

Le bois en construction Aéronautique



Le bois est un **bio-composite** « unidirectionnel » constitué de fibres de cellulose, et une matrice d'hémicellulose et de lignine.

La sélection de bois et le procès de fabrication ont une très grande influence sur les propriétés finales des pièces mais sa disponibilité comme ressource naturelle abondante, sa faible densité, ces bonne caractéristiques mécanique et thermique, les moyens simple de mise en œuvre, en font un matériau de choix pour la construction d'avion léger, amateur ou petite série (Robin DR 400, Jodel...)

Caractéristique des bois



Cet autre tableau (N° 2) des caractéristiques mécaniques des principaux bois utilisés en construction aéronautique est extrait du livre de Paul VALLAT édité en 1950 (quatrième partie, planche annexe 21) :

Désignation			Densité kg / m ³ (1)	% rétraction transversale (2)	Contraintes admissibles à rupture - kg/mm ²					Module d'élasticité E kg/mm ² (6)	Indications d'emploi
					Compression		Traction		Cisaillement (5)		
Catégorie	Appellation	Origine			(3)	⊥ (4)	(3)	⊥ (4)			
Résineux	spruce	Amérique	0,46	7,4	3,5	0,65	8	0,13	0,33	1000	Mâts, semelles de longerons ou de caissons, baguettes de nervures
	sapin	Suisse	0,45	6,0	3,5	0,65	8	0,13	0,35	1000	
	blanc	France	0,43	7,4	4,2	0,80	9	0,14	0,40	1000	
	pin sylvestre										
Feuillus tendres	peuplier	France	0,44	7,1	3,1	0,40	7	?	0,34	800	Chapeaux de nervures, cales, tasseaux, lisses
	aulne	France	0,45	7,0	3,4	0,45	?	0,15	0,35	900	
Feuillus durs	bouleau	Norvège	0,70	8,5	4,1	1,10	?	0,25	0,50	1100	Cales, quilles d'angle, hélices, plaques d'appuis, semelles comprimées
	noyer	France	0,65	7,1	3,9	1,20	?	0,27	0,50	1000	
	frêne	France	0,72	6,8	4,4	1,40	10	0,30	0,65	1200	
	hêtre	France	0,70	10,6	4,2	1,30	11	0,35	0,70	1100	
Feuillus très durs	hickory	Norvège	0,81	?	6,1	2,20	?	?	1,02	1300	Plaques d'appuis, patins

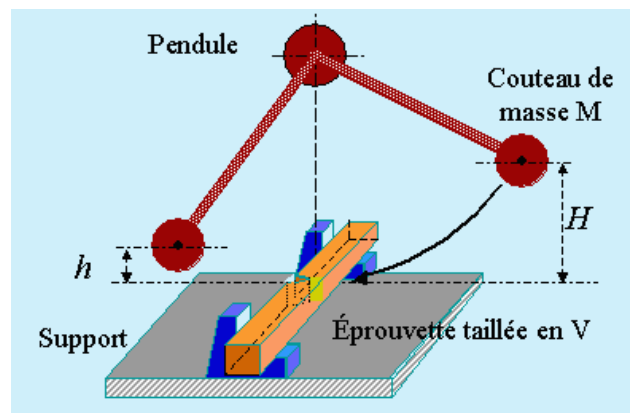
Remarques :

- (1) Les densités et les caractéristiques mécaniques correspondent à **une humidité de 15 %**. (La résistance diminue de 4% par % d'humidité supérieur à 17 et ce jusqu'à 25%) test hydromètre
- (2) Rétractabilité (dans le sens tangentiel aux couches annuelles) entre bois vert et étuvé.
- (3) || : sollicitations dans le sens des fibres.
- (4) ⊥ : sollicitations perpendiculaires aux fibres (valeurs minima radiale ou tangentielle).
- (5) Cisaillements tangentiels (valeurs minima) à considérer en glissement de flexion.
- (6) Modules d'élasticité longitudinaux E mesurés en flexion statique.

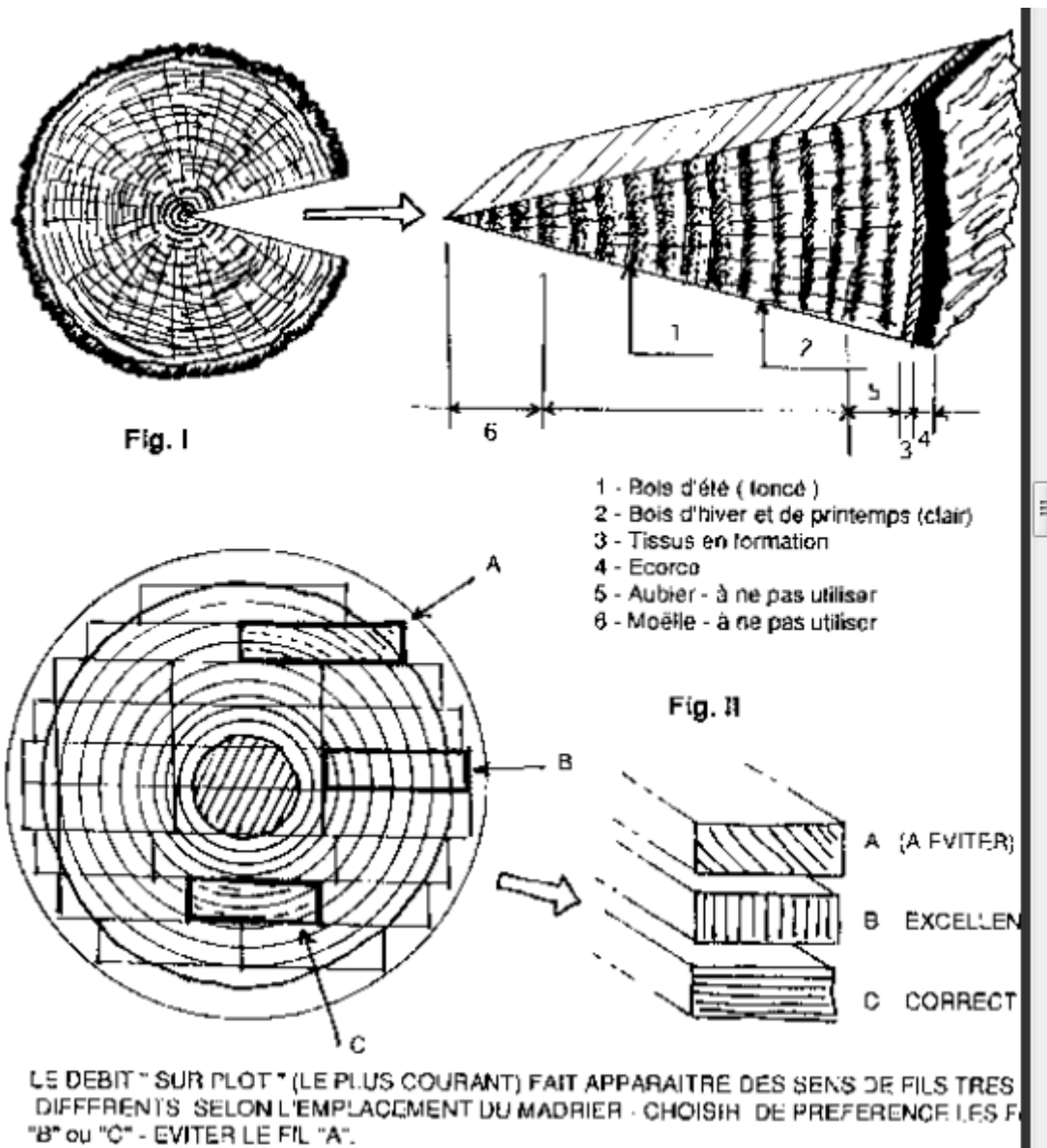
Norme et essais NF L 17-996

Détermination de l'Humidité (par étuvage) et de la masse masse volumique

Validation des caractéristiques minimales requises par type de bois par essais en compression axiale et flexion dynamique (énergie absorbée sur rupture choc flexion)



Autre source en anglais : Chapter 1 de l' AC 43.13-1B : Acceptable Methods, Techniques, and Practices
- Aircraft Inspection and Repair de FAA



Les accroissements annuels doivent être parallèles aux faces. Sauf exception (arbre de grand diamètre), les accroissements annuels présentent une courbure ; mais des anneaux placés en diagonale sont à éviter

Pour être utilisables en construction aéronautique, les bois utilisés doivent présenter une **croissance faible** (Résineux 3 mm/An ; Feuillus 2 mm/an) et **régulière** (Résineux inf. à 33% Feuillus inf. à 50%) les fibres soient aussi serrées que possibles.

Les pièces de bois doivent être débitées "de droit fil", **c'est à dire parallèlement aux fibres**. La norme admet toutefois pour les résineux une **inclinaison des fibres de 7,5 %** (7,5 cm sur 1 m de distance).

A gauche illustration des conséquences d'un bois non débité dans le droit fil



Stockage

Le bois débité ou non doit être stocké bien à plat dans un endroit sec et sans chauffage.

Pour assurer une circulation d'air autour de lui, le mieux est de poser les pièces sur les tasseaux.

Si les baguettes sont déjà débitées, on évite leur déformation inexorable (et définitive) en les serrant entre elles par exemple avec de l'adhésif.



Défauts

Les pièces débitées ne doivent si possible contenir aucun **nœud**, ni **poche de résine**, ni **fibres anormalement alignées** (pas vrillé et 4 faces parallèles, fil parallèle aux faces), ni **fentes**, **blessures**, **trous de vers/d'insectes**, **champignons**, **coloration anormale** etc... 20% matière initiale



Fig. III : Fil rectiligne - Parfait



Nœud : Ø maxi 4 m/m



Fig. V : Dessous : poche de résine

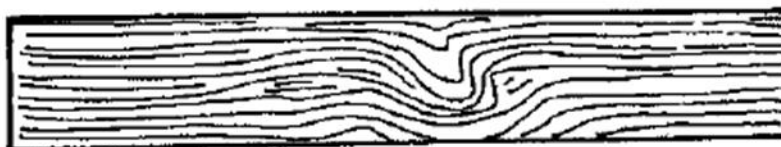
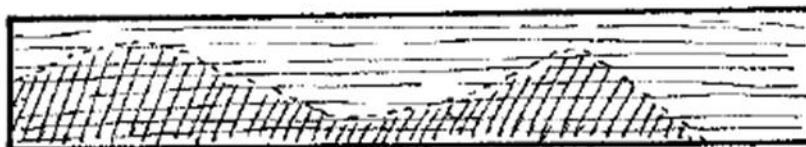


Fig. VI : Fil torse



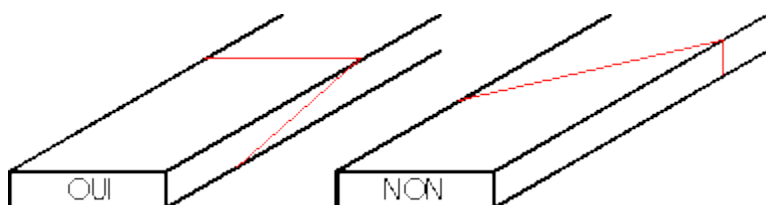
Teinte différente (à éliminer)

Pour les nœuds et les poches de résine, pour simplifier, on considère généralement qu'un nœud ne doit pas être plus gros qu'un seizième 1/16 de la largeur du longeron ou de la membrure. Mais le mieux, c'est aucun nœud

Dans les résineux, les poches de résine sont parfois indétectable de l'extérieur. Il est donc prudent de ne pas utiliser des pièces plus épaisses que 7-10 mm pour les structures primaires. Par exemple pour une semelle de longeron, il est mieux de superposer par collage trois planches de 7 mm que d'utiliser une planche unique de 21 mm. De plus, cette pièce lamellée aura une résistance mécanique supérieure à celle de la planche monobloc.



Enturage

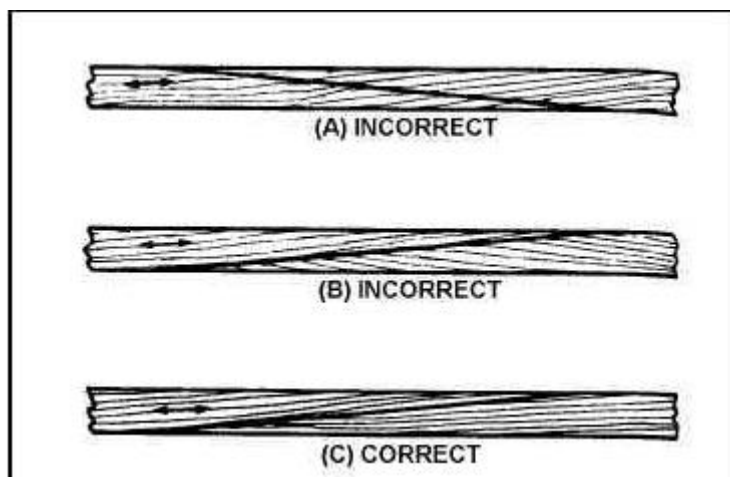


Dans une même structure, il est permis de mélanger plusieurs essences de bois. Mais il est strictement interdit de faire des entures pour rabouter deux bois d'essences différentes. De même, l'enture doit préserver la continuité d'orientation des fibres.

Sur des pièces travaillant en traction, la longueur de l'enture doit être d'au moins 20 fois l'épaisseur de la pièce.

Sur des pièces travaillant en compression, cette longueur d'enture doit atteindre au minimum 15 fois l'épaisseur, mais il n'est pas nuisible d'adopter également dans ce cas 20 fois l'épaisseur...

L'enture doit être réalisée de la manière qui offre la plus grande surface de collage



Les contreplaqués



Assemblage par collage de plusieurs de plis de bois massif orientés successivement de 0° à 90 pour former composite bidirectionnel de faible épaisseur.

Idéal pour la réalisation de panneaux de fuselage ou revêtement de voilure, du fait d'un bon rapport densité/caractéristiques en flambage/cisaillement.

En fonction des défauts potentiels (nœud, qualité du fil...) et le type de collage des panneaux la qualité des CP se déclinent selon différentes classes et peuvent être certifiés par le bureau Veritas (CP utilisé pour des Ames de longeron d'avion certifié par exemple

Le contreplaqué bouleau

Originaire de Finlande, de couleur claire, masse volumique de 750 kg/m³, utilisé pour des renforts locaux, gousset de nervure, et zone de l'âme de longeron fortement sollicitée, bord d'attaque d'empennage par collage de plusieurs plis de 0,4mm



Contreplaqué Bouleau de Finlande

CP bouleau Qualité GLI avec certification Veritas

Caractéristiques générales

Epaisseurs en mm	0,4	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
Nombre de plis	3	3	3	3	3	4	5	6	8	10	12
Poids théoriques au M2 en Kg	0,300	0,600	0,750	0,900	1,125	1,500	1,875	2,250	3,000	3,750	4,500

Caractéristiques mécaniques

Valeurs minimales requises par la Germanischer Lloyd	RESISTANCE A LA TRACTION		
	Sens Longitudinal Kg./cm ²	Sens transversal Kg./cm ²	Sens Longit. + trans. Kg./cm ²
Exemples d'essais de contrôle réalisés par le bureau Veritas			
Epaisseur 1 mm*	1552	804	2356
Epaisseur 1,5 mm*	1303	812	2115
Epaisseur 2 mm*	1180	1248	2428
Epaisseur 3 mm**	1426	732	2158
Epaisseur 4 mm**	935	883	1818

Les caractéristiques réelles contrôlées sont nettement supérieures aux valeurs minimales exigées.

* Test N° HSK 400054

** Test N° HSK 499002

Le contreplaqué okoumé

Bois tropical, originaire du Gabon Guinée Congo, de couleur brune orangé, très homogène au fil régulier, de masse volumique de 450 kg/m³ Utilisé sous forme de grand panneau de fuselage ou revêtement de voilure, excellent rapport masse/caractéristique au flambage.



Assemblage des panneaux de contreplaqué

Collage sur enture de 10% (10X épaisseur)

Usage possible d'agrafes pour maintenir les panneaux en position durant le séchage sous presse.



Protection systématique des parties en bois



Par un marouflage (tissu polyester et enduit de tension, fibre verre ou carbone et résine époxy) ou l'usage de vernis polyuréthane coloré.

Attention la protection ne doit pas être faite sur les surfaces qui vont être encollées, au risque d'en dégrader les propriétés.



Durée de vie cellule = qualité collage + entretien

La réparation d'une cellule en bois, si elle est correctement réalisée, n'aggrave pas la masse de la structure.

En effet une zone défectueuse peut être facilement retiré puis substitué par un morceau de même qualité, pourvue que l'on respecte les règles d'entourage

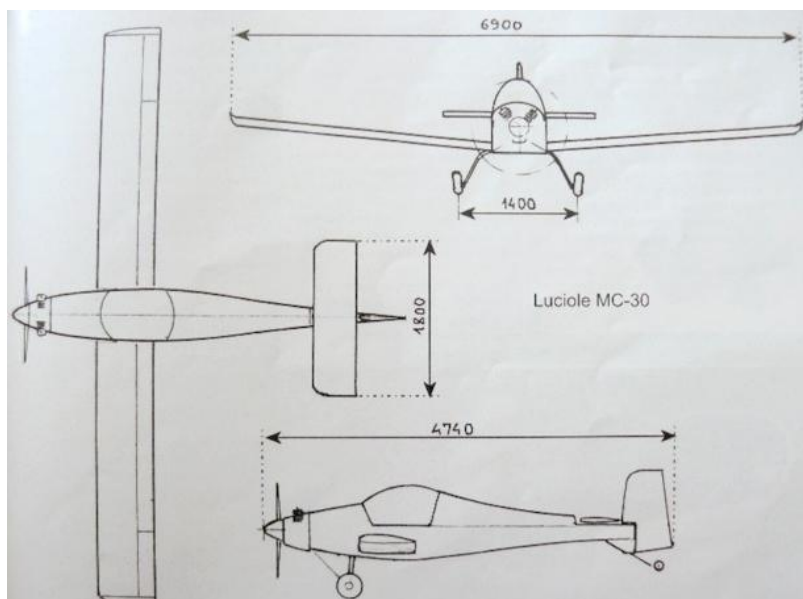


Lien d'intérêt

<http://luciole18.over-blog.com/>

Construction d'un MC30 bois/PVC/ carbone

53 kg de structure, 26 CV, 200km/



Luciole Mc30 COLOMBAN	
Envergure (m)	6,90
Corde (m)	0,67
Surface (m)	4,60
Allongement (m)	10,5
Longueur (m)	4,74
Puissance (Ch)	26
Capacité réservoir (L)	29,5
Masse à vide (Kg)	95
Masse au décollage (Kg)	200
Vitesse max (Km/h)	200
Vitesse croisière (Km/h)	170
Vitesse Vne (Km/h)	240
Taux de montée (m/s)	4,25
Vitesse minimale (Km/h)	65
Vitesse de manoeuvre (Km/h)	174
Distance de roulage décollage (m)	<100
Vitesse sortie 1er cran volets (Km/h)	115
Vitesse décrochage Vs (lisse)	83
Vitesse décrochage Vso (volets)	64
finesse max 13 à vitesse de	100
Facteurs de charge	+4,4/-2,2g
Distance franchissable (Km)	800
Conso à 150 km/h (L/h)	4,5
Conso à 180 km/h (L/h)	7