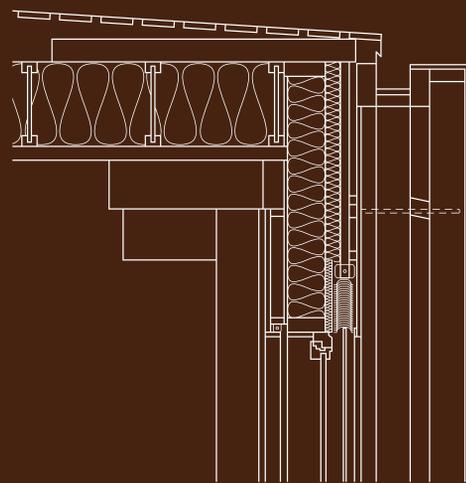
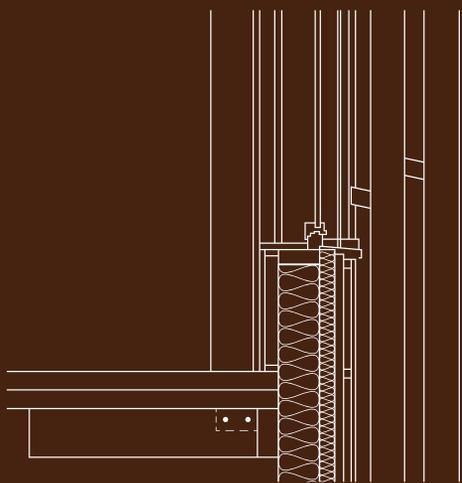


MATTHIEU FUCHS

JULIEN MUSSIER



CONSTRUIRE AVEC LE BOIS



EDITIONS

LE MONITEUR

Sommaire

Préface	7
---------------	---

Partie 1 **Évolutions de la construction bois**

Chapitre 1 – La construction bois en France	10
---	----

Chapitre 2 – Nouveaux enjeux de la construction bois	13
--	----

Partie 2 **Le bois et ses dérivés**

Chapitre 3 – Avantages de la construction bois	20
--	----

Chapitre 4 – Points délicats	22
------------------------------------	----

Chapitre 5 – Exploitation de la forêt	24
---	----

Chapitre 6 – Matériau écoresponsable	26
--	----

Chapitre 7 – Caractéristiques physiques et mécaniques du bois	29
--	----

Chapitre 8 – Caractéristiques des essences	40
--	----

Chapitre 9 – Risques et préservation du bois	46
--	----

Chapitre 10 – Bois d'œuvre massif	52
---	----

Chapitre 11 – Produits dérivés du bois	55
--	----

Chapitre 12 – Éléments de structure composites	59
--	----

Chapitre 13 – Isolants à base de bois et autres matières biosourcées	68
---	----

Chapitre 14 – Richesse et exploitation des feuillus	71
---	----

Partie 3 **Conception et mise en œuvre des ouvrages en bois**

Chapitre 15 – Systèmes constructifs	76
---	----

Chapitre 16 – Murs	80
--------------------------	----

Chapitre 17 – Planchers	86
-------------------------------	----

Chapitre 18 – Charpentes	91
--------------------------------	----

Chapitre 19 – Toitures	98
------------------------------	----

Chapitre 20 – Assemblages	103
---------------------------------	-----

Chapitre 21 – Bardage et aménagement extérieurs	110
---	-----

Chapitre 22 – Parement et aménagement intérieurs	119
--	-----

Chapitre 23 – Association avec d'autres matériaux	122
---	-----

Chapitre 24 – Protection incendie	128
---	-----

Chapitre 25 – Protection sismique	134
---	-----

Chapitre 26 – Problématiques du chantier	136
--	-----

Chapitre 27 – Valorisation des ressources locales	139
---	-----

Partie 4 **Réalisations exemplaires**

Partie 5 **Réglementation**

Index	261
-------------	-----

Table des matières	265
--------------------------	-----

Transmettre

par Dominique Gauzin-Müller



▲ Le projet de Roland Schweitzer pour Le Domaine du Four à Cieux, d'inspiration très japonaise, est l'un des plus beaux bâtiments en bois de France © Ateliers Schweitzer

D'un compagnon à ses apprentis, d'un professeur à ses étudiants, d'un auteur à ses lecteurs, la transmission des connaissances et de l'expérience acquises est le moteur de l'évolution des cultures constructives.

Roland Schweitzer, un grand passeur

Mon premier livre, *La construction en bois*, paru en 1990 aux Éditions du Moniteur, a été préfacé par mon « maître » Roland Schweitzer. Ma rencontre avec lui dans son atelier à l'École d'architecture Paris-Tolbiac, dès la première année de mes études, puis ma spécialisation à la construction en bois en 1984, dans le « master » (CEAA) qu'il venait de créer, ont été décisives pour mon parcours professionnel.

De l'ouverture de son agence en 1954 à sa disparition en 2018, Roland a transmis avec enthousiasme ses passions et ses valeurs à plusieurs générations d'architectes, d'ingénieurs et de charpentiers français et étrangers, qui l'ont consulté comme un mentor jusqu'aux derniers jours de sa vie. Son travail était nourri d'une patiente étude des constructions vernaculaires, enrichie par ses nombreux voyages aux quatre coins de la planète et son amitié avec plusieurs pionniers d'un régionalisme critique.

Unanimement reconnu comme l'un des maîtres de l'architecture en bois, Roland Schweitzer incarne pour ses nombreux disciples un exemple de savoir généreusement partagé. Cet ancien élève de Jean Prouvé a notablement contribué à l'essor de la construction en bois contemporaine à travers des conférences mémorables et son enseignement à l'École d'architecture Paris-Tolbiac et à l'École polytechnique fédérale de Lausanne, avec le grand ingénieur allemand Julius Natterer. Ils ont formé ensemble de nombreux professionnels, moteurs de l'architecture en bois très créative qui s'épanouit aujourd'hui en Europe : Jacques Anglade, Olivier Gaujard, Véronique Klimine, Konrad Merz, etc. Vous en croiserez plusieurs au fil de ces pages.

Deux jeunes architectes talentueux et engagés

Quand les Éditions du Moniteur m'ont proposé d'écrire une nouvelle version de *Construire avec le bois*, paru en 1999, je leur ai suggéré de la confier à deux de mes anciens étudiants de l'École d'architecture de Nancy : Matthieu Fuchs et Julien Mussier. Ces jeunes professionnels, au talent récompensé par de nombreux prix, ont complété

leur formation dans le master Architecture-Bois-Construction de l'École nationale supérieure des technologies et industries du bois d'Épinal. Les enseignants passionnés de l'Enstib ont renforcé leur amour pour la construction en bois dans une ambiance joyeuse et bienveillante, qui trouve chaque année son apothéose dans les fameux « Défis du bois ». Jeunes diplômés, ils ont trouvé un environnement professionnel épanouissant à l'agence Haha pour Julien, à l'agence Mil Lieux pour Matthieu. Depuis plus de dix ans, tous deux sont engagés dans la transition écologique à travers l'emploi de matériaux locaux peu énergivores : la paille, la terre crue et surtout le bois, abondant en Lorraine, où ils exercent.

De nombreuses évolutions

Matthieu et Julien ont actualisé le contenu théorique de l'ancien ouvrage concernant l'exploitation de la forêt, les caractéristiques physiques de la matière bois et sa transformation en matériaux de construction. Ils révèlent la gamme toujours plus étendue des produits dérivés et leurs applications, déclinent les assemblages et les multiples manières de les employer. Ils proposent des solutions techniques pour la composition de murs, planchers et toitures acoustiquement et thermiquement performants, en particulier des typologies de parois perspirantes, sans pare-vapeur. Ils explicitent les exigences pour la protection contre les incendies et les risques sismiques. Hommes de terrain, ils témoignent de la réalité des chantiers ainsi que de la mutation des pratiques qu'ils ont observée depuis quinze ans.

Les bâtiments décrits dans cet ouvrage sont représentatifs des tendances de la construction en bois et des perspectives d'évolution. Certains sont l'œuvre d'autres anciens étudiants, comme Christophe Aubertin, architecte au sein du collectif Studiolada de l'extension de l'Ehpad de Vaucouleurs, de la maison à Baccarat et de l'abri en forêt de Bertrichamps. Aujourd'hui, Matthieu, Julien et Christophe enseignent et écrivent à leur tour, alimentant la longue chaîne de « passeurs » qui, d'une génération à l'autre, nourrit l'évolution de l'architecture et des techniques constructives.

Des exemples internationaux inspirants

La seconde moitié du livre est consacrée à la présentation détaillée de vingt-trois bâtiments inspirants, réalisés en France ou dans d'autres

6 – Matériau écoresponsable

Le bois est aujourd'hui devenu un acteur incontournable de la transition écologique dans le domaine du bâtiment. Matériau biosourcé, il représente un excellent puits de carbone et permet de réduire l'impact énergétique global de la construction. De sa mise en œuvre jusqu'à sa déconstruction, ses vertus écoresponsables sont nombreuses.

6.1 Matière renouvelable

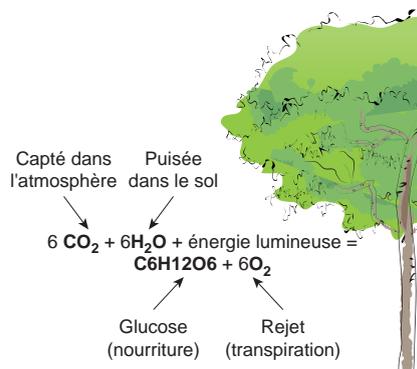
Depuis toujours, le bois est le seul matériau renouvelable disponible à l'échelle de la planète. À l'inverse des gisements de minerai, qui sont par nature limités, un massif forestier durablement géré offre des ressources inépuisables. À l'inverse des énergies fossiles, qui mettent des millions d'années à se reconstituer, il ne faut en effet qu'une centaine d'années à une forêt pour se régénérer.

Le bois a l'avantage également d'être disponible sur une grande partie de la planète, permettant ainsi le développement de filières locales. En 2014, la production mondiale de bois était de plus de 3 700 millions de m³, dont près de la moitié dédiée au bois de chauffage et l'autre moitié au bois de construction.

Les États-Unis sont le premier pays producteur de bois ronds, suivi de près par l'Inde, la Chine, la Russie, le Brésil et le Canada. En Europe, c'est la Suède, la Finlande et l'Allemagne qui occupent les premières places. La France se classe 4^e, avec 50 millions de m³ en 2014.

6.2 Régulateur de CO₂

Comme toutes matières végétales, l'arbre se développe par l'absorption de CO₂ dans l'atmosphère. Combiné alors avec l'eau puisée dans le sol et l'énergie solaire captée par le feuillage, il produit la matière organique – le bois – et rejette dans l'atmosphère de l'oxygène (fig. 6.1). Par ce processus, appelé « photosynthèse », il est communément (*scientifiquement*) admis qu'un arbre absorbe l'équivalent d'une tonne de CO₂ par m³ de bois produit et rejette 0,7 t d'oxygène. Ainsi, un hêtre de 25 m de haut libère chaque jour la quantité d'oxygène nécessaire à 3 personnes. En fin de vie, si l'arbre n'est pas exploité, il rejette dans l'atmosphère l'ensemble du CO₂ capté durant sa croissance. L'impact sur l'environnement est alors nul. En revanche, si le bois est mis en œuvre, le carbone reste encapsulé à l'intérieur, créant ainsi un puits de carbone.



▲ Fig.6.1. Formule de la photosynthèse

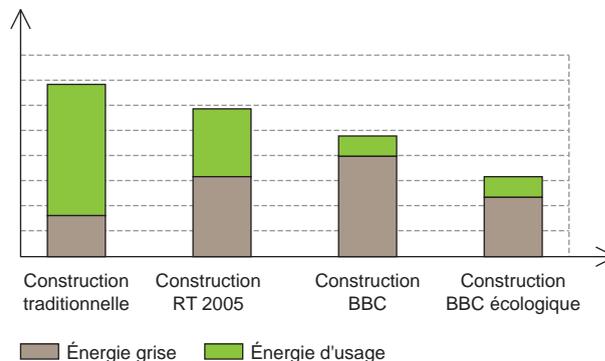
Par son activité et l'utilisation d'énergie fossile, l'homme a augmenté de manière importante les rejets de CO₂ dans l'atmosphère, contribuant largement à l'augmentation de l'effet de serre. Les puits de carbone naturels que sont les océans et les forêts ne peuvent maintenir l'équilibre. Par exemple en France, Sur les 470 millions de tonnes de carbone rejetés par l'homme, seulement la moitié est captée par les puits de carbone ; il

y a donc un déséquilibre. C'est pourquoi, pour compenser la différence, et en parallèle d'une réduction des rejets de gaz à effet de serre (GES), le protocole de Kyoto incite à l'augmentation des puits de carbone et donc, par extension, à l'accroissement de l'utilisation du bois.

6.3 Matériau à l'énergie grise réduite

Pour réduire les émissions de GES dans les constructions, les efforts actuels sont concentrés majoritairement à réduire l'énergie d'usage, dont le poste le plus important est le chauffage. Parallèlement à cette réduction, on constate à l'inverse une augmentation de la matière mise en œuvre, notamment dans les isolants. Or, l'énergie nécessaire à la fabrication de cette matière est très peu prise en compte ; c'est ce que l'on appelle l'« énergie grise » du matériau.

Si l'on se représente un bâtiment comme un iceberg, la partie émergée représente l'énergie d'usage et la partie immergée, l'énergie grise nécessaire à la construction. Celle-ci représente la consommation de chauffage du même bâtiment sur 30 ans (fig. 6.2).



▲ Fig.6.2. Énergies grise et d'usage de différents types de constructions sur une période de 30 ans

Les métaux comme le cuivre ou l'aluminium nécessitent de très grandes quantités d'énergie grise pour leurs fabrications, sans compter l'impact de leur exploitation sur l'environnement aux abords des mines d'extraction. Les matériaux à base de plastiques (les isolants polystyrènes, par exemple) passent, quant à eux, par de nombreuses étapes avant d'être mis en œuvre (du puits de pétrole aux raffineries jusqu'aux usines de fabrication), sans compter les nombreux moyens de transport utilisés et les milliers de kilomètres parcourus entre ces différents processus.

Le bois, par sa croissance naturelle, est à l'inverse faiblement énergivore. Par comparaison, 1 m³ de béton armé nécessite environ 1 800 kWh d'énergie grise, tandis que 1 m³ de bois d'œuvre consomme moins de 200 kWh. Cette donnée est cependant à moduler et la question du choix par le concepteur est importante. Bien qu'en bois, 1 m³ de bois lamellé-collé consomme plus de

2 000 kWh, soit davantage que le béton cité précédemment. Dès lors, il convient de travailler sur de plus petites portées permettant l'utilisation de bois massif non transformé. De même, les initiatives de circuit court et d'exploitation d'un massif local sont des solutions à développer pour réellement réduire l'énergie grise. Comme pour l'alimentation, l'utilisation d'essences non locales peut très vite avoir un impact non négligeable dans un écobilan.

6.3.1 Écobilan

L'énergie grise n'est qu'un des facteurs de l'écobilan d'un matériau. Il convient de tenir compte également des émissions de gaz à effet de serre, de l'impact de ce matériau sur les milieux, de sa consommation en eau et de sa production de déchets.

En tant que puits de carbone, une construction en bois permet d'obtenir un bilan en termes d'émission de gaz à effet de serre proche de zéro,

voire négatif si beaucoup de matière ligneuse est mise en œuvre. En effet, 1 m³ de bois stocke l'équivalent d'une tonne de CO₂ et cette valeur peut être appliquée sur l'ensemble des produits dérivés du bois (tab. 6.1). De même, un isolant à base de fibre de bois emprisonne quant à lui l'équivalent de 200 kg de CO₂, tandis que des isolants issus de la pâte à papier (comme la ouate de cellulose) stockent l'équivalent de 500 kg de CO₂.

Mais ce principe de piège à carbone fonctionne également avec les autres végétaux, comme la paille ou les isolants à base de chanvre et de coton.

Ainsi, si nous considérons deux parois à performance équivalente, l'une construite en béton avec un isolant polystyrène, et l'autre en bois avec une isolation répartie en ouate de cellulose (fig. 6.3) :

- la première nécessite 850 kWh/m³ pour son énergie grise, avec un total de 250 kg CO₂/m³ pour sa fabrication ;
- la seconde mobilise 200 kWh/m³ et présente un bilan de -170 kg CO₂/m³.

Ainsi, en appliquant ce principe globalement sur tous les postes, une construction écoresponsable peut finalement conduire à un bilan négatif sur les émissions de gaz à effet de serre.

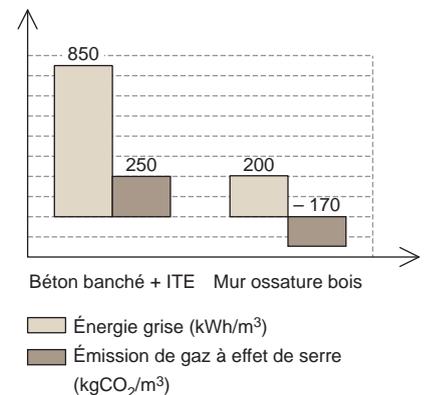
▼ Tab. 6.1. Exemple de tableau de calcul de stockage CO₂ dans une construction bois

Élément	Volume (m ³)	Densité (kg/m ³)	Stockage (tonnes équivalent CO ₂)
Structure			
Bois massif	38,5	540	38,5
Panneau de contreventement OSB 15 mm	23,1	540	23,1
Panneau DWD 16 mm	7,2	540	7,2
Isolation			
Ouate de cellulose en doublage 60 mm	23,4	40	1,2
Ouate de cellulose entre montants 240 mm	309,6	50	15,5
Laine de bois 60 mm	61,2	160	14,1
Structure secondaire			
Lattage du bardage	3,5	540	3,5
Lattage du doublage plâtre	1,8	540	1,8
Voligeage	5,4	540	5,4
Menuiseries			
Menuiserie extérieure	2,6	540	2,6
Menuiserie intérieure	1,2	540	1,2
Platelage extérieur	4,4	540	4,4
Aménagement intérieur	2,7	540	2,7
Total			121,1

6.4 Matériau recyclable

Un des postes étudiés dans l'écobilan concerne le traitement en fin de vie des matériaux, et notamment leur capacité à se recycler. Les bétons sont difficilement recyclables et sont utilisés au mieux comme matériaux de remblais. Les métaux peuvent être refondus et réutilisés, mobilisant là encore de grandes quantités d'énergie.

Le bois quant à lui peut être recyclé avec une grande facilité. Un bâtiment construit en bois peut être plus facilement démolé qu'une construction en béton, réduisant ainsi l'ensemble des nuisances. De plus, de nombreux éléments sont



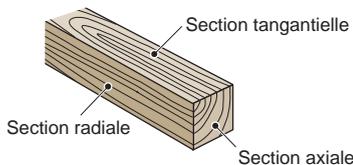
▲ Fig. 6.3. Écobilan de deux types de parois à performance thermique équivalente

▼ Tab. 7.3. Coefficient de rétractabilité des essences courantes (source : NATTERER [Julius], HERZOG [Thomas], VOLZ [Michael], *Construire en bois 2*¹)

Définition (utilisation)	Essences	Coefficient de rétractabilité ¹	
		Radiale (%)	Tangentielle (%)
Bois peu nerveux (menuiseries, ébénisterie)	Acajou	0,11 à 0,15	0,17 à 0,22
	Érable	0,10 à 0,20	0,22 à 0,23
	Teck	0,13 à 0,15	0,24 à 0,29
Bois nerveux (structure)	Douglas	0,15 à 0,19	0,24 à 0,31
	Épicéa	0,15 à 0,19	0,24 à 0,31
	Mélèze	0,14 à 0,18	0,25 à 0,36
	Pin sylvestre	0,15 à 0,19	0,25 à 0,36
Bois très nerveux	Chêne	0,18 à 0,22	0,25 à 0,35
	Hêtre	0,19 à 0,22	0,38 à 0,44
	Azobé	0,30 à 0,32	0,40

1. En % pour une variation d'humidité de 1%.

et sur son utilisation. Le retrait et le gonflement sont environ 2 fois plus importants dans le sens tangentiel que dans le sens radial, mais négligeables dans le sens axial (fig. 7.3).



▲ Fig.7.3. Plans axial, radial et tangentiel d'une pièce de bois

1. NATTERER (Julius), HERZOG (Thomas), VOLZ (Michael), *Construire en bois 2*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1998.

Le retrait radial étant de moitié inférieur au retrait tangentiel, et l'aubier « travaillant » plus que le duramen, les changements du taux d'humidité ou un séchage mal adapté provoquent souvent des fentes et des déformations, particulièrement dans des pièces en bois massif de grosse section. De même, un revêtement extérieur est plus sollicité sur un support réalisé dans une pièce débitée sur dosse (retrait tangentiel) dans une essence à fort retrait que sur une pièce débitée sur quartier (retrait radial) dans une essence dont le retrait est plus faible (fig. 7.4).

7.3.4 Équilibre hygroscopique des bois

Les pertes et les reprises d'humidité du bois entraînent des variations dimensionnelles et influent sur ses caractéristiques mécaniques.

Il est donc indispensable de mettre en œuvre le bois et ses produits dérivés à un taux aussi proche que possible de l'humidité d'équilibre moyenne (tab. 7.4).

7.3.4.1 Bois situé à l'extérieur

En France, l'humidité d'équilibre des bois placés en extérieur varie en moyenne de 13 % en été et 19 % en hiver. Pour minimiser les déformations, il est préférable que le bois soit mis en œuvre à un taux d'humidité de 12 à 14 % en région méditerranéenne et de 14 à 16 % dans le reste de la France.

7.3.4.2 Bois situé à l'intérieur

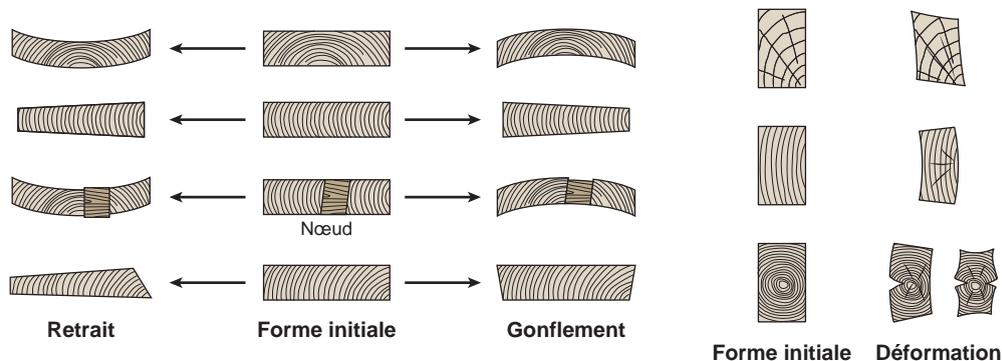
En été, les conditions de l'air ambiant (20 °C, 70 % d'humidité) sont voisines de celles de l'extérieur et les bois ont un taux d'équilibre d'environ 13 %. En hiver, avec 20 °C et seulement 30 à 40 % d'humidité, l'équilibre des bois s'établit vers 7 %. À l'intérieur, le bois devrait donc être mis en œuvre à un taux d'humidité de l'ordre de 10 %.

7.3.5 Séchage

Le séchage est une étape essentielle de la transformation du bois. Il lui confère les caractéristiques indispensables à une utilisation rationnelle et performante répondant aux exigences du marché :

- stabilité dimensionnelle ;
- amélioration des caractéristiques mécaniques et technologiques (notamment l'aptitude au collage et à recevoir des finitions) ;
- protection contre certains agents d'altération biologique.

Le séchage est devenu d'autant plus important depuis la mise en place des Eurocodes, demandant une exigence particulière sur les taux d'humidité des bois lors de leur mise en œuvre, pour la justification des calculs de structures.



▲ Fig.7.4. Déformation du bois

Le point de saturation des fibres, en dessous duquel se manifestent les phénomènes de retrait et de gonflement, est de l'ordre de 30 % pour toutes les essences. Le retrait après une évaporation d'humidité et le gonflement après une absorption d'humidité provoquent la déformation des sciages. Ces déformations et les fentes qui en résultent interviennent, en particulier dans les pièces de grande section, lorsqu'on emploie des bois verts ou au cours d'un séchage trop rapide.

▼ Tab. 7.4. Taux d'humidité d'équilibre des bois en fonction de l'hygrométrie

Utilisation	Taux d'humidité d'équilibre (%)	État hygroscopique de l'air ambiant (%)
Local clos et chauffé (parquets, menuiseries intérieures)	8 à 12	50 à 65
Local clos et couvert (combles, fermes de bâtiments, menuiseries extérieures)	12 à 15	65 à 75
Construction abritée en local couvert, mais largement ouvert	15 à 17	75 à 80
Construction exposée à l'humidité non couverte et non abritée	17 à 22	80 à 90
Construction dans l'eau (pilotis, appontements)	22 à 30	90 à 100

7.3.6 Précaution de conception et de mise en œuvre

Le bois s'adapte aux transformations de l'humidité et de la température de l'air. Il faut donc prendre, lors de la conception et de la mise en œuvre, toutes les précautions pour que les variations dimensionnelles du bois ne risquent pas de créer des désordres à l'ouvrage. Il est indispensable de connaître exactement le taux d'humidité du bois que l'on utilise, car sa résistance mécanique et sa résistance en dépendent.

Au niveau du chantier, il est particulièrement recommandé de :

- bien planifier les livraisons pour limiter le stockage sur site ;
- bien aérer les piles de bois ;
- protéger le bois contre la pluie, le soleil et les remontées d'humidité du sol durant le stockage et l'utilisation.

Il est judicieux de vérifier l'humidité des pièces de bois à la livraison avec un humidimètre et de refuser celles dont le taux ne correspond pas aux spécifications du cahier des charges.

Les taux d'humidité recommandés à la mise en œuvre sont de :

- 10 % environ pour les bois situés en intérieur d'un espace chauffé (parquets, menuiseries intérieures, parements) ;
- 14 à 16 % pour les bois situés à l'extérieur (bardages, fenêtres, volets).

C'est lorsque le degré d'humidité varie entre 22 % et le point de saturation des fibres (30 % environ) et que le bois est soumis à des alternances de sécheresse et d'humidité que le danger d'attaque par les champignons et les insectes est le plus grand. Des dispositions constructives rationnelles permettent de prévenir ou au moins de diminuer les risques.

7.3.7 Références

- NF B 51-002 (février 1942 - indice de classement : B 51-002) : Bois - Caractéristiques physiques et mécaniques des bois.

7.4 Classement des bois

Le classement des bois peut répondre à deux types d'exigences différentes : esthétiques pour le classement d'aspect et mécaniques pour le classement selon la résistance.

7.4.1 Classement d'aspect

Le classement d'aspect correspond essentiellement à des soucis esthétiques et donc à des emplois tels que la menuiserie et les bardages. Il peut s'effectuer par examen visuel, selon les critères définis par les normes suivantes :

- pour les résineux : NF EN 1611-1 ;
- pour le chêne et le hêtre : NF EN 975-1 ;
- pour le peuplier : NF EN 975-2.

Il existe des systèmes de scanners numériques qui, à l'aide de caméras optiques, permettent de définir la classification des bois.

7.4.1.1 Classement d'aspect des résineux

Le classement d'aspect des sciages résineux européens repose sur des critères visuels relatifs à l'aspect des faces et des rives selon la nature, l'importance et la localisation des singularités, les imperfections de débit et les altérations du bois. Pour classer une pièce, il convient d'examiner successivement ses quatre côtés et de leur attribuer un choix en fonction des limites admises dans chaque choix pour les différents critères. Les choix possibles sont 0, 1, 2, 3 et 4 (tab. 7.5). Dans la détermination des choix, les nœuds sont souvent considérés comme primordiaux. Il faut pourtant reconnaître que, lors de l'utilisation du

bois, ils ne constituent pas un critère à exclure absolument.

L'Institut technologique FCBA a établi un classement d'aspect pour les sciages résineux français. Il a défini six choix concernant les essences suivantes : sapin épicéa, pin maritime, pin sylvestre, pin noir et laricio, douglas. Ce classement d'aspect est basé sur un élément de type 1 x 0,10 m et fondé sur l'examen :

- des nœuds (nombre, taille, dimension) ;
- des singularités de structure (défauts du fil) ;
- des imperfections ou altérations du bois (poches de résine, bleuissements, échauffures, piqûres) ;
- des gerces et fentes de retrait dues au séchage ;
- des imperfections de débit (longueur et largeur des flaches).

Le classement d'aspect introduit deux modes de classement, repérés par le préfixe « G2- » ou « G4- ». Dans ce préfixe, la lettre « G » indique le mode de classement :

- « G2- » indique que les nœuds ont été pris en compte sur deux faces ;
- « G4- » indique que les nœuds ont été considérés sur les quatre côtés.

Les autres caractéristiques sont considérées sur les quatre côtés. En France, le système « G4 » est le plus appliqué.

7.4.1.2 Classement d'aspect des feuillus

La norme européenne NF EN 975-1 définit le classement d'aspect du chêne (plots et plateaux dépareillés, frises et avivés, pièces équarries) et du hêtre (plots et plateaux dépareillés, frises et avivés, pré-débits). La norme européenne NF EN 975-2 définit les sciages avivés de peuplier.

Le classement d'aspect s'applique sur différents produits feuillus comme les plateaux non délinés, les avivés (épaisseur de 41 mm minimum) et les pièces équarries (de largeur \geq 200 mm et d'épaisseur \geq 80 mm).

La marque de la classification comporte trois caractères (lettre ou chiffre) qui caractérisent le produit :

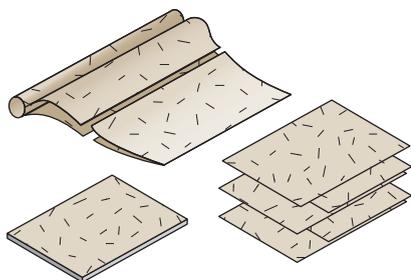
- le 1^{er} caractère correspond à l'initiale du nom latin de l'essence :
 - Q (Quercus) : chêne,
 - F (Fagus) : hêtre,
 - C (Castanea sativa) : châtaigner ;
- le 2^e caractère indique le type produit :
 - B : plots ou boule,
 - S : plateaux sélectionnés,
 - F : frises et avivés,
 - P : pièces équarries ;
- le 3^e caractère fait référence à la classe qualitative :
 - A : qualité exceptionnelle,
 - 1-2-3-4 : choix par ordre décroissant de qualité.

8 – Caractéristiques des essences

▼ Tab. 8.1. Caractéristiques des résineux (source : CAUE Haute Garonne)

Nom commun (autre dénomination)	Nom latin	Répartition géographique	Particularités	Aspect	Propriétés physiques			Propriétés mécaniques				
					Masse volumique à 12 % d'humidité (kg/m ³)	Retrait volumique (%)	Dureté Monnin (mm ¹)	Contrainte de compression (MPa)	Contrainte de traction (MPa)	Contrainte de flexion (MPa)	Contrainte d'élasticité (MPa)	
 <p>Épicéa (Sapin blanc du Nord)</p>	<i>Picea excelsa</i>	Europe	Bois fissile, nœuds assez durs, parfois peu adhérent Souvent confondu avec le sapin		Bois parfait : Blanc jaunâtre, peu veiné Aubier : Non distinct Fil : Très droit Grain : Fin et régulier	450	14,4	1,4	45	85	71	11 000
 <p>Douglas (Pin d'Orégon)</p>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Europe Amérique du Nord	Bois fissile		Bois parfait : Brun rougeâtre clair, veinage important Aubier : Distinct, plus pâle Fil : Droit, nœuds larges et adhérents Grain : Moyen à grossier	540	13,2	2,2	55	93	85	12 100
 <p>Mélèze</p>	<i>Larix decidua</i>	Europe	Bois fissile, nœuds assez durs, parfois peu adhérent Bonne durabilité naturelle		Bois parfait : Rougeâtre, veinage marqué (nombreux canaux résinifères) Aubier : Jaunâtre, peu épais Fil : Droit Grain : Variable (selon la vitesse de croissance)	600	14	2,7	53	101	93	12 500
 <p>Pin maritime (Pin des Landes)</p>	<i>Pinus pinastier</i>	Sud et Sud-Ouest de l'Europe	Bois fissile, nœuds assez durs, parfois peu adhérent, très résineux		Bois parfait : Rougeâtre foncé, veinage très marqué (stries de canaux résinifères très profondes) Aubier : Jaune blanc, épais Fil : Généralement droit Grain : Moyen à grossier, irrégulier	510	13,5	2,3	39	86	80	8 800
 <p>Pin noir</p>	<i>Pinus nigra</i>	Europe du Sud Sud-Ouest	Présence importante de résine		Bois parfait : Rougeâtre Aubier : Blanc, jaunâtre Fil : Droit Grain : Moyen à grossier, irrégulier	570	15	3	54	112	110	12 550
 <p>Pin sylvestre (Sapin rouge du Nord)</p>	<i>Pinus sylvestris</i>	Europe	Bois fissile, nœuds assez durs, parfois peu adhérent		Bois parfait : Rose à brun rougeâtre, veinage tranché Aubier : Blanc, jaunâtre, assez épais Fil : Généralement droit Grain : Assez fin à moyen selon la rapidité de croissance	530	14,1	3	50	102	90	11 900
 <p>Sapin</p>	<i>Abies pectinata</i>	Europe Amérique du Nord	Pas de canaux résinifères, arrachement des fibres au sciage Souvent confondu avec l'épicéa		Bois parfait : Blanc mat à rose pâle, veinage marqué Aubier : Non distinct Fil : Droit Grain : Fin à moyen Variable selon la vitesse de croissance	450	13,5	1,5	46	86	68	12 200
 <p>Western red cedar (Cèdre rouge)</p>	<i>Thuja plicata</i>	Amérique du Nord	Bois fissile, odorant, risque de corrosion du fer en milieu humide, produit du tanin, tendance à griser voire noircir selon l'exposition Très grande longévité		Bois parfait : Brun rouge à brun foncé ou brun rosé Aubier : Blanc, étroit Fil : Généralement droit et régulier Grain : Fil à moyen	370	9	0,9	32	55	51	7 900

Durabilité naturelle - = non durable durable + = faiblement durable									Imprégnabilité - = non imprégnable + = peu imprégnable ++ = moyennement imprégnable +++ = imprégnable		Façonnage	Domaines d'utilisation dans le bâtiment	
Champignons		Capricornes		Vrillettes		Termites		Classe d'emploi sans traitement	Aubier	Duramen		Usages	Produits
Aubier	Duramen	Aubier	Duramen	Aubier	Duramen	Aubier	Duramen						
+	+	-	-	-	-	-	-	1 à 2	+	-/+	Séchage : Très facile et rapide Sciage : Facile sauf dans les zones de nœuds durs. Collage : Très efficace avec tout type de colles	Structure : Ossature, charpente Menuiserie : Intérieure et extérieure Extérieur : Revêtement Intérieur : Mobilier	Grosse section : Section sciée Charpente : Fermette légère Poutre en lamellé-collé Panneau : Contrecollé, CLT, contreplaqué, OSB Lame : Bardage, lambris, parquet Bardeau - Carrelet
++	++	-	+++	-	+++	-	-	3	-/+	-	Séchage : Assez facile, assez facile Sciage : Facile sauf dans les zones de nœuds durs. Collage : Facile avec tout type de colles	Structure : Ossature, charpente Menuiserie : Intérieure et extérieure Extérieur : Revêtement et aménagement	Grosse section : Section sciée Charpente : Fermette légère Poutre en lamellé-collé Panneau : Contrecollé, CLT, contreplaqué Lame : Bardage, lambris, parquet Bardeau - Carrelet
+/++	+/++	-	+++	-	+++	-	-	3	++	-	Séchage : Assez facile, assez facile Sciage : Possibilité d'encrassement par la résine, présence de nœuds durs Collage : Employé de préférence avec des colles alcalines, à solvant et résorcine	Structure : Ossature, charpente Menuiserie : Intérieure et extérieure Extérieur : Revêtement et aménagement	Grosse section : Section sciée Charpente : Fermette légère Poutre en lamellé-collé Panneau : Contrecollé, CLT Lame : Bardage, lambris, parquet Bardeau - Carrelet
+/++	+/++	-	+++	-	+++	-	-	3	+++	-	Séchage : Assez facile et rapide mais exsudations de résine possible Sciage : Possibilité d'encrassement par la résine, présence de nœuds durs Collage : Facile sauf si le bois présence une forte teneur en résine (employé de préférence avec des colles alcalines)	Structure : Ossature, charpente Menuiserie : Intérieure	Grosse section : Section sciée Charpente : Fermette légère Poutre en lamellé-collé Panneau : Contreplaqué Lame : Lambris, parquet
+/++	+/++	-	+++	-	+++	-	-	3a	++	-	Séchage : Facile et rapide Sciage : Possibilité d'encrassement par la résine, présence de nœuds durs Collage : Facile, excepté le problème de résine	Structure : Ossature, charpente Menuiserie : Intérieure Extérieur : Revêtement	Grosse section : Section sciée Charpente : Poutre en lamellé-collé Lame : Bardage, lambris, parquet
+/++	+/++	-	+++	-	+++	-	-	3	++	-/+	Séchage : Assez facile, assez facile Sciage : Facile sauf dans les zones de nœuds durs. Collage : Facile avec tout type de colles (employé de préférence avec des colles alcalines si le bois est résineux)	Structure : Ossature, charpente Menuiserie : Intérieure Extérieur : Revêtement	Grosse section : Section sciée Charpente : Poutre en lamellé-collé Lame : Bardage, lambris, parquet
+	+	-	-	-	-	-	-	2	++	-/+	Séchage : Très facile et rapide Sciage : Très facile mais arrachement possible de fibres Collage : Très efficace avec tout type de colles	Structure : Ossature, charpente Menuiserie : Intérieure et extérieure Intérieur : Mobilier	Grosse section : Section sciée Charpente : Fermette légère Poutre en lamellé-collé Panneau : Contrecollé, CLT, contreplaqué Lame : Lambris, parquet
++/ +++	++/+++	-	+++	-	+++	-	-	3	+	-/+	Séchage : Facile et rapide mais risque de collapse et fentes internes Sciage : Facile, petits nœuds parfois difficiles à scier Collage : Bois acide qui a tendance à se tacher	Menuiserie : Intérieure et extérieure Extérieur : Revêtement	Grosse section : Section sciée Lame : Bardage, lambris, parquet Bardeau



▲ Fig.11.1. Fabrication d'un panneau de contreplaqué



▲ Photo 11.1. Panneau de contreplaqué

11.1.1 Dimensions et caractéristiques physiques

L'épaisseur des panneaux courants varie de 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22, 25 et 30 mm, et l'on retrouve couramment les dimensions suivantes : 1,25 × 2,50 m, 1,50 × 2,50 m et jusqu'à 1,5 × 3,10 m.

Le contreplaqué est un matériau aux performances mécaniques élevées, possédant une très bonne résistance au fluage. Par ces fils croisés qui lui confèrent une résistance et une stabilité dans plusieurs directions, ce type de produit convient parfaitement pour le contreventement des structures bois.

En fonction des essences et de son épaisseur, un panneau de contreplaqué varie entre :

- 300 et 1 000 kg/m³ pour sa densité ;
- 0,09 et 0,24 W/m.K pour sa conductivité thermique (λ) ;
- 50 et 110 pour son coefficient de résistance à la vapeur (μ) en milieu humide et 150 et 250 en milieu sec.

11.1.2 Condition de pose

En fonction du type de colle, de la finition de la couche extérieure ou encore des essences de bois, le panneau contreplaqué peut répondre à différentes classes d'emploi, définies dans la norme NF EN 636 + A1 :

- classe d'emploi 1 en milieu sec correspondant à une classe de collage 1 ;
- classe d'emploi 2 en milieu humide intérieur correspondant à une classe de collage 2 ;
- classe d'emploi 3 en extérieur correspondant à une classe de collage 3.

11.1.3 Essence utilisée

Les principales essences rencontrées sont les suivantes :

- en milieu sec : sapin, épicéa, peuplier, pin, bouleau, hêtre ;
- en extérieur : okoumé.

On trouve également des produits mixtes, tels que des produits extérieurs okoumé/peuplier, okoumé/épicéa, etc.

11.1.4 Usage possible

Outre son utilisation en mobilier et en agencement, le contreplaqué est utilisé comme voile travaillant dans les constructions bois compte tenu de ses bonnes propriétés mécaniques. Cependant, on lui préfère de nos jours le panneau OSB, qui a tendance à être moins onéreux. Le contreplaqué est également utilisé en panneau de fond de coffrage pour les constructions en béton. Il est alors recouvert d'un film phénolique lisse, souvent de couleur noire. On utilise un panneau répondant à la norme CTB-C pour ce produit bien spécifique.

Le panneau de contreplaqué peut également participer à la sécurité incendie d'un bâtiment, soit en y appliquant un traitement ignifugé, soit en travaillant sur son épaisseur. Ainsi, un panneau dépassant les 30 mm d'épaisseur peut servir de protection au feu 1/2 h au même titre qu'une plaque de plâtre. Le panneau de contreplaqué peut être utilisé en extérieur, à condition de remplir les conditions suivantes :

- utiliser une essence de bois naturellement durable, notamment sur les plis extérieurs ;
- utiliser une classe de collage de niveau 3 ;
- posséder 5 plis et avoir une épaisseur de 100 mm minimum.

Pour certifier un panneau bois de contreplaqué destiné à l'extérieur, on utilise le référentiel CTB-X, qui garantit que le produit est « apte aux emplois extérieurs pendant de nombreuses années ».

Un panneau CTBX peut être utilisé :

- en intérieur dans un milieu humide (salle de bains, plan de travail, cuisine) ;
- en extérieur et abrité (avancé de toit, planche de rive) ;
- en bardage.

Lors de la mise en œuvre en façade, il faut veiller à ce qu'une lame d'air soit ménagée pour ventiler parfaitement la contre-face tout en mettant en œuvre un pare-pluie sur le support. Il faut également prévoir un jeu suffisant entre les panneaux, tout évitant les stagnations d'eau en pied et à la jonction horizontale de deux ouvrages (à l'aide d'une bavette, par exemple). Les champs doivent également recevoir une protection.

11.2 Panneau OSB

Le terme « OSB » (*Oriented Strand Board*) traduit la composition orientée du panneau. Il est

LE POTENTIEL ARTISTIQUE DES PANNEAUX DE CONTREPLAQUÉ

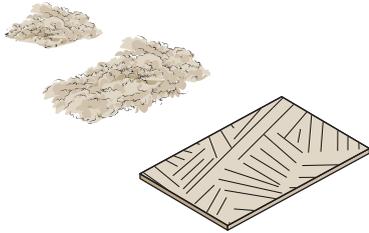
Quand des concepteurs se penchent sur le potentiel artistique du bois en utilisant ses propriétés intrinsèques, cela donne des choses étonnantes. C'est le cas, par exemple, de l'installation réalisée par Coquille Vide pour le Festival Embranchements à Nancy, et conçue par les architectes Caroline Leloup et Christophe Aubertin. Accrochée à un imposant tilleul, l'installation se compose de « gigantesque fruits, suspendus aux branches les plus hautes par d'interminables lianes [...] On s'approche, les coques sont ouvertes et vides, aucune trace des graines... Restent des enveloppes concaves, lisses et accueillantes. La faible hauteur permet d'y accéder. Assis, couché, vautre, recroquevillé, la suspension autorise un doux balancement. »

Pour concevoir ces balançoires d'un genre nouveau, ils ont utilisé des panneaux minces de contreplaqué de peuplier afin de produire des formes organiques, pliées et suspendues. Les éléments constitutifs ne sont reliés entre eux que par la base formant l'assise et se rejoignent en partie haute pour supporter le cordage. Outre la beauté artistique de l'installation, c'est également un prétexte pour interroger les limites du matériau, afin d'en tester la souplesse et la capacité de résistance en traction de la fibre pour de futurs projets.



▲ Photo 11.2. Vue en situation
© Caroline Leloup & Christophe Aubertin

constitué de lamelles rectangulaires, issues de bois d'éclaircies ou grumes de résineux, dont la longueur varie de 30 à 70 mm. Ces lamelles sont ensuite constituées en matelas, assemblées par une résine organique – mélamine urée-formol (MUF), la plupart du temps – puis passées sous presse (fig. 11.2 et photo 11.3).



▲ Fig. 11.2. Fabrication d'un panneau OSB



▲ Photo 11.3. Panneau OSB

Comme pour le contreplaqué, l'OSB est un assemblage de plusieurs matelas. Les couches supérieures sont orientées de manière longitudinale tandis que les couches intérieures sont disposées de manière transversale. Il offre ainsi de bonnes ou de mauvaises propriétés mécaniques selon la direction du plan du panneau.

En plus d'être peu fragile, ce panneau se travaille aisément à la fois sur le chantier et en usine, tout en étant facilement transportable. Il existe de plus sous deux formes d'assemblages :

- à bords droits ;
- à rainures et languettes.

Les panneaux répondent à la norme NF EN 300. Il existe un panneau multifonction, appelé MFP, qui est, comme l'OSB, constitué de copeaux de bois orientés et collés. Plus fin et plus dense, ce panneau possède des caractéristiques intéressantes pour être utilisé en contreventement ou comme pare-vapeur rigide.

11.2.1 Dimensions et caractéristiques physiques

L'épaisseur des panneaux OSB courants varie de 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22, 25 et 30 mm, et l'on retrouve couramment les dimensions suivantes : 1,25 × 2,50 m, 1,50 × 2,50 m et jusqu'à 1,5 × 5,00 m.

On distingue quatre types de panneaux :

- OSB 1, qui est un panneau pour un usage général en milieu sec ; celui-ci est non travaillant ;

- OSB 2, qui est un panneau travaillant utilisé en milieu sec ;

- OSB 3, qui est un panneau travaillant utilisé en milieu humide ;

- OSB 4, qui est un panneau travaillant soumis à une contrainte élevée en milieu humide.

Contrairement à un panneau de contreplaqué, qui peut être utilisé en classe d'emploi 3 en fonction de l'essence de bois, un panneau d'OSB ne peut être mis en œuvre en bardage. Tout au plus peut-il être utilisé en extérieur, mais protégé (en sous-face de couverture, par exemple). La norme NF EN 335 définit son utilisation uniquement en classe d'emploi 1 et 2.

Un panneau d'OSB possède une densité moyenne de 650 kg/m³, une conductivité thermique (λ) de 0,13 W/m.K et un coefficient de résistance à la vapeur (μ) variant de 30 en milieu humide à 50 en milieu sec.

Pour sa fabrication, des essences de résineux comme le pin, le pin maritime ou l'épicéa sont utilisées.

11.2.2 Usage possible

Le panneau OSB s'emploie de manière privilégiée en voile de contreventement pour les murs à ossature bois. On peut utiliser un panneau OSB 3 avec une épaisseur minimum de 9 mm à champ droit, en s'assurant de laisser un joint entre panneaux de 4 mm pour absorber les effets de dilatations. L'entraxe moyen d'une ossature bois étant de 600 mm, les panneaux d'OSB d'une largeur de 1 250 × 2 500 mm sont optimaux pour une mise en œuvre sans chute. Ils peuvent être fixés cloués ou agrafés à la structure, mais il est important de respecter un espacement de 150 mm entre fixations. Le positionnement du panneau dans le mur varie en fonction des évolutions de la conception bois. Initialement placé du côté extérieur, il est de plus en plus courant de le trouver du côté intérieur, notamment en raison des problématiques de transfert de vapeur d'eau.

Il a été constaté des sinistres récurrents dans les maisons à ossatures bois mettant en œuvre un OSB côté extérieur, car celui-ci bloque à l'intérieur du caisson la vapeur d'eau. Un point de condensation se crée ainsi dans l'isolant, réduisant sa performance tout en favorisant le développement de champignons.

Courant dans les pays nordiques et germaniques, le panneau intérieur permet à l'inverse de s'en servir comme frein vapeur, évitant ainsi l'usage de film fragile. De plus, pour une étanchéité à l'air parfaite, il suffit de traiter les joints entre panneaux à l'aide de scotch spécifique. On obtient ainsi une barrière parfaitement étanche et solide, suffisamment rigide pour affronter les désordres de chantier. L'OSB peut également se positionner en toiture et est accepté comme élément support de couverture. Il faut alors privilégier un OSB 3 ou 4 :

- avec une épaisseur minimum de 15 mm pour un entraxe de chevrons de 60 à 70 cm ;

- jusqu'à une épaisseur de 22 mm pour un entraxe de 100 mm.

Comme pour les murs ossatures bois, il convient de s'interroger sur le risque lié à l'hygrométrie. Ainsi :

- en cas de toiture froide, la sous-face du panneau OSB doit être ventilée par une lame d'air minimum de 40 mm ;

- en cas de toiture chaude, un freine-vapeur doit être placé du côté chaud.

Ce type de panneau remplit également son rôle en élément de plancher, avec la possibilité d'utilisation d'un OSB 2, 3 et 4 en fonction de la destination du local. On peut ainsi mettre en œuvre un panneau de 15 mm avec un entraxe de solive de 40 cm et passer jusqu'à un panneau de 25 mm avec un entraxe de 70 cm.

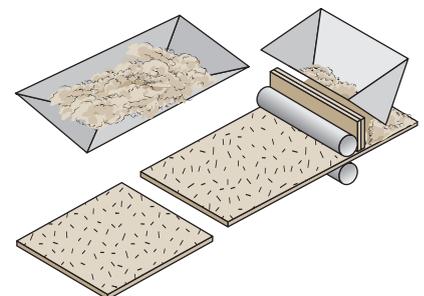
Dans le cas de panneaux de toiture et de plancher, il peut être intéressant de choisir des panneaux à rainures et languettes (2 rives ou 4 rives) permettant d'optimiser les contraintes et, ainsi, soit de réduire l'épaisseur du panneau, soit d'augmenter les entraxes.

On retrouve également l'OSB associé à des éléments de structure pour former des poutres en I. Composé de deux membrures en bois massif, son âme est alors composée d'un OSB de 10 mm. Ces poutres peuvent être économiques pour des portées dépassant les 10 m par rapport à une poutre en lamellé-collé.

Bien que l'OSB puisse être recouvert d'une finition, sa texture propre et caractéristique est de plus en plus recherchée et il n'est pas rare de le laisser brut en agacement de magasin, en mobilier ou en plaque de parement de finition.

11.3 Panneau de particules

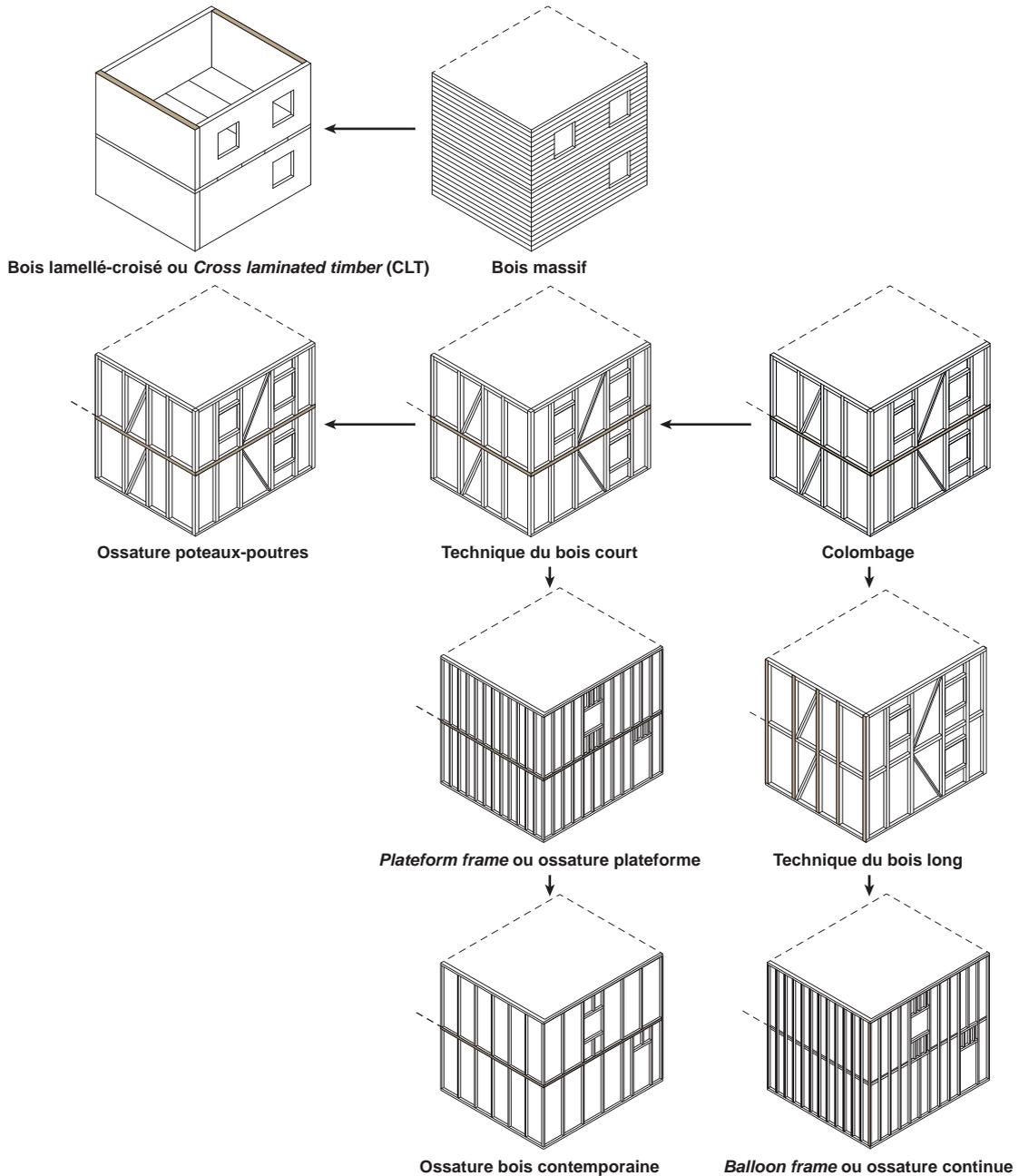
Le panneau de particules est constitué d'un assemblage de copeaux et de particules de bois, encollés par une résine et passés sous presse à haute température (fig. 11.3 et photo 11.4). Il s'agit d'un produit connexe et de recyclage, car il utilise principalement les déchets (sciures, rabotage) issus de l'industrie du bois. À l'inverse des panneaux d'OSB et de contreplaqué, le panneau de



▲ Fig. 11.3. Fabrication d'un panneau de particules

15 - Systèmes constructifs

La construction bois actuelle découle de deux systèmes constructifs traditionnels qui ont évolué au fil des ans et des améliorations techniques (fig. 15.1) : la construction en bois empilé (massif) et la construction à colombages (ossature). Le premier s'est largement développé dans les régions scandinaves et les régions de montagnes, le second dans les villes et les campagnes.



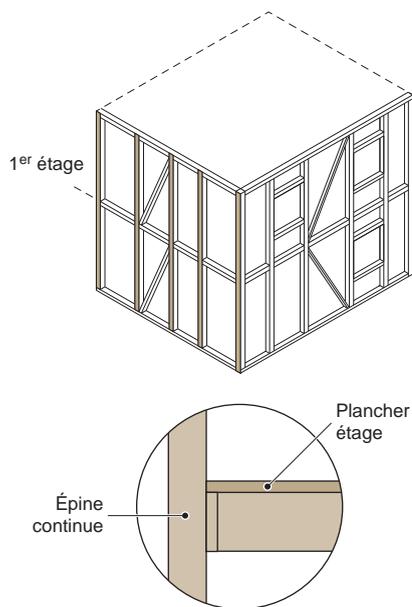
▲ Fig.15.1. Généalogie des différents systèmes constructifs en bois

La caractérisation régionale est très importante, ainsi que l'exploitation d'un massif et d'une ressource. Le choix de l'essence de l'arbre est au cœur du sujet : alors que les résineux sont plus favorables à la technique du bois empilé et de l'architecture massive, les feuillus, plus présents en plaine mais également moins abondants, favorisent à l'inverse le développement de la technique à ossature.

15.1 Construction à colombages (ou à pans de bois)

La construction à colombages (du latin *columna*, colonne) est mise en œuvre selon deux principes :

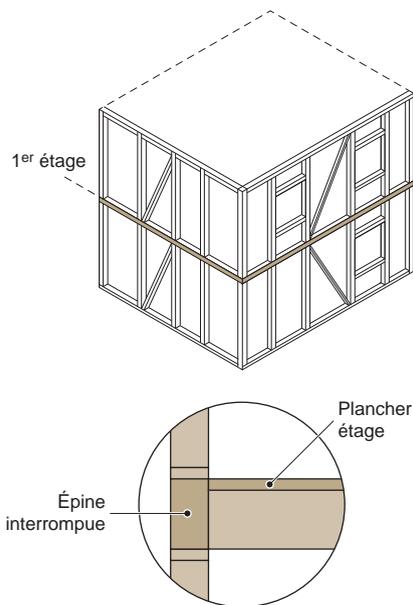
- la technique du « bois long », lorsque les montants verticaux de façades sont continus du sol à la toiture (fig. 15.2) ;
- la technique du « bois court », lorsque ces poteaux n'ont qu'une hauteur d'étage (fig. 15.3). Cette dernière a été très utilisée en France à partir du xv^e siècle et se retrouve dans les exemples remarquables de Strasbourg, Chinon, Rouen ou encore Honfleur.



▲ Fig.15.2. Système à colombages, technique du « bois long »

Cette architecture se lit depuis l'extérieur et exprime son caractère tectonique en laissant voir le parcours des charges et des forces ainsi que les nœuds et les assemblages. On distingue et on lit également les éléments structuraux et les éléments de remplissage. L'entraxe entre les montants oscille entre 100 et 120 cm.

Le colombage est le témoin du territoire et permet une contextualisation du bâtiment. On retrouve ainsi du torchis (mélange de terre glaise et de fibre végétale), de la brande (bruyères séchées), de la pierre ou encore de la brique. Ces éléments



▲ Fig.15.3. Système à colombages, technique du « bois court »

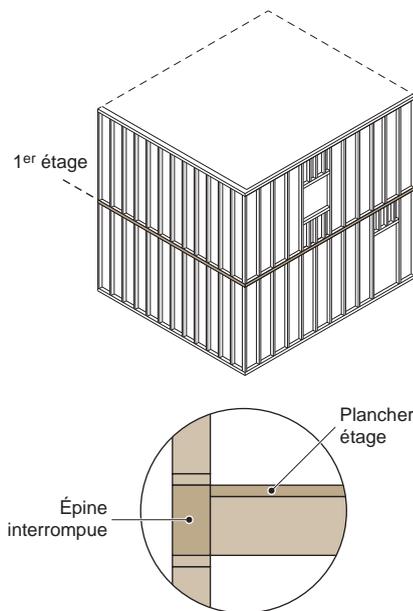
ne remplissant aucun rôle structurel, des ouvertures et des baies trouvent naturellement leur place dans une trame vide.

L'assemblage traditionnel utilisé dans un système à colombages, que l'on cherche à reproduire de nos jours, est le tenon-mortaise et l'assemblage à mi-bois. Par la suite, la mécanisation de la fabrication des colis, le développement de la scierie mécanique au milieu du xix^e siècle puis l'essor industriel ont fait évoluer rapidement les techniques.

15.2 Platform frame

Évolution directe de la construction à colombages à bois courts, le système de *platform frame* (ou « ossature plateforme ») est très répandu aux États-Unis. Il met en œuvre des pièces de bois de petite section, disposées selon une trame généralement multiple de 30 cm (fig. 15.4). Chaque plancher sur solives s'étend jusqu'à la périphérie de la construction et constitue une plateforme sur laquelle sont montés les murs et les cloisons. En Amérique du Nord, les montants des ossatures et des charpentes légères ont en général une section de 2 × 4 pouces (5,08 × 10,16 cm), les solives et les pièces de charpente une section de 2 × 6 pouces (5,08 × 15,24 cm) ou de 2 × 8 pouces (5,08 × 20,32 cm).

Les éléments sont préassemblés sur le site, avec des clous pour l'ossature et des connecteurs métalliques pour la charpente. Ces cadres sont ensuite mis en place sur une dalle béton ou un plancher bois. Le contreventement est assuré par un panneau bois de type OSB. Ce système laisse une certaine liberté dans l'aménagement intérieur et le positionnement des baies, mais le

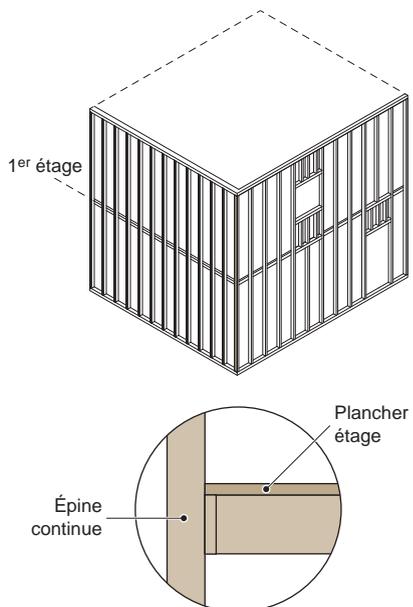


▲ Fig.15.4. Platform frame ou « ossature plateforme »

plan doit conserver une certaine compacité afin d'assurer la stabilité de l'ensemble. Les grandes trémies et les mezzanines sont donc à éviter.

15.3 Balloon frame

Le *balloon frame* (ou « ossature continue ») est l'évolution de la technique des colombages du bois long (fig. 15.5). Elle s'est développée parallèlement à l'expansion du territoire des États-Unis, favorisée par sa simplicité d'assemblage, son caractère économique et sa rapidité d'exécution.



▲ Fig.15.5. Balloon frame ou « ossature continue »

16 – Murs

La construction à ossature est aujourd'hui la solution la plus employée dans le domaine de la construction en bois. Facile et rapide à mettre en œuvre, elle permet une préfabrication des éléments. Cependant, des règles strictes sont à respecter, notamment pour la prévention des sinistres. La juxtaposition de couches, issues de matériaux différents, implique d'être particulièrement vigilant à leur compatibilité.

16.1 Principe d'un mur à ossature bois

Le mur à ossature bois est une paroi composite présentant un assemblage de différentes couches successives. Ces couches sont composées d'isolants, d'éléments de structure et de barrières à l'eau et à l'air. L'élément porteur est constitué de montants de faible section espacés à intervalles réguliers et liés entre eux par une traverse haute et basse. L'ensemble repose sur une lisse basse faisant la jonction avec la maçonnerie et est liaisonné en tête par une lisse haute formant chaînage. Entre ces montants est glissé un isolant et l'ensemble est contreventé par un panneau de bois composite (fig. 16.1a).

Les essences utilisées sont majoritairement des résineux (épicéa et douglas) de 45 mm d'épaisseur, permettant de fixer deux panneaux de contreventement sur le même montant. Leurs largeurs ont quant à elles évolué avec les réglementations thermiques. Initialement de 45 × 90 mm à 45 × 120 mm, la tendance est aujourd'hui aux 45 × 220 mm.

La trame des montants est, pour sa part, conditionnée dans la majorité des cas par le dimensionnement des panneaux de contreventement, 60 cm étant une valeur courante. L'entraxe évolue également en fonction de la configuration du bâtiment : si une trame de 60 cm est couramment utilisée pour une construction d'un à deux niveaux, une trame de 40 cm est préférée pour des bâtiments dépassant les deux étages.

Il s'agit d'une valeur avant tout économique ; en effet, un mur à ossature bois possède une trame relativement souple qui permet de s'adapter facilement à la longueur du bâtiment, au cloisonnement intérieur ou encore à la disposition des ouvertures et des menuiseries. Au droit de celle-ci, les montants d'ossatures bois doivent être renforcés : ils sont doublés pour une largeur supérieure à 1,20 m, triplés pour une largeur

supérieure à 1,80 m. Au-delà, le linteau supérieur doit être réalisé en lamellé-collé ou avec une poutre composite, une simple lisse ne suffisant plus à la reprise de charge.

16.1.1 Dimensionnement des pièces de bois

Les montants d'un mur à ossature bois sont soumis à une compression axiale et à la flexion due au vent. Le flambement produit dans ces pièces en compression détermine le dimensionnement des sections. La compression transversale, localisée sur la lisse basse, doit être vérifiée pour éviter le poinçonnement.

La définition des sections des montants d'ossatures bois est conditionnée par :

- le classement du bois choisi, de son essence et des contraintes admissibles ;
- le taux d'humidité du bois, influant sur la résistance mécanique ;
- la hauteur et l'entraxe des montants ;
- la flèche admissible sous l'effet du vent ($h/300$ en général) ;
- la pression du vent ;
- la descente de charge maximale sur le montant ;
- le type d'assemblage aux extrémités des montants ;
- les risques de poinçonnement sur la lisse inférieure.

Le mur ossature bois est une paroi jouant plusieurs rôles :

- un rôle structurel ;
- un rôle de régulateur thermique et acoustique ;
- un rôle de protection à l'eau et à l'air.

La performance réussie d'une paroi influe sur la pérennité générale de l'ouvrage, sur la qualité de vie à l'intérieur du local, mais également sur la santé des utilisateurs et des habitants.

Une mauvaise réalisation peut entraîner des entrées d'air parasites, des phénomènes de condensation dans la paroi, le développement de champignons et de moisissures, et une dégradation de l'isolation intérieure.

Du fait de sa construction en couche composite, il convient dès lors de s'assurer, dans la réalisation d'un ouvrage en ossature bois :

- de la comptabilité des différentes couches entre elles ;
- d'une parfaite liaison et d'une continuité des éléments de l'enveloppe, notamment au niveau des barrières d'étanchéité à l'air et à l'eau ;
- d'éviter les phénomènes de remontée d'humidité, notamment au contact entre la maçonnerie et le bois ;
- de ne pas emprisonner, à l'intérieur de la paroi, de l'humidité résiduelle induite par un bois d'œuvre non sec, ou introduite lors de la mise en œuvre sur chantier ;
- de permettre la libre circulation de la vapeur d'eau dans la paroi sans provoquer de phénomène de condensation.

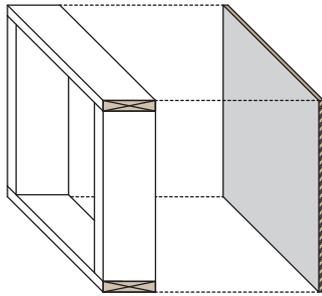
16.1.2 Composition d'un mur à ossature bois

Un mur à ossature bois présente l'avantage de confondre la couche d'isolant avec la structure, à l'inverse d'un mur en béton qui sépare les deux. Dès lors, à performance équivalente, la solution maçonnée est plus épaisse qu'une solution en bois. Par exemple, pour une paroi dont la valeur de μ recherchée est de 0,15, l'épaisseur du premier est de 50 cm alors que celle du second se situe aux alentours de 35 cm. Dans un contexte de rentabilité des surfaces, il s'agit là d'une donnée non négligeable.

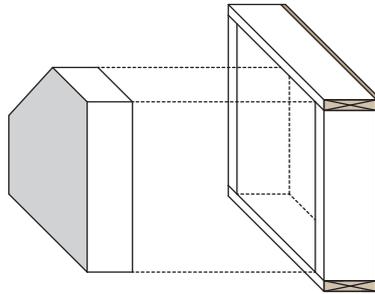
La performance de la paroi est conditionnée par la largeur de la section de l'ossature, variant communément de 90 à 220 mm. Entre les montants d'ossature, on peut y appliquer (fig. 16.1b) :

- une ouate de cellulose soufflée ;
- de la paille ;
- du chanvre en vrac ;
- de la fibre de bois ;
- une laine minérale.

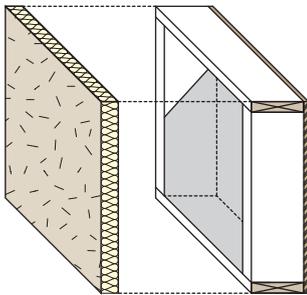
En revanche, ces montants ne présentent pas la même performance thermique que l'isolant ;



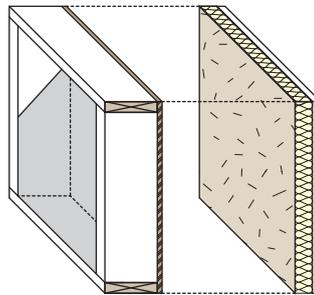
a Mise en place d'un panneau de contreventement



b Mise en place d'un isolant dans le vide structurel de l'ossature bois



c Mise en place d'un isolant complémentaire extérieur



d Mise en place d'un isolant complémentaire intérieur

un phénomène de pont thermique linéique se crée donc à chaque élément de structure. Pour y remédier, de nombreux concepteurs placent un isolant complémentaire du côté extérieur pour éliminer cette faiblesse (fig. 16.1c).

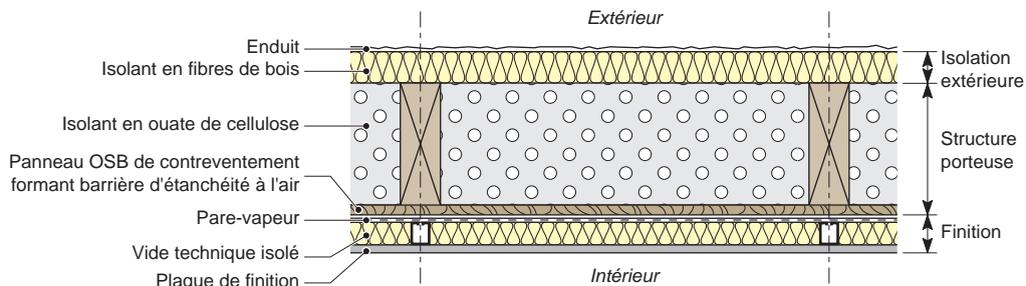
Cette couche isolante (dont l'épaisseur varie de 40 à 80 mm) est constituée d'un matériau rigide (de type fibre de bois) à densité élevée. Du fait de sa nature, il peut recevoir une finition en enduit (fig. 16.2) ou un pare-pluie et un complexe de bardage (fig. 16.3).

Dans des constructions de type passif ou à très haute performance thermique, il est également possible d'appliquer un isolant côté intérieur, avant le doublage de finition (fig. 16.1d). Le vide dégagé permet ainsi d'intégrer le passage des réseaux techniques de distribution (électricité, plomberie, etc.) tout en protégeant, par sa mise à distance, la voile intérieure, la barrière d'étanchéité à l'air ou, le cas échéant, le pare-vapeur.

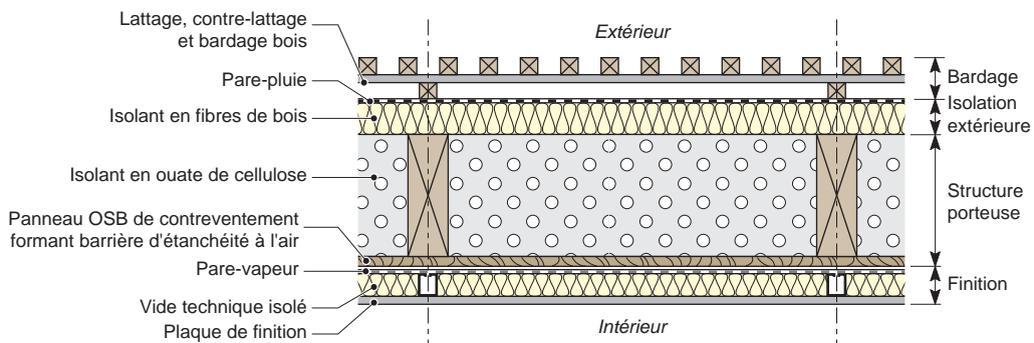
L'isolant que l'on place en intérieur est plus souple et peut être constitué :

- de ouate de cellulose floquée (en prenant garde cependant à l'humidité) ;
- de panneaux souples en chanvre ;
- de panneaux souples en coton recyclé ;
- de laine de bois ;
- de laine minérale.

▲ Fig.16.1. Composition d'un mur à ossature bois et mise en place des isolants



▲ Fig.16.2. Exemple de paroi à ossature bois avec enduit



▲ Fig.16.3. Exemple de paroi à ossature bois avec bardage

semi-filmogènes, protègent le bois contre les agents atmosphériques et contiennent généralement un composant fongicide et insecticide. Elles sont destinées à assurer une protection superficielle contre certains agents d'altération biologique comme le champignon de bleuissement et, éventuellement, contre certains insectes.

Les lasures se dégradent par farinage ; leur rénovation ne demande qu'un ponçage pour une préparation de support.

On distingue deux types de lasures :

- les lasures d'imprégnation, dont l'extrait sec varie de 20 à 30 % : elles ne forment pas de films à la surface du bois et servent à apporter une base d'accrochage pour les couches de finition ;
- les lasures satinées de finition, dont l'extrait sec varie de 30 à 50 % : elles sont semi-filmogènes, voire filmogènes.

Leur durée de vie varie de 4 à 10 ans et dépend du nombre de couches, du support et de l'exposition.

Peinture

Les peintures font disparaître la texture et la couleur du bois par un film opaque fortement pigmenté.

On distingue deux types de peintures destinées au bois :

- les peintures microporeuses, perméables à la vapeur d'eau, qui sont généralement satinées ;
- les peintures brillantes, non microporeuses, qui permettent d'obtenir des finitions laquées très lisses. Cependant, elles sont déconseillées pour une pérennité durable du bois.

La mise en œuvre et l'entretien des peintures sont plus contraignants que ceux des lasures, mais un bon système peut durer 10 à 15 ans (1 couche d'impression et 2 couches de peinture). Il est également judicieux de vérifier la compatibilité entre l'essence choisie et le produit de finition, étant donné que certaines essences comme le western red cedar, le chêne ou le châtaignier sont acides, et que d'autres essences présentent des tanins ou des antioxydants.

Saturateur

L'application d'un saturateur crée une finition non filmogène qui imprègne la surface du bois sans créer de pellicule. Il s'agit d'une protection discrète, d'aspect naturel, qui respecte la texture et l'état de surface du bois et le protège du grisaillement. Ces produits possèdent une large gamme de choix (dont l'opacité, la nature du solvant, la couleur...).

Un saturateur de teinte grisée permet de donner au bois un aspect vieilli dès sa pose et limite ainsi le contraste visuel apparaissant au fil des années. Plusieurs fabricants en proposent afin de permettre au bâtiment de s'intégrer parfaitement dans son environnement dès sa livraison, sans surprise ni entretien dans le temps. En effet, le

grisonnement naturel du bois prend naturellement le relais du saturateur, qui s'use avec le temps... Le bâtiment garde donc une teinte quasiment constante dans la durée.

Un saturateur proposant une teinte définie doit être réappliqué régulièrement pour garantir l'aspect de finition.

Peinture bitumineuse

Historiquement, ces produits issus des hydrocarbures sont utilisés pour des emplois en extérieur spécifiques, comme les murs de saunas scandinaves ou les hangars à bateaux. Très gras, ils excluent tout autre système de finition ultérieure. Noires ou brunes, les créosotes et peintures bitumineuses offrent une bonne protection contre l'eau, mais elles demandent un long temps de séchage, ramollissent sous l'action de la chaleur et sont malodorantes.

Les créosotes étant des produits dangereux pour la santé, elles ne sont plus utilisées et leur application est interdite en France. De plus, le recyclage des bois traités n'est plus possible du fait de la teneur en hydrocarbures de ces produits.

Peinture scandinave

Ces peintures traditionnelles d'origine suédoise, aussi appelées *keittomaali* (peinture cuisinée), sont d'origine végétale. Non filmogènes, elles protègent le bois durablement et de façon naturelle. Facilement réalisables et très bon marché, elles sont préparées à base d'eau, de farine de blé ou d'orge, de pigments naturels et d'huile de lin.

La teinte traditionnelle est le rouge scandinave, appelé « rouge de Falun ». Cette peinture est conçue avec le pigment issu des scories de la mine de cuivre de Falun en Suède.

Les pays nordiques respectent un code couleur pour la peinture des bâtiments rustiques :

- le rouge pour les petites maisons, les annexes, les granges, les étables, etc. ;
- le jaune pour les maisons cossues ;
- le blanc pour les encadrements, les menuiseries, les angles des murs, les planches de rive ;
- le vert sapin pour les portes de granges et d'annexes.

Bois brûlé

Originnaire du Japon, cette technique est appelée *shou-sugi-ban* ou *yakisugi* (photos 21.4 et 21.5). Elle permet de protéger naturellement les bois de bardage par carbonisation sans en altérer les propriétés physiques.

Les lames de bardage sont ainsi brûlées en surface, créant une pellicule de bois carbonisé qui génère une protection contre les UV (principale source de vieillissement du bois), les intempéries et les insectes. Cette pellicule est obtenue après exposition au feu pendant une dizaine de minutes. La surface est ensuite brossée pour retirer les résidus, arrosée et séchée, puis de l'huile de lin y est appliquée pour en assurer la finition.

Cette technique est compatible avec l'ensemble des essences de bois. La variation du temps de carbonisation influe sur la teinte des lames et l'intensité du brossage joue sur la texture de la

RECETTE DE LA PEINTURE SUÉDOISE¹

Ingrédients :

- eau ;
- farine (blé ou seigle) ;
- ocre ou terre colorante ;
- sulfate de fer ;
- huile de lin ;
- savon noir liquide (ou savon de Marseille).

Pour préparer 10 l de peinture suédoise :

1. Dans une grande cocotte, délayer 700 g de farine dans 1 l d'eau puis ajouter encore 7 l d'eau. Chauffer cette préparation à feu doux en la remuant pendant 15 minutes. Le mélange se transforme en colle de farine.
2. Pigmenter cette colle végétale avec 2 kg de pigments, puis ajouter 200 g (ou 2 dl) de sulfate de fer. Chauffer la préparation à nouveau 10 à 15 minutes. Remuer avec un grand fouet pour bien incorporer le pigment et éviter que la peinture n'attache au fond de la cocotte.
3. Verser ensuite 1 l d'huile de lin, qui donne du mordant et de la résistance à la finition. Cuire à nouveau à feu doux pendant 1 quart d'heure, tout en remuant. Ajouter 10 cl de savon noir afin de favoriser l'émulsion de la peinture.
4. Une fois refroidie, la peinture est prête. Rectifier la consistance si besoin (normalement assez épaisse) avec un peu d'eau.

1. www.espritchabane.com.



▲ Photo 21.4. Échantillons de bardage en bois brûlé



▲ Photo 21.5. Mise en œuvre d'un bardage en bois brûlé sur une extension de maison individuelle à Nancy © Mil Lieux

matière. En jouant sur la profondeur des teintes et la diversité des textures, un large choix de finitions s'offre aux concepteurs.

21.2.6 Préservation du bois

Pour augmenter la durabilité d'un bois à l'extérieur, plusieurs solutions et différents traitements existent.

21.2.6.1 Traitement chimique

Traitement en surface

Ce traitement est appliqué par aspersion, par badigeon ou par trempage court dans un bac contenant des produits organiques ou des émulsions avec des molécules actives qui restent à la surface du bois. Les produits utilisés sont insecticides, fongicides et parfois anti-termite. La pénétration du produit dépend de l'imprégnabilité naturelle du bois. Elle n'excède pas quelques millimètres.

Le traitement par trempage fait couramment l'objet d'une coloration jaune. Sur le chantier, si les pièces de bois nécessitent d'être retaillées, la solution de traitement est appliquée par badigeon sur les coupes.

Ce traitement permet d'obtenir une classe d'emploi de 1 à 3.1.

Traitement par imprégnation sous pression (autoclave)

Ce traitement consiste à imprégner le bois en profondeur avec un produit de préservation grâce à un système de vide/pression en autoclave. Le bois est mis sous vide afin de retirer l'air présent dans ses cellules ; un produit en phase aqueuse est alors injecté sous pression, de manière à le faire pénétrer dans tout l'aubier sensible, durant une période variable selon l'essence.

Si ce procédé ne permet pas un traitement « à cœur » du bois, la pénétration du produit se fait sur quelques centimètres, en fonction de l'imprégnabilité du bois. Le produit d'imprégnation est d'autant plus efficace sur du bois non purgé d'aubier, l'aubier étant en général plus imprégnable que le duramen. Des pigments de coloration peuvent être associés aux produits de traitement. On retrouve couramment des produits autoclaves verts, marron et gris dont les couleurs s'atténuent rapidement avec le temps. Sur le chantier, si les pièces de bois nécessitent d'être retaillées, la solution de traitement est appliquée par badigeon sur les coupes.

Ce traitement permet d'obtenir une classe d'emploi de 3.2 à 4.

Réglementation

Ces traitements chimiques utilisent des produits dits « biocides » qui empêchent le développement d'organismes pouvant être nuisibles au bois. Leur

emploi est régi par le règlement Biocodes 98/8/CE¹ à l'échelle européenne.

Les exigences réglementaires relatives aux matériaux en bois ou aux dérivés du bois non imputrescibles pour les constructions sont définies dans :
- la loi n° 99-471 du 8 juin 1999 tendant à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages ;

- le décret n° 2006-591 du 23 mai 2006 relatif à la protection des bâtiments contre les termites et autres insectes xylophages.

Dans ce cadre législatif, il est demandé à tous les bois ou matériaux à base de bois (de type panneaux) participant à la solidité de la structure des bâtiments neufs de justifier d'une résistance contre l'action des insectes à larves xylophages et des termites.

21.2.6.2 Traitement à haute température

Ce traitement consiste à chauffer les éléments de bois à une température pouvant aller jusqu'à 280 °C, afin d'extraire toute l'eau contenue dans le bois, jusqu'à l'eau de constitution. Cette pyrolyse ménagée entraîne une modification de certains composés du bois, le rendant plus durable face aux agents de dégradation, mais en même temps plus fragile.

Ce chauffage modifie de façon significative la couleur du bois selon la température atteinte. Une odeur caractéristique vient également marquer ces bois traités.

Les bois traités restent soumis au grisaillement sans application de finitions.

L'avantage principal de ce traitement est de permettre d'utiliser en extérieur des bois à faible durabilité naturelle (tels que le hêtre, le peuplier, le frêne...) sans adjonction de produits chimiques. Ils permettent d'atteindre une classe d'emploi de 1 à 4.

21.2.6.3 Bi-oléothermie

Ce traitement consiste à réaliser un double trempage du bois dans des huiles chaudes. Le premier bain qui se fait dans de l'huile à 100 °C permet d'évacuer l'eau résiduelle du bois, tandis que le second bain, à 80 °C, permet aux huiles de pénétrer dans le bois. Le pouvoir hydrophobe de l'huile permet de stabiliser le bois et de diminuer sa sensibilité aux champignons.

Des pigments de coloration peuvent être ajoutés pour augmenter la durabilité des huiles face aux UV.

Ce traitement est adapté aux bois possédant une bonne imperméabilité.

1. Règlement (UE) n° 528/2012 du Parlement européen et du Conseil du 22 mai 2012 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides, dit « RPB ».



▲ Coussin en lin du plafond de la mezzanine © Helene Høyer Mikkelsen



▲ Grand salon partagé © Helene Høyer Mikkelsen



▲ Algues habillant les murs et la toiture de la maison © Helene Høyer Mikkelsen



▲ Préfabrication sur site des caissons isolés avec les algues © Helene Høyer Mikkelsen



▲ Détail des boudins d'algues © Helene Høyer Mikkelsen

Casa Rode, Chonchi (Chili)

Surface : 200 m²
Livraison : 2017

Maîtrise d'ouvrage

Privée

Maîtrise d'œuvre

Architecte : Pezo von Ellrichshausen (Mauricio Pezo, Sofia von Ellrichshausen)

Système constructif

Mur à ossature bois, toiture en treillis

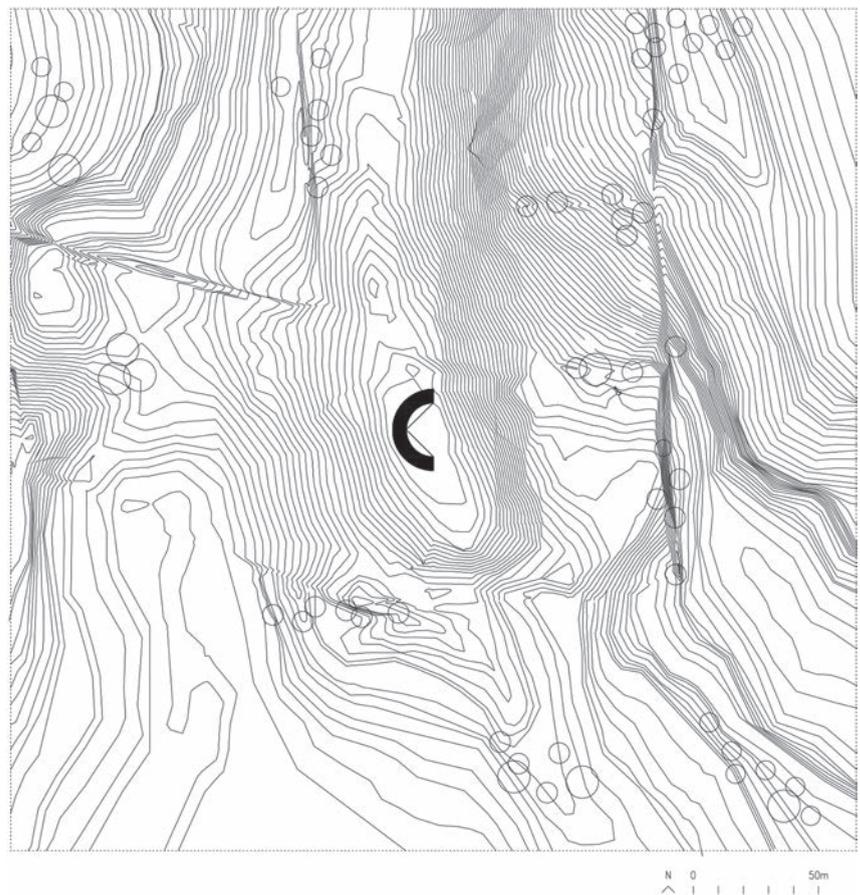
Bois employé

Charpente et ossature : chêne local
Bardage extérieur : drimys ou cannelle de Magellan
Bardage intérieur, parquet, plafond, mobilier : tepa (*Laureliopsis*)
Bardeau de toiture : mélèze local

C'est une maison du bout du monde, radicale dans sa matérialité, sa géométrie et sa typologie que livre l'agence chilienne Pezo von Ellrichshausen. Fortement influencée par les travaux artistiques de ses concepteurs (peintures et installations), la maison se veut également juste dans son approche car sa composition reflète une lecture attentive du paysage, du territoire et de son histoire.

Présentation architecturale

L'île de Chiloé et son archipel se situent dans cette partie du Chili où le littoral commence à se déchiqeter en d'innombrables îlots pour former, tout au Sud, la Terre de Feu, extrémité du continent américain. C'est une partie du monde où la nature y est belle tout autant que terrible et sauvage. Les architectes ont conçu la Casa Rode comme un abri pour l'Homme, tout en établissant un dialogue avec les éléments. La forme du plan en demi-couronne – figure comprise entre deux cercles concentriques – et son orientation se caractérisent par une certaine radicalité :



▲ Plan masse

construite sur un promontoire, la maison tourne le dos à l'ouest tout en s'ouvrant généreusement à l'est pour embrasser le paysage et sublimer la vue sur la mer intérieure qui sépare l'archipel du continent. L'accès à l'habitation s'effectue par un volume indépendant, construit sur plan carré, venant se greffer à l'angle sud-ouest. Quant au cœur du projet, la cour pavée intérieure, elle est

naturellement protégée des vents violents du littoral.

Le plan et la distribution y sont atypiques et ne ressemblent à aucun modèle. Au contraire, les concepteurs interrogent, tout en les déstructurant et en les brouillant, les notions d'espaces servants et servis. Aucune hiérarchie évidente n'apparaît entre les pièces et seule leur position

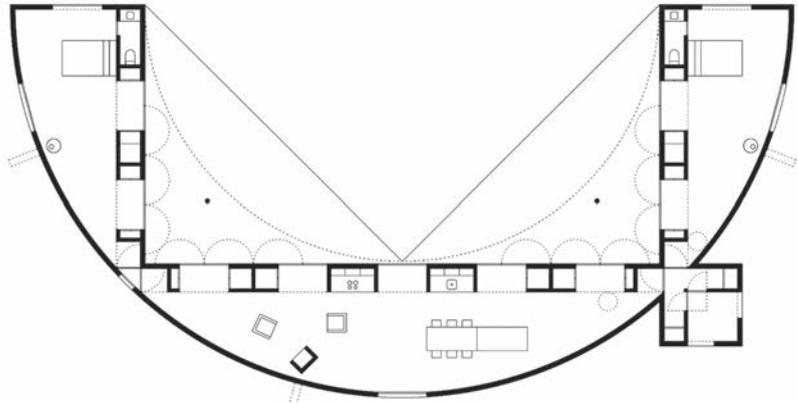


▲ Peinture représentant la maison en perspective axonométrique plafonnante © Pezo von Ellrichshausen

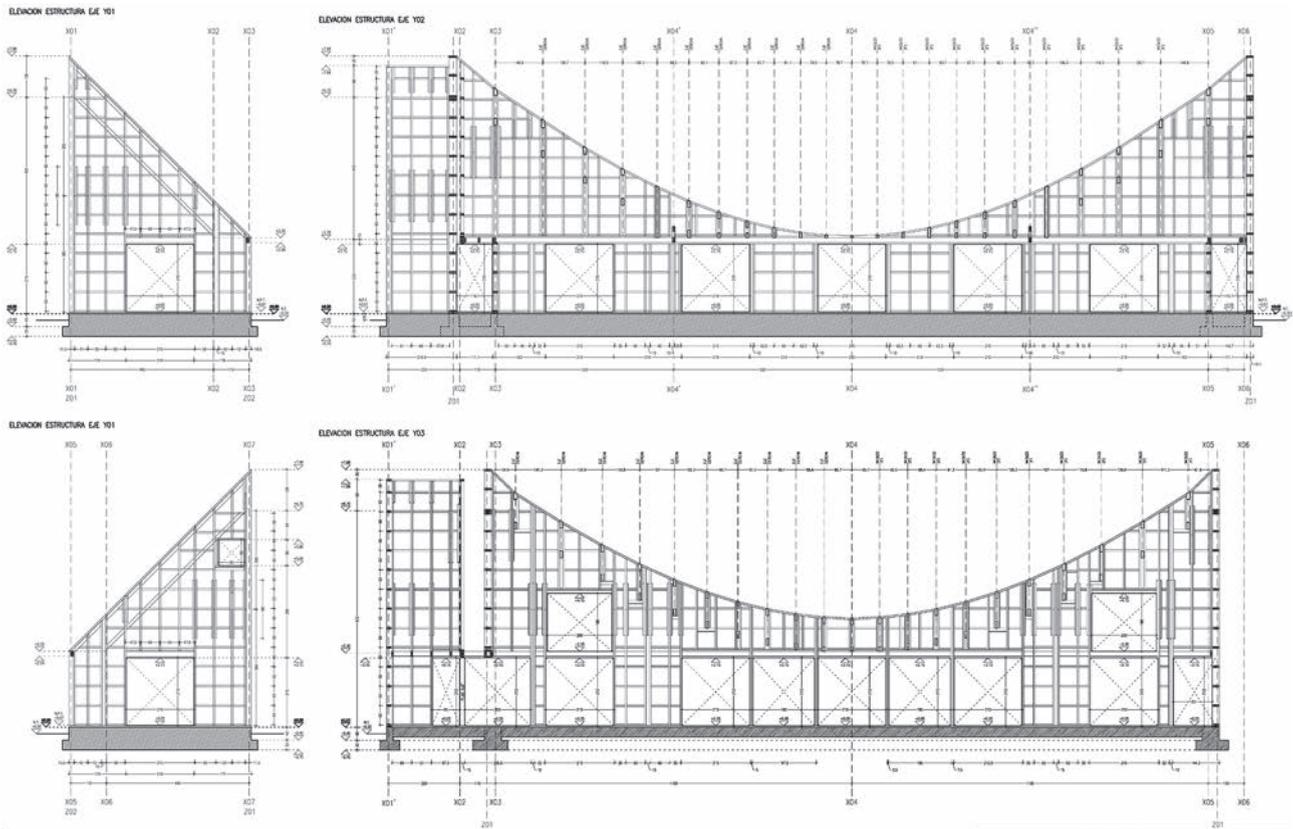
respective au sein de la demi-couronne permet de les distinguer. Sur les deux petits côtés, on retrouve deux chambres, diamétralement opposées, tandis que l'espace central est dédié à la pièce de vie. Les cloisons sont inexistantes et les pièces techniques se logent dans l'épaisseur de la façade sur cour. Celle-ci est traitée comme un grand meuble en bois, alternant les pleins

des éléments techniques (sanitaires, cuisine, rangement, etc.) et les vides des menuiseries. Les architectes sont fascinés par la géométrie, ajoutant au travail en plan décrit plus haut, une recherche en trois dimensions. Ils définissent ainsi la maison comme « la rencontre interrompue entre un cône et un cylindre », rencontre qui induit une imposante toiture côté cour et qui, à l'intérieur, dessine un volume sous plafond

imposant et écrasant. On pourrait penser que cette rigueur géométrique s'associe à une volonté de symétrie appuyée. Il n'en est rien. Au contraire, c'est l'asymétrie qui y est soulignée et mise en avant. Par exemple, les deux chambres ne disposent pas de la même orientation et quand une profite de la lumière « chaude et jaune » directe du soleil, l'autre est baignée d'une « lumière bleue et indirecte ». À l'extérieur, la différenciation est



▲ Plan du rez-de-chaussée



▲ Élévations structurelles



▲ Inscription de la maison dans le paysage © Pezo von Ellrichshausen

également marquée : la façade ouest, traitée comme « un refuge fortifié, massif et hermétique » s'oppose à une façade est plus accueillante, ouverte et abritée par un large débord de toiture, semblant uniquement soutenu par deux imposants poteaux oblongs en bois.

Système constructif

Les architectes sont reconnus pour l'utilisation du béton et du bois – leurs matériaux de prédilection – à travers des jeux de mixité subtiles et

complexes. Mais dans la Casa Rode, c'est surtout la matière ligneuse qui est sublimée.

En structure tout d'abord, la charpente se compose de 45 poutres treillis en chêne massif de 80 cm d'épaisseur pour une portée maximale de 7,60 m. Elles se répartissent le long des radiales passant par le centre de la demi-couronne, positionné au centre de la cour intérieure. Les murs sont composés de cadres à ossature bois dont les lisses horizontales et les montants verticaux forment des carrés de 60 cm de côté. Positionné

à 2,15 m de hauteur, le linteau des menuiseries correspond à la lisse de chaînage de l'ensemble et du point bas de la toiture. Bien que le canevas apparent semble rigide, les menuiseries prennent des libertés avec cette trame de 60 cm. En effet, elles ne semblent respecter aucun ordre logique, si ce n'est d'offrir la baie la plus large possible, systématiquement carrée et cadrant des vues précises vers le paysage. Dans les chambres, deux petites fenêtres rondes en toiture apportent de la lumière zénithale.



▲ Maquette de principe



▲ Maquette structurelle

Pour le second œuvre, là encore, le bois est partout. À l'intérieur, le bois local de tepa – natif de cette région du Chili et d'Argentine – est utilisé sous forme de planches pour l'habillage du plafond et de la cheminée, le parquet, les menuiseries et le mobilier. Toutes les pièces reçoivent ce même traitement radical, que viennent uniquement perturber deux piliers en béton dans les chambres.

Trois types de bardages différents cohabitent à l'extérieur. Protégée par l'avant-toit, la façade sur cour est habillée de planches en tepa posées à la verticale. Le reste de la façade est revêtue de cannelle de Magelan (ou drymis) posées en clins, à l'horizontale, tandis que le tavaillon de bardeau traditionnel – de 10 x 60 cm – en mélèze recouvre la toiture.

Un projet inscrit dans son contexte

Le choix des essences de bois n'est pas l'effet du hasard ; il permet d'inscrire la maison dans son contexte et dans l'histoire de son territoire. Comme beaucoup de lieux insulaires, l'île de Chiloé a développé un mode de vie et une économie tournés vers la mer. Tout naturellement, un artisanat de charpentier maritime s'y est développé pour la construction des navires. C'est à ce savoir-faire ancestral, ainsi qu'aux nombreuses églises en bois datant de la conquête espagnole – les plus vieilles encore debout au Chili – que rend hommage la Casa Rode.

Par son approche constructive, le projet s'inscrit dans la démarche *low-tech*. Le bois utilisé est uniquement local, issue de l'île, et bien que mettant en œuvre des formes complexes – comme les poutres treillis –, l'ensemble est conçu à l'aide de petits éléments en bois massif.



▲ Vue de l'entrée © Pezo von Ellrichshausen



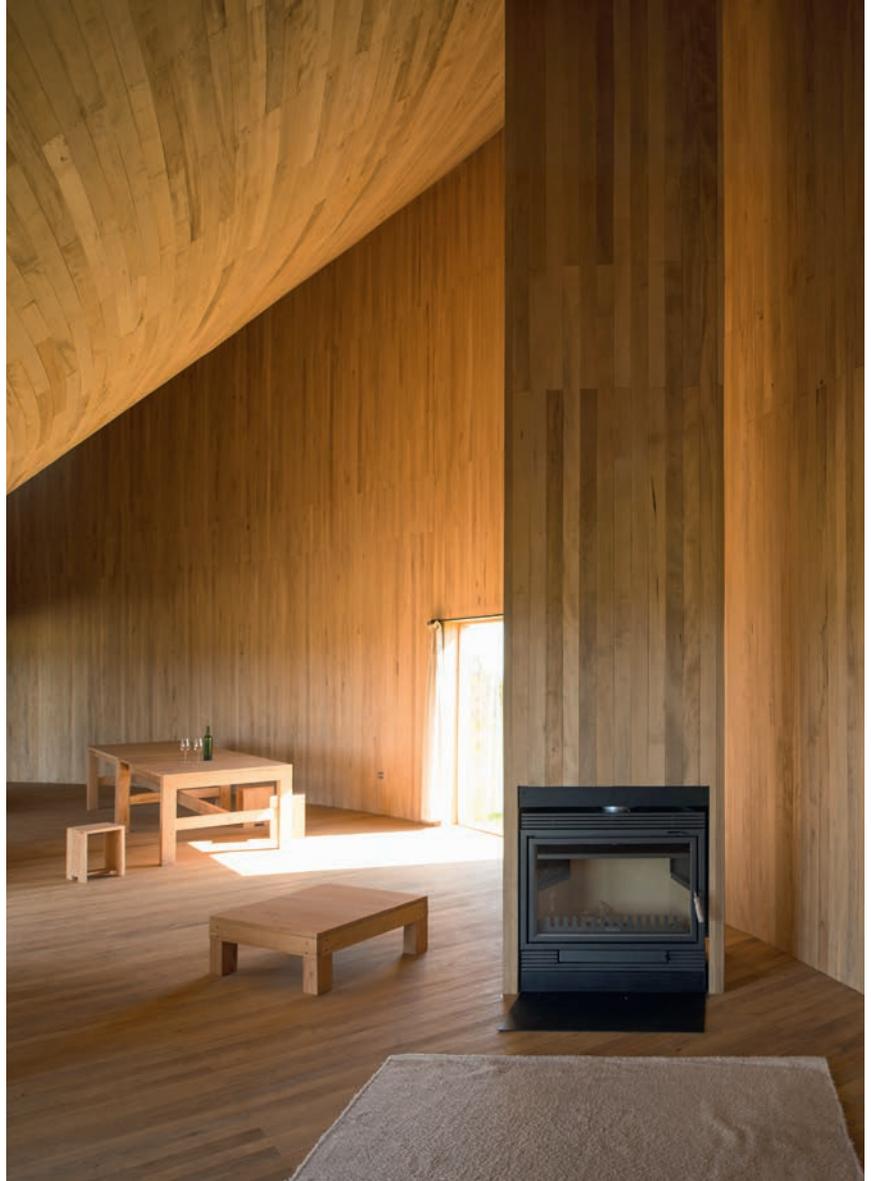
▲ Détail de la façade sur cour © Pezo von Ellrichshausen



▲ Volume intérieur, entre ombre et lumière

Conclusion

Mauricio Pezo et Sofia von Ellrichshausen utilisent souvent l'art dans le processus de conception de leurs projets. Peintures, aquarelles ou maquettes conceptuelles s'inscrivent dans un vaste champ de recherche plastique sur la définition des espaces. Leurs habitations sont ainsi pensées comme une forme d'art global. Dans la Casa Rode, cette impression se ressent, tout particulièrement à l'intérieur, en dégageant une force quasi mystique, faite d'ombre et de lumière. Les îles Chiloé ont développé une mythologie ancienne qui leur est propre et cette maison semble être, par sa forme et sa matérialité, la demeure d'esprits et autres génies des lieux : « Sachant que l'île est non seulement connue pour ses mythes et légendes exubérants, mais aussi pour ses connaissances raffinées en menuiserie artisanale, nous souhaitons qu'une partie des connaissances locales éclairent notre projet tout en mettant en avant des techniques oubliées. »



▲ Seule la cheminée brise l'omniprésence du bois © Pezo von Ellrichshausen

CONSTRUIRE AVEC LE BOIS

Aujourd'hui, le bois est présent partout : dans l'habitat individuel, le logement collectif, les bâtiments publics, les équipements de loisirs, les bureaux, les commerces, etc. Son marché le plus important reste la maison individuelle, mais réhabilitation et extension offrent d'autres débouchés intéressants. Alors que la densification de l'existant est nécessaire pour répondre à la forte demande de logements sans céder à l'étalement urbain, la souplesse et la légèreté du bois peuvent faire des merveilles. Les propriétés mécaniques du bois permettent dorénavant de construire plus haut et plus grand.

L'objectif de cet ouvrage est de **fournir les éléments techniques et réglementaires indispensables pour construire avec le bois**. Une bonne connaissance de la structure du bois, de son comportement, des différentes essences disponibles, des produits dérivés, des lois qui régissent son assemblage et son collage ainsi que des méthodes de protection et d'habillage permettent d'optimiser la conception et la mise en œuvre des constructions en bois.

Avant tout pratique, ce livre illustré :

- expose **les évolutions qui ont marqué la filière bois** au cours des dernières décennies (l'exploitation de la forêt, les caractéristiques physiques de la matière bois et sa transformation en matériaux de construction) ;
- décrit **les différents produits issus de cette filière** ainsi que leurs caractéristiques, gamme toujours plus étendue des produits dérivés et leurs applications ;
- détaille **les systèmes constructifs à l'œuvre** dans les constructions en bois (parois extérieures, planchers, couvertures, charpentes, etc.) ;
- propose **des solutions techniques** pour la composition de murs, planchers et toitures acoustiquement et thermiquement performants, en particulier des typologies de parois perspirantes, sans pare-vapeur ;
- précise **les exigences pour la protection** contre les incendies et les risques sismiques.

Enfin, l'ouvrage se termine par **la présentation détaillée de 23 bâtiments inspirants**, réalisés en France ou dans d'autres pays comme l'Autriche et la Suisse en Europe, mais aussi le Japon, le Chili et le Brésil. Construits en zone rurale ou en milieu urbain dense, de petite échelle ou de grande envergure, ces exemples couvrent tous les types de programmes. Comme la construction en bois se prête à une large palette formelle, leur esthétique oscille entre le minimalisme des vorarlbergeois Hermann Kaufmann ou Dietrich Untertrifaller et les formes organiques du hongrois Imre Makovecz. Parmi les concepteurs français, des pionniers côtoient de jeunes agences très créatives.

MATTHIEU FUCHS est architecte HMONP et titulaire du master « Architecture-bois-construction » de l'Enstib d'Épinal. Il exerce une activité de praticien au sein de l'agence Mil Lieux à Nancy et d'enseignant, en tant que maître assistant associé, à l'Ensa de Nancy.

JULIEN MUSSIER est titulaire d'un diplôme d'état en architecture obtenu à l'Ensa de Nancy et du master « Architecture-Bois-Construction » de l'Enstib d'Épinal. Il exerce son activité au sein de l'atelier d'architecture HAHA.

Sommaire

Évolutions de la construction bois

Le bois et ses dérivés

Conception et mise en œuvre des ouvrages en bois

Réalisations exemplaires

Réglementation

