

Mise en œuvre du bois

par **François PLASSAT**

Ingénieur de l'École Supérieure du Bois

Chef de la section Meubles au Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA)

1. Bois massif.....	B 7 304 - 3
1.1 Caractéristiques macroscopiques et aspect du bois	— 3
1.2 Caractéristiques physiques.....	— 4
1.3 Caractéristiques mécaniques.....	— 7
1.4 Durabilité naturelle ou conférée.....	— 7
1.5 Principales singularités du bois.....	— 8
1.6 Dimensions et appellations commerciales.....	— 8
2. Panneaux dérivés du bois.....	— 10
2.1 Panneaux contreplaqués.....	— 11
2.2 Panneaux de lamibois.....	— 11
2.3 Panneaux de particules.....	— 11
2.4 Panneaux de fibres.....	— 11
2.5 Panneaux fibragglo	— 12
2.6 Panneaux en bois massif reconstitué	— 12
2.7 Le bois dans les composites modernes.....	— 12
3. Revêtements associés aux panneaux.....	— 12
3.1 Placages de bois.....	— 12
3.2 Revêtements stratifiés.....	— 13
3.3 Revêtements mélaminés.....	— 13
3.4 Films de PVC et d'ABS	— 13
3.5 Films de papier	— 13
3.6 Autres revêtements	— 14
4. Assemblages	— 14
5. Protection de surface et finition	— 22
5.1 Préparation des surfaces.....	— 22
5.2 Constituants des produits.....	— 22
5.3 Produits	— 24
5.4 Application des produits.....	— 25
Pour en savoir plus.....	Doc. B 7 309

Une même essence de bois présente, selon son lieu de croissance, des caractéristiques biologiques qui peuvent varier considérablement : un hêtre de montagne (Pyrénées) et un hêtre de plaine humide (Normandie) présentent des cernes d'accroissement très différents en concentricité et en largeur, déterminant des résistances mécaniques non identiques (écart pouvant atteindre 15 %) et des comportements en stabilité allant du prévisible à l'aléatoire.

La masse volumique varie également, pour une même essence, dans une fourchette pouvant atteindre 20 % de la valeur moyenne. Le même bois générique, approvisionné en volumes importants, donc de provenance non homogène, peut alors présenter des dispersions de caractéristiques parfois gênantes pour l'industrie.

On trouvera les dispersions les plus faibles dans une essence de bois provenant d'une même plantation ou d'une même zone géographique, où un même sol et un même climat ont engendré des arbres de même âge, de même taille et de même constitution. L'identification d'un lot à sa forêt d'origine constitue donc pour l'acheteur de bois une plus-value de confiance en la constance des caractéristiques, et assure entre autres, dès qu'un volume important est recherché, le succès des chênes, merisiers et ormes américains pour le meuble, ou celui des résineux du Nord (pins sylvestre et épicéa de Scandinavie ou de Russie du Nord) pour la charpente industrielle.

Il est donc normal et industriel de négocier l'achat du bois à l'aide de cahiers des charges où plusieurs paramètres, directement observables ou mesurables de façon simple, sont affichés dans une fourchette de niveaux acceptables, dans la limite toutefois de tolérances raisonnables, compatibles avec ce que le bois peut offrir.

En effet, un lot de bois se prête difficilement à la rigueur des contrôles qualité tels qu'on peut les pratiquer dans l'industrie mécanique : il faudra toujours tenir compte de déviations dues à l'obligation de rentabiliser les grumes pour le scieur, sauf si l'on accepte d'y mettre le prix.

On appelle **dérivés du bois** l'ensemble des matériaux utilisant la matière bois transformée comme base principale, les plus utilisés étant les panneaux : contreplaqués, particules, fibres, etc. **Pourquoi des panneaux ? Deux raisons importantes expliquent l'intérêt de ces produits, l'une économique, l'autre technique et utilitaire.**

La matière bois présente des qualités et des critères d'utilisation variables, non seulement d'une essence à l'autre, mais aussi à l'intérieur d'une même essence : **toute la matière disponible n'est pas valorisée au même prix.** En particulier, tout ce qui ne se retrouve pas dans les produits finis : bois de chablis ou d'éclaircie, rémanents, copeaux, chutes diverses, etc., est de peu de valeur marchande, mais peut être **recyclé** en étant rassemblé, broyé, déchiqueté, défibré, et peut donner lieu à une matière bois reconditionnée, avec ou sans apport de liant, pour donner avantageusement papier, carton, panneaux de fibres ou de particules. Le prix de vente de ces derniers en fait des matériaux très compétitifs, à volume égal, par rapport au moins cher des bois massifs vendus en plots. Si l'on considère les rendements au débit, les panneaux (85 à 95 %) l'emportent largement sur les plots massifs (45 à 55 % sur du chêne pour le meuble par exemple). Les panneaux constitués d'éléments nécessitant un approvisionnement en bois plus nobles et plus entiers, généralement produits dans des unités plus petites que celles de l'industrie lourde des particules ou des fibres, sont en revanche plus chers, de prix comparables aux prix de bois massif de qualité : contreplaqués, lattés, lamibois.

La deuxième raison est double : ce sont les **besoins combinés de grandes surfaces et de stabilité dans l'espace** qui rendent les panneaux indispensables. On ne peut garantir à la longue, pour un panneau constitué de planches de bois jointées, ni la conservation des dimensions (qui varient avec l'état de l'air ambiant dans des proportions importantes), ni celle de sa planéité initiale (les tensions internes pouvant se libérer). Le panneau, lui, offre, dans des conditions de mise en œuvre maîtrisables, un comportement beaucoup plus fiable dans l'espace et dans le temps. En fait, comme dans d'autres domaines, la division puis la reconstitution de la matière permettent de la domestiquer, tout en la rendant plus stable.

En revanche, les performances mécaniques des panneaux sont moins élevées que celles du bois : les modules d'élasticité en flexion sont de moitié pour les contreplaqués, du quart pour les panneaux de particules ou de fibres de densité moyenne, les valeurs de traction perpendiculaire (tenue des vis) sont inférieures, mais les emplois de ces panneaux s'en accommodent fort bien.

Le principal intérêt des dérivés du bois réside dans leur valeur technico-économique, qui offre des débouchés remarquables à l'industrie des filières bâtiment, agencement, meubles. Le summum semble être atteint lorsque l'on réassocie, cette fois pour des besoins à la fois de stabilité et de décoration, le bois massif au panneau, par exemple dans les parquets flottants modernes, dont la pose ultrasimple est à la portée du bricoleur.

Les entreprises de la filière sont très différentes les unes des autres : à l'état **massif**, le bois est travaillé dans les scieries, menuiseries (**industrielles**, qui vendent des produits sur catalogue, ou **de bâtiment**, qui travaillent sur devis pour des chantiers de construction et assurent la pose), parqueteries, fabriques d'emballages, fabriques de charpentes (fermettes industrielles ou lamellées-collées), producteurs de meubles et de sièges. Les fabriques de meubles dits d'**ébénisterie** utilisent le bois tranché en placage, et le plaquent sur un support en bois massif ou en panneau.

Les panneaux contreplaqués et lattés sont produits dans des unités de taille moyenne ou petite qui comportent des chaînes de déroulage, leurs débouchés principaux étant le bâtiment, l'agencement et la caisserie.

Les panneaux de particules et les panneaux de fibres sont fabriqués dans des unités lourdes de grands groupes industriels. Ils nécessitent un ratissage important de matière première bois, constituant ainsi un élément primordial de recyclage des sous-produits de la filière. Les panneaux de particules sont principalement employés dans le bâtiment et l'agencement (70 %) où ils sont utilisés sous leur forme brute : cloisons, planchers, sous-toitures, doublages de murs, ou mélaminée : agencement, décoration, et dans l'ameublement (30 %). Les panneaux de fibres sont réservés aux usages d'agencement et d'ameublement.

Les usines utilisant les panneaux comme matière première sont principalement les unités de production de meubles en grande série, de gamme économique ou moyenne, plus rarement de haut de gamme (meubles contemporains), qui sont construits en caisses porteuses constituées de panneaux plaqués (placage mince de bois) ou revêtus (stratifiés, surfacés mélaminés, papiers décors).

Le lecteur pourra se reporter utilement aux articles **Bois et matériaux dérivés** [C 925], **Menuiserie bois** [C 3 610], ou encore **Charpentes en bois** [C 2 440], **Parquets et revêtements de sol en bois** [C 3 682] pour l'aspect bâtiment dans le traité Construction.

1. Bois massif

Le bois (ou xylème) désigne le tissu conducteur lignifié secondaire des gymnospermes (arbres à aiguilles ou conifères ou résineux) et des angiospermes (arbres à feuilles ou feuillus). Cette origine végétale du bois explique ses particularités, mais aussi sa richesse et sa variété. Matériau aux caractéristiques variables, présentant des singularités plus ou moins marquées, il se distingue sur ce plan des matériaux artificiels ou de synthèse.

Le bois est à la fois hétérogène, anisotrope et hygroscopique :

- **hétérogène**, car les cellules qui le composent sont de nature et de forme différentes, sa densité est irrégulièrement répartie et des singularités de croissance différencient chaque pièce ;
- **anisotrope**, car il présente une structure cellulaire qui est orientée. Cet agencement cellulaire apparaît différemment selon les trois plans d'observation du bois (figure 1) :

- le plan transversal, perpendiculaire à l'axe du tronc,
- le plan radial passant par l'axe,
- le plan tangentiel, passant à une distance variable de l'axe.

De même, les caractéristiques physiques et mécaniques du bois varient selon ces directions ;

— **hygroscopique**, car il est susceptible de perdre ou de reprendre de l'humidité en fonction de la température et surtout de l'humidité relative de l'air ambiant.

Les caractéristiques du bois restent donc celles d'un matériau naturel, variables d'une espèce à l'autre. Il existe plusieurs milliers d'espèces d'arbres susceptibles de fournir du bois, même si, en Europe, seulement une centaine d'essences ont une réelle importance commerciale.

1.1 Caractéristiques macroscopiques et aspect du bois

Le bois est une matière ligneuse élaborée par un organisme vivant au milieu d'un écosystème. L'ensoleillement, la nature du terrain, l'altitude, la température, la pollution atmosphérique... interviennent directement sur la croissance des arbres. L'épaisseur de l'aubier, la largeur des cernes d'accroissement, le grain, les pentes de fil... sont les marques visibles de cette croissance et révèlent en grande partie les qualités intrinsèques du matériau bois (figure 2).

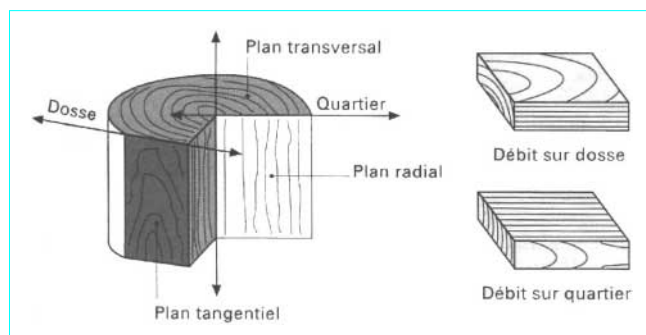


Figure 1 – Trois plans d'observation du bois

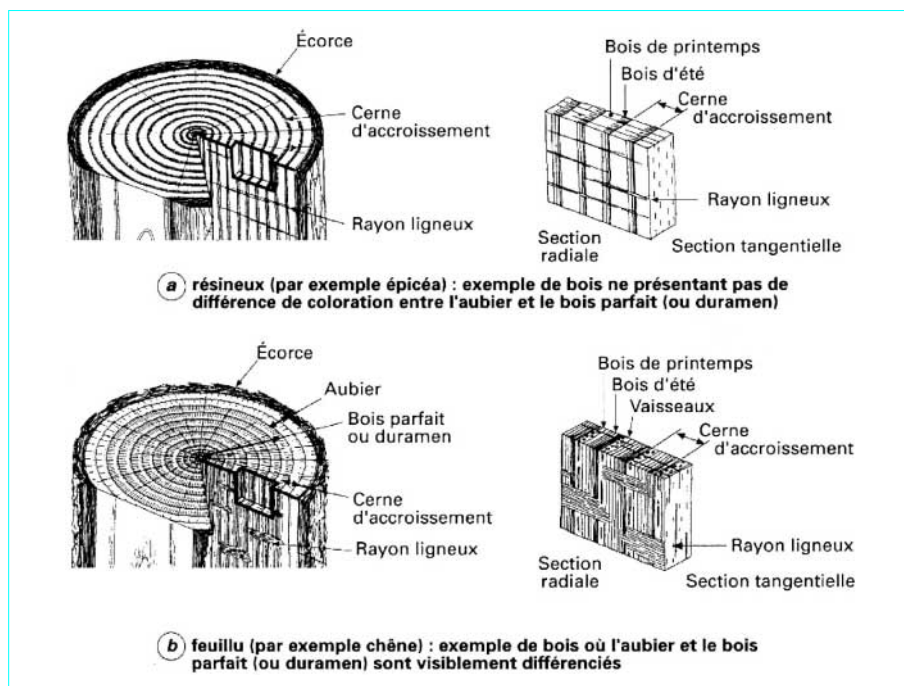


Figure 2 – Structure du bois : résineux et feuillus

■ **Cernes d'accroissement, bois initial et bois final** : pendant la période de végétation active, au printemps et en été en zone tempérée, pendant les saisons humides en zone tropicale, l'arbre engendre un anneau de vaisseaux appelé **cerne d'accroissement**.

Quand le diamètre des vaisseaux est identique au cours de toute la période de végétation, les cernes d'accroissement sont très peu visibles ou invisibles à l'œil nu, le bois est dit **homogène** (hêtre, érable, peuplier, etc.).

Pour les essences dites **hétérogènes** de la zone tempérée (chêne, châtaignier, frêne, orme, etc.), une zone poreuse apparaît, ce qui rend les cernes d'accroissement nettement visibles à l'œil nu. Au début du printemps, la sève est abondante, les vaisseaux sont constitués de cellules à parois minces et à lumen (lumière) de gros diamètre ; ils forment la couche de **bois initial**, dite **bois de printemps**. La seconde partie des cernes d'accroissement constitue le **bois final**, ou **bois d'été** ; les parois cellulaires sont plus épaisses et les lumens plus petits, ce qui rend le bois final plus dense, plus dur et plus foncé.

Nota : cette différence de structure entre le bois initial et le bois final peut être à l'origine de difficultés d'usinage en bois de bout.

La **texture** est le rapport entre la largeur du bois final et la largeur totale du cerne d'accroissement. Un bois à texture forte contient une forte proportion de bois final, un bois à texture faible en comporte peu.

■ **Grain et fil** : l'architecture des tissus cellulaires d'un cerne d'accroissement est spécifique à chaque espèce, elle constitue ce que l'on appelle le **plan ligneux**. Les essences feuillues et les essences résineuses se différencient fortement par la structure de leur plan ligneux.

Le **grain** est l'impression visuelle que procure, selon le cas, la grosseur des pores (ou vaisseaux) pour les feuillus, et la finesse et la régularité des cernes d'accroissement pour les résineux. On parle ainsi de grain fin ou serré (hêtre, noyer, merisier, etc.), de grain moyen (okoumé, movingui), de grain large ou grossier (chêne, châtaignier). En pratique, la finesse du grain est souvent déterminée par la largeur des cernes d'accroissement.

Le **fil** traduit l'orientation des fibres du bois qui sont des cellules allongées dans le sens axial. Des accidents de croissance de l'arbre (courbure du tronc, coup de vent, blessures, etc.) ou la présence de nœuds (branches) peuvent venir perturber la direction du fil qui est normalement droite et parallèle à l'axe de l'arbre. De même, certaines essences présentent des irrégularités de fil (fil ondulé, fil tors, contrefil, etc.) qui peuvent être recherchées pour leur effet décoratif, mais qui peuvent aussi perturber le séchage ou l'usinage du bois.

Nota : en particulier, le contrefil est souvent à l'origine de problèmes d'usinage, car il peut engendrer des éclats ou des arrachements. La valeur de l'angle de coupe est un élément important pour limiter ces inconvénients.

■ **Aubier et bois parfait** : les cernes d'accroissement les plus récents constituent l'**aubier** qui correspond au bois physiologiquement actif. Au fur et à mesure que l'accroissement de l'arbre en diamètre se poursuit, les cernes refoulés vers l'intérieur *meurent* en se chargeant éventuellement en substances variées (tanin, gommés). Cette transformation progressive en **bois parfait** ou **duramen** est appelée *duraminisation*.

Chez certaines essences (chêne, châtaignier, pins, mélèze, etc.) à bois parfait distinct, l'aubier est en général plus clair que le duramen (improprement appelé *bois de cœur*), on dit alors qu'il est différencié. Chez d'autres essences (sapin, épicéa, peuplier, érable, etc.), il n'y a pas de différence de coloration entre le centre et les cernes externes du tronc, l'aubier ne se distingue pas visuellement du duramen.

1.2 Caractéristiques physiques

Sur le plan physique, le bois est caractérisé par :

- son **taux d'humidité**, c'est-à-dire par le pourcentage d'eau qu'il contient ;
- sa **masse volumique**, variable avec le degré d'humidité ;
- sa **rétractabilité**, qui traduit sa propriété à diminuer ou à augmenter de dimensions lorsque son taux d'humidité varie.

■ **Taux d'humidité et équilibre hygroscopique** : l'humidité ou taux (degré) d'humidité du bois est la quantité d'eau qu'il renferme, exprimée en pourcentage de sa masse à l'état anhydre.

Au moment de l'abattage (bois vert), le bois renferme une quantité d'eau considérable et peut contenir plus d'eau que de matière bois, parfois deux fois plus pour certains peupliers. L'humidité est alors supérieure à 100 %. Les vides cellulaires d'un bois vert sont remplis d'eau libre. Elle s'évacuera progressivement par évaporation, sans que le bois ne subisse de retrait ou de déformation : c'est la phase dite de *ressuyage*. Lorsque l'eau libre a entièrement disparu, il ne reste que l'eau liée qui imprègne les membranes des cellules. Le départ de cette eau liée entraîne des phénomènes de retrait et de déformation.

Le point de saturation des fibres, au-dessous duquel se manifeste le *jeu du bois*, est de l'ordre de 30 % pour toutes les essences.

En fonction de la température et surtout de l'humidité de l'air ambiant, le bois se stabilise à une humidité d'équilibre, dite équilibre hygroscopique, qui est pratiquement indépendante de l'essence du bois (figure 3).

Sous le climat tempéré de la France métropolitaine pendant la période la plus sèche, les conditions atmosphériques sont en moyenne de 20 °C de température et 70 % d'humidité relative de l'air, ce qui correspond à un équilibre hygroscopique du bois d'environ 13 %. Pendant la période la plus humide, la température moyenne est de 0 à 5 °C et l'humidité relative de 85 %, ce qui se traduit par un équilibre hygroscopique du bois de l'ordre de 19 %.

Ainsi, un ouvrage en bois exposé à l'extérieur (fenêtres, volets, bardages) verra son humidité tendre vers 13 % en été et vers 19 % en hiver. Pour que le jeu du bois soit minimal, il faudra que son humidité, au moment de l'usinage, se situe au milieu de la fourchette de variation, soit 15 à 16 %. Pour des ouvrages situés en intérieur (parquets, meubles, agencement), l'humidité du bois devra être encore plus basse, c'est-à-dire de 8 à 12 %.

Nota : une humidité élevée (supérieure à 15 %) est une source de peluchage par relèvement des fibres lors de l'usinage.

■ **Masse volumique** : c'est sans doute la plus importante de toutes les caractéristiques du bois, car elle exprime la quantité de matière ligneuse contenue dans un volume donné. C'est pourquoi elle permet d'apprécier, en première analyse, l'ensemble des propriétés et des aptitudes à l'emploi de l'essence. En particulier, la masse volumique est en corrélation étroite avec la dureté et l'ensemble des caractéristiques mécaniques.

La masse volumique, de même que les autres caractéristiques, varie bien évidemment avec le taux d'humidité. Aussi est-elle *généralement indiquée à 12 % d'humidité, qui est l'humidité de référence utilisée en Europe* pour établir les caractéristiques physiques et mécaniques du bois.

La masse volumique varie dans une large fourchette : de 150 kg/m³ pour les bois très légers comme le balsa, à plus de 1 000 kg/m³ pour les bois très lourds comme l'ébène. Elle est de l'ordre de 450-550 kg/m³ pour les essences résineuses, mais la fourchette est beaucoup plus large avec les essences feuillues : de 400 à 800 kg/m³ pour les bois les plus courants.

Nota : une masse volumique élevée n'est pas un critère de difficulté d'usinage, ni d'usure accélérée des arêtes tranchantes. En revanche, elle augmente les efforts de coupe, donc la puissance absorbée... et la fatigue de l'opérateur si l'usinage est réalisé manuellement.

Dans la pratique, la masse volumique du bois est souvent exprimée par sa densité (rapport entre la masse d'un volume de bois et la masse d'un même volume d'eau). Pour obtenir la masse volumique en kg/m³ à partir de la densité, il suffit de multiplier la densité par 1 000.

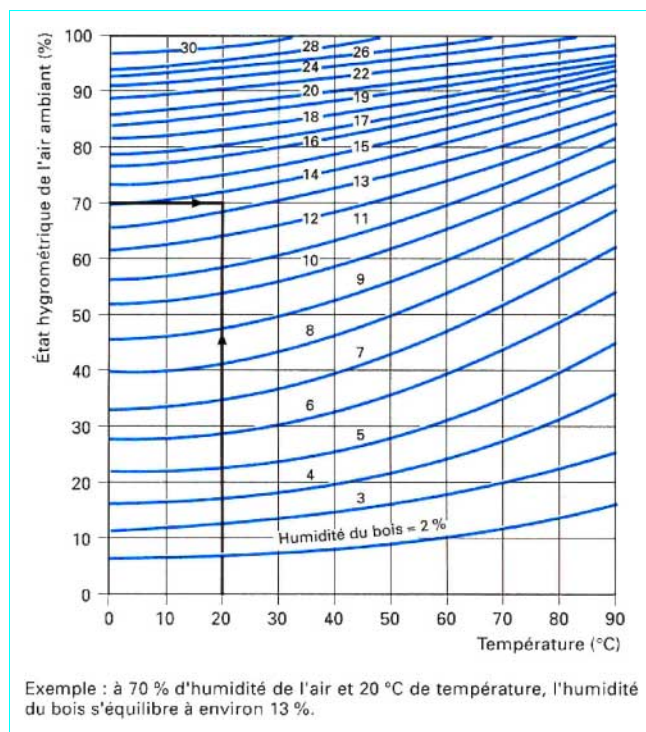


Figure 3 – Courbes d'équilibre hygroscopique du bois

■ **Rétractabilité** : le retrait et le gonflement du bois sont directement proportionnels à la diminution ou à l'augmentation de son taux d'humidité. L'amplitude des variations dimensionnelles observées dépend également de la direction par rapport au fil du bois (axiale, radiale ou tangentielle) et de l'essence. Chaque essence est caractérisée par trois coefficients de rétractabilité qui expriment les variations dimensionnelles d'une pièce de bois pour une variation d'humidité de 1 %, selon chacune des trois directions :

- le *retrait axial* ;
- le *retrait radial* (débit sur quartier) ;
- le *retrait tangentiel* (débit sur dosse).

Le retrait est très fortement anisotrope. Le retrait axial est si faible qu'il est pratiquement négligeable. C'est dans le sens tangentiel qu'il est le plus important : il est environ 1,5 à 2 fois plus fort que le retrait radial. Cependant, pour quelques essences particulièrement stables en service, les retraits radial et tangentiel sont assez proches.

La rétractabilité conditionne la stabilité en ambiance extérieure d'une essence. On distingue ainsi les essences :

- à fort retrait : chêne, hêtre, azobé, etc. ;
- à retrait moyen : résineux en général ;
- à retrait faible : sipho, iroko, noyer, peuplier, acajou, etc.

Le tableau 1 indique les coefficients de rétractabilité et la densité des essences les plus courantes.

■ **Abrasivité** : le tableau 2 indique l'abrasivité et le comportement à l'usinage des essences les plus courantes.

L'abrasivité est importante puisqu'elle conditionne l'usure plus ou moins rapide des outils de coupe. D'autres critères (dureté, présence de résine, fil irrégulier, etc.) ont également une influence sur les opérations d'usinage.

Tableau 1 – Coefficients de rétractabilité et densité de quelques essences parmi les plus courantes

Essences	Retrait ou gonflement radial (1)	Retrait ou gonflement tangential (1)	Densité à 12 % d'humidité	Essences	Retrait ou gonflement radial (1)	Retrait ou gonflement tangential (1)	Densité à 12 % d'humidité
Feuillus européens				Feuillus tropicaux			
Charme	0,19 - 0,26	0,30 - 0,40	0,75 - 0,85	Acajou d'Afrique	0,11 - 0,15	0,20 - 0,22	0,49 - 0,53
Châtaignier	0,12 - 0,15	0,21 - 0,26	0,55 - 0,70	Azobé	0,30 - 0,32	0,40 - 0,44	0,95 - 1,10
Chêne	0,18 - 0,22	0,28 - 0,35	0,65 - 0,75	Doussié	0,11 - 0,13	0,17 - 0,22	0,73 - 0,83
Érable	0,10 - 0,20	0,22 - 0,30	0,60 - 0,65	Framiré.....	0,10 - 0,12	0,15 - 0,19	0,52 - 0,56
Frêne	0,17 - 0,21	0,27 - 0,38	0,68 - 0,75	Iroko	0,13 - 0,19	0,25 - 0,28	0,63 - 0,67
Hêtre.....	0,19 - 0,22	0,38 - 0,44	0,70 - 0,80	Moabi	0,26 - 0,29	0,34 - 0,42	0,77 - 0,83
Merisier.....	0,16 - 0,18	0,26 - 0,30	0,55 - 0,70	Movingui.....	0,18 - 0,20	0,28 - 0,32	0,69 - 0,74
Orme	0,17 - 0,20	0,27 - 0,29	0,60 - 0,68	Niangon	0,18 - 0,20	0,33 - 0,36	0,67 - 0,71
Peuplier.....	0,12 - 0,19	0,25 - 0,31	0,43 - 0,50	Okoumé	0,13 - 0,15	0,21 - 0,23	0,43 - 0,45
Résineux				Ramin	0,19 - 0,25	0,35 - 0,40	0,56 - 0,67
Douglas.....	0,15 - 0,19	0,27 - 0,36	0,47 - 0,55	Samba.....	0,10 - 0,11	0,18 - 0,22	0,37 - 0,40
Épicéa.....	0,15 - 0,19	0,27 - 0,36	0,44 - 0,47	Sapelli	0,19 - 0,24	0,26 - 0,32	0,64 - 0,70
Mélèze.....	0,14 - 0,18	0,28 - 0,36	0,47 - 0,65	Sipo	0,18 - 0,22	0,23 - 0,26	0,59 - 0,66
Pin maritime	0,15 - 0,20	0,30 - 0,40	0,53 - 0,55	Teck	0,13 - 0,15	0,24 - 0,29	0,65 - 0,75
Pin sylvestre	0,15 - 0,19	0,25 - 0,36	0,50 - 0,54				
Pins noir et laricio	0,14 - 0,17	0,25 - 0,31	0,51 - 0,65				
Sapin	0,12 - 0,16	0,28 - 0,35	0,44 - 0,48				
Western red cedar....	0,07 - 0,09	0,20 - 0,24	0,33 - 0,39				

(1) En % pour 1 % de variation d'humidité du bois.

Tableau 2 – Abrasivité et comportement à l'usinage des essences les plus courantes

Essences	Abrasivité	Comportement à l'usinage
Acajou	faible à moyenne	Facile à usiner.
Aniégré.....	faible à moyenne	Difficile à usiner, émousse les outils.
Assaméla-Afrormosia	forte	Facile à usiner, mais préperçage indispensable. Assurer une bonne aspiration des poussières.
Aune	faible	Facile à usiner.
Avodiré.....	faible	Facile à usiner. Veiller à la bonne aspiration des poussières.
Azobé.....	moyenne à forte	Difficile à usiner, préperçage indispensable.
Bahia.....	moyenne à forte	Usinage facile mais émousse les outils. Assurer une bonne aspiration des poussières.
Bété.....	moyenne	Assez facile à usiner.
Bossé.....	moyenne à forte	Assez facile à usiner, émousse les outils, tendance aux exsudations de résine.
Bouleau	faible	Facile à usiner.
Bubinga	moyenne	Bois facile à usiner mais très dur.
Charme	moyenne	Facile à usiner, risque d'éclats au rabotage, préperçage conseillé.
Châtaignier	faible	Facile à usiner, risque de taches de tanin au contact du fer si le bois est humide.
Chêne	moyenne	Facile à usiner, se tache au contact du fer quand il est humide.
Dabéma	moyenne	Assez difficile à usiner, émousse rapidement les outils. Prévoir des préperçages. Assurer une bonne aspiration des poussières.
Dibétou	faible	Facile à usiner, préperçage indispensable. Assurer une bonne aspiration des poussières.
Douglas	faible à moyenne	Facile à usiner, tendance aux exsudations de résine.
Doussié.....	moyenne	Facile à usiner mais émousse les outils, préperçage conseillé. Assurer une bonne aspiration des poussières.
Épicéa	faible	Facile à usiner.
Érable	faible	Facile à usiner, éventuellement plus difficile en présence de fil ondulé.
Eyong	faible	Assez facile à usiner. Assurer une bonne aspiration des poussières.
Framiré	moyenne	Facile à usiner, risque de taches au contact du fer quand le bois est humide.
Frêne.....	moyenne	Facile à usiner.
Hêtre	moyenne	Facile à usiner.
Ilomba	faible	Facile à usiner.
Iroko.....	moyenne à forte	Facile à usiner mais émousse les outils. Veiller à l'efficacité de l'aspiration des poussières.
Kéruing.....	moyenne à forte	Facile à usiner mais émousse rapidement les outils, tendance aux exsudations de résine.
Kosipo	moyenne	Facile à usiner mais émousse fortement les outils, préperçage requis.
Kotibé	moyenne	Facile à usiner mais émousse fortement les outils, préperçage indispensable.

Tableau 2 – Abrasivité et comportement à l'usinage des essences les plus courantes (suite)

Essences	Abrasivité	Comportement à l'usinage
Lauans Limba.....	faible à moyenne faible	Facile à usiner mais émousse plutôt rapidement les outils. Facile à usiner, se tache au contact du fer quand il est humide.
Makoré.....	forte	Facile à usiner mais émousse les outils, préperçage recommandé, se tache au contact du métal.
Mélèze	faible	Facile à usiner, tendance aux exsudations de résine.
Méranthis	moyenne	Facile à usiner, tendance aux exsudations de résine.
Merisier	faible	Facile à usiner.
Moabi.....	moyenne à forte	Assez facile à usiner, forte teneur en silice qui le rend abrasif.
Movingui	moyenne à forte	Assez facile à usiner mais émousse fortement les outils, préperçage indispensable.
Niangon.....	moyenne	Assez facile à usiner, préperçage indispensable.
Noyer	moyenne	Facile à usiner.
Okoumé	moyenne	Assez facile à usiner, rabotage difficile.
Orme.....	moyenne	Facile à usiner.
Padouk.....	faible	Assez facile à usiner, préperçage recommandé.
Peuplier	faible	Facile à usiner avec des outils bien affûtés pour éviter le relèvement des fibres et le peluchage.
Pins	faible à moyenne	Facile à usiner, tendance aux exsudations de résine avec certaines espèces.
Ramin	moyenne	Facile à usiner mais émousse les outils.
Samba	faible	Facile à usiner. Assurer une bonne aspiration des poussières.
Sapelli.....	moyenne	Facile à usiner, risque de taches au contact du fer quand il est humide.
Sapin.....	faible	Facile à usiner.
Sipo.....	faible	Assez facile à usiner.
Teck.....	moyenne à forte	Facile à usiner mais émousse fortement les outils, préperçage indispensable.
Tiama.....	moyenne	Assez facile à usiner, risque d'exsudations.
Tilleul.....	faible	Facile à usiner.
Wengé	faible	Facile à usiner malgré sa dureté, préperçage indispensable.
Western red cedar	faible	Facile à usiner. Assurer une bonne aspiration des poussières, présence de tanin pouvant entraîner des taches au contact du fer quand il est humide.

1.3 Caractéristiques mécaniques

La détermination des caractéristiques mécaniques du bois présente une double difficulté :

- *dispersion des résultats* liée aux variations dans une même essence, dans le même arbre, voire dans la même pièce ;
- *anisotropie marquée du matériau* rendant nécessaire la mesure des caractéristiques pour chaque direction d'effort par rapport aux fibres (effort parallèle ou perpendiculaire au fil).

Pour écarter l'influence très importante de l'humidité et des singularités ou variations anatomiques (nœuds, pente de fil, largeur des cernes d'accroissement, etc.) sur ces caractéristiques, les essais sont réalisés à 12 % d'humidité sur des éprouvettes sans défaut et de droit fil. Ces essais servent avant tout à qualifier une essence, à déterminer les caractéristiques intrinsèques d'un bois. Les valeurs de résistance à la rupture ainsi obtenues se situent évidemment bien au-dessus des contraintes admissibles utilisables pour le calcul, notamment pour le dimensionnement des structures. Dans la pratique, les règles de calcul actuelles affectent ces valeurs d'un coefficient de sécurité qui dépend de la destination de l'ouvrage et de la qualité du bois.

Le tableau 3 donne, à titre indicatif, les valeurs des résistances à la rupture des essences les plus courantes en compression et en traction.

Pour le calcul des structures (charpentes, ossatures, planchers, ouvrages de génie civil, etc.), les textes normatifs actuels, et en particulier la norme B 52-001 *Règles d'utilisation du bois dans les constructions*, permettent d'associer les caractéristiques mécaniques des pièces de bois en dimensions d'emploi à des critères de classement visuel (nodosité, pente de fil et largeur des cernes essentiellement).

1.4 Durabilité naturelle ou conférée

Le caractère particulier de complexe ligno-cellulosique du bois l'expose aux attaques de certains organismes vivants : insectes xylophages et champignons lignivores et de discoloration essentiellement.

■ **Durabilité naturelle** : cependant, les risques de contamination par les champignons, par les insectes xylophages (termites) et par certaines larves xylophages (vrillettes) sont directement liés à l'humidité contenue dans le bois. Dans ce cas, la conception et la mise en œuvre des ouvrages devront contribuer à préserver le bois, en évitant qu'il soit soumis à une humidification prolongée. Par ailleurs, les conditions favorables à leur propagation correspondent souvent à une mauvaise hygiène ou à une absence d'entretien des ouvrages, qui entraînent une humidification prolongée du bois.

La résistance ou durabilité naturelle du bois parfait (ou duramen) aux agents d'altérations biologiques est variable selon les essences. En règle générale, le duramen des essences à bois parfait distinct contient par nature des substances qui s'opposent au développement de ces organismes (tanins chez le chêne et le châtaignier, résines chez les pins par exemple). Ces bois, débarrassés de leur aubier, sont dits durables et n'ont pas besoin de faire l'objet d'un traitement de préservation dans la plupart des emplois.

■ **Durabilité conférée** : en revanche, lorsque la durabilité naturelle du bois est insuffisante (aubier de toutes les essences, essences à duramen non distinct) ou que les conditions d'emploi sont particulièrement sévères (humidification permanente, bois enterrés), seule l'application d'un traitement de préservation pourra assurer la protection nécessaire, à condition que la pénétration des pesticides dans

Tableau 3 – Résistances à la rupture moyennes des essences les plus courantes sur des éprouvettes sans défaut à 12 % d'humidité

Essences		Densités moyennes ⁽¹⁾ (12 % d'humidité)	Résistances à la rupture moyennes (en MPa)			
			Compression		Traction	
			axiale	transversale	axiale	transversale
RÉSINEUX	Épicéa, Sapin, Western red cedar	0,35 à 0,50	35 à 45	6 à 8	90 à 100	1,2
	Pins, Douglas	0,50 à 0,60	40 à 50	7,5 à 8	100 à 120	1,8
	Mélèze de montagne	0,60 à 0,70	40 à 55	9 à 10	100 à 120	2
FEUILLUS	Acajous, Okoumé Peupliers, Samba	0,40 à 0,50	30 à 40	7,5 à 10	80 à 100	2
	Châtaignier, Chêne tendre, Érable Framiré, Frêne, Iroko Hêtre, Ramin, Sapelli, Sipo	0,50 à 0,70	40 à 60	12 à 15	100 à 120	3
	Charme, Chêne dur, Doussié, Moabi, Movingui, Niangon, Orme, Teck	0,70 à 0,80	50 à 80	18 à 20	120 à 150	4
	Azobé	0,90 à 1,10	90 à 100	> 20	150 à 200	5

(1) Densités habituellement rencontrées pour ces essences, mais pour la plupart les fourchettes peuvent être beaucoup plus larges.

le bois soit suffisante. Celle-ci dépend de l'imprégnabilité du bois qui, elle aussi, est variable selon chaque essence.

L'évaluation des risques d'altérations biologiques, l'identification des zones sensibles et la nature du traitement de préservation éventuel se déterminent d'après les cinq classes de risques définies dans la norme NF EN 335.

Nota : pour les autres caractéristiques sans influence notable sur l'usinage et l'utilisation du bois (constitution chimique, comportement au feu, pH, etc.), le lecteur pourra se reporter utilement à l'article *Bois et matériaux dérivés* [C 925] dans le traité Construction.

1.5 Principales singularités du bois

Comme tous les matériaux naturels, le bois présente un certain nombre de singularités et de variations dans sa structure. Ces anomalies sont souvent recherchées pour leur **intérêt décoratif** : aspect moiré dû à l'ondulation du fil, bois madré des loupes et des ronces dû à un enchevêtrement irrégulier des fibres par exemple. Elles peuvent aussi être considérées comme un **défait** quand elles affaiblissent les caractéristiques du bois, ou quand elles rendent plus difficiles un usinage ou une opération de finition.

Il existe de nombreuses singularités ou défauts affectant les bois sur pied ou abattus. Dans le cadre de cet ouvrage, seules celles visibles sur les bois débités et prises en compte dans les règles de classement visuel des sciages sont ici définies.

■ **Nœuds** : un nœud est une irrégularité de structure localisée, résultant de la présence d'une branche : celle-ci a été englobée dans le tronc au cours de la croissance de l'arbre. La nodosité est le principal critère de classement d'aspect ou de structure des pièces de bois, dans la mesure où le nœud constitue un point faible dans une pièce de bois. La dimension, la forme, l'adhérence et la répartition des nœuds sont prises en considération dans les classements.

Nota : les nœuds sont fréquemment la cause d'éclats ou d'arrachements en usinage, car les fibres qui les entourent sont toujours désorientées par rapport au fil de la pièce.

■ **Fentes** : sur des bois débités, les fentes sont soit des fentes d'abattage qui peuvent se produire lors de la chute trop brutale de l'arbre, soit des fentes (ou gerces) dues à l'action du retrait du bois pendant son séchage. Elles sont plus ou moins profondes et plus ou moins longues.

■ **Irrégularités de fil** : la direction des fibres ou fil du bois est en principe droite et parallèle à l'axe de l'arbre. Mais certaines irrégularités peuvent affecter ce schéma idéal :

- **contrefil** : fibres qui sont successivement inclinées en sens différents par rapport à l'axe de l'arbre ;
- **fil tors** : fibres qui suivent un trajet torsadé par rapport à l'axe de l'arbre, en restant parallèles entre elles ;
- **fil ondulé** : fibres présentant une légère sinuosité tout en restant parallèles entre elles ;
- **bois ronceux ou madré** : les éléments sont irrégulièrement sinueux et enchevêtrés et souvent de couleur plus foncée.

■ **Altérations** : une altération est une modification physique ou chimique de la composition du bois due à l'action d'un agent extérieur. Il s'agit essentiellement des piqûres et trous dus à l'action d'insectes, et des colorations, échauffures et pourritures dues à l'action de champignons.

1.6 Dimensions et appellations commerciales

Les **dimensions des sciages** sont définies dans des normes : EXP B 53-100 pour les résineux et les feuillus tendres (peuplier essentiellement). Pour les feuillus durs (chêne et hêtre principalement), il n'existe pas de norme fixant les dimensions des sciages, mais l'usage a consacré un certain nombre de sections. Les tableaux 4 (résineux) et 5 (feuillus) indiquent ces dimensions commerciales. En plus de ces sections normalisées qui correspondent aux produits standards les plus demandés par le marché, les scieurs proposent également des **débîts dits sur liste** pour répondre aux besoins précis d'un utilisateur.

Par ailleurs, il existe un certain nombre d'**appellations commerciales** pour désigner des sciages en fonction de leurs dimensions :

- **volige** : avivé (sciage à vives arêtes) dont le rapport des côtés de la section est égal ou supérieur à 4 et l'épaisseur égale à 12, 15, 18 ou 22 mm ;
- **planche** : de même, mais d'épaisseur comprise entre 27 et 40 mm ;

**Tableau 4 – Sections standardisées
des résineux français (à 20 % d'humidité)**

Épaisseur (mm)	Largeur (mm)											
	27 (1)	40	63	75	100	115	125	150	160	175	200	225
15	■	■		■								
18			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
22				■	■	■	■	■	■	■	■	
27 (1)	■	■			■	■		■		■	■	■
32			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
38			■	■	■	■	■			■	■	■
50					■	■	■	■	■	■	■	■
63				■					■	■		
75				■	■			■		■	■	■
100					■						■	■
115						■						
125							■					
150								■				
200											■	
225												■

Pour les bois de structure calibrés :
36 × 72/36 × 97/36 × 112/36 × 122/36 × 147/36 × 172/36 × 197/36 × 222.

Les longueurs sont les suivantes :

- pour le sapin et l'épicéa : de 50 en 50 cm, de 1 à 12 m ;
- pour les pins :
 - de 30 en 30 cm, de 2,10 m à 3 m,
 - au-delà, par graduation de 50 cm.

(1) 25 mm est une autre dimension possible.

— **solivette (ou demi-bastaing)** : avivé d'une épaisseur de 32 ou de 38 mm et d'une largeur de 150 à 200 mm ;

— **litage** : avivé d'épaisseur inférieure à 40 mm et de largeur inférieure à 50 mm ;

— **carrelet** : avivé de section carrée ou sensiblement carrée, de côté compris entre 15 et 50 mm ;

— **chevron** : de même, mais dont le côté est compris entre 40 et 125 mm ;

— **bastaing** : avivé dont le rapport des côtés de la section est compris entre 2 et 3, de sections habituelles 50 × 150 mm, 63 × 160 ou 63 × 165 mm, 63 × 175 mm ;

— **madrier** : de même, mais de sections habituelles 75 × 115 mm, 75 × 200 mm, 75 × 225 mm ou 100 × 225 mm ;

— **frise** : avivé d'épaisseur comprise entre 18 et 38 mm et de largeur comprise entre 40 et 125 mm ;

— **latte** : avivé étroit (26 à 55 mm) et de faible épaisseur (5 à 12 mm).

Tableau 5 – Dimensions courantes des sciages de chêne et de hêtre (à 20 % d'humidité)

Épaisseur		Largeur	Longueur
CHÊNE	Frise (mm) 27	4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 cm en lots de largeur fixe	de 0,25 à 2,10 m de 5 en 5 cm
	Planches et avivés (mm) 27 34 41 45 50 54	10 cm et plus en lots de largeurs mélangées	jusqu'à 2,10 m de 5 en 5 cm
	Carrelets (mm) 40 45 50 60 70 80 100	(mm) 40 45 50 60 70 80 100	0,30 m et plus de 5 en 5 cm
	Pièces équarries (mm) 100 120 150 180 200 250	(mm) 100 120 150 180 200 250	1 m et plus de 50 en 50 cm
	Frises (mm) 27	5 - 6 - 7 - 8 cm en lots de largeur fixe	0,30 m et plus de 5 en 5 cm
	Avivés (mm) 27	10 cm et plus en lots de largeurs mélangées	catégorie 1 : jusqu'à 1,80 m de 5 en 5 cm catégorie 2 : au-dessus de 1,80 m de 5 en 5 cm
	Carrelets (mm) 40 45 50 54 60 70 80 100	(mm) 40 45 50 54 60 70 80 100	0,30 m et plus de 5 en 5 cm
HÊTRE	Frises (mm) 27	5 - 6 - 7 - 8 cm en lots de largeur fixe	0,30 m et plus de 5 en 5 cm
	Avivés (mm) 27	10 cm et plus en lots de largeurs mélangées	catégorie 1 : jusqu'à 1,80 m de 5 en 5 cm catégorie 2 : au-dessus de 1,80 m de 5 en 5 cm
	Carrelets (mm) 40 45 50 54 60 70 80 100	(mm) 40 45 50 54 60 70 80 100	0,30 m et plus de 5 en 5 cm

2. Panneaux dérivés du bois

Sous l'appellation de panneaux dérivés du bois, on regroupe des matériaux dont la matière première est du bois sous différentes formes (massif, placage, fibres, particules) assemblés par un adhésif de synthèse ou un liant minéral. Leur procédé de fabrication permet de s'affranchir des limites dimensionnelles imposées par l'arbre. Ces matériaux fabriqués industriellement se caractérisent par l'homogénéité de leurs caractéristiques physico-mécaniques. Ce sont des matériaux composites dans lesquels on retrouve, mais avec des valeurs différentes, certaines caractéristiques du bois (hygroscopicité, rétractabilité, dureté, durabilité naturelle, aspect, etc).

On distingue **cinq grandes familles de panneaux dérivés du bois** :

- les **panneaux contreplaqués** ;
- les **panneaux de lamibois** ;
- les **panneaux de particules** ;

- les **panneaux de fibres** ;
- les **panneaux fibragglo** ;
- les **panneaux en bois massif reconstitué**.

À l'intérieur de ces grandes familles, les spécifications techniques sont adaptées pour correspondre aux contraintes d'utilisation de chaque type d'emploi : résistance à l'humidité ou à l'eau, dureté, comportement au feu, usinabilité, résistance mécanique, etc.

Les panneaux décrits ici correspondent aux fabrications classiques qui couvrent la plupart des utilisations dans la construction et l'ameublement. Il existe également de nombreux panneaux spéciaux destinés à des usages spécifiques. On peut citer, par exemple : les contreplaqués minces (< 1 mm) pour le modelage et le modélisme, les panneaux à âme en plomb (antirayons X), les contreplaqués destinés à la construction aéronautique ou navale, les contreplaqués trois plis souples, etc.

Nota : d'une façon générale, les panneaux dérivés du bois (contreplaqué, panneau de particules ou de fibres) sont abrasifs et usent rapidement les outils. Des matériaux résistants bien à l'usure (carbure de tungstène, diamant) sont donc nécessaires pour usiner les panneaux.

2.1 Panneaux contreplaqués

Les contreplaqués sont obtenus par collage de feuilles de placage superposées à fil croisé. Ces feuilles forment les plis du panneau qui sont orientés à 90° les uns par rapport aux autres. En général, les plis extérieurs et intérieurs sont placés symétriquement de chaque côté d'un pli central. Il s'agit alors d'un **contreplaqué multipli** (figure 4a). Si l'on remplace le pli central par une âme constituée de lattes de bois contrecollées, on obtient un **contreplaqué latté** (figure 4b), plus couramment désigné sous l'appellation de *panneau latté*.

Les caractéristiques et les domaines d'emploi des contreplaqués dépendent de la qualité du collage et des essences constituant les plis. Les différents collages font l'objet de la norme NF B 54-154 qui en définit quatre types, du type 1 pour les panneaux destinés uniquement à des utilisations en intérieur, au type 4 pour les panneaux devant résister à des humidités élevées en emplois extérieurs. La nature de l'essence joue essentiellement sur les caractéristiques mécaniques du panneau.

La *masse volumique* des contreplaqués varie entre 450 et 700 kg/m³ selon les essences utilisées. Leurs *dimensions courantes* sont de 5 à 25 mm en épaisseur pour des formats de 250 × 122 à 310 × 153 cm.

2.2 Panneaux de lamibois

Le terme de *lamibois* est une appellation normalisée qui désigne un matériau se présentant généralement en plaque ou en pièce de section rectangulaire, constitué de placages ou de lamelles de bois collés fil sur fil (figure 5).

À ce jour, seuls les lamibois à base de placages ou de bandes de placages ont connu un développement significatif aux États-Unis, au Canada et en Finlande. Ces produits se présentent sous forme de poutres droites pouvant atteindre 20 à 25 m de long. Leur débouché principal se situe dans la construction (charpentes, coffrages, échaffaudages, huisseries, linteaux...) où ils se substituent aux éléments en bois massif.

2.3 Panneaux de particules

Les panneaux de particules sont fabriqués à partir de bois fragmenté en particules, qui sont ensuite séchées puis encollées. L'action conjuguée de la pression et de la chaleur permet d'obtenir un matériau en plaque rigide. Ces panneaux sont constitués par une (panneau monocouche) ou plusieurs couches de particules (panneaux multicouches) (figure 6). Dans ce dernier cas, les particules les plus fines sont disposées vers la surface du panneau.

La nature du collage détermine le domaine d'emploi de ces panneaux : colle urée-formol pour les utilisations en milieu sec, colle urée-mélanine-formol ou phénol-formol pour les emplois pouvant être exposés à l'humidité, mais non à l'action directe de l'eau.

Depuis une dizaine d'années, la technologie des grandes particules orientées est exploitée en France. Ces panneaux sont composés de trois couches de particules orientées : la couche intermédiaire est perpendiculaire aux couches extérieures. La taille des particules (jusqu'à 50 mm de longueur) et leur orientation permettent d'augmenter les caractéristiques mécaniques par rapport à celles des panneaux classiques. Ces panneaux sont principalement utilisés en remplacement du contreplaqué pour des emplois travaillants, par exemple en rayonnage industriel ou dans la construction à ossature en bois.

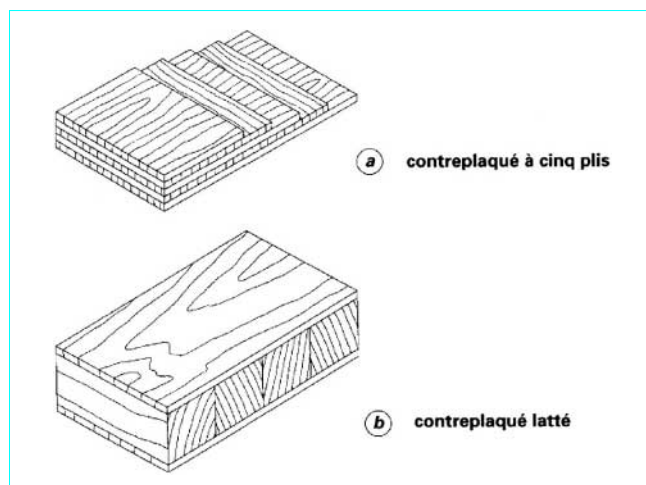


Figure 4 – Panneaux contreplaqués

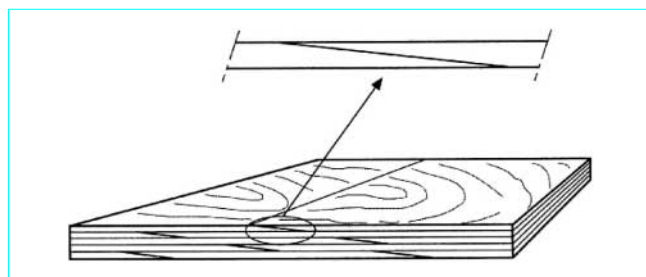


Figure 5 – Panneaux de lamibois (joints scarfés)

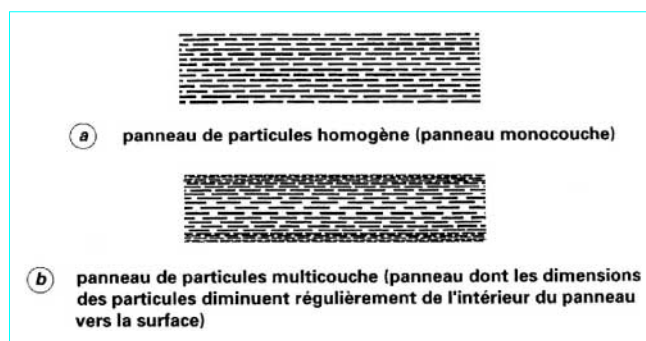


Figure 6 – Panneaux de particules

La *masse volumique* des panneaux de particules est comprise entre 500 et 800 kg/m³ selon l'épaisseur, l'essence et le type de fabrication. Leurs *dimensions courantes* sont de 8 à 60 mm en épaisseur pour des formats de 120 × 250 à 250 × 550 cm.

2.4 Panneaux de fibres

Les panneaux de fibres sont des matériaux en plaque fabriqués à partir de fibres ligno-cellulosiques dont la cohésion primaire résulte du feutrage des fibres et de leurs propriétés adhésives propres (réactivation de la lignine sous l'action de la chaleur).

Ce type de fabrication issu de la technique papetière permet d'obtenir des **panneaux minces et durs** (2 à 8 mm pour une masse volumique de 800 à 1000 kg/m³) ou **tendres** (8 à 30 mm pour une masse volumique de 350 kg/m³).

Les **panneaux de moyenne densité** (600 à 800 kg/m³), commercialisés sous l'appellation **MDF** pour *Medium Density Fiberboard*, font appel à un autre procédé de fabrication mis au point aux États-Unis il y a une trentaine d'années. Les fibres sont séchées entre 70 et 120 °C, avant d'être encollées à raison de 9 à 12 % de colle (en poids sec). La matière fibreuse encollée obtenue est pressée sous forme de panneaux à une température de 180 °C. Cette technologie permet d'obtenir un matériau (de 3 à 50 mm d'épaisseur) dont la structure et la cohésion se rapprochent de celles du bois massif. Le MDF trouve ses applications principales dans l'ameublement et l'agencement, où il allie les avantages du bois massif (finesse du grain, structure homogène) et des panneaux (caractéristiques constantes et homogènes, dimensions, disponibilité).

Les panneaux de fibres sont commercialisés en formats variables allant de 123 × 170 à 170 × 550 cm. Parmi les panneaux MDF, ceux qui sont fabriqués sur une presse en continu sont disponibles sans limitation de longueur.

2.5 Panneaux fibragglo

L'appellation *fibragglo* désigne les panneaux obtenus sous faible compression par un mélange de fibres de bois longues et étroites (50 cm × 3 mm) agglomérées par du ciment ou du gypse. Leur aspect grossier les réserve à des emplois spécifiques dans le bâtiment (cloisons, parois, coffrages, support d'enduits, isolation acoustique, etc.).

La *masse volumique* de ces panneaux varie entre 600 et 400 kg/m³ selon l'épaisseur (15 à 100 mm). Ils sont commercialisés en plaques de 200 ou 250 × 50 cm.

2.6 Panneaux en bois massif reconstitué

Cette famille de panneaux regroupe tous les panneaux élaborés à partir d'éléments de bois massif, sous forme de lamelles plus ou moins épaisses collées chant contre chant. L'intérêt de ce procédé traditionnel est aussi de pouvoir utiliser des pièces étroites et courtes issues de pièces plus longues dont on a éliminé les singularités. Ces panneaux sont utilisés dans l'ameublement et l'agencement.

Les caractéristiques finales de ces panneaux dépendent :

- du type de colle utilisé (emplois intérieurs ou extérieurs) ;
- des essences employées ;
- du panachage éventuel d'essences de teintes différentes ;
- de l'orientation du fil des couches de lamelles.

2.7 Le bois dans les composites modernes

L'évolution récente des techniques de moulage et de stratification composites et la recherche de nouvelles performances ont eu comme effet d'éliminer le bois des produits où ses qualités mécaniques le maintenaient, même parfois de façon plus symbolique qu'utile, au profit de tissus directionnels, liés par une matrice de résine. C'est ainsi que les bateaux en bois moulé deviennent une curiosité, ou restent du domaine artisanal ou de la performance individuelle (Gérard d'Aboville réalisa son bateau de l'Atlantique en bois mince moulé, dans une matrice polyuréthane). De même les skis, raquettes, arcs, comportent de moins en moins de bois (frêne, hickory), voire plus du tout, dans leur construction, alors qu'il en était le seul constituant il y a quarante ans.

Reste-t-il aujourd'hui des domaines où le bois garde une utilité dans cet univers des composites modernes ?

Stricto sensu, un matériau composite est constitué de fils, mats ou tissus de verre, carbone, Kevlar, bore, bloqués dans une matrice de résine, avec addition éventuelle de charges. Seules exceptions, celles où, pour des raisons de volume ou de poids, un matériau léger de remplissage est nécessaire, ou celles où, pour un besoin esthétique, le composite structurel doit s'habiller d'une matière décorative. Le bois répond à ces deux recherches, preuve en est donnée par les deux exemples suivants.

Dans le premier cas, le balsa (densité 0,15) offre en bois de bout la fonction alvéolaire recherchée dans les composites épais et rigides, ajoutant sa valeur d'isolant thermique à sa légèreté ; il est préconditionné en petits dés collés par une de leurs tranches sur un tissu de verre souple, ce qui autorise une stratification des faces (verre, carbone, Kevlar et matrice) sur une forme cylindrique ou plane, pouvant constituer des conteneurs légers, cloisons de bateaux ou d'avions, emballages militaires par exemple.

Dans le deuxième cas, on appréciera un design mariant dans un meuble une des technologies les plus avancées, par exemple un panneau alvéolaire renforcé verre ou carbone, et l'ébénisterie traditionnelle, pour donner des meubles à la fois techniques, précieux et ultra-légers, pour des aménagements d'avions de luxe par exemple.

De nombreuses recherches vont dans le même sens, le bois restant toujours un associé de choix. L'organisation même de sa structure en a fait, avant la lettre, le tout premier des composites, qui, décomposé au niveau de sa fibre puis recomposé, permet d'obtenir le papier ou le panneau de fibres, sans colle.

3. Revêtements associés aux panneaux

Dans les domaines de l'agencement et du meuble, là où des surfaces importantes sont nécessaires, le panneau est la solution à la fois la plus stable et la moins coûteuse, à condition de pouvoir l'habiller d'un décor. Deux exceptions toutefois : le panneau de grandes particules comme le panneau de fibres de densité moyenne s'accommodent d'un simple vernis, ou mieux d'une teinte et d'un vernis, pour des effets tendant à rappeler l'un la marqueterie, l'autre le cuir.

Si l'on met de côté les panneaux de fibres, surtout utilisés pour le laquage, les principaux panneaux recevant un revêtement sont les panneaux de particules, qui, à l'état brut, ne séduisent pas le consommateur. Ce qui suit les concerne donc au premier chef, mais s'applique aussi aux panneaux lattés et contreplaqués. Le MDF est le plus souvent laissé apparent ou laqué.

Chacun des revêtements est à mettre en œuvre dans des conditions spécifiques de collage : pression, température et durée de pressage. Le préconditionnement du support et du revêtement dans une même ambiance, comme la stabilisation et le refroidissement après le plaquage à chaud, sont des conditions de la réussite, mais de nombreux autres paramètres précis entrent en jeu : équilibrage des revêtements des deux faces, symétrie du support dans son épaisseur, égalité des grammages de colle, traitements de finition ultérieurs.

3.1 Placages de bois

Autrefois sciés en feuillets de quelques millimètres, les placages de bois atteignent actuellement pour l'industrie une minceur que permet la précision des traneuses et que respectent les ponces modernes : 0,5 mm voire 0,2 mm pour les qualités réservées à l'enrobage.

Ces travaux de plaque d'ébénisterie nécessitent une préparation des placages par jointage, donnant les face et contreface du panneau. Dans les meubles de style, les placages peuvent être constitués de motifs découpés d'essences différentes et mariés entre eux (marqueterie).

L'opération de plaque (plaquage) est réalisée sous presse à chaud, mono ou multiétage, à une température variant de 90 à 140 °C, le temps de pressage étant compris entre 3 et 1 min, pour des placages de 0,5 mm.

L'adhésif utilisé est le plus souvent une colle urée-formol à durcisseur rapide, à fort extrait sec, et en grammage le plus faible possible, déposée sur les deux faces du panneau par une encolleuse à rouleaux doseurs. En sortie de presse, les panneaux plaqués sont stockés en piles pendant trois jours, ce qui permet une répartition correcte de l'humidité dans l'épaisseur.

Le traitement des placages bois à coller sur les chants des panneaux est réalisé industriellement sur des plaqueuses de chant en continu, la colle adéquate étant une colle thermofusible appliquée à 220 °C (*hot melt*). Une pression par rouleaux s'exerce ensuite pendant un temps suffisant de refroidissement.

3.2 Revêtements stratifiés

Les stratifiés, disponibles en plaques de grand format et dans des épaisseurs variant de 0,6 à 5 mm, sont constitués de feuilles de papier kraft (cellulose) imprégnées de résine phénolique, la face décorative étant le plus souvent un papier décor imprégné de mélamine, protégé d'un film de mélamine translucide (*overlay*). L'ensemble est pressé à chaud (150 °C) sous de très hautes pressions (5 à 7 MPa). Certaines de leurs variétés sont *postformables*, les résines étant alors susceptibles de se ramollir sous un apport local de chaleur.

Le préconditionnement des stratifiés revêt une grande importance, la conjonction de l'hygroscopie des plaques et de leur module d'élasticité élevé pouvant amener des tensions internes après le plaquage des panneaux qui conduisent à des décollements ou à des déformations.

Le collage sur support peut être réalisé à froid ou à chaud. Un contrebalancement équilibré en sous-face est nécessaire, surtout si le panneau n'est pas maintenu ultérieurement. Les COLLES À FROID sont de type soit vinylique monocomposant, soit polychloroprène (colle *contact* à poser à la spatule crantée sur les deux faces à mettre en contact, en respectant un temps d'évaporation du solvant). Les COLLES À CHAUD sont utiles pour les stratifiés de faible épaisseur, ne nécessitant pas une longue mise sous presse à la température conseillée qui est de 70 °C. Au-delà, il faut s'attendre au retrait du stratifié, provoquant des tensions dans le plan de collage. Les colles vinyliques monocomposant, urée-formol, ou résorcine, sont les plus utilisées.

Les stratifiés postformables sont minces (0,6 à 1 mm), sont ramollis à 165-170 °C, et sont conformés par moulage, suivant un rayon au moins égal à 9 fois leur épaisseur. La colle est thermo-activable, de type acétate de polyvinyle ou polychloroprène.

La dureté des résines internes du stratifié pose un problème d'adéquation des dentures d'outils : il faut, d'une part, usiner sans éclat et, d'autre part, éviter des changements d'outils trop fréquents. Des solutions adéquates existent (article *Travail mécanique du bois. Principales opérations d'usinage* [B 7 306] dans ce traité) pour les revêtements stratifiés, comme pour l'ensemble des panneaux revêtus.

3.3 Revêtements mélaminés

Contrairement aux autres revêtements, ces revêtements font partie intégrante des **panneaux de particules surfacés mélaminés (PPSM)** fournis par les usines de panneaux spécialisées et ne sont

pas vendus, sauf exception, seuls. La plupart d'entre eux nécessitent, de par leur très faible épaisseur (quelques centièmes de mm), des précautions lors de leur manutention qui ne sont envisageables qu'en automatisme : des robots à ventouses sont nécessaires pour transporter ces films fragiles sur le plateau de presse et sur le panneau. Ils nécessitent un état de surface du panneau rigoureusement plan, exempt de poussières, et sont donc mis en œuvre dans des locaux généralement hors poussière. Ils permettent un anoblissement économique des panneaux de particules, présentant des performances à la rayure et une résistance correcte à l'usure qui les font choisir par l'ensemble des fabricants de meubles de cuisine pour les corps d'éléments.

Là aussi, et encore plus que pour le stratifié, le choix du bon outil est primordial, la possibilité d'éclat lors de l'usinage étant inhérente à la faible épaisseur du revêtement collé.

3.4 Films de PVC et d'ABS

Ces revêtements sont intéressants dans la mesure où l'on recherche la facilité d'entretien et l'étanchéité à l'eau (cabines de piscine, cuisines, salles d'eau). Ils se présentent en rouleau (PVC) ou en feuilles (ABS). Leur faculté de thermoformage est également exploitée pour réaliser des surfaces comportant des reliefs décoratifs de profondeurs faibles, à l'aide de presses à membrane (à poche d'eau ou à vide).

Si la feuille d'ABS se colle comme les stratifiés, sur presse à froid (maximum 40 °C), le PVC est appliqué par collage sous rouleau de calandrage, à une température de 30 à 40 °C. On utilise soit des colles à base d'EVA (éthylène-vinyle-acétate) en émulsion, soit des colles à solvants de type polyuréthane ou caoutchouc nitrile, en double encollage. Les opérations doivent être réalisées dans un local propre et sur des panneaux à granulométrie de surface assez fine, car la souplesse du film laisserait transparaître la moindre trace de poussière enfermée ou un regonflement local de particule différente des autres. Après plaquage ou calandrage, il est recommandé de stocker les panneaux revêtus à plat, en pile chargée, pour permettre à la colle de se polymériser.

L'usinage ne réclame pas d'outils particuliers, les pastilles de carbure présentant en général une dépouille latérale suffisante pour éviter les phénomènes de brûlage. En revanche, les copeaux et poussières doivent être évacués et stockés à part, pour une raison de sécurité.

3.5 Films de papier

Reproduisant des photographies à échelle 1/1 de bois véritable le plus souvent, et mis en œuvre par des techniques de grande précision, eu égard à leur fragilité, les papiers décors sont très utilisés pour le revêtement de meubles industriels de gamme économique. Les grammages de papier oscillent entre 30 et 80 g/m². Les performances à la rayure et à l'abrasion sont en général faibles, mais peuvent être considérablement améliorées par un vernis (polyuréthane par exemple). Certains papiers sont fournis prévernissés d'origine.

L'application, sur panneau de particules à granulométrie de surface très fine, de surcroît homogène dans l'épaisseur pour permettre le revêtement des chants par *softforming* de bandes très minces coordonnées, est réalisable soit par pressage à chaud en presse à plat, soit par collage-calandrage à chaud, à grande vitesse. La colle est exclusivement de l'urée-formol.

L'usinage demande les mêmes outils et les mêmes soins que ceux nécessités par le panneau surfacé mélaminé.

3.6 Autres revêtements

Pratiquement, toute matière plane ou souple peut être associée aux panneaux pourvu qu'on vérifie au préalable son comportement dans les conditions extrêmes de l'ambiance future d'utilisation du produit, et en particulier les phénomènes de dilatation thermique et de retrait-gonflement à l'humidité. La règle étant de ne pas trop s'écarter du comportement du support d'une part, de toujours contrebalancer la face opposée du panneau avec un revêtement de comportement très voisin de celui du vis-à-vis d'autre part.

Citons pour mémoire, parmi les plus usuels revêtements :

- les plaques d'amiante-ciment, le glasal ;
- le PVC expansé en plaque mince, le PVC rigide ;
- le parquet mosaïque ou en lames, les lambris de grande largeur, les feuilles de liège ;
- les cannages et autres compositions décoratives à base de canne ou de rotin ;
- les plaques de polyméthacrylate de méthyle (PMMA) (par thermoformage) ;
- les textiles d'ameublement (lambris), les textiles enduits PVC ou polyuréthane ;
- les roches marbrières minces renforcées par composite ;
- les plaques de résine polyester chargée imitant pierres ou marbres ;
- les cuirs, peaux et imitations ou reconstitutions ;
- les feuilles de métal (aluminium, acier inoxydable, cuivre, etc.).

4. Assemblages

L'assemblage de pièces élémentaires est souvent rendu nécessaire par la limitation naturelle des bois disponibles : longueur et largeur imposées par les dimensions des arbres, l'épaisseur étant souvent limitée par la difficulté à sécher les débits épais sans engendrer de fentes. De plus, la présence de défauts inacceptables oblige l'utilisateur à recouper la pièce pour les éliminer (*purge*). Ces assemblages servent à créer des pièces de dimensions plus grandes que celles des pièces d'origine ; ils sont **quasiment toujours définitifs**.

Mais il est aussi indispensable d'assembler des pièces pour réaliser des objets finis (meubles, menuiseries, charpentes, etc.).

Parmi ces assemblages, et selon les besoins, on rencontre des systèmes :

- **non démontables** : ils sont **le plus souvent collés**. Le collage est très utilisé car résistant et invisible. On rencontre également le

clouage, qui est toutefois réservé aux objets peu élaborés (pièces de charpente, caisserie, etc.). Enfin, l'agrafage est largement utilisé, soit seul (casserie, petits objets divers), soit associé au collage (l'agrafe maintient les pièces en attente de la prise de la colle) ;

- **démontables** : des objets finis de grandes dimensions imposent souvent d'avoir recours à des assemblages démontables (manutentions, transport). Certains assemblages traditionnels sont verrouillés par des clés ou chevilles, mais d'autres, plus nombreux, font appel à des pièces de quincaillerie (vis, boulons) et d'autres moyens très spécifiques du produit fabriqué. Les objets en kit sont montés par l'utilisateur, souvent avec des quincailleries démontables, mais parfois à l'aide de clips (l'assemblage est alors parfois irréversible).

Les modes d'assemblage sont très variés, et les critères permettant de faire un choix sont, en premier lieu, les matériaux, puis la résistance mécanique recherchée, le démontage éventuel, la précision souhaitée, les moyens à mettre en œuvre pour la fabrication ou le montage, l'esthétique attendue, le respect de règles traditionnelles, la facilité d'industrialisation, la tolérance vis-à-vis de jeux (dus au retrait par exemple), le coût, etc.

Les progrès des colles et adhésifs ont entraîné l'apparition de techniques d'assemblage simplifiées car leurs caractéristiques permettent maintenant d'éviter des pièces aux formes complexes.

Les tableaux suivants **6, 7, 8, 9** et **10** montrent de nombreux assemblages parmi les plus courants, assemblages modifiant les dimensions (en longueur, en largeur, en épaisseur) et assemblages réalisant des ouvrages : cadres ou caissons.

Il existe plusieurs dizaines d'autres formes d'assemblage pour réaliser des caissons, car l'imagination des menuisiers, charpentiers et ébénistes d'autrefois était pratiquement sans limite. La grande majorité d'entre eux est actuellement abandonnée (progrès des colles, nécessité d'industrialiser), sauf pour la fabrication et la restauration d'ouvrages qui veulent respecter les règles d'antan.

De nombreux produits, autres que cadres et caissons, doivent également être assemblés. Les assemblages, à part quelques rares cas très particuliers (tonnellerie, charpente, par exemple), font appel aux mêmes techniques que celles décrites dans les paragraphes précédents, en étant toutefois adaptées aux formes recherchées.

Ces assemblages sont très souvent déclinés en une multitude de variantes, qui correspondent aux traditions et aux moyens spécifiques des métiers. Il existe aussi d'autres formes d'assemblages qui correspondent aux produits fabriqués (assemblages en croix, en H, etc.). Ce sont le plus souvent des adaptations des assemblages décrits dans les tableaux **6, 7, 8, 9** et **10**.

Tableau 6 – Assemblages modifiant les dimensions en longueur






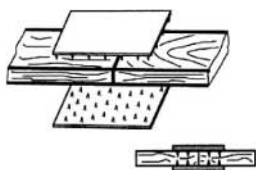
Appellation	Matériaux concernés	Emplois	Résistance mécanique	Démontage possible	Observations
Aboutage (entures multiples) 	bois	Charpente, menuiserie, meubles, etc.	élevée	non	Mode d'assemblage très industriel. Conditions de fraisage des entures et d'application des pièces (pression) bien définies. Assemblage par collage (nature de colle variable selon les emplois). La dimension des entures varie de 4 à 20 mm selon les emplois.
Sifflet (scarfage) 	panneaux : contreplaqué, latté	coffrage, conteneurs, etc.	suffisante pour des panneaux minces	non	Système utilisé pour assembler des panneaux (contreplaqué le plus souvent). Ce mode d'assemblage sert aussi pour réaliser des panneaux de grande largeur. L'usinage des sifflets nécessite une machine spéciale. Assemblage par collage.
Lamellation 	bois	charpente, menuiserie, meubles	excellente	non	Très utilisé en charpente (lamellé-collé). Les joints en bout de lamelles doivent être décalés. Assemblage par collage. Requiert des équipements (presse en particulier) spécifiques.
Tourillons 	bois, panneaux	meubles	faible	parfois	Les tourillons servent essentiellement dans cette application au positionnement des pièces. Les tourillons sont toujours collés sur une pièce (l'assemblage est alors démontable et une quincaillerie doit maintenir les deux pièces en contact) ou sur les deux pièces (l'assemblage est alors non démontable).
Mi-bois 	bois	charpente, meubles	faible	parfois	Assemblage à faible résistance mécanique. Se fait souvent au droit d'une pièce d'appui. Sert surtout au positionnement. Les pièces peuvent être bloquées par collage ou par une pièce rapportée.
Connecteurs métalliques ou goussets en contreplaqué 	bois	charpente industrielle	bonne en flexion dans le plan des plaques, et en traction	non	Enfoncement des plaques à la presse et collage et agrafage des goussets. Bonne résistance mécanique dans le plan, correspondant à la charge des charpentes.

Tableau 7 – Assemblages modifiant les dimensions en largeur


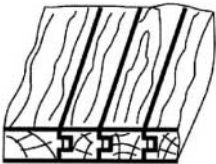
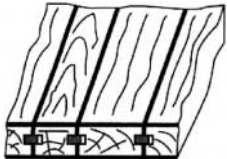
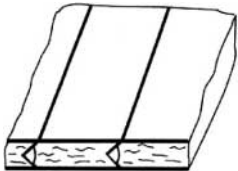


Appellation	Matériaux concernés	Emplois	Résistance mécanique	Démontage possible	Observations
Plat joint 	bois	meubles, menuiserie	bonne	non	Très utilisé pour réaliser toutes pièces de grandes largeurs. Facilement industrialisable, s'est développé depuis l'apparition de colles très performantes.
Rainure-languettes 	bois, panneaux	meubles, menuiserie	bonne	oui si pas de collage	Plus traditionnel. S'accommode de moyens de production moins performants, car le positionnement des pièces est facilité par la rainure et la languette. A l'inconvénient d'être visible en bout de pièce et d'avoir un rendement matière plus faible (largeur de la languette) que le plat-joint.
Fausse languette 	bois, panneaux	meubles, menuiserie	bonne	non	Très voisin du précédent, mais la languette est rapportée, souvent en contreplaqué. Cet assemblage peut être invisible si les rainures sont <i>arrêtées</i> .
En V 	bois, panneaux	panneaux (plancher)	assure le positionnement	oui si pas de collage	Intermédiaire entre le <i>plat-joint</i> et le <i>rainure-languettes</i> . Sert essentiellement au positionnement des panneaux. Utilisé pour l'assemblage de panneaux pour planchers, cloués sur solives.
Bouvetage 	bois	meubles, menuiserie	très bonne	non	Très bonne résistance mécanique, du fait de l'effet de serrage donné par la forme des usinages. A été remplacé par l'assemblage à languette (vraie ou fausse) ou même par le plat joint, grâce aux performances des colles actuelles.
Entures multiples 	bois	meubles, menuiserie	excellente	non	Excellente résistance mécanique par l'augmentation de la surface collée. Cet assemblage est également visible en bout de pièce.

Tableau 8 – Assemblages modifiant les dimensions en épaisseur


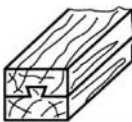
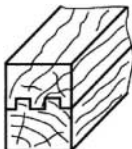

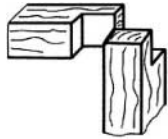
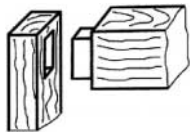
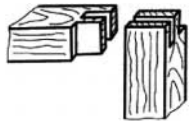
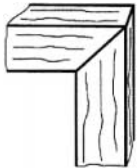
Appellation	Matériaux concernés	Emplois	Résistance mécanique	Démontage possible	Observations
Lamellation (lamellé-collé) 	bois	toutes pièces de fortes sections (charpente, menuiserie, meubles, etc.)	excellente	non	Très utilisé en charpente, à la fois pour obtenir des pièces de fortes sections et de grande longueur. En partant de fines lamelles, cette technique permet l'obtention de pièces courbes. Assemblage par collage, la nature de la colle variant selon les fonctions et les destinations des pièces. La résistance mécanique est très influencée par la résistance des lamelles des faces (surtout l'extrados lorsque la pièce est courbe).
Queue d'aronde 	bois	menuiserie traditionnelle	dépend du sens de sollicitation	non	Tend à être remplacé par d'autres assemblages, car l'usinage requiert une grande précision, les pièces doivent être parfaitement rectilignes, la mise en place est délicate, le coulisement d'une pièce dans l'autre chasse la colle, l'assemblage est peu étanche. Surtout justifié quand les colles n'avaient pas les performances actuelles, car le blocage obtenu était mécanique. Les queues d'aronde sont parfois rapportées.
Queue droite 	bois	menuiserie	très bonne	non	A souvent remplacé l'assemblage par queue d'aronde. La rainure positionne les deux pièces à assembler pour éviter les désaffleux. Assemblage bien plus facile à usiner, mise en place simplifiée. Assemblage par collage. On utilise également de fausses languettes.
Entures multiples 	bois	multiples emplois	excellente	non	Les entures augmentent la surface de contact, donc améliorent la résistance mécanique. Bon positionnement des pièces. Assemblage par collage.

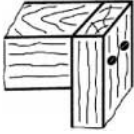


Tableau 9 – Assemblages réalisant des ouvrages : cadres, angles

Appellation	Matériaux concernés	Emplois	Résistance mécanique	Démontage possible	Observations
Mi-bois 	bois	meubles, menuiserie sans recherche esthétique	dépend du mode de maintien	en général, non	Pièces faciles à usiner. Esthétique insuffisante dans de nombreux cas. La résistance est fonction du mode de maintien choisi : collage, clouage, vissage, agrafage.
Tenon-mortaise 	bois	meubles, menuiserie, charpente	bonne	dépend du mode de maintien	L'assemblage traditionnel par excellence sert souvent de référence. Il est totalement invisible lorsque la mortaise est non débouchante. La résistance mécanique est fonction de la précision de l'usinage des pièces, du dimensionnement des pièces et du mode de maintien (collage ou quincaillerie). Cet assemblage, encore très utilisé, est parfois remplacé par d'autres (tourillons, contreprofil, vis traversante...) pour des raisons de coût (temps de fabrication et perte de bois, longueur des tenons). Cet assemblage était très prisé à une époque où l'ossature des meubles et des cadres de panneaux devait rester démontable pour des réparations éventuelles, car le blocage pouvait se faire avec une cheville (on a conservé dans de nombreux cas cette cheville pour des raisons esthétiques et commerciales).
Enfourchement 	bois	menuiserie, objets divers	excellente	non	Il a été, et est encore, très utilisé dans la fabrication des fenêtres, en parallèle avec le tenon-mortaise. Il a pour lui sa fabrication facile et très industrialisable, mais il reste visible, ce qui lui interdit certains emplois. La résistance mécanique est excellente, fonction comme souvent des conditions de mise en œuvre (précision des usinages, humidité des bois, respect des conditions de collage...) et de la nature de la colle.
Coupe d'onglet 	dépend du mode d'assemblage	meubles, menuiserie	variable selon le mode de maintien	dépend du mode de maintien	Très utilisé en ameublement. Cet assemblage nécessite une grande précision dans l'exécution des usinages, ainsi qu'une bonne stabilité des conditions hygrométriques ambiantes, pour éviter toute ouverture du joint (1).

(1) Le maintien des pièces peut être fait de nombreuses façons :

- par *tourillons* : très répandu, facile à réaliser, de bonne résistance mécanique. Il requiert une machine spécifique pour pouvoir être réalisé dans de bonnes conditions techniques et économiques. Utilisé pour le bois et les panneaux ;
- par *pigeon* : intéressant pour des fabrications artisanales. Utilisé pour le bois et les panneaux ;
- par *tenon-mortaise* : traditionnel, résistant, mais demande une grande précision d'usinage. Utilisé pour le bois ;
- par *entures multiples* : utilisé pour fabriquer des fenêtres, en Allemagne et pays nordiques surtout. Utilisé pour le bois ;
- par *insert métallique* : le plus connu est le *joint-nail*. Un profilé métallique est inséré en force dans une rainure usinée dans chacune des deux pièces. Utilisé pour le bois ;
- par *agrafe* : des cadres ne devant pas subir d'efforts mécaniques peuvent être ainsi assemblés, l'agrafe étant posée sur la face arrière. Utilisé pour le bois et les panneaux ;
- par *collage des deux pièces, sans autre liaison*. Ce mode doit être réservé à des emplois sans contraintes. Utilisé (rarement) pour le bois ;
- par *quincaillerie* : la résistance dépend de sa conception et de son maintien sur les pièces. Le choix est actuellement très vaste et répond à tous les cas de figure. Utilisé pour tous matériaux.

Tableau 9 – Assemblages réalisant des ouvrages : cadres, angles (suite)

Appellation	Matériaux concernés	Emplois	Résistance mécanique	Démontage possible	Observations
Vis traversante directe 	bois	menuiserie	variable	oui, 1 ou 2 fois	Utilisé lorsque la section et la résistance des pièces le permettent. La tête de la vis reste apparente.
Tourillons 	bois, panneaux	menuiserie, meubles	bonne	dérend du mode de maintien	L'assemblage par tourillons s'est développé en même temps que le travail du bois s'est industrialisé. Les usinages sont rapides et précis, mais nécessitent un matériel adapté. Les tourillons servent toujours au positionnement relatif des pièces à assembler, ainsi qu'à résister aux efforts de cisaillement. S'ils sont collés, ils servent aussi au maintien. Sinon, une quincaillerie, permettant le montage et le démontage sans outil spécial, remplit ce rôle.
Contreprofil 	bois	menuiserie, meubles	variable selon la superficie de contact	non	Parce qu'il facilite les usinages, cet assemblage s'est considérablement développé. Pour que la résistance mécanique soit bonne, il faut que les profils des deux pièces à assembler soient parfaitement complémentaires, ce qui est facilité par les outils à plaquettes jetables. Si les outils sont affûtés, il faut que l'affûtage soit réalisé très précisément.
Quincaillerie	bois, panneaux avec autres matériaux	tous produits, sauf charpentes	variable	en général, oui	Les quincailleries d'assemblage se sont considérablement développées avec l'essor des produits de grandes dimensions ou à base de panneaux, en même temps que le prix des quincailleries baissait (apparition des matières plastiques). Les quincailleries les plus diverses existent, et il est bien rare de ne pas trouver celle qui convient dans les catalogues des fournisseurs. Le choix sera fait en fonction d'attentes esthétiques, de la résistance mécanique, de la facilité d'industrialisation et du coût. Une règle quasi-générale veut que le choix se porte sur des systèmes induisant des efforts de compression dans les pièces, et pas de traction. Cette règle est d'autant plus importante que la résistance à la traction du matériau support est faible.

(1) Le maintien des pièces peut être fait de nombreuses façons :

- par *tourillons* : très répandu, facile à réaliser, de bonne résistance mécanique. Il requiert une machine spécifique pour pouvoir être réalisé dans de bonnes conditions techniques et économiques. Utilisé pour le bois et les panneaux ;
- par *pigeon* : intéressant pour des fabrications artisanales. Utilisé pour le bois et les panneaux ;
- par *tenon-mortaise* : traditionnel, résistant, mais demande une grande précision d'usinage. Utilisé pour le bois ;
- par *entures multiples* : utilisé pour fabriquer des fenêtres, en Allemagne et pays nordiques surtout. Utilisé pour le bois ;
- par *insert métallique* : le plus connu est le *joint-nail*. Un profilé métallique est inséré en force dans une rainure usinée dans chacune des deux pièces. Utilisé pour le bois ;
- par *agrafe* : des cadres ne devant pas subir d'efforts mécaniques peuvent être ainsi assemblés, l'agrafe étant posée sur la face arrière. Utilisé pour le bois et les panneaux ;
- par *collage des deux pièces, sans autre liaison*. Ce mode doit être réservé à des emplois sans contraintes. Utilisé (rarement) pour le bois ;
- par *quincaillerie* : la résistance dépend de sa conception et de son maintien sur les pièces. Le choix est actuellement très vaste et répond à tous les cas de figure. Utilisé pour tous matériaux.

Tableau 10 – Assemblages réalisant des ouvrages : caissons

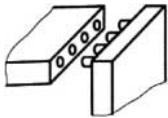

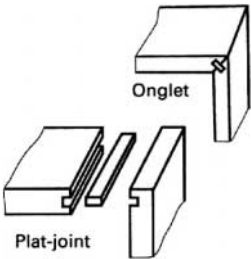
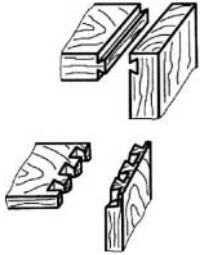
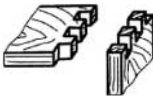

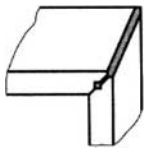
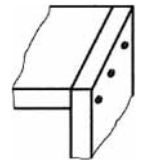
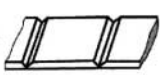
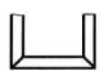
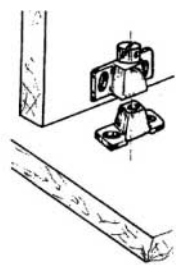
Appellation	Matériaux concernés	Emplois	Résistance mécanique	Démontage possible	Observations
Tourillons 	bois, panneaux	meubles, menuiserie, produits divers	bonne	dépend du mode de maintien	L'assemblage par tourillons s'est développé en même temps que le travail du bois s'est industrialisé. Les usinages sont rapides et précis, mais nécessitent un matériel adapté. Les tourillons servent toujours au positionnement relatif des pièces à assembler, ainsi qu'à résister aux efforts de cisaillement. S'ils sont collés, ils servent aussi au maintien. Sinon, une quincaillerie, permettant le montage et le démontage sans outil spécial, remplit ce rôle.
Languette en embrèvement 	bois	meubles, menuiserie, produits divers	très bonne	non	Cet assemblage est de moins en moins utilisé. On le rencontre encore pour la fabrication de certains tiroirs.
Fausse languette 	bois, panneaux	meubles, menuiserie, produits divers	bonne	en général, non	L'assemblage en onglet est utilisé en ameublement ; il nécessite une grande précision dans l'exécution des usinages, ainsi qu'une bonne stabilité des conditions hygrométriques ambiantes, pour éviter toute ouverture du joint.
Queues d'aronde 	bois	meubles	très bonne	non	L'assemblage par queues d'aronde est très ancien. Il est surtout utilisé pour les tiroirs de meubles faisant référence au passé, ou pour des petites boîtes ou objets à haute valeur affective. Il a comme inconvénient une industrialisation difficile.
Queues droites 	bois	meubles, petits objets	bonne	non	Est un des remplaçants de l'assemblage par queues d'aronde, mais n'est pas très développé. Des tiroirs et petits caissons sont parfois faits ainsi.
Insert métallique 	bois	cercueils	excellente	non	L'insert métallique, en forme de I (<i>joint-nail</i>) est très utilisé dans la fabrication des cercueils, dont c'est quasiment la seule utilisation à grande échelle. Il requiert une bonne précision d'usinage.

Tableau 10 – Assemblages réalisant des ouvrages : caissons (suite)

Appellation	Matériaux concernés	Emplois	Résistance mécanique	Démontage possible	Observations
Injection d'une résine synthétique 	panneaux	meubles	bonne	non	L'injection d'une résine (polyamide ou polyuréthane) entre les deux pièces à assembler sert de liant et assure en même temps une excellente étanchéité de l'assemblage. Il requiert un matériel lourd. Il est peu utilisé.
Vis trave 	bois, panneaux	meubles, menuiserie, produits divers	variable selon le support	oui, 1 ou 2 fois	Utilisé lorsque la section et la résistance des pièces le permettent. La tête de la vis reste apparente.
Agrafage	bois, contre-plaqué	caisses, emballages, meubles (derrières, fonds, tasseaux, etc.)	très variable	non	L'agrafage, comme mode d'assemblage, est surtout utilisé dans l'emballage léger (caisses légères, cagettes, etc.). On le rencontre aussi pour la fixation invisible de pièces sans contraintes mécaniques dans l'ameublement et la menuiserie.
Clouage	bois	caisses	variable	non	Le clouage est utilisé dans la caisserie. Des pointes invisibles sont également utilisées en ameublement et menuiserie.
Folding Préparation  Assemblage 	panneaux (revêtus)	tiroirs, enceintes acoustiques	faible à moyenne	non	Le folding est employé pour la fabrication de tiroirs et enceintes acoustiques. Il requiert un équipement particulier et performant. Il est surtout utilisé lorsque les matériaux sont des panneaux de particules revêtus de PVC qui fait office de charnière. Des systèmes sophistiqués permettent de travailler aussi des panneaux revêtus d'autres décors.
Quincaillerie  Exemple : taquet de rappel	tous matériaux	tous produits	très variable, selon les modèles	selon les types ; le plus souvent, oui	Les quincailleries d'assemblage se sont considérablement développées avec l'essor des produits de grandes dimensions ou à base de panneaux, en même temps que le prix des quincailleries baissait (apparition des matières plastiques). Les quincailleries les plus diverses existent, et il est bien rare de ne pas trouver celle qui convient dans les catalogues des fournisseurs. Le choix sera fait en fonction d'attentes esthétiques, de la résistance mécanique, de la facilité d'industrialisation et du coût. Une règle quasi-générale veut que le choix se porte sur des systèmes induisant des efforts de compression dans les pièces, et pas de traction. Cette règle est d'autant plus importante que la résistance à la traction du matériau support est faible.

5. Protection de surface et finition

La finition est une opération presque toujours indispensable sur le bois et les matériaux dérivés : elle consiste à appliquer un film protecteur à la surface de l'ouvrage pour le protéger pendant son utilisation.

Pour les ouvrages exposés à l'extérieur, cette fonction protectrice est essentielle pour éviter une dégradation de l'aspect de surface due à l'action des agents atmosphériques (pluie, soleil, vent, etc.).

Quels que soient le système et le produit retenus, une finition doit s'entretenir. Cet entretien doit intervenir avant la dégradation complète de la finition pour éviter une remise en état toujours coûteuse du support.

En plus de son rôle protecteur, la finition, quand elle est transparente, a pour fonction de mettre en valeur l'aspect du bois, de « réchauffer ses couleurs ». Cependant, en même temps qu'elle masque certaines singularités, elle en accentue d'autres. La finition est donc aussi un révélateur du niveau de qualité de la fabrication et de l'usinage.

5.1 Préparation des surfaces

La finition étant l'étape ultime dans le processus de production, il est essentiel que le support bois soit parfaitement préparé au moment de cette opération.

L'aptitude à la finition de la surface du support bois s'apprécie selon son taux d'humidité, la qualité de l'usinage et du ponçage.

Nota : le lecteur se reportera également à l'article Travail mécanique du bois. Principales opérations d'usinage [B 7 306] dans ce traité.

Taux d'humidité : il doit être aussi proche que possible du taux d'équilibre hygroscopique du bois (§ 1.2) en service normal. Il doit être atteint dès le début du circuit de fabrication, et pas seulement à l'entrée de l'atelier de finition ou à l'arrivée sur le chantier.

Le tableau 11 indique les taux d'humidité à respecter en fonction de la destination des ouvrages. Une humidité supérieure à 15 % entraîne un relèvement des fibres et par conséquent un peluchage des surfaces, qui engendrera une finition rugueuse malgré le ponçage. En outre, les phénomènes de retrait qui ne manqueront pas de se produire créeront des désaffleurages, des gauchissements, des ouvertures d'assemblages, etc. L'adhésion de la finition sera de mauvaise qualité et un voile blanc (phénomène de blushing) risque d'apparaître, particulièrement en menuiserie intérieure et en ameublement.

Tableau 11 – Humidité d'équilibre du bois selon la nature des ouvrages

Ouvrages	Humidité moyenne d'équilibre du bois (%)
Parquets mosaïque	8 à 10
Parquets traditionnels	8 à 12
Parquets contrecollés	8 à 14
Menuiseries intérieures et meubles	8 à 12
Menuiseries extérieures	13 à 19
Charpente de comble habitable	10 à 12
Charpente couverte	13 à 15
Charpente en emploi ouvert	15 à 19

À l'opposé, une humidité trop faible peut conduire à un gonflement du bois lors des reprises d'humidité, ce qui peut provoquer des microfissures dans le film de la finition.

Qualité de l'usinage : elle dépend de la qualité des outils, du réglage des machines et du choix des paramètres d'usinage (vitesses, angles de coupe, etc). Un outil mal affûté s'use, frotte, lustre, arrache les fibres et accroît le travail de reprise. Une machine mal réglée vibre et provoque des ondes d'usinage. Des conditions de coupe non adaptées engendrent des éclats, des brûlures, etc. Seul un ponçage long et fastidieux permet d'éliminer ces défauts d'usinage qui, sinon, sont mis en évidence et amplifiés par la finition.

Ponçage : c'est la dernière opération de préparation de surface avant la finition. Cet usinage par abrasion a pour objet de calibrer (parquets, panneaux massifs), de faire disparaître les rayures, les brûlures, le peluchage, les ondes d'usinage, etc. Souvent considéré comme une étape de réparation, on lui demande souvent beaucoup : il faut alors procéder par ponçages progressifs et successifs, le plus souvent possible dans le sens du fil du bois.

Le grain de l'abrasif doit être adapté à la dureté du bois, de façon à obtenir une surface poncée ni rayée (grain trop gros), ni lustrée (grain trop fin). Les grains suivants sont généralement adoptés :

- sur bois durs à mi-durs (chêne, iroko...) : grain de 80 à 150 ;
- sur bois tendres (pins, sapin, épicéa, merisier...) : grain de 100 à 150 ;
- sur placages : grain de 120 à 180.

L'égrenage est un ponçage léger qui s'effectue entre les différentes couches de finition.

Les équipements de ponçage sont extrêmement variés.

En utilisation manuelle, on emploie :

- des blocs abrasifs souples ou rigides (pour ponçage manuel de reprise de pièces profilées et courbes) ;
- des ponceuses portatives (vibrantes, à disques ou à bandes abrasives) réservées aux travaux de chantier.

En atelier et pour les productions en série, on fait appel aux matériels suivants :

- les ponceuses à cylindre qui permettent de calibrer, de poncer ou d'égrener les pièces planes ;
- les ponceuses à patin abrasif vibrant ou à roue abrasive pour le ponçage des moulures ;
- les ponceuses à longue bande abrasive et patin mobile (pour les pièces planes de type montants et traverses) ;
- les ponceuses à large bande, qui combinent souvent le travail de plusieurs bandes, d'un cylindre et d'un patin fixe, afin de réaliser en un ou deux passages le calibrage et le ponçage sur la même machine.

5.2 Constituants des produits

Les produits de finition sont toujours des mélanges, dans lesquels chaque constituant remplit une fonction spécifique. Le rôle du formateur consiste à optimiser le dosage de chacun des composants de façon à obtenir le produit le mieux adapté à la finition recherchée. Un produit de finition comprend toujours plusieurs des composants suivants : liants, pigments, solvants, charges, siccatifs, adjuvants, etc.

Liants : ce sont des substances filmogènes à grand pouvoir d'étalement. Ils sont classés en plusieurs catégories ; leurs domaines d'emploi sont résumés dans le tableau 12.

Tableau 12 – Domaines d'emplois des produits de finition

Nature du liant	Types de produit	Emplois
Alkydes Alkydes-uréthannes	Vernis, peintures et lasures	Menuiseries intérieures et extérieures Agencement
Aminoplastes (mélamine, mélamine-formol, urée-formol),	Vernis	Meubles Parquets (vitrification)
Acryliques	Vernis, peintures et lasures en phase aqueuse (produits à l'eau ou hydrodiluable)	Menuiseries intérieures et extérieures Agencement Meubles
Vinyliques	Peintures en phase aqueuse	Menuiseries intérieures
Nitrocelluloses	Vernis	Meubles
Polyuréthannes	Vernis	Menuiseries intérieures et extérieures Parquets (vitrification) Agencement Meubles
Polyesters	Vernis	Meubles
Époxy	Peintures et vernis	Menuiseries intérieures et extérieures
Triglycérides	Huiles	Meubles Agencement Parquets

Les **huiles** (triglycérides d'acides gras) sont pour la plupart d'entre elles d'origine végétale : huiles de lin, de teck, de soja, de ricin, de talle, de carthame, de coprah, de palmiste ; quelques huiles animales sont utilisées, en particulier les huiles de poisson. Les huiles non siccatives (coprah, palmiste...) entrent dans la fabrication des résines glycérophtaliques. Les huiles sont actuellement beaucoup moins utilisées du fait de la lenteur de leur séchage et de leur tenue insuffisante aux agressions atmosphériques.

Les **résines alkydes** résultent de la réaction chimique à chaud (180 à 250 °C) de trois éléments : des huiles siccatives ou semi-siccatives, des polyalcools (glycérine, pentaérythrite) et des polyacides (anhydride phtalique).

Pour les travaux de finition sur le bois, on utilise :

- les résines longues en huile (55 à 80 %), siccatives et semi-siccatives qui sont réservées aux applications à la brosse ;
- les résines moyennes en huile (45 à 55 %) qui peuvent être utilisées à la brosse ou au pistolet.

Les **résines aminoplastes** (mélamine, mélamine-formol et urée-formol) sont des dérivés de la carbochimie. Elles se présentent sous la forme de deux familles :

- les *produits à catalyse acide* (bicomposants), dont le mélange a une durée de vie limitée (quelques heures à plusieurs jours) ; ils offrent une excellente dureté, une bonne résistance aux agents chimiques et, selon leurs formulations, une bonne tenue à la lumière ;
- les *précatalysés* (monocomposants) qui séchent plus rapidement en raison de leur forte teneur en liant (nitrocellulose) à séchage physique (par évaporation des solvants).

Les **résines acryliques** (thermoplastiques ou thermodurcissables) sont des produits de synthèse de la pétrochimie. Elles sont utilisées en finition bâtiment sous la forme d'émulsions en phase aqueuse.

Les **résines vinyliques** (acétate de polyvinyle) entrent dans la composition des peintures en émulsion en phase aqueuse.

Les **nitrocelluloses** sont issues de l'estérification incomplète de la cellulose et de l'acide nitrique. Ces résines ne peuvent être utilisées qu'en intérieur.

Les **résines polyuréthannes** résultent de la réaction chimique entre des composés hydroxyles libres (composant de base) et des isocyanates (durcisseur). Elles offrent une grande dureté, une brillance élevée et sont très résistantes aux solvants.

Les **résines alkydes-uréthannes** (improprement appelées polyuréthannes monocomposants) sont des mélanges de résines glycérophtaliques et d'huiles d'uréthane. Elles polymérisent par réaction chimique entre le produit et l'humidité de l'air.

Les **résines polyesters**, issues de la pétrochimie, sont combinées avec des monomères vinyliques (de type styrène) pour obtenir des produits à très fort extrait sec à brillance élevée. Les polyesters sont essentiellement utilisés dans l'industrie du meuble.

Les **résines époxy** sont des polymères dérivés de la pétrochimie. Elles sont utilisées en combinaison avec des polyamines, des polyamides ou des isocyanates pour durcir à l'air ambiant. Elles permettent la fabrication de vernis très résistants aux agressions chimiques.

■ Charges, siccatifs et adjuvants

Les **charges** sont en général des poudres minérales, qui jouent un rôle sur les caractéristiques mécaniques du film, sur l'imperméabilité, sur le ponçage, etc.

Pour les produits qui séchent par oxydation, des **siccatifs** sont incorporés dans les formulations : sels de cobalt, de plomb, de manganèse, de calcium, de zinc, etc.

Les **adjuvants** sont ajoutés notamment pour :

- fluidifier ou épaissir les produits ;
- améliorer la brillance et la glissance (silicones) ;
- retarder les réactions chimiques (agents anti-peaux) ;
- conserver les produits avant leur utilisation.

■ Pigments et colorants

Les **pigments** sont des poudres colorantes, d'origine minérale ou organique, qui confèrent au film sec la couleur et le pouvoir couvrant recherchés. Suivant leur nature, les pigments possèdent également des propriétés spécifiques : fongicides, antivégétatives (peinture *antifoiling*), résistance à la chaleur, absorbeurs de rayons ultraviolets, effets esthétiques.

Contrairement aux pigments, les **colorants** sont des substances solubles et colorées qui sont dissoutes dans les vernis et les lasures, pour teinter les films transparents. Ce sont toujours des substances organiques, souvent moins stables à la lumière et à la chaleur que les pigments.

■ **Solvants** : ce sont les agents de transport et d'étalement des liants et des pigments sur les parois des vaisseaux du bois. Ils véhiculent les constituants solides des résines de manière à former un film régulier de revêtement, et disparaissent totalement par évaporation progressive.

Les solvants se caractérisent par leur pouvoir de dilution d'une résine donnée. À ce titre, l'eau est le solvant des émulsions ou des dispersions (suspension de particules très fines) pour les **produits en phase aqueuse**. Ces produits connaissent actuellement un développement important en raison des contraintes réglementaires en matière d'hygiène, de sécurité et d'environnement.

On classe les solvants en trois catégories de volatilité (léger, moyen, lourd) et selon leur famille chimique. Les solvants légers sont les plus volatils, leur évaporation est rapide et leur odeur fugace. Dans un film de finition, l'évaporation doit être continue, régulière et sans palier, pour éviter l'emprisonnement du solvant. C'est pourquoi les formulations contiennent plusieurs types de solvants.

La réglementation actuelle en matière de protection de l'environnement, l'arrêté « Air et Eaux » du 1^{er} mars 1993 relatif aux rejets des installations classées soumises à autorisation (directive européenne en cours d'adoption), obligent les entreprises à **réduire les émissions de composés organiques volatils** (COV), ce qui les conduit à faire appel, lorsque c'est possible, aux produits en phase aqueuse, aux formulations à taux d'extrait sec élevé ou aux produits sans solvant.

5.3 Produits

■ **Teintes** : solution transparente ou semi-opaque, le rôle d'une teinte est de réhausser le veinage du bois, ou d'en unifier, voire d'en modifier la couleur. Ces produits sont utilisés **uniquement en intérieur**. Ces produits existent en tons bois et en couleurs vives et pastels. Ils sont appliqués en première couche sur le bois poncé et propre dans les finitions cirée, vernie ou vernie-cirée.

■ **Égalisateurs de teinte** : ils ont pour fonction d'uniformiser la teinte d'une série de pièces ou de menuiseries. En outre, ils apportent une protection temporaire sur chantier (de trois mois maximum) contre les reprises d'humidité, le bleuissement, le grisaillement, les salissures, grâce à la présence de liant et de fongicide en faibles quantités.

Actuellement, les lasures d'imprégnation à faible extrait sec (phase solvant ou phase aqueuse) sont souvent utilisées en tant qu'égalisateurs de teinte. En industrie, leur application s'effectue par trempage, aspersion ou pulvérisation électrostatique.

■ **Impressions et primaires** : ils sont destinés à faciliter l'accrochage de la seconde couche de produit, à conserver une certaine perméabilité à la finition (microporosité) et à protéger l'ouvrage sur chantier pendant environ six mois, avant la mise en peinture finale. Beaucoup d'entre eux sont des peintures ou des vernis de base, dont le taux de dilution est augmenté (en atelier ou sur chantier).

■ **Lasures** : ce sont des *produits de protection et de décoration de la surface du bois, transparents, pigmentés ou non, qui permettent d'exécuter facilement les travaux d'entretien* (EXP T 72-081). Ces produits sont transparents ou teintés (teintes bois ou couleurs vives) et se différencient des autres produits par plusieurs propriétés spécifiques :

- ils sont non filmogènes ou semi-filmogènes (microporosité) ;
- ils se dégradent par farinage (érosion) ;
- ils possèdent une action biocide de surface contre le bleuissement, et éventuellement contre les insectes.

Leur mode de dégradation par érosion, sans cloquage ni craquellement du film (contrairement aux vernis), permet des rénovations aisées, sans préparation spécifique du support, si ce n'est un léger ponçage.

Les lasures sont essentiellement utilisées pour les travaux de bâtiment extérieurs : menuiserie, bardage, etc.

Deux grandes familles de lasures sont actuellement commercialisées :

- les *lasures en phase solvant*, monocomposant, de type alkyde ou alkyde-uréthane, à séchage par oxydation ;
- les *lasures en phase aqueuse*, de type acrylique en émulsion ou en dispersion, à séchage par évaporation de l'eau suivie d'une coalescence de l'extrait sec.

Indépendamment de leur famille chimique, les lasures sont le plus souvent distinguées par leur taux d'extrait sec (quantité de matière sèche restant après évaporation des solvants) :

- les *lasures d'imprégnation* (extrait sec de 20 à 30 %), qui sont non filmogènes (10 à 15 µm par couche) ;
- les *lasures de finition ou lasures satinées* (extrait sec de 30 à 50 %), qui sont semi-filmogènes, voire filmogènes si la couche est épaisse (de 20 à 25 µm par couche). Les formulations à taux d'extrait sec élevé sont également appelées *top coat*.

Les lasures peuvent être appliquées par badigeonnage, aspersion, trempage ou pulvérisation.

■ **Huiles** : les huiles de noix et de lin sont parmi les plus anciennes bases de finition qui existent. Elles contiennent une faible quantité de solvant et sont souvent fluidifiées par chauffage. Le durcissement des huiles par oxydation est très lent. Pour qu'il soit acceptable, des siccatifs y sont incorporés (sels de plomb, de manganèse et de cobalt).

Les finitions huilées deviennent marginales, bien qu'un retour vers les produits naturels leur soit actuellement bénéfique, essentiellement en ameublement et agencement intérieur. En revanche, elles interviennent dans la fabrication des résines alkydes pour les vernis et les peintures.

■ **Cires** : produits à base de polymères cireux d'origine naturelle ou synthétique en dispersion dans des solvants, elles se présentent sous différentes consistances : liquide, semi-liquide ou pâteuse. Elles sont utilisées uniquement en intérieur comme produit de finition ou d'entretien.

■ Vernis et sealers

Les **verniss incolores** sont composés d'une ou de plusieurs résines, le plus souvent en solution ou en dispersion dans des solvants et des diluants. Pour filtrer les rayons ultraviolets émis par le soleil, et pour retarder ainsi la dégradation du revêtement, les formulateurs ajoutent des pigments ou des colorants qui teintent plus ou moins le vernis. Par leur transparence et leur niveau de brillance (brillant, satiné, mat), les vernis réchauffent et ravivent les couleurs naturelles des bois. Comme pour tout produit filmogène, leur dégradation en extérieur se manifeste par écaillage et décollement du film.

Il existe plusieurs catégories de vernis :

- des *verniss en phase solvant* : alkydes, urée-formol ;
- des *verniss en phase aqueuse ou hydrosolubles* : alkydes, acryliques, urée-formol, copolymères vinyliques-acryliques ;
- des *verniss bicomposants* : polyuréthanes, époxy ;
- des *verniss photoréactifs ou photopolymérisables* : résines acryliques, époxy ou polyesters comprenant des agents photoinitiateurs sous rayonnement ultraviolet.

Les **sealers** sont des *verniss dilués* qui permettent de réaliser une imprégnation ou un *bouche-porage* de la surface des **parquets**. Ils jouent un rôle de primaire dans la vitrification des revêtements de sols en bois (article spécialisé *Parquets et revêtement de sols en bois* [C 3 682] dans le traité Construction).

Les appellations *verniss marin*, *verniss chalets*, *verniss montagne* ne sont pas nécessairement synonymes de performances élevées. En effet, ces dénominations sont purement commerciales et ne correspondent pas à des spécifications techniques définies dans des textes réglementaires.

■ **Peintures et laques** : à la base, ce sont des vernis auxquels sont ajoutées des charges qui opacifient et colorent les formulations (dans une proportion d'environ 20 % dans les produits brillants). On classe les peintures destinées au bois, selon leur perméabilité à la vapeur d'eau, en deux familles :

- les *peintures microporeuses* (phase solvant ou phase aqueuse) ;
- les *peintures brillantes ou laques* (phase solvant) qui permettent d'obtenir des finitions laquées très lisses (polyuréthane ou alkyde).

Les résines de base utilisées sont :

- en phase solvant : des résines alkydes longues en huile et des résines alkydes-uréthanes ;
- en phase aqueuse : des résines acryliques et des résines vinyliques ;
- en bicomposant : des résines polyuréthanes principalement.

Les peintures et les laques sont déclinables dans toutes les gammes de couleurs et de brillance possibles.

5.4 Application des produits

Les procédés d'application des produits de finition varient avec le type de fabrication des ouvrages (unitaire ou en petite série, en grande série) et le lieu où la finition est appliquée (en atelier ou sur chantier).

■ **Badigeonnage** : c'est la technique d'application à la fois la plus rudimentaire et la plus courante pour les ouvrages de bâtiment. La forme du pinceau, la constitution des poils, le matériau de la virole et du manche, doivent être adaptés aux solvants du produit, à la forme des pièces et à la viscosité du produit. De même pour les rouleaux, leur conception est soigneusement étudiée par rapport à la viscosité du produit, au grain recherché, à la position de travail, au risque de corrosion, etc.

■ Pulvérisation pneumatique

Le **pistolet pneumatique à godet** est l'équipement de pulvérisation basse pression principalement utilisé par les artisans. Le volume des godets est compris entre 0,5 et 3 dm³. Il convient donc à des petites séries ou à des pièces uniques. Le produit est pulvérisé dans une buse par un flux d'air comprimé, sec et déshuilé. Les débits sont réglables par la course du pointeau et la pression de l'air. La forme du jet peut varier selon le résultat recherché. Le choix de la buse permet d'affiner le réglage et d'optimiser la consommation.

La **pulvérisation haute pression sans air *Airless*** est directement dérivée du procédé précédent, mais ici toute la pression s'exerce sur le produit. L'*Airless* permet des débits élevés de l'ordre de 400 mL/min par pistolet, avec peu de brouillard. Par rapport au pistolet pneumatique, le rendement à l'application est meilleur et les temps d'exécution plus courts.

La **pulvérisation moyenne pression avec appoint d'air (type *Airmix*)** combine la pulvérisation pneumatique avec la pulvérisation *Airless*. On obtient ainsi un faible brouillard et un grand débit, avec la finesse d'application de la pulvérisation pneumatique.

■ **Pulvérisation électrostatique** : sur tous ces procédés, il est possible d'adapter un système d'ionisation pour obtenir une pulvérisation électrostatique.

Sur les installations importantes, les particules de produit sont mises en mouvement par centrifugation, soit au moyen d'un disque de 200 à 250 mm de diamètre, soit par un minibol d'un diamètre de 60 à 100 mm. En charge, les disques tournent à une vitesse de 8 000 à 40 000 tr/min, et les bols à une vitesse de 30 000 à 60 000 tr/min. Les particules de produit sont ionisées par un générateur de 50 à 100 kV. La miniaturisation des générateurs permet aujourd'hui de les intégrer à l'intérieur des pistolets. Les particules chargées négativement se repoussent entre elles et forment un brouillard très fin qui est attiré par l'élément à vernir ou à peindre qui est relié électriquement à un pôle positif. La pièce se trouve enrobée par le brouillard, seuls les angles rentrants qui forment une cage de Faraday étant moins ou peu atteints.

Ces différents types de pistolets de pulvérisation sont tous utilisables manuellement, mais équipent également en industrie des installations automatisées ainsi que des robots. Dans tous les cas, la pulvérisation est associée à un équipement d'extraction des effluents gazeux (solvants et extrait sec) qui est adapté aux cadences de production. On rencontre ainsi les équipements suivants :

- des *cabines ouvertes à filtres papier* pour les petites séries ;
- des *cabines à rideau d'eau* simple ou double pour les moyennes et grandes séries ;
- des *tunnels à rideau d'eau*, pour les moyennes séries d'éléments verticaux (fenêtres, portes, volets), qui sont une extension industrielle des cabines à rideau d'eau ;
- des *enceintes fermées robotisées*, surtout pour des pièces planes.

■ **Aspersion (*flow-coating*)** : ce procédé consiste à asperger abondamment un produit sur les pièces suspendues à un convoyeur aérien, dans une enceinte à ambiance contrôlée pour éviter les coulures. Il est utilisé en **menuiserie industrielle** avec des égalisateurs de teinte et des lasures d'imprégnation.

■ **Trempe** : les pièces sont immergées dans le produit de finition, puis progressivement retirées, égouttées et séchées. Le trempage est réalisé soit au moyen d'un convoyeur aérien (pièce par pièce), soit dans un bac automatique qui reçoit des palettes entières d'éléments. L'application au trempage est utilisée pour des **pièces tournées de forme simple** (manches, piétements...) et en menuiserie industrielle avec des égalisateurs de teinte sur des fenêtres et des fermetures.

■ **Application au rideau** : le vernis est amené jusqu'à une tête d'épandage comportant sur toute sa longueur une fente réglable, par laquelle s'écoule le vernis sous la forme d'un rideau. Grâce à un transporteur à tapis, les **éléments plans** passent sous le rideau de produit qui se dépose en un film continu et uniforme. L'application au rideau est utilisée pour la finition des parquets vernis en usine, pour l'enduction des portes planes et dans l'industrie du meuble, principalement en raison de sa productivité élevée.

■ **Filière à dépression** : ce principe est bien adapté aux profils de menuiserie, aux **moulures** et aux pièces profilées en général. La pièce moulurée est arrosée en excès, pendant que le produit est lissé par une lame d'air en dépression située entre la pièce et un diaphragme profilé. L'épaisseur de cette lame d'air est en général de 1 à 2 mm. L'excès de produit est retenu par dépression à l'intérieur de la filière.

■ **Application au cylindre** : réservées aux **éléments plats**, les vernisseurs simples à cylindres se composent d'un cylindre doseur et d'un cylindre applicateur. L'alimentation en produit s'effectue au milieu des deux cylindres par une pompe centrifuge. Les machines à deux têtes permettent d'appliquer des produits à haute viscosité sans formation de stries. Un deuxième groupe de cylindres, alimentés en produit, lisse la surface maintenue humide. Les machines à cylindres sont bien adaptées au vernissage des parquets en usine, ainsi qu'aux panneaux plats vernis ou laqués dans l'ameublement.

Mise en œuvre et usinage du bois

par **François PLASSAT**

Ingénieur de l'École Supérieure du Bois

Chef de la section Meubles au Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA)

et **Jacques JUAN**

Ingénieur des Arts et Métiers

Chef de section au Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA)

Filière bois française en quelques chiffres

Production annuelle de bois

Exploitation : 40 à 50 millions de m³ dont :

— autoconsommation : 10 à 20 millions de m³ ;

— commercialisation : 30 millions de m³ dont :

- 10 de bois d'industrie,
- 20 de bois d'œuvre.

Nota

— Filière bois : ensemble des activités économiques que suscitent la gestion forestière, l'exploitation des coupes et la transformation industrielle du bois.

— Bois d'industrie :

- bois pour poteaux, traverses (PTT, SNCF) ;
- bois pour trituration (pâte à papier) ;
- bois pour panneaux de particules ou de fibres.

— Bois d'œuvre :

- bois pour le déroulage (cagettes, contreplaqués, etc.) ;
- bois pour le tranchage (ameublement) ;
- sciages pour le bâtiment, l'ameublement, le bricolage.

Économie par activité (entreprises, emplois, valeurs ajoutées annuelles) (étude CERNA Écoles des Mines)

Activité	Entreprises	Emplois	Valeur ajoutée (milliards de F)
Sylviculture	3 500 (1)	44 000	4,6
Exploitation forestière	8 400	20 000	2
Pâtes à papier	20	6 000	1
Scierie	4 800	30 000	3,2
Tranchage, déroulage et panneaux	400	15 000	1,8
Papiers, cartons	1 300	100 000	14
Bois bâtiment	53 000	160 000	19,4
Ameublement	18 000	120 000	10,5
Travail divers du bois	4 200	55 000	9,1

(1) On recense 3 500 professionnels de la forêt sur 3,7 millions de propriétaires forestiers.

Bibliographie

Référence

- [1] KOCH (P.). – *Wood machining processes*. The Ronald Press Company, New York (1964).

Centre Technique du Bois et de l'Ameublement

COLLARDET (J.) et BESSET (J.). – *Bois commerciaux. Tome 1 : les résineux*. 260 p., éd. Vial/CTBA (1987); *Tome 2 : feuillus des zones tempérées*. 400 p., éd. Vial/CTBA (1992).

Principaux bois utilisés en France. 44 p. (1983).

Coffret bois de France (1989).

Coffret panneaux dérivés du bois (1989).

Guide pour le choix des bois en menuiserie. 162 p. (1985).

Guide pour le choix des bois en ébénisterie. 99 p., 2nd éd. (1980).

Comment bien usiner le bois. 140 p. (1993).

Technologie du déroulage. 64 p., déc. 1979.

La scie à ruban. 152 p., éd. CTFT (1990).

MDF. Guide d'utilisation. 160 p. (1993).

Finition des ouvrages en bois dans le bâtiment. 128 p. (1994).

Ameublement et produits de finition. 95 p. (1991).

L'Europe du bois. 20 p., éd. Eurologica (1992).

Autres références

CAMPREDON (J.). – *Le bois*. 128 p. (coll. Quesais-je ? n° 382), éd. Presses Universitaires de France (1969).

TOUCHARD (Y.) et MEYER (A.). – *Comment choisir son bois ?* Bischwiller, 142 p., éd. Kity (1980).

Pense précis bois. 564 p., Association des anciens élèves de l'École Supérieure du Bois, éd. Vial (1984).

Le grand livre international du bois. 276 p., éd. Nathan (1977).

Lignum Zurich. *Documentation bois* :

- Bases technologiques ;
- Bases physiques ;
- Projet et exécution ;
- Préservation du bois ;
- Traitement des surfaces.

HAYWARD (C.). – *Les assemblages du bois*. 135 p., éd. Eyrolles (1979).

SOMMEP – *Utiliser le bois. Matériaux, outils, assemblages et réalisations simples*. 148 p., éd. Dunod (1982).

HEURTEMATTE (G.), POUZEAU (P.), ORUS (M.) et LE SAGE (R.). – *Usinage du bois*. 128 p., éd. Libr. Delagrave (1985).

LIEBAULT (J.Y.). – *Manuel pratique : l'usinage bois*. 189 p., éd. Dunod (1983).

Normalisation

Association Française de Normalisation (AFNOR)

Bois

NF B 50-001	1-71	Bois. Nomenclature.
NF B 50-002	8-61	Bois. Vocabulaire.
NF B 50-003	4-85	Bois. Vocabulaire (seconde liste).
B 50-004	4-69	Contreplaqué. Vocabulaire (EQV ISO 2074).
NF EN 335-1	10-92	Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 1 : généralités (indice de classement : B 50-100-1).
NF EN 335-2	10-92	Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie 2 : application au bois massif (indice de classement : B 50-100-2).
B 52-001-5	5-92	Règles d'utilisation du bois dans les constructions. Partie 5 : caractéristiques mécaniques conventionnelles associées au classement visuel des principales essences résineuses et feuillues utilisées en structure.
EXP B 53-100	7-88	Bois. Sciages de bois résineux et feuillus tendres. Dimensions nominales. Sections et longueurs.
EXP B 53-520	7-88	Bois. Sciages de bois résineux. Classement d'aspect. Définitions des choix.
EXP B 52-521	12-91	Bois. Sciages feuillus durs tempérés. Classement d'aspect.
NF EN 309	10-92	Panneaux de particules. Définition et classification (indice de classement : B 54-101).
NF B 54-110	10-85	Panneaux de particules. Caractéristiques dimensionnelles.
NF B 54-113	5-91	Panneaux de particules surfacés mélaminés. Spécifications.
NF B 54-150	12-88	Contreplaqué. Classification. Désignation.
NF EN 313-1	10-92	Contreplaqué. Classification et terminologie. Partie 1 : classification (indice de classement : 54-151-1).
NF B 54-154	10-78	Contreplaqué à plis. Types de collage. Définitions. Essais. Qualification.
NF B 54-160	7-70	Contreplaqué à plis (d'usage général). Caractéristiques dimensionnelles des panneaux.
NF B 54-170	12-71	Contreplaqué à plis (d'usage général). Règles générales de classement d'aspect.

NF B 54-171	12-71	Contreplaqué à plis (d'usage général). Classement d'aspect des panneaux à plis extérieurs d'essences feuillues tropicales.
NF B 54-172	9-73	Contreplaqué à plis (d'usage général). Classement d'aspect des panneaux à plis extérieurs en pin maritime.
NF B 56-010	10-80	Panneaux fibragglo. Définitions. Désignation.
NF B 56-029	10-80	Panneaux fibragglo. Spécifications.
Outillage coupant		
NF ISO 513	5-92	Application des matériaux durs de coupe pour usinage par enlèvement de copeaux. Désignation des groupes principaux d'enlèvement de copeaux et des groupes d'application (indice de classement : E 66-304).
NF ISO 3002-1	12-93	Grandeurs de base pour la coupe et la rectification. Partie 1 : géométrie de la partie active des outils coupants. Notions générales, système de référence, angles de l'outil et angles en travail, brise-copeaux (remplace NF E 66-501, nov. 78, E 66-502, déc. 78 et E 66-503, mars 76).
NF E 66-506	6-85	Grandeurs de base en usinage et rectification. Grandeurs géométriques et cinématiques en usinage.
Outillage tranchant. Outillage à bois		
NF E 66-507	6-85	Grandeurs de base en usinage et rectification. Forces, énergie et puissance.
NF E 73-010	7-84	Lames de scies à bois. Forme du profil de la denture. Terminologie et désignation (EQV ISO 7294).
EXP E 73-044	4-80	Scies circulaires à bois à mises rapportées en métal dur.
EXP E 73-500	11-80	Outils rotatifs à bois anti-rejet. Essai des outils à limitation continue du pas d'usinage pour le fraisage du bois déplacé à la main.
NF E 73-504	12-84	Outillage mécanique à bois. Équilibrage des fraises à bois à alésage.
Produits de protection du bois		
EXP T 72-081	9-91	Produits de protection du bois. Lasures. Spécifications.
International Organization for Standardisation ISO		
ISO 1940-1	1986	Vibrations mécaniques. Exigences en matière de qualité dans l'équilibrage des rotors rigides. Partie 1 : détermination du balourd résiduel admissible.