en France ; le bois massif encore plus, jugé trop traditionnel, pas assez contemporain, limitant la liberté créatrice, trop contraignant, pas assez stable... Les maisons de rondins bruts sont souvent regardées de haut : "Ce sont des cabanes de trappeurs, c'est une architecture archaïque et étrangère...". La méconnaissance assez générale des caractéristiques de ce genre de constructions les mène parfois à imposer des contraintes architecturales aberrantes (cacher par exemple les murs extérieurs par des panneaux crépis... !).

• L'opposition artificielle que l'on introduit parfois entre "chalets en bois équarris" et rondins bruts : dans un pays de vieux chalets de poutres grossièrement équarrées, le problème qui se pose est le même que dans les pays de vieilles pierres. Doit-on refuser les maisons de rondins bruts "parce que dans la région, les bois des chalets sont équarris", ou doit-on au contraire les accepter, voire même les favoriser parce que, par sa facture artisanale, par la patine naturelle et les formes irrégulières des bois elles se rapprochent beaucoup plus du style des vieux chalets d'alpages que les actuels chalets sciés, rabotés, lisses, lasurés ?

• La concurrence : cette question théorique cache mal, parfois, un simple problème de concurrence, dans certaines régions où l'industrialisation du chalet a mené à sa standardisation. On semble parfois craindre l'engouement grandissant pour les maisons en rondins (bruts mais surtout usinés, essentiellement importés

Traditionnelle et contemporaine, réservant des surprises sous chacun de ses angles, chaude sous la neige, une fuste d'aujourd'hui.



214



de Scandinavie). La présence d'un constructeur de chalets dans un conseil municipal : c'est là, parfois, hélas, l'origine de problèmes.

- Et parfois aussi, il faut admettre qu'un manque de diplomatie et de courtoisie de la part du demandeur n'arrange rien : la concertation est toujours plus efficace que la virulence.

En définitive, chaque fois qu'un bon dialogue s'engage, chaque fois que les décisions sont fondées, en zone sensible et préservée notamment, sur l'intégration réelle et visuelle dans le paysage d'une construction de rondins bruts, et non sur des principes théoriques, aucun problème ne se pose. Quelques cas concrets pour le démontrer :

- en Auvergne, deux départements voisins

Devinette : où se trouve cette surprenante maison en « rondins », avec sa tour de « pierre » ?
(réponse p. 130)

Pierre et bois ou "derrière le rocher"



Photo T.M.F.H.

aux caractéristiques très proches, et deux zones naturelles protégées en bordure de lac :

- dans l'un on interdit la construction d'une fuste parce que "l'architecture" en bois n'a pas sa place dans le département, et on engage le demandeur à construire plutôt sa maison de vacances en pierres (comme les « burons » d'autrefois), ou, s'il n'en a pas les moyens, en béton : « on vit très bien dans le béton » ;

- dans l'autre, on autorise la construction d'un grand bâtiment de rondins bruts, parce qu'on pense qu'il s'intégrera très bien dans cet environnement de rochers et de pins : sa réalisation le confirme parfaitement

- en Haute-Savoie, deux communes de montagne voisines :

- dans l'une, le POS stipule que « Les constructions en madriers pleins apparents assemblés à mi-bois non équarris (style chalet) d'une typologie étrangère à une typologie locale traditionnelle sont interdites ». En clair et contrairement à ce qu'on pourrait comprendre : les « chalets » sont autorisés, mais les « madriers... non équarris » (sic) sont interdits : si vous voulez construire en rondins, il faut donc les... équarrir, c'est-à-dire les transformer en madriers ! Et le chantier est interrompu par l'autorité locale, quand elle juge les rondins pas assez équarris à son goût... !

- dans l'autre, on autorise la construction et la maison est considérée aujourd'hui comme une de celles qui, dans la région, s'intègrent le mieux à cet environnement montagnard

- dans le Quercy : un avis défavorable est émis à l'encontre d'un projet dont l'architecture est trop conventionnelle. Sans doute ne peut-on demander aux seules maisons en bois d'avoir une architecture contemporaine, quand on laisse construire, comme partout en France, des pavillons d'une banalité affligeante mais qui, dit-on sont « passe-partout ». Mais il est vrai que l'architecture de ce projet se rapprochait trop du style "chalet" peu adapté à la région, et a incité le demandeur à le modifier de façon intéressante.

- dans un département de Franche-Comté : le maire d'une commune, ne voulant prendre de décision, sollicite l'avis du CAUE. Celui-ci, dans un premier temps, interdit les rondins et les bardeaux de bois dans un site boisé, au milieu d'un parc. Dans un deuxième temps, il autorise la construction, à condition que les

façades soient recouvertes d'un panneau crépi..., pour, en définitive, revenir sur sa décision après avoir vu la construction remontée : un problème de manque d'information qui aurait pu être réglé par un bon dialogue...

Puissent donc les cahiers de « L'art de la fuste » mieux faire connaître la construction en rondins bruts et vaincre les dernières réticences, celles des autorités administratives et des architectes ; leur montrer qu'il ne s'agit d'une architecture ni étrangère, ni archaïque ; leur donner les éléments pour faire une critique constructive et étayer leurs conseils ou leur avis de façon positive et réaliste, aider les écoles à former les élèves à ce genre de constructions promises à un grand avenir, inciter les architectes à concevoir, sur la base de règles techniques précises, de nouvelles formes architecturales dont le renouveau des fustes en France et en Europe a sûrement besoin. C'est à eux à proposer, à orienter, à imaginer. Les auteurs de cet ouvrage ne sont ni des provocateurs ni des rêveurs. Ils souhaitent seulement qu'un peu plus de démocratie existe dans les décisions concernant l'architecture, et qu'un veto ne s'exerce pas sur une technique de construction en bois massif qui est loin de défigurer la France. Dans les années 1980, un jeune constructeur-fustier débutant reçut la visite de l'architecte des bâtiments de France de son département, venu l'encourager dans sa démarche : "près d'une vieille église, je préférerais toujours voir une de vos constructions de bois bruts qu'une bâtisse de parpaings crépis". Ce constructeur est, vingt-cinq ans plus tard, l'auteur de ces lignes...



Des fûts de mélèze dans les mélèzes

1. *Le comportement du bois au feu*, Cahier du CTB n° 114, sept. 1979)

2. *La législation française relative à la sécurité contre l'incendie et ses conséquences pour le bois*, par Michel CORNE, CTB, sept. 1979

Réponse à la devinette de l'illustration 215 : Cette maison n'est ni en bois, ni en pierre. Elle se trouve en Seine et Marne et c'est du... béton !

III. FUSTES ET FEU

Si l'on fait tomber sa pipe en bois au feu, elle ne s'enflammera pas facilement et on la récupérera sans dommage. Si elle y reste, elle brûlera, mais elle gardera longtemps sa forme de pipe. Mais jamais une pipe ne s'enflamme quand on « y met le feu », c'est-à-dire quand on l'allume et qu'on la fume ! Une fuste est un peu comme une pipe : au milieu d'un incendie, elle brûle mais très lentement, sans s'effondrer, en gardant sa forme de fuste : elle offrira longtemps une protection d'une pièce à l'autre et elle laissera le temps aux habitants de s'échapper et aux pompiers d'arriver. Mais seule une très grosse source de feu pourrait l'enflammer de l'intérieur : avez-vous essayé d'allumer une grosse bûche sans un bon fagot de petit-bois ?

Dans un incendie, il y a deux éléments à prendre en considération : la sécurité des personnes et les dégâts causés au bâtiment.

1. La sécurité des personnes

Les risques pour les personnes dans un incendie sont :

- L'inhalation de fumées toxiques dues à la combustion de produits dérivés du pétrole : c'est la première cause de mortalité dans un incendie. La fumée du bois, elle, est très peu toxique
- La vitesse de propagation de la flamme
- L'effondrement du bâtiment

En ce qui concerne les deux derniers risques, la réglementation française classe les matériaux :

1. suivant leur **réaction au feu** : c'est-à-dire leur facilité à s'enflammer. On distingue 6 catégories de matériaux, classés de M0 à M5. A partir d'une épaisseur de 18 mm, le bois résineux est considéré comme M3 c'est-à-dire « moyennement inflammable »

2. suivant leur **résistance au feu** : c'est-à-dire leur aptitude à conserver leur résistance durant le temps nécessaire à l'évacuation, au sauvetage et à la lutte contre l'incendie. Cette résistance s'apprécie selon quatre critères :

- a. La résistance mécanique
- b. L'isolation thermique
- c. L'étanchéité aux flammes
- d. L'absence d'émission de gaz inflammables sur la face non exposée

Les matériaux répondant au (x) critère(s) :

- a) sont dits SF = stables au feu
- a) c) et d) sont dits PF = pare-flammes
- a) b) c) d) sont dits CF = coupe-feu

Le bois, qui répond aux 4 critères, est considéré comme Coupe-Feu (CF).

Ce classement est assorti d'un degré de durée (durée pendant laquelle les matériaux conservent cette résistance). En estimant que le feu se propage de part et d'autre à travers la section du bois à une vitesse de 0,7 mm/mn, on a pu calculer que la durée de résistance au feu de murs en bois pouvait atteindre (note 1, p. 130) :

- 1/4 h pour une épaisseur de 16 mm
- 1/2 h pour une épaisseur au moins égale à 22 mm
- 1 h pour une épaisseur au moins égale à 45 mm

Dans la législation française concernant les bâtiments recevant du public, les éléments porteurs ou autoporteurs constituant le gros-œuvre doivent offrir une stabilité (SF) de 1/4 h à 1 h 1/2 (selon la catégorie de bâtiment envisagée). Quant aux charpentes, elles doivent offrir une stabilité au feu de 1/2 h seulement, si elles sont constituées d'un matériau classé M3, ce qui est le cas du bois résineux à partir de 18 mm de section (note 2, p. 130). Que dire alors de bois de section 250 ou 300 mm !

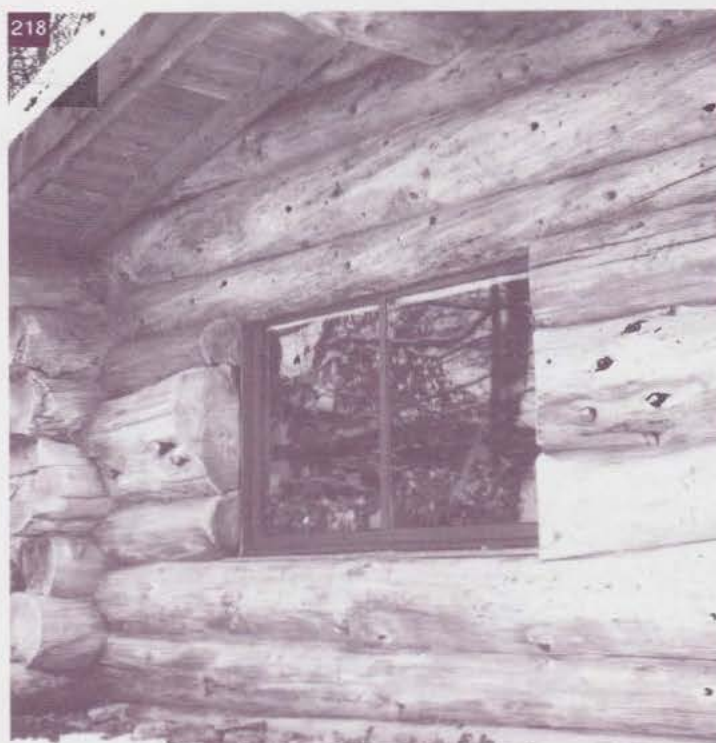
Les fustes offrent donc une résistance au feu bien supérieure à celle qui est exigée par les normes pour les constructions les plus sévèrement réglementées...

Des tests ont, du reste, été effectués par le CSTB (voir Cahier du CTB cité p. 130) : des poteaux en chêne et des poteaux de poutrelles d'acier supportant la même charge de 10 t ont été soumis au feu. Les poteaux de chêne ont résisté au feu 52 minutes, les poteaux d'acier se sont effondrés au bout de 8 à 10 minutes. Les pièces de bois, qui émettent des gaz combustibles, fournissent un aliment à l'incendie, mais leur déformation n'est pas sensible ; elles restent rectilignes. Par ailleurs, au cours d'un incendie, la poutre en bois va d'abord perdre totalement son humidité résiduelle. Sa résistance mécanique commence par augmenter en séchant et ne diminue que lentement, à mesure que le feu gagne en profondeur. Un effondrement soudain n'est pas à craindre, comme c'est le cas, par exemple, avec l'acier.

"Ceci explique (...) que les pompiers préfèrent, au cours d'un incendie, avoir affaire à des sols ou escaliers en bois, qui ne brûlent que lentement et permettent d'effectuer dans de bonnes conditions les opérations de sauvetage, plutôt qu'à des sols ou escaliers en fer, portés à une température insoutenable, ou en pierre, qui éclatent et s'écroulent " (CTB, p. 27). Quant aux pièces de "charpente en béton portée à haute température (elles) ne peu (vent) supporter un jet d'eau (celui des lances à incendie) sans risquer de se désagréger et de provoquer l'écroulement total ou partiel du bâtiment".

Par ailleurs, la propriété qu'a le bois de brûler rapidement à la périphérie, de charbonner ensuite sur une couche mince, et de s'éteindre ou de brûler très lentement, confère un avantage supplémentaire aux bois de forte section : il **résiste au feu** remarquablement bien. Une charpente en bois, de fort équarrissage, ne brûle que très lentement et seulement lorsqu'il y a apport continu de chaleur extérieure. Une porte en bois massif est un excellent **coupe-feu**, beaucoup plus efficace qu'une porte métallique...

Un mur en rondins est un mur coupe-feu



2. Les dégâts causés à la construction

La lente propagation du feu dans le bois massif et sa durée de résistance laissent aux pompiers le temps d'intervenir. Si le feu a pris à l'intérieur et si on parvient à le stopper, l'extérieur de la maison, à part le toit, ne sera pratiquement pas affecté. L'intérieur des murs pourra être sablé, les parties carbonisées décapées, éventuellement doublées. A la différence d'une maison en pierre, en briques ou en parpaings, que la chaleur aura descellés, ou en ossature-bois, une fuste n'aura rien perdu de sa stabilité. En cas de gros dégâts, elle pourra même être démontée, sablée (certaines pièces pourront être changées) et elle pourra être remontée.



Récit d'un incendie dans une maison en rondins au Canada :

"Ce fut un court-circuit au sous-sol qui provoqua l'incendie. Le feu couva longtemps, dégageant une épaisse fumée, puis de l'huile répandue provoqua l'embrasement général et les pompiers luttèrent pendant 30 heures contre les flammes : au bout de ce temps, le toit et les planchers s'étaient effondrés, mais les murs de rondins (d'un diamètre de 25 à 30 cm) étaient en place, intacts à l'extérieur, carbonisés sur 2 à 3 centimètres à l'intérieur. Tous les objets et documents contenus dans des récipients de plastique ou même de fer ont été détruits. Ceux qui avaient été conservés dans des meubles ou coffres de bois ont pu être récupérés. Le bois a isolé son contenu des plus terribles chaleurs du feu. Après l'incendie, les rondins ont été sablés et la maison a pu retrouver sa destination. Dans presque tous les cas, les rondins d'origine peuvent être sauvés, nettoyés et réutilisés. (LHG, Winter 1993, p. 42, d'après le récit de Bob Phillips)

En définitive :

- Si un assureur prétend majorer ses tarifs pour assurer une fuste, parce qu'elle est... en bois, changez d'assureur : vous seriez plutôt en droit de lui demander un rabais !

- Même si un feu venait à se déclarer, votre maison serait récupérable.

- Le bois massif est le matériau idéal pour la sécurité incendie d'un bâtiment ouvert au public.

IV. NORMES ET GARANTIES

Dans notre société où chacun prétend se couvrir contre tous les risques qui peuvent lui survenir, les entreprises de construction sont tenues d'être assurées contre tous les cas de sinistres "rendant la construction impropre à sa destination" : c'est la garantie décennale, souscrite auprès des assureurs qui, pendant 10 ans, rembourseront dans certaines limites, les dommages créés, à condition que le constructeur ait obéi à toutes les "règles de l'art", c'est-à-dire aux règles du métier.

Pour les professions les plus courantes du bâtiment, il existe des règles écrites, les DTU (*Documents techniques unifiés*) rédigés par des organismes officiels en accord avec la profession, qui consignent toutes les règles à appliquer dans un corps de métier donné (Ex : Maçonnerie, couverture, fondations, plomberie...)

Pour ce qui est de la construction en bois, il existe un DTU (n°31.2) qui concerne "la construction de maisons et bâtiments à ossature en bois". Il "définit l'exécution de constructions dont les murs notamment sont réalisés à partir de poteaux et de poutres en bois". Mais ce DTU "ne vise pas (...) les ouvrages dont les murs porteurs font appel à d'autres principes". "Ne sont pas visés notamment les murs en madriers ou en rondins empilés à chant qui répondent à une technique de mise en œuvre traditionnelle", pas plus, du reste, qu'il ne vise "les constructions à pans de bois comportant un remplissage en maçonnerie", car "ces constructions traditionnelles, dites aussi à colombage, relèvent des usages locaux".

Pour les techniques de construction en bois empilé, madriers ou rondins, considérées comme "traditionnelles", il n'existe donc pas de règles écrites, car elles font appel à des savoirs anciens qui se transmettent oralement et à l'expérience professionnelle, garants de la qualité : ce sont des "règles de l'art" non écrites, qui sont parfaitement reconnues par les assureurs, du moment que la technique est réputée "traditionnelle".

Il y a des métiers où il n'est pas facile à la machine de remplacer l'homme, à moins de

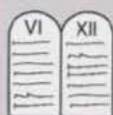
dénaturer le produit final, des métiers qui sont à cheval entre l'artisanat et l'art, et qui peuvent donc difficilement obéir à des normes. Il n'existe pas de DTU sur la taille des lauzes, sur les murs en pisé ou la réalisation de maison en colombages, qui relèvent de la maîtrise de gestes artisanaux, où les gestes de l'homme pour façonner un matériau brut sont déterminants. Il en est de même dans la construction en rondins bruts. Toutes les normes peuvent réglementer l'étanchéité d'un mur : si ces normes sont observées, mais si les bois ont été mal entaillés, le mur ne sera pas étanche.

Il est important d'informer le public et les architectes pour :

- contribuer à limiter les grosses erreurs fondamentales,
- mieux faire connaître à l'acquéreur d'une fuste ou à l'architecte ce qu'ils peuvent et doivent attendre du constructeur,
- favoriser le dialogue, sur des bases techniques, entre le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre et l'artisan,
- servir de base aux architectes pour la rédaction des appels d'offre de marchés publics (CCTP).

Mais d'un autre côté une recherche trop poussée de la "qualité" pourrait mener à "normaliser" les fustes, en obligeant à éliminer ces "défauts" qui font leur charme. Dans une fuste, la perfection n'est ni possible..., ni souhaitable. Le 0 défaut, notion industrielle, ne peut être le but unique du fustier. Ce qui est brut doit le rester. A vouloir trop "lécher" son travail, ou en éliminant des bois irréguliers ou mal conformés (et pourtant beaux), on se rapproche du travail fait à la machine, et la fuste perd son âme. Les meubles paysans des menuisiers d'autrefois étaient beaux parce qu'ils gardaient la trace de la matière et celle de la main de l'homme. Pourtant, ils n'étaient pas parfaits et des "normes" les auraient peut-être éliminés.

Pour faire avancer la technique des fustes, il importe que les architectes, bureaux d'étude, bureaux de contrôle, soient informés et apportent par leurs critiques et leurs suggestions, des améliorations et des innovations. Ce sera le cas notamment à l'occasion de marchés publics où le dialogue entre constructeur et bureau de contrôle pourra s'établir.



Les codes internationaux

C'est d'Amérique du Nord, où la technique des maisons en rondins bruts, originaire d'Europe, a connu un renouveau à partir des années 1970, que s'est créée une association internationale (ILBA, qui compte aujourd'hui plus de 400 membres : constructeurs, architectes, techniciens..., tous hautement expérimentés dans cette technique artisanale de construction en rondins bruts).

Chaque année, des fustiers du monde entier, venus des USA, du Canada, du Japon, de Corée, de Lettonie, de Nouvelle Zélande, d'Allemagne, de France... se réunissent pour échanger leur savoir-faire.

Les membres de l'ILBA ont rédigé des "standards" ou véritables codes internationaux (cf. Notes de lecture, p. 102-103). Ces standards ne sont pas des règles, mais beaucoup plus un code d'éthique, des recommandations et une source d'inspiration pour tous les fustiers du monde entier. Ils sont d'ailleurs révisés chaque année et étoffés à la suite de discussions techniques entre constructeurs, en fonction d'innovations apportées par les uns ou les autres.

(voir en Annexe III, p. 137, la version française : "Les règles de base de l'Art de la fuste", rédigées et adaptées d'après les Standards internationaux de l'ILBA).

Porte et fenêtre de part et d'autre d'un poteau.



Que le lecteur ne soit pas effrayé, au terme de ce cahier, par les contraintes imposées par ce matériau exigeant qu'est le rondin brut, qui continue à vivre dans sa maison, qui ne trouve sa vraie place qu'après plusieurs années et qui demande qu'on le respecte : il vous le rendra bien ; le bien être, la chaleur, la beauté, la sécurité et la paix qu'il apportera à la maison et à ses habitants valent bien quelques concessions à son esprit parfois un peu... retors. Mais n'est-il pas, sur ce point, quelque peu semblable à l'homme, dont le philosophe dit que "le bois dont (il) est fait est si tordu qu'on ne voit pas comment on pourrait en équarrir quelque chose de droit" (1)...? Et s'il ne permet pas de tout faire, il permet de faire de très belles choses.

Encore faut-il bien savoir lesquelles et comment : l'architecte doit savoir ce qu'il peut concevoir, l'artisan ce qu'il peut construire et l'habitant ce qu'il peut attendre de sa maison. Les fustes sont actuellement en passe de conquérir leurs lettres de noblesse : elles sont condamnées à l'excellence, si elles ne veulent pas voir leur belle avancée stoppée par l'exemple de réalisations ratées du fait d'une mauvaise conception, d'une piètre exécution, ou encore de l'insatisfaction d'acquéreurs mal informés ou mal orientés dans leur décision. Au contraire les habitants heureux d'une fuste en sont les meilleurs des avocats quand ils sont heureux d'y vivre et qu'elle correspond à ce dont ils ont toujours rêvé.

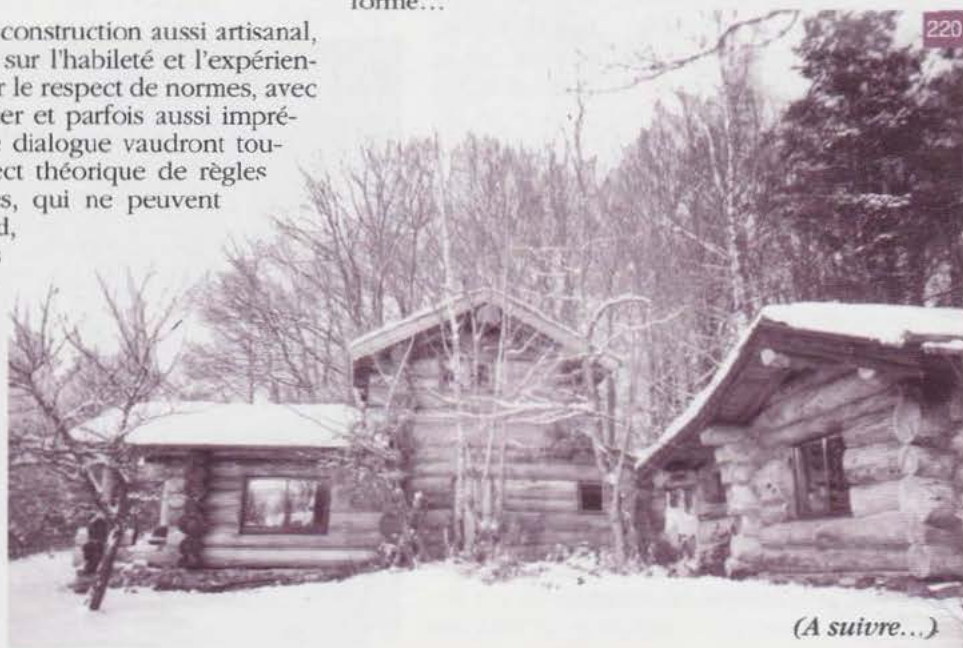
En effet, dans un type de construction aussi artisanal, où la qualité repose plus sur l'habileté et l'expérience du constructeur que sur le respect de normes, avec un matériau aussi irrégulier et parfois aussi imprévisible, l'information et le dialogue vaudront toujours mieux que le respect théorique de règles techniques ou de normes, qui ne peuvent être, en cas de désaccord, que sources de litiges sans fin. Puisse ce cahier être la base d'une étroite collaboration entre celui qui conçoit, celui qui construit, et celui qui habite (trois personnes qui se réduisent parfois à deux ou même une seule...) et permettre qu'un dialogue amical

puisse naître et se prolonger dans la fuste, bien au-delà de la pose de la crémaillère.

C'est sans doute paradoxal, mais, au temps du multimédia, une technique de construction totalement artisanale, utilisant des arbres entiers, qui a des racines enfouies au plus profond de nos pays, est en train de lancer brusquement des rejets, de sourdre du temps avec la vigueur nouvelle que lui donnent les outils d'aujourd'hui, et de se propager, suscitant passions et vocations. La fuste est véritablement une maison d'avenir : rien ne peut s'y opposer, ni la technique, ni la tradition, ni la réglementation, ni, encore moins, la forêt, bien au contraire. Quant à son bilan carbone, il en fait la plus écologique des maisons.

Le fruit des efforts et des deniers publics déployés par l'Etat pour reboiser la France dans la deuxième partie du XX^e siècle est là aujourd'hui : la forêt est en pleine production. Il est temps maintenant, pour l'Etat, de se préoccuper du débouché des boisements. La construction en bois massif pourrait être la plus valorisante et la plus noble utilisation des arbres de cette jeune forêt : il est temps de l'encourager, il serait incompréhensible de la freiner. La terre se réchauffe, il est temps d'emmurer du carbone dans nos maisons !

Les fustes renaissent. Une nouvelle architecture de la maison de bois brut va naître. Quant à la nouvelle génération de fustiers, elle se forme...



1. E.Kant, Critique de la raison pratique

(A suivre...)

NEIGE — CARTE DES RÉGIONS

Les surcharges climatiques : la neige

La neige est la principale surcharge exceptionnelle susceptible d'affecter la résistance d'une charpente.

La neige a une masse volumique importante, variant de 80 à plus de 300 kg/m³ selon la température et le tassement qu'elle subit. Les règles de calcul de surcharge de neige sont régies dans chaque pays par des textes réglementaires.

En France, le DTU Règle N.V.65 considère une masse volumique pour la neige de 150 kg/m³. A compter de 1986, les règles N.V.65 sont appliquées de la façon suivante en France : des surcharges normales et des surcharges extrêmes sont définies en fonction de la région et de l'altitude ; ces surcharges en m² de projection horizontale sont ensuite pondérées par les caractéristiques de la toiture. Les bases de ces surcharges sont les suivantes :

1. Surcharges en fonction de la région (France)

Région	Surcharge normale P _n da N/m ²	Surcharge extrême P' _n da N/m ²
A	35	60
B	45	75
C	55	90
D	80	130

2. Pondération par l'altitude

Au-delà de 200 m d'altitude, et quelle que soit la région, les calculs sont :

	da N/m ² - P _n $P_{no} + \frac{A-200}{10}$	da N/m ² - P' _n $P'_{no} + \frac{A-200}{6}$
200 m < A < 500 m		
500 m < A < 1500 m	$P_{no} + 30 + \frac{A-500}{4}$	$P'_{no} + 50 + \frac{A-500}{2,4}$
1500 < A < 2000 m	$P_{no} + 280 + \frac{A-1500}{2,5}$	$P'_{no} + 467 + \frac{A-1500}{2,5}$

3. Pondération de pente de toiture :

Les surcharges sont réduites de 2 % par degré d'inclinaison de toute couverture dont l'inclinaison dépasse 25° (46,6 %).



Carte des régions d'enneigement
définies par les règles N.V. 65 (éd. Eyrolles, p. 31)

La classification des bois

Les études de résistance du matériau bois ont été faites pour la plupart sur des bois sciés et conviennent mal aux bois ronds. On peut toutefois les retenir comme base. Suivant la norme NF B 52-001, les bois sont habituellement classés en trois catégories, selon :

- la largeur des accroissements annuels
- les nœuds, leur diamètre
- l'inclinaison du fil (le pourcentage de pente du fil)

Bien entendu, les critères de cette classification ne tiennent pas du tout compte du fait qu'un bois rond n'est pas scié et ne subit aucun affaiblissement dû au tranchage des fibres. Les études de laboratoire d'essais des matériaux manquent cruellement à ce sujet.

	largeur max. des cernes	Ø max des nœuds	pente max du fil	contrainte adm en flexion en bars ou da N/cm ² (résineux)
cat I	3 mm	30 mm	7%	130
cat II	5 mm	40 mm	12%	100
cat III	10 mm	>40 mm	18%	75



a largeur des cernes b diamètre des nœuds c pente du fil

Les critères de la classification des bois

Les calculs de résistance ont deux buts :



1. vérifier que la pièce est suffisamment solide, c'est-à-dire qu'elle ne va pas subir, sous l'effet des charges permanentes et des charges d'exploitation majorées de 20 %, un effort supérieur aux charges admissibles. Pour cela on utilise les règles de calcul simplifiées des charpentes bois CB 71. Les contraintes admissibles sont forfaitaires. Pour du bois résineux en flexion à une humidité de 15 %, elles sont les suivantes :

- en catégorie I : $130 \text{ daN/cm}^2 = \sigma_f$ = contrainte admissible
- en catégorie II : $100 \text{ daN/cm}^2 = \sigma$
- en catégorie III : $75 \text{ daN/cm}^2 = \sigma$

2. vérifier que la pièce est suffisamment rigide : sous l'action de ces charges permanentes et d'exploitation, la solive ne devra pas fléchir au-delà de $1/300^{\circ}$ de sa portée (par exemple 1,6 cm pour une solive de 5 m de longueur). Les calculs de résistance des matériaux permettent de déterminer la flèche d'une pièce de bois soumise à la flexion en fonction de son module d'élasticité, de son module de flexion et de son moment d'inertie.

- Le module d'élasticité caractérise l'aptitude d'un matériau à se déformer sous l'action d'une contrainte. Sa valeur varie de $108\,000 \text{ kg/cm}^2$ pour les bois de bonne qualité à $80\,000 \text{ kg/cm}^2$.

- Le module de flexion (I/v , unités en cm^3) est la somme de toutes les unités de surface d'une section donnée multipliée par la distance à l'axe de référence

. pour une section ronde $I/v : \pi D^3/32$ (D = diamètre)

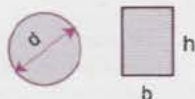
. pour une section rectangulaire $= I/v = bh^2/6$ (b = largeur, h = hauteur,)

- Le moment d'inertie I : il correspond à la somme des unités de surface multipliée par le carré de la distance à l'axe de référence pour une section ronde $v = D^2/2$ (v : unités en cm^4)

$$\text{donc } I = \frac{\pi D^4}{64}$$

pour une section rectangulaire $v = h^2/2$,

$$\text{donc } I = \frac{bh^3}{12}$$



Le moment fléchissant correspond à l'effort créé dans la pièce en flexion. Il dépend non seulement de la charge mais aussi de la distance au point d'appui. Il convient de vérifier que les contraintes calculées en divisant le moment fléchissant par le module de flexion de la section sont inférieures aux contraintes admissibles (100 kg/cm^2 en classe II).

$$\text{La contrainte maximale } \sigma = \frac{M \text{ Moment fléchissant maximum}}{I/v \text{ Module de flexion}}$$

Pour un bois de classe II, σ ne devra pas dépasser 100 Kg/cm^2 .

Pour une charge répartie sur une solive, le moment fléchissant maximum est calculé par la formule : $M = \frac{PL}{8}$

P = charge totale répartie

PL = charge par mètre linéaire x longueur de la pièce

L = portée

Cette formule permet donc de calculer le diamètre d'une solive en bois rond en fonction de la portée et de la charge totale répartie.

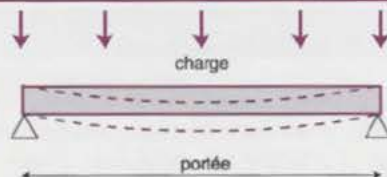
Exemple : pour une solive de 5 m de long avec une charge de 200 kg par mètre linéaire :

- le moment fléchissant maximum sera :

$$M = \frac{PL}{8} = \frac{200 \times 5 \times 5}{8} = \frac{5\,000}{8} = 625 \text{ kg/m} = 62\,500 \text{ kg/cm}$$

- le module de flexion de cette solive devra être :

$$I/v = M/\sigma = 62\,500/100 = 625 \text{ cm}^3$$



Par ailleurs, pour être suffisamment rigide, c'est-à-dire avoir une flèche inférieure à $1/300$ de la portée de la pièce, la flèche de cette poutre chargée uniformément peut être calculée par la formule :

$$f = \frac{5 PL^4}{584 EI}$$

f = flèche en cm

L = portée en cm

P en kg = charge en kg/cm^2

I = moment d'inertie en cm^4

$E = 9\,500$ = module d'élasticité

On peut donc en déduire le diamètre nécessaire en fonction d'une flèche donnée :

$$I = \frac{5 PL^4}{584 E \times f} = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{64}{\pi} \times \frac{5 PL^4}{584 E \times f}}$$

Le diamètre obtenu correspond à la flèche d'un rondin de portée (L) chargée uniformément (P) à une humidité de 15 %.

En réalité, l'humidité des pannes ou solives sera beaucoup plus élevée lors de leur mise en œuvre (de l'ordre de 20 à 25 % minimum). La pièce chargée fléchira davantage que si elle était à l'humidité finale de 15 %. Sous l'action des charges permanentes, les déformations (la flèche) ont tendance à s'accroître avec le temps. Ce phénomène est particulièrement important pour le bois dans les trois premiers mois de sa mise en œuvre (c'est le phénomène de fluage). Il convient donc de tenir compte de ce phénomène et surtout du fait que la solive ou la panne auront une humidité supérieure à 20 % lors de leur mise en œuvre et auront donc tendance à fléchir.

Pour tenir compte des charges de longue durée (le fluage) et de l'humidité des bois, on a calculé la flèche en prenant en compte :

- une humidité initiale de 25 %

- une humidité finale de 15 % (soit un $\Delta H = 25 - 15 = 10\%$)

- une charge permanente représentant 40 % de la charge totale P

Le coefficient de fluage pour ce ΔH est de 2,2.

La flèche f donnée par le calcul ci-dessus deviendra donc :

$$f' = (f \times 2,2 \times 0,4) + (f \times 0,6)$$

Il conviendra donc que $f' < 1/300$ de la portée L . Pour des structures demandant une haute rigidité, on pourra retenir : $f' < 1/400$.



1. Diamètre des bois

En aucun cas, le diamètre des bois ne pourra être inférieur à 20 cm. Toutefois, pour obtenir une bonne isolation et être en conformité avec la nouvelle réglementation thermique RT 2005, on utilisera des bois de diamètre moyen supérieur à 30 cm, l'optimum étant de 35 cm. On veillera à trier les bois de façon à ne pas avoir d'écarts de diamètre trop importants, ce qui risquerait d'affaiblir les entailles d'angle. Pour des bois de diamètre moyen 30 cm, on limitera l'écart de diamètre entre gros et petits bouts à 10 cm pour les pièces les plus longues, (soit par exemple 25 cm petit bout et 35 cm gros bout).

2. Essences de bois et âge d'exploitation

Ces règles s'appliquent à des bois résineux dont le retrait au séchage est très inférieur aux bois feuillus, qui sont généralement mieux conformés et plus isolants. Toutes les essences résineuses pourront être utilisées. On utilisera de préférence des bois au cœur bien duraminisé et présentant peu de bois juvénile. On se limitera à des bois de plus de 40 ans d'âge.

Certaines essences de bois résineux peuvent, dans des conditions climatiques ou sylvicoles données, être d'une nervosité (comportement excessif au séchage) susceptible d'entraîner des désordres dans une construction, ou d'une densité élevée qui diminuera l'isolation de murs de bois empilés. Elles ne devront être utilisées qu'après des essais et études concluants.

3. Fibre torse

Les bois présentant une fibre torse ou vrille seront utilisés avec les restrictions suivantes, en distinguant les bois vrillés à Gauche (G) des bois vrillés à Droite (D) :

- Pour les sablières (rondins au sommet des murs), on utilisera des bois à fibre bien rectiligne (vrille inférieure à 5 % (D) ou 3 % (G)).

- Des bois à fibre torse modérée (D) (5 à 10 %) pourront être utilisés partout sauf pour les sablières.

- Des bois à fibre torse élevée D (plus de 10 %) seront utilisés dans le 1/4 inférieur de la hauteur des murs, (ou dans le 1/3 inférieur pour un bois à 2 entailles d'angles)

- Des bois à fibre torse modérée G (3 à 5 %) seront utilisés dans le 1/3 inférieur des murs (ou dans la 1/2 inférieure de la hauteur des murs pour des bois à 2 entailles d'angle)

- Des bois à fibre torse élevée G (plus de 5 %) ne pourront être utilisés que pour le premier tour, sciés en deux ou comportant aux moins deux entailles d'angle.

Dans tous les cas, on s'efforcera de mettre en œuvre les bois mi-secs (moins de 20 % d'humidité) lorsqu'ils présentent un taux important de bois vrillés, d'utiliser des bois courts, et de faire une incision de retrait sur le sommet de chaque bois.

4. Bois mi-secs ou humides

Rappelons qu'il n'est guère possible de mettre en œuvre des rondins définitivement secs à moins de les sécher artificiellement. Le séchage définitif des bois ne se fera donc que lorsque la maison aura été chauffée au moins pendant deux hivers ou plus. On fera toutefois une différence entre des bois mi-secs (humidité inférieure à 20 %) et des bois verts (frais de coupe ou humidité supérieure à 30 %).

On construira de préférence avec des bois dits mi-secs qui auront un retrait réduit de moitié par rapport à des bois humides. Toutefois, il est possible de construire avec des bois verts ou frais d'abattage (humidité supérieure à 30 %), sous réserve de pratiquer tout en long une incision de retrait sur la partie supérieure du rondin. Cette incision est obligatoire pour des bois humides pour éviter que les gorges ne s'ouvrent excessivement ; elle sera cachée et protégée par la gorge du rondin supérieur, et sera d'une profondeur d'environ 1/4 du diamètre du rondin. Elle ne doit pas être effectuée sur les débords de rondins et devra être distante de 10 cm du bord des entailles d'angle. On pourra améliorer l'efficacité de cette incision en y enfonçant de petits coins en bois repartis tout les 1 m à 1,5 m.

Si l'on travaille en bois vert, on devra prendre les mesures de traitement préventif nécessaires pour éviter, au printemps, les décolorations du bois en sève (encore appelées tâches de sève), qui sont notamment dues au mildiou et au bleu : lavage à l'eau sous pression (pour ôter la sève), et traitement.

Enfin en bois humides, les entailles seront obligatoirement à facettes, avec jeu sur le sommet de la tête (voir ci-après), ou avec épaulement (tête de renard).

Dans tous les cas, on devra mesurer l'humidité du bois par double pesée avant de commencer la préfabrication, ce qui permettra de définir si l'on travaille en bois « mi-sec » ($\pm 20\%$) ou « humide » (30 % et plus).

5. Types d'entailles (ou assemblages) d'angle ou gueules

Tous les types d'entailles d'angles sont acceptés sous réserve d'assurer les fonctions nécessaires des assemblages : solidité et étanchéité durable (après séchage complet des bois) à l'air et à l'eau et aux insectes. Elles doivent être auto-drainantes, c'est-à-dire ne pas permettre à une éventuelle eau d'infiltration ou de condensation de rester à l'intérieur de l'assemblage et d'y provoquer des pourritures.

On choisira le type d'entaille le mieux adapté, eu égard à l'humidité des bois, à l'essence utilisée et au diamètre moyen des bois.

Ces entailles pourront être de deux types suivant leur profil extérieur :

- a/ En entaille ronde, en tête de chien ou tête de renard.
- b/ A facettes (ou joues) : tête de béliet à deux facettes, ou tête de cheval à 1 facette.

Ces entailles seront aussi de deux types suivant leur profil intérieur :

a/ Creuses

Les entailles creuses devront avoir un profil concave de 15 à 35 mm.

Si l'on utilise des bois humides, on laissera du jeu pour la compression sur le sommet de chaque tête, et des facettes seront découpées pour réduire le diamètre. Ces facettes seront réalisées après préentaille et avant traçage final de façon à réduire le diamètre des têtes et donc le retrait. Elles devront être lisses.

Afin d'améliorer le jointage des assemblages d'angle, les gueules seront précomprimées lors de la préfabrication.

La hauteur de tête après entaillage ne devra pas être inférieure au 1/3 du diamètre du bois (la section de la tête après découpe des facettes ne devra pas, non plus, être inférieure au 1/3 de la section du bois).

b/ **Tenonnées** (tenon carré, trapézoïdal ou queue d'hirondelle cachée pour les entailles rondes ou à facettes) et **épaulées** (1 ou deux épaulements par assemblage).

Les entailles de type tenonnées seront obligatoires pour toutes les pièces travaillant en flexion (solives de plancher et pannes de charpente). L'entaille dite "au carré" sera utilisée pour les pannes et les solives.

Elles sont en outre recommandées pour les pièces devant assurer un bon blocage de la structure à savoir :

- bois du premier tour (lisse basse)
- bois aboutés (tenon en queue-d'aronde)
- bois d'un mur de refend avec entailles aveugles
- linteaux et sablières.

Ces entailles tenonnées seront indispensables pour tous les assemblages d'angle si l'on souhaite réduire la longueur des débords.

Les entailles épaulées sont fortement recommandées pour des assemblages en entaille ronde pour des bois de fort diamètre, car elles renforcent l'étanchéité et la solidité des assemblages et suppriment les recourbes.

Les entailles tenonnées et épaulées sont conseillées aussi bien pour les entailles rondes que pour les entailles à facettes, en bois humide comme en bois mi-sec.

Les entailles aveugles (bois qui ne traversent pas un mur de refend) devront être conçues pour résister à un déboîtement de l'assemblage, soit par des entailles adéquates (queue-d'aronde cachée) et/ou des fixations mécaniques (broches, boulons, fers plats...). Si l'on utilise une jonction métallique, on veillera à protéger le métal pour éviter la condensation.

6. Entailles longues ou gorges

Les arêtes de la gorge doivent assurer des fonctions de résistance mécanique et d'étanchéité à l'air, à l'eau et aux insectes.

L'assemblage devra être suffisamment précis pour assurer l'imperméabilité à l'air de la construction, conformément à la nouvelle réglementation thermique. Si l'imperméabilité est insuffisante, un joint caché devra renforcer l'étanchéité.

La largeur minimale de la gorge sera de 6,5 cm sur une courte longueur (50 cm). Elle doit être suffisamment large pour assurer l'étanchéité.

Sa largeur maximale ne devra pas dépasser les 40 % du diamètre d'un fût sur toute sa longueur et une tolérance de la moitié du diamètre, si un bois présente une courbure locale importante sur une courte longueur (50 cm).

Le profil intérieur de la gorge pourra être rectangulaire, ovale, en forme de W ou autre, mais il devra être suffisamment creux pour éviter de toucher le bois précédent, et pour laisser de la place à un isolant. On veillera à réaliser des arêtes de gorges solides résistant à l'écrasement.

La profondeur de la gorge ne devra pas dépasser le 1/4 du diamètre du rondin. Il est important de

noter que si l'on travaille en bois humides, la profondeur totale de la gorge plus l'incision de retrait ne doit pas dépasser la moitié du diamètre du rondin.

Si un mur est exposé à la pluie de façon fréquente, on devra prévoir, en plus d'un traitement antifongique durable, un renforcement de l'étanchéité de l'arête extérieure par un joint souple adhérent à l'intérieur de la gorge.

7. Normes de tassement

Pour tenir compte du tassement (dû au retrait du bois et à la compression), des espaces de tassement et dispositifs de coulisseront prévus pour tous les éléments verticaux mis en place dans la maison (poteaux, portes, fenêtres, escaliers, cloisons légères, cheminées...)

Cet espace devra être calculé pour laisser une tolérance de tassement maximale de 6 % soit 6 cm par mètre. Tous les dispositifs de coulisseront être prévus pour que le tassement se réalise correctement et que les rondins puissent librement coulisser. Le réglage éventuel de vérins, cales etc. devra être prévu avec ou sans intervention de l'artisan.

La hauteur des murs prévue sur le plan devra aussi être majorée de 6 % lors de la préfabrication.

Si l'on travaille en bois mi-secs, la tolérance de tassement pourra être légèrement réduite après vérification des caractéristiques physiques (retrait) du bois utilisé. Toutefois, si l'on travaille avec des bois très juvéniles, très tordus ou vrillés, on veillera à augmenter ce taux de 6 %.

8. Les bois des pannes, solives et charpentes

Tous les bois soumis à un effort de flexion (pannes, solives et éléments de fermes et poteaux) devront être choisis après une étude de prédimensionnement. Si nécessaire, on fera appel à un professionnel du calcul de structure dans les cas de charges et portées importantes.

Ces bois devront être de droit fil et parfaitement sains.

Les assemblages de ces pièces seront faits de façon à ne pas affaiblir la pièce travaillant en flexion. Les assemblages ne devront pas réduire la section du bois travaillant de plus de 1/4, voire moins si le calcul l'indique.

Les débords extérieurs des pannes et solives seront protégés des intempéries.

Les débords des pannes sablières devront être supportés en encorbellement (et sans jeu au niveau des arêtes des gorges ou plat sur plat) par 2 rondins de débord au minimum.

9. Hauteur maximale des murs

Si les murs dépassent une hauteur de 6 m à la sablière (soit deux étages), un calcul de structure sera nécessaire, eu égard notamment à la compression des assemblages et à la stabilité du bâtiment et des murs porteurs.

10. Normes des rondins de lisse basse ou seuil (1^{er} tour)

Ils seront sciés sur une face de façon à ce que la largeur du rondin portant sur le sol soit de 10 cm minimum.

Les rondins du premier tour ne devront pas être en contact direct avec le béton et devront être protégés des remontées d'humidité par une étanchéité conforme au DTU de construction bois.

Sur les façades exposées à la pluie, un dispositif (larmier, solin, profil...) devra éviter les infiltrations d'eau sous les rondins de lisse.

Ils seront ancrés aux fondations en fonction des risques climatiques, et géologiques locaux. Les rondins ou demi-rondins de lisse basse qui sont interrompus pour le passage d'une porte, devront être solidement ancrés et reliés pour assurer le chaînage du premier tour. Dans la mesure du possible on évitera de couper le chaînage naturel du premier tour.

Ils seront posés à un minimum de 30 cm du sol extérieur de façon à éviter les rejaillissements d'eau de pluie.

11. Longueur maximale des bois (règle de conception)

Distances entre murs de refend : pour des bois de diamètre inférieur à 30 cm, les longueurs maximales de mur à mur seront de 7 m environ, et de 10 m pour des bois de plus gros diamètre. Toutefois ces longueurs maximales seront réduites si les bois sont de conformation défectueuse, de forte décroissance. Les bois vrillés ont un retrait longitudinal important et l'on veillera particulièrement à éviter les excès de vrille sur les bois longs.

On pourra utiliser des longueurs supérieures à celles indiquées sous réserve de renforcer les murs par des systèmes de boulons, chevillage, liaison d'une cloison de refend, poteau, etc.... Tous ces dispositifs devront permettre le libre coulisser des rondins.

Sur les murs de grande longueur sans refend, un soin particulier sera apporté pour renforcer les passages de portes et fenêtres.

12. Longueur et jeu des débords

Les débords devront avoir une longueur suffisante compte tenu des avant-toits, et ne devront être soumis à la pluie que de façon exceptionnelle.

En entailles creuses : leur longueur minimale sera de 25 cm par rapport à l'arête extérieure de l'entaille d'angle, à l'intérieur comme à l'extérieur. La solidité de l'assemblage d'angle et sa résistance au cisaillement dépendent de la section longitudinale du débord. Il est donc important de ne pas trop réduire les longueurs de débord pour les entailles de type creuses. En revanche, elles pourront être très réduites pour les entailles tenonnées.

Les arêtes des gorges et goulottes des débords ne devront pas être jointives sur le bois précédent mais devront laisser du jeu pour tenir compte de la fente de retrait apparaissant en bout au niveau de la goulotte et de la différence d'humidité avec le reste du fût en place.

13. Aboutage

Il est possible d'abouter les bois d'un mur, mais l'enture d'aboutage devra être cachée sous un assemblage d'angle. Aucun joint d'aboutage ne devra être visible.

Les aboutages seront, dans tous les cas, renforcés par toute liaison métallique, feuillards, fers plats, boulonnage, chevillage, clés, assemblage en queue-d'aronde..., de façon à assurer la stabilité du mur et éviter les déformations. Les bois aboutés seront également rendus solidaires verticalement deux à deux par chevillage. Toutes les liaisons métalliques seront protégées contre les risques de condensation.

Les pannes pourront être aboutées et l'enture d'aboutage pourra être visible (par exemple : trait de Jupiter).

14. Linteaux et menuiseries

Le montage des menuiseries se fera de préférence avec un dispositif évitant les couvre-joints extérieurs et assurant une bonne étanchéité au niveau du linteau. Un dispositif de coulissage sera prévu, permettant le libre jeu des rondins empilés. Les menuiseries seront fixées uniquement sur un coulisseau vertical en bois de section adaptée au diamètre des rondins, et qui devra être renforcé si

nécessaire par une cornière (de préférence en bois) ou un poteau rainuré pour supporter les charges et poussées.

L'appui de fenêtre sera chanfreiné et protégé par une planche en bois durable ou un solin.

Le linteau sera de droit fil et l'on veillera à ne pas l'affaiblir en conservant au minimum la moitié de la section du rondin au niveau de l'ouverture, après découpe de l'espace de tassement.

L'espace de tassement creusé dans le linteau devra impérativement être conforme aux tolérances de tassement citées ci-dessus.

L'étanchéité de l'huissierie devra être particulièrement soignée pour assurer l'imperméabilité à l'air, à l'eau et aux insectes tout en permettant le libre jeu des rondins.

15. Distances des ouvertures

Entre l'axe d'un assemblage d'angle et le bord du passage (tableau) d'une ouverture, une distance de 50 à 60 cm sera respectée.

Entre deux ouvertures (une porte et une fenêtre), une distance de 1 m sera respectée.

16. Sablière

Ce rondin, situé au sommet du mur et recevant l'appui des chevrons, est soumis à des poussées latérales importantes ainsi qu'à des efforts tendant à soulever le toit. Les assemblages d'angle seront de préférence tenonnés et / ou épaulés. La sablière devra être de droit fil, solidement fixée et renforcée par un des dispositifs suivants : boulons, tire-fonds..., de façon à rendre solidaires les deux derniers tours de la maison.

Lors de la construction du toit, on apportera un soin particulier à l'étanchéité à l'air entre la panne sablière et le caisson de toiture. Le plafond sera de préférence encastré dans une feuillure dans la panne sablière et le pare-vapeur qui le recouvre, rendu étanche aux infiltrations d'air extérieur.

17. Charpente-pignon en bois empilé

Il est possible de construire des pignons en rondins empilés sous-réserve de respecter les principes constructifs suivants :

- Dans tous les cas, un dispositif de coulissage des chevrons (et éventuellement du plafond), devra être prévu pour éviter les poussées des chevrons

sur les pannes et sablières, même si la pente est faible et le pignon étroit. L'encastrement des chevrons dans la sablière est vivement recommandé.

- Si le pignon est large et très pentu, une étude de structure sera nécessaire, et l'on s'efforcera de prévoir un raidisseur des pignons au moyen de murs de refend et/ou corbeaux.

- On évitera de construire un pignon en rondins dans lequel deux bois empilés sans entailles d'angle sont consécutifs. Si nécessaire, on renforcera la stabilité du pignon par un ou des corbeaux.

- Tous les bois des pignons seront chevillés (diamètre 30 mm minimum en bois dur).

La charpente-pignon permet de conserver l'unité d'une maison, mais elle est difficile et coûteuse à réaliser pour des toits à forte pente et pignon large. On pourra envisager alors une structure pannes sur poteaux et/ou fermes, en ayant soin de conserver une unité esthétique à l'ensemble de la fuste.

18. Traitement des bois d'une fuste

Dans la construction d'une fuste, l'aubier est presque toujours conservé. Celui-ci est sensible aux insectes et champignons du bois, et même si le cœur rouge (duramen) de certaines essences est très durable, on devra impérativement apporter une protection pour éviter sa dégradation.

Celle-ci devra être de deux ordres :

- Une protection constructive en conservant les bois à une humidité inférieure à 20 % de façon permanente, en évitant que les bois ne soient exposés à la pluie, ou soumis à des risques de condensation.

- Une protection directe des bois.

Tous les bois seront écorcés et traités (intérieur et extérieur) en fonction des risques auxquels ils sont exposés, suivant la réglementation en vigueur :

- Les bois qui ne sont pas exposés à la pluie (ou seulement de façon exceptionnelle) seront traités uniquement contre le risque d'insectes (classe I ou IIA). Des bois secs ne sont pas attaqués par les champignons du bois.

- Les bois pouvant être exposés à des pluies de façon fréquentes ou à une forte humidité seront traités contre les risques d'insectes mais aussi de champignons (classe IIB ou classe III).

- Dans les deux cas, le traitement se fera par aspersion et sera de type préventif ou préventif-curatif. Il sera mis en œuvre sur des bois ressuyés à une humidité inférieure à 25 % pour faciliter la

pénétration du produit de traitement dans les fentes superficielles du rondin.

- A l'intérieur des entailles d'assemblages, on pourra traiter avec un produit anti moisissure lors de la préfabrication.

Dans les zones termitées du territoire, on devra se conformer aux obligations préfectorales lors de la construction des fondations qui devront être conçues avec barrière anti-termite.

19. Murs de refend en ossature légère

Lorsqu'un mur de refend (cloison légère) est encasté dans un mur en rondin, on veillera à ne pas trop affaiblir le mur en rondin dont un minimum de 55 % de la section ne sera pas entaillée et restera intacte. Dans aucun cas l'encastrement ne devra affecter le centre du rondin.

Si deux cloisons légères viennent s'encastrer de part et d'autre d'un mur en rondins, celles-ci seront distantes de 125 cm minimum et le 1/3 central de la section du rondin devra rester intact.

Les cloisons légères doivent être conçues conformément aux DTU d'ossature bois, et devront permettre le libre jeu des bois empilés conformément aux tolérances de tassement.

Ces règles de base de l'art de la fuste ont été rédigées par les auteurs de L'art de la fuste, d'après les règles internationales (Standards ILBA) et adaptées aux bois et à la réglementation de notre pays. Elles sont là pour servir de base de réflexion et d'outil de travail à ceux qui veulent construire ou faire construire suivant les « règles de l'art ».

*Elles sont régulièrement mises à jour
(T. Houdart - Copyright BSTCB - février 2006)*

Sur la forêt, le bois et la construction en bois en général

L'Atlas des forêts de France, sous la direction de Jean Gadant, Ed. J.-P. de Monza

Les résineux, Tome 1 : Connaissance et reconnaissance, par Philippe Riout-Nivert, Editions IDF

Les résineux, Tome 2 : Ecologie et pathologie, par Philippe Riout-Nivert, Editions IDF

Le bois dans la construction, par D. Gauzin-Muller, Ed. Le Moniteur, 300 p.

Construction en bois - Traité de génie civil de l'Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne, par J. Natterer, J.-L. Sandoz et M. Rey, éd. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes

L'essentiel sur le bois, 190 pages, 16 x 24 cm, 1998, ISBN : 2-85684-040-X

Guide sommaire pour comprendre, prescrire et réaliser le bon traitement de préservation, par BIOTEC- CTBA

Guide de la préservation du bois, 166 pages, 16 x 24 cm, 1998, ISBN : 2-85684-038-8

La conception bioclimatique : Des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation, par Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey, éd. Terre vivante, Mens 2006, 239 p.

Construction à ossature-bois - Conception et mise en œuvre, par H. Skoutarides et M. Denancé, Ed. Eyrolles - CTBA

Technique de mise en œuvre de la terre dans une ossature bois, par Camille Houdart, DPEA, Ecole d'Architecture de Grenoble, 2004

Sur la conception et les plans d'une maison en bois brut

Bois brut en architecture, Thèse de Camille Houdart, Ecole d'Architecture de Toulouse, 2001

Log house plans, B. Allan Mackie, Log house publishing company, Canada, 1980

The Log Home Book Plan, par C. Teipner-Thiede et A. Thiede, Edition Gibbs Smith Publisher, 2004.

Sur les techniques de construction en bois bruts

(disponibles sur <http://boisbrut.org/>)

L'art de la fuste (autres Cahiers - 1, 2, 4), par T. et M.F. Houdart, éd. Maiade

Toits de bois en Europe, par T. Houdart, éd. Maiade

La prairie sur le toit, par T. et M.-F. Houdart, éd. Maiade

Building With Logs, de B. Allan Mackie, Editions Firefly Books, 1997

Notches of all kind, de B. Allan Mackie, Edition The Canadian Log House, 1998

The Craft of Modular Post and Beam, de James Mitchell, Editions Hartley et Marks, 1984

The Craft of log building, de Hermann Phleps, Edition algrove publishing 1982, 328 p.

From Log to Log house - Titre original en suédois : *Fran stock till stuga*, de Sven-Gunnar Håkansson (traduit en Anglais by Sture Carlsson), 336 p., éd. Algrove Publishing 2003.

American Log Homes, Rodale Press, Emmaus, 1986 et **The Log Home Book**, Gibbs Smith Publisher, 1993.

Documentation sur internet

ILBA

Log Building Standards : Section A : for Residential, Handcrafted, Interlocking, Scribe-

<http://www.logassociation.org/resources/ilbastandards.pdf>

Thermal Properties of Log Homes, By Dalibor Houdek, Ph.D., Forintek Canada Corp.

http://www.logassociation.org/resources/reprint_thermal.pdf

ADEME, Le bilan Carbone

<http://www2.ademe.fr/>

RT 2005

www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/rt2005_version09102006.pdf

www.cstb.fr/

Normes électriques

www.promotelec.com

CTBA publications

http://www.ctba.fr/2_information/catpublis_2007.pdf

Et puis deux beaux romans

Les Maîtres Sonneurs, par Georges Sand, Folio Gallimard

Une fille de la forêt, par André BESSON, Ed. France Empires, 1996 (mais plusieurs fois réédité)

Organismes techniques et professionnels du bâtiment et de la construction en bois

- CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement), 10 avenue de Saint Mandé, 75012 PARIS : on peut s'y procurer de nombreux ouvrages sur le bois (traitement résistance, utilisation), ou s'instruire dans une bibliothèque très fournie.
- CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment), 4 av. du recteur Poincaré, 75016 PARIS : publie toutes les normes et DTU réglementaires de la construction en France. A noter que ces ouvrages peuvent être consultés sur place mais aussi en province dans les DDE.
- CATED (Centre d'assistance technique et de documentation) 14 rue La Pérouse, 75784 PARIS cedex 16 : publie des ouvrages de vulgarisation sur la construction et plus particulièrement sur le bois/
- CAPEB (Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment), 2bis rue Michelet, 92 130 ISSY LES MOULINEAUX : publie guide et ouvrages techniques et organise des stages à l'attention des artisans.
- CNDB (Comité national pour le développement du bois)
6 av. de St Mandé, 75012 Paris, 01 53 17 96 60
<http://www.cndb.org>

Associations locales qui étudient et font connaître les vieilles maisons de bois à empiilage

- Association des villages de la forêt de Chaux, Président Alain Goy, 52 rue des Tulots, 39 380 LA VIEILLE LOYE : a rénové et reconstitué à La Vieille Loye des habitats de bûcherons de Franche-Comté : bacus de bûcherons itinérants, baraques de pisé de bûcherons sédentaires, et crée de nombreuses animations autour de ce thème.
- Les amis du Pastourais - Comité d'études Historiques et Archéologiques, Présidente Madeleine Duranthon, Avenue Saint Jean, 47 440 CASSENEUIL : cette association milite avec passion pour sauver de la ruine toutes les maisons à empiilage de chêne du Nord de l'Agenais, atypiques dans cette région mais d'autant plus précieuses (Publie le Bulletin du Pastourais).
- Association des Amis de la forêt de Tronçais, Président Elie Bertrand, Le Bequas, 03 350 CÉRILLY EN TRONCAIS : fait des recherches autour de la vie des travailleurs de la forêt de Tronçais, métiers, habitat (Publie un bulletin : "La lettre du pays de Tronçais")
- Généalogie et Histoires en Val de Besbre (Est de l'Allier), Président Michel Ameuw, Les Forts, 03 220 THIONNE : fait des recherches historiques et organise expositions, visites et animations autour des maisons à empiilage de Thionne.
- Maisons Paysannes de France, 32 rue Pierre Sémard, 75009 PARIS, et Maisons Paysannes de Dordogne, Président M. Rousseau, Le Mas de Fargette, 24 620 TAMNIÈS qui avec la collaboration de l'Association Patrimoine rural en Périgord a édité une cassette vidéo dont une partie est consacrée à la maison à empiilage de Ste Sabine (contacter M. Jean Cornet : tél : 05 53 30 33 82)

Ce sont tous des passionnés, contactez-les !

Nous tenons à remercier chaleureusement toutes les personnes qui nous ont aidés à préparer ce cahier, et tout particulièrement :

Toutes les associations ci-dessus nommées et leur Président, qui ont répondu avec enthousiasme à nos questions, nous ont adressé documents et études et nous ont autorisés à en reproduire des extraits.

Le Professeur Jean-Pierre PETIT, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale de Paris, qui a bien voulu consacrer de son temps à nous faire comprendre les phénomènes thermiques liés au bois massif. Nous espérons ne pas avoir trahi sa pensée.

Monsieur André BESSON, romancier, qui nous a aimablement autorisés à reproduire des photos et extraits de son ouvrage "Une fille de la forêt".

Tous ceux qui ont bien voulu relire tout ou partie de cet ouvrage, et en particulier Alain LUDIER, professeur de physique à l'Ecole des Métiers du Bâtiment de Felletin.

Les étudiants architectes de l'Ecole d'Architecture de Clermont-Ferrand qui ont bien voulu le relire et nous faire part de leurs remarques constructives.

Les heureux propriétaires de fustes qui ont bien voulu nous confier leurs photos, et notamment Christian BOUCHAGE.

Sauf mention particulière sur les photos, toutes les photographies de cet ouvrage sont des auteurs, T. et M.F. Houdart

Index

Vous trouverez sur le site

boisbrut.org

*un index de tous les sujets traités dans les
4 cahiers de L'art de la fuste*

CHAPITRE I 8

La grammaire de la fuste : règles et contraintes

I. LES CONTRAINTES DU MATERIAU 10

II. LES CONTRAINTES DU SYSTÈME CONSTRUCTIF 34

Le bois brut, matériau d'exception (images) 40

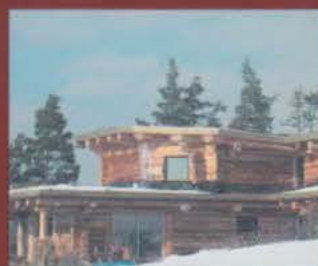


CHAPITRE II

Comment concevoir et dessiner une fuste 49

I. LES ETAPES DE L'ELABORATION DU PROJET 49

II. QUELQUES PRINCIPES A BASE D'EXEMPLES 54



CHAPITRE III

Le projet global de construction 79

I. LES FONDATIONS 79

II. ISOLATION THERMIQUE ET CHAUFFAGE 85

Le "bilan carbone" 97

III. CHARPENTE ET TOITURE 99

IV. QUELLES MENUISERIES 104

V. LE SECOND ŒUVRE 105

VI. LE COÛT D'UNE FUSTE 107

Un patrimoine européen très ancien (images) 109



CHAPITRE IV

Fustes en France : tradition et réglementation 117

I. UNE TRADITION DE MONTAGNES ET DE FORÊTS 117

II. LE PERMIS DE CONSTRUIRE 123

III. FUSTES ET FEUX 130

IV. NORMES ET GARANTIES 132



Ann.1 : Classement des bois 135

Ann.2 : Calculs de résistance 136

Ann.3 : Les règles de base de l'Art de la fuste 137



CHAPITRE I 8

La grammaire de la fuste : règles et contraintes

I. LES CONTRAINTES DU MATERIAU 10

II. LES CONTRAINTES DU SYSTÈME CONSTRUCTIF 34

Le bois brut, matériau d'exception (images) 40

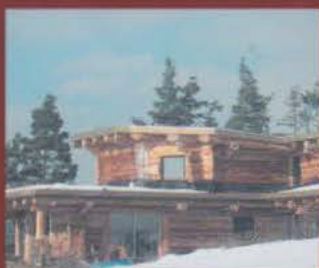


CHAPITRE II

Comment concevoir et dessiner une fuste 49

I. LES ETAPES DE L'ELABORATION DU PROJET 49

II. QUELQUES PRINCIPES A BASE D'EXEMPLES 54



CHAPITRE III

Le projet global de construction 79

I. LES FONDATIONS 79

II. ISOLATION THERMIQUE ET CHAUFFAGE 85

Le "bilan carbone" 97

III. CHARPENTE ET TOITURE 99

IV. QUELLES MENUISERIES 104

V. LE SECOND ŒUVRE 105

VI. LE COÛT D'UNE FUSTE 107

Un patrimoine européen très ancien (images) 109



CHAPITRE IV

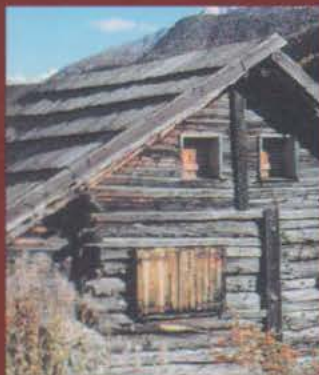
Fustes en France : tradition et réglementation 117

I. UNE TRADITION DE MONTAGNES ET DE FORÊTS 117

II. LE PERMIS DE CONSTRUIRE 123

III. FUSTES ET FEUX 130

IV. NORMES ET GARANTIES 132



Ann.1 : Classement des bois 135

Ann.2 : Calculs de résistance 136

Ann.3 : Les règles de base de l'Art de la fuste 137

