



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

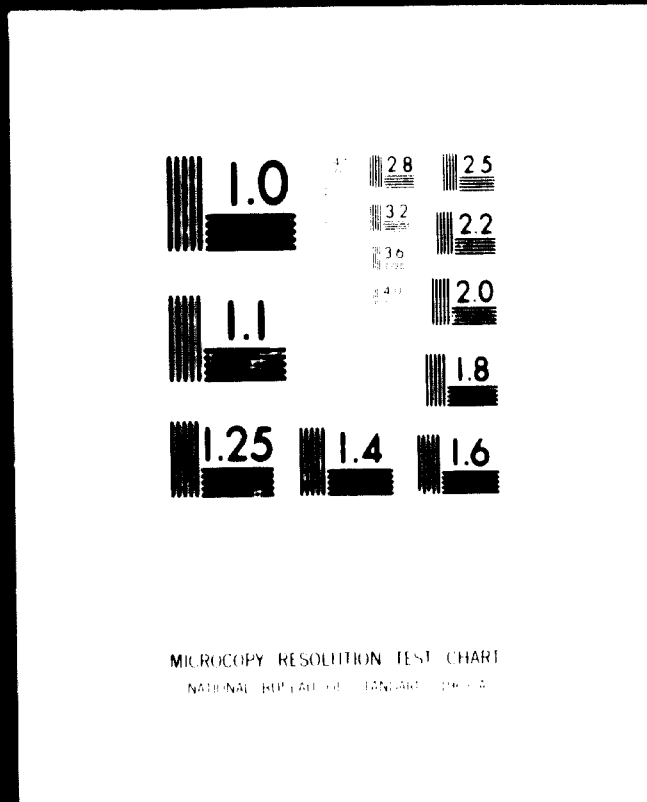
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

I OF 2 D O 04906 F



24x

04906-F



ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

**INDUSTRIES DU MEUBLE
ET DE
LA MENUISERIE
POUR LES PAYS
EN VOIE
DE DEVELOPPEMENT**

**PREMIERE PARTIE
MATIERES PREMIERES**

Les appellations employées dans cette publication ainsi que la présentation des données n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays ou territoire ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières.

Le texte de la présente publication peut être reproduit partiellement ou en totalité mais avec indication de source. Toute personne faisant usage de ce texte est priée de bien vouloir communiquer un exemplaire de la publication contenant le passage cité ou le texte reproduit.

PREFACE

L'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) a, en coopération avec le Gouvernement finlandais, organisé deux séminaires sur les industries du meuble et de la menuiserie. Le premier a eu lieu à Lahti et à Tuusula du 16 août au 11 septembre 1971 et le deuxième à Lahti du 6 au 26 août 1972. Le succès de ces réunions a été dû, pour une grande part, à l'hospitalité et à la compréhension dont ont fait preuve les autorités et les industriels finlandais, qui ont permis aux participants de profiter de l'expérience considérable accumulée par leur pays en matière de conception, de production et de commercialisation des meubles.

Ces séminaires avaient pour objet de faire connaître à des directeurs d'usines de pays en voie de développement des installations, des équipements et des techniques de production modernes, en vue de leur permettre d'améliorer le fonctionnement de leurs établissements et de définir un ordre de priorités à cette fin.

Ces séminaires ont réuni au total 44 participants venus de 26 pays en voie de développement, pour la plupart directeurs techniques et responsables de la production dans des usines de transformation du bois.

La série de publications dont fait partie le présent document contient le texte des communications faites soit à l'un des deux séminaires soit aux deux. Nombre de ces communications comportaient des illustrations que nous n'avons pas pu reproduire ici. Au programme des séminaires figuraient en outre des démonstrations, des discussions et des visites de moyennes et petites fabriques de meubles ou d'ouvrages de menuiserie ainsi que d'entreprises spécialisées dans les contreplaqués et les panneaux lattés, les mousses de rembourrage, les peintures et les machines à bois; les participants ont également visité des centres de formation professionnelle et technique.

Bien que ces diverses études constituent un ensemble cohérent, on les a, pour des raisons de commodité, publiées en trois volumes consacrés respectivement aux matières premières, aux techniques de transformation utilisées et aux problèmes de gestion.

La présente publication est la première de cette série et se compose d'articles sur les matières premières utilisées dans l'industrie du meuble et de la menuiserie, notamment le bois massif, les divers types de panneaux composites, les matériaux de rembourrage, les liants et les pièces métalliques utilisées pour le montage et l'assemblage.

La deuxième partie porte sur les techniques de transformation du bois. Elle comprend notamment des articles sur la conception des meubles, la mise au point des produits, l'aménagement des installations, les opérations de finissage et l'automatisation de la production.

La troisième et dernière partie traite des problèmes de gestion et des responsabilités de la direction dans les domaines suivants: contrôle de la qualité, organisation de la production, commercialisation et commerce d'exportation, prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

L'ONUDI espère qu'en publiant le texte des communications faites au cours de ces séminaires elle contribuera à mieux faire comprendre aux pays en voie de développement les avantages que présente l'utilisation des méthodes éprouvées et rationnelles pour la création d'industries du meuble et de la menuiserie. L'Organisation espère aussi que cette documentation sera utile aux professeurs des instituts de formation des pays en voie de développement.

Les lecteurs doivent tenir compte du fait que les exemples cités et les descriptions données sont caractéristiques de la Finlande et ne sont pas toujours transposables tels quels dans les pays en voie de développement.

Les opinions exprimées sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'ONUDI.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Notes explicatives	6
Introduction	7
1. Le bois massif comme matière première dans les industries du meuble et de la menuiserie Pekka Paavola	9
2. Placages, contreplaqués et autres panneaux à base de placages Jaakko Meriluoto	29
3. Panneaux de particules Jaakko Meriluoto	41
4. Utilisation de panneaux de fibres de construction en menuiserie Anjal Kaila	53
5. Propriétés et utilisations des panneaux stratifiés décoratifs à base de papier Simo Hyvärinen	66
6. L'utilisation de collés et d'autres adhésifs dans les industries du meuble et de la menuiserie Jaakko Meriluoto	98
Annexe: Les colles de résines synthétiques dans l'industrie de la menuiserie Harri Kilpeläinen	121
7. Les textiles comme tissus d'ameublement Eero Pellas	124
8. Les mousses plastiques utilisées dans l'industrie du meuble Kristian Lindroos	129
9. L'utilisation de cuirs artificiels comme tissus d'ameublement Gunnar Södermann	135
10. Ferrures et accessoires en métal Seppo Aho	142

NOTES EXPLICATIVES

Le terme "dollar" (\$) s'entend du dollar des Etats-Unis d'Amérique.

Le terme "tonne" désigne la tonne métrique.

Dans le présent document, on a utilisé les abréviations suivantes:

kN - kilonewton

kp - kilopond(kilolivre)

mk - mark finlandais(1 dollar = environ 4 mk)

N - newton (100 000 dynes)

r.h. - humidité relative

INTRODUCTION

Les pays en voie de développement sont nombreux à disposer d'importantes réserves de bois et ils doivent tous construire des habitations et fabriquer des meubles. Et, même si un pays en voie de développement est dépourvu de réserves suffisantes de bois pour couvrir ses besoins, il peut avoir avantage à se doter d'une industrie du bois bien développée. Cette industrie peut en effet offrir un cadre permettant de satisfaire ces besoins de première nécessité, de créer des emplois et, partant, d'améliorer le niveau de vie.

Les pays en voie de développement bénéficient d'un quasi monopole des bois tropicaux qui sont de plus en plus demandés par les pays développés pour la fabrication de meubles de luxe et les travaux de menuiserie. Le plus souvent, ce bois continue cependant à être exporté sous forme de grumes, qui sont transformées dans les pays développés en placages, en sciages, en meubles et ouvrages de menuiserie et ne contribuent donc que très peu à l'économie des pays exportateurs.

Dans pratiquement tous les pays en voie de développement, les industries du meuble et de la menuiserie en sont encore au stade du travail artisanal ou du "métier mécanisé", c'est-à-dire que la production industrielle en grande série est encore inconnue. Le bois étant une matière première qui est utilisée depuis des siècles de maintes façons, il existe souvent dans ces pays un noyau de charpentiers et d'autres artisans qualifiés travaillant le bois.

La fabrication de meubles n'étant pas un processus difficile qui exige des programmes d'apprentissage compliqués, une planification judicieuse permettrait de transformer nombre de petites entreprises en entreprises industrielles grâce à une assistance dans les domaines suivants: planification de la production, contrôle de la qualité, études techniques nécessaires à l'expansion de la production, choix du matériel nécessaire à la modernisation de leurs ateliers et organisation du travail.

Lorsque l'on fabrique des meubles et des éléments de meubles pour le marché d'exportation, il faut toutefois satisfaire à des conditions plus contraignantes que celles du marché intérieur. Il faut maîtriser les nouvelles techniques de séchage artificiel, de finition de la surface et d'usinage de précision, car les différences de climat, les exigences de la clientèle et la nécessité d'expédier ces meubles en pièces détachées impliquent l'assemblage d'éléments interchangeables.

Etant donné que certains pays en voie de développement sont riches en forêts et disposent de ce fait de ressources en bois de grande valeur et renouvelables et d'une abondante main-d'oeuvre et que les industries du meuble et de la menuiserie n'exigent que relativement peu de compétences techniques et de capitaux, ces pays doivent s'efforcer de tirer parti de cette situation et d'exporter vers les marchés des pays développés.

Même pour les pays en voie de développement qui n'ont pas de ressources financières suffisantes, la création d'industries du meuble et de la menuiserie peut se traduire par une réduction des importations de produits en bois et des besoins en matières premières grâce à une utilisation plus rationnelle de leurs ressources.

1. LE BOIS MASSIF COMME MATIERE PREMIERE
DANS LES INDUSTRIES DU MEUBLE ET DE LA MENUISERIE*

Le bois massif ou bois d'oeuvre est depuis toujours la matière première de base pour les industries du meuble et de la menuiserie. S'il n'en est désormais plus tout à fait ainsi, la raison en est l'apparition sur le marché des divers panneaux semi-manufacturés qui sont moins chers et qui ont remplacé, dans de nombreux cas, le bois massif dans la fabrication d'éléments de meubles. Ces panneaux sont faciles à plaquer, à laquer et à recouvrir de différentes plaques et feuilles de plastique. Dans de nombreux produits modernes, les éléments en bois plein sont combinés avec des parties faites de panneaux de particules et de matériaux analogues et ne constituent donc plus qu'une partie du produit final. Pour réduire le coût des matières premières, un bois massif peu coûteux est souvent recouvert d'un placage en bois précieux. On utilise en menuiserie une nouvelle méthode très intéressante qui consiste à recouvrir les éléments de fenêtres avec une couche de plastique.

De toute évidence, on utilisera à l'avenir nombre de nouveaux matériaux à la place du bois. En revanche, lorsqu'on a besoin de produits de première qualité, il est très difficile de remplacer le bois naturel, qui a si bel aspect, par un autre matériau, quel qu'il soit. Le bois massif est encore indispensable dans la fabrication de la plupart des meubles de même qu'en menuiserie ^{1/}.

Le bois d'oeuvre utilisé dans les industries du meuble et de la menuiserie

Les propriétés que doit avoir le bois utilisé pour la fabrication de meubles et d'ouvrages en bois varient considérablement. Le choix de matières premières appropriées est donc d'une importance primordiale. Les propriétés

*Document présenté au séminaire par Pekka Paavola, Institut technique de Lahti, Lahti (Finlande). (Publié initialement sous la cote ID/WG.105/22/Rev.1).

^{1/}Les exemples inclus dans le texte se réfèrent au bouleau finlandais, car l'étude ne serait-ce que de quelques grandes essences tropicales aurait dépasser la portée du présent document. On trouvera en annexe une bibliographie devant aider les lecteurs des pays en voie de développement à adapter les renseignements qui leur sont fournis dans le présent document aux essences particulières à leur pays.

dont il faut tenir compte dans le choix du bois sont les suivantes:

- Résistance et ténacité, rigidité et dureté
- Structure du grain, homogénéité, coloration et variations
- Aptitude à sécher, risques de retrait, gonflement et gauchissement
- Aptitude au collage
- Propriétés de polissage
- Résistance à la flexion (réaction à la vapeur et à l'ammoniaque)
- Possibilité de travailler le bois
- Résistance aux conditions climatiques et à l'action des insectes
- Densité

Les propriétés des différentes essences sont tout à fait spécifiques; certaines essences conviennent mieux à certains usages que d'autres. Inversement, aucun bois ne convient de façon idéale à tous les emplois. Par exemple, la plupart des propriétés mécaniques du teck indien sont excellentes; il a à la fois une belle structure et une belle couleur, mais il émousse très rapidement les outils et n'est pas facile à coller à cause des huiles qu'il contient. L'okoumé du Gabon convient très bien aux plis intérieurs des panneaux de meubles plaqués en raison de sa faible densité et de la stabilité de ses dimensions, mais sa résistance n'est généralement pas suffisante pour des chaises et autres meubles qui doivent supporter des charges considérables. Par ailleurs, le kokrodua africain, qui est souvent utilisé à la place de teck est facile à travailler et à sécher mais devient nettement plus foncé avec le temps.

Le bois utilisé dans l'industrie du meuble est scié avec une scie alternative (pour les petites grumes telles que celles que l'on obtient avec le bouleau finlandais) ou avec une scie à ruban (pour les grosses grumes, plus particulièrement celles que l'on obtient avec des essences tropicales). Il est également possible mais moins courant d'utiliser une scie circulaire, car les pertes sont moins importantes. (L'épaisseur normal des planches de bouleau utilisées dans l'industrie finlandaise du meuble est donnée au tableau 1). Alors qu'en Europe on utilise le plus souvent du bois non déligné, en Amérique du Nord, les grumes sont généralement "sciées tout autour" et délignées de façon à obtenir un maximum de bois d'oeuvre classé selon les normes de la NHLA (National Hardwood Lumber Association). Une fois scié, le bois est généralement séché à l'air dans un parc de stockage, où les planches sont empilées sur liteaux placés entre les couches de bois. Le séchage peut se faire à la scierie ou à la fabrique de meubles.

Tableau 1: Epaisseur normale des planches de bouleau utilisées dans l'industrie finlandaise du meuble ^{a/}

<u>Epaisseur brute</u>		<u>Après rabotage de la surface</u>
<u>Millimètres</u>	<u>Pouces</u>	<u>Millimètres (moyenne)</u>
19	3/4	14
25	1	20
32	1 1/4	26
38	1 1/2	32
50	2	44
63	2 1/2	56

a/ La longueur moyenne des planches est de 6 mètres.

Les premières phases de travail dans une fabrique de meubles sont le séchage artificiel, le tronçonnage et le délignage. La figure I montre le principe à suivre pour le tronçonnage et le délignage d'une planche pour éviter les noeuds et autres défauts et obtenir des morceaux de bois sans défauts pour les parties exposées d'un ouvrage. Pour cette raison, le classement antérieur des planches n'est généralement pas nécessaire. Mais dans de nombreux cas, on peut dans une certaine mesure tolérer divers défauts. Comme il faut, pour la fabrication de meubles, un bois de première qualité, les déchets sont assez importants et représentent en général entre 40 et 60% du volume du bois utilisé. On peut souvent réduire la consommation de matière première en collant côte à côte de petits morceaux pour obtenir des éléments plus larges. Dans la fabrication de meubles, on évalue généralement la consommation de matières premières d'après la superficie nette des planches nécessaires pour un élément donné. Lorsque l'on multiplie cette superficie par l'épaisseur brute de la planche, on obtient ce qu'on appelle le volume net. On obtient le volume brut, qui est la base même de la comptabilité analytique, en multipliant le volume net par le coefficient de pertes (qui se situe en moyenne entre 1,6 et 1,8, selon l'essence, la dimension des éléments et la qualité souhaitée). On trouvera un exemple à la figure II.

Le bois utilisé en menuiserie est généralement déligné. Le classement opéré avant le tronçonnage n'importe guère en regard de la façon dont le bois est ensuite traité. Selon la méthode traditionnelle, le bois est d'abord séché artificiellement puis tronçonné à la longueur voulue. Les endroits les plus atteints par des défauts sont éliminés (figure III). Les noeuds de moindre importance sont percés et rebouchés. Il existe une nouvelle méthode qui consiste à tronçonner la planche à l'endroit du défaut (figure IV). Les bouts sont ensuite joints par entures multiples et collés de façon à former un profil continu, qui est façonné et découpé à la longueur voulue.

Bois feuillus et bois résineux

Les essences sont divisées en deux catégories: les bois feuillus, qui ont des feuilles larges, et les bois résineux ou conifères, qui ont des feuilles qui ressemblent à des écailles, comme le cèdre, ou à des aiguilles, comme le pin. Ces termes n'impliquent pas automatiquement que le bois est dur ou tendre, bien qu'en pratique la plupart des bois feuillus généralement utilisés soient réellement plus durs que la plupart des bois résineux. La figure V indique la répartition des bois feuillus et des bois résineux dans le monde. Les propriétés fondamentales du bois sont à peu près les mêmes dans l'une et l'autre de ces deux catégories.

Figure I: Principe du tronçonnage et du délignage des planches dans l'industrie du meuble

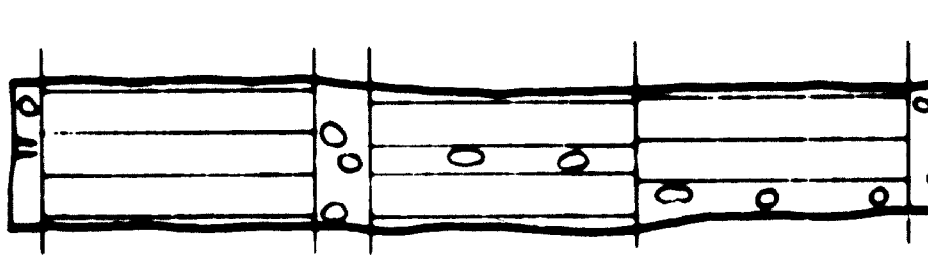


Figure II: Estimation de la consommation de matériau

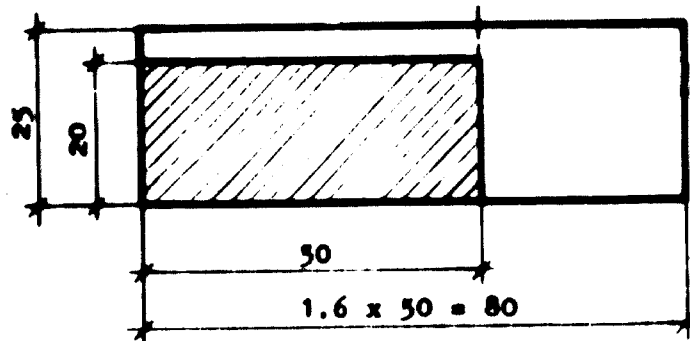


Figure III: Principe traditionnellement suivi pour le tronçonnage en menuiserie

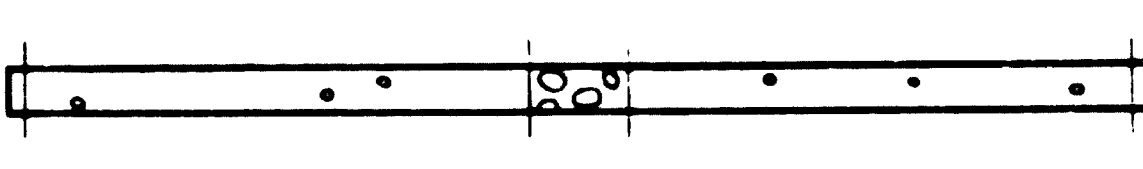


Figure IV: Bois joint par entures multiples en menuiserie

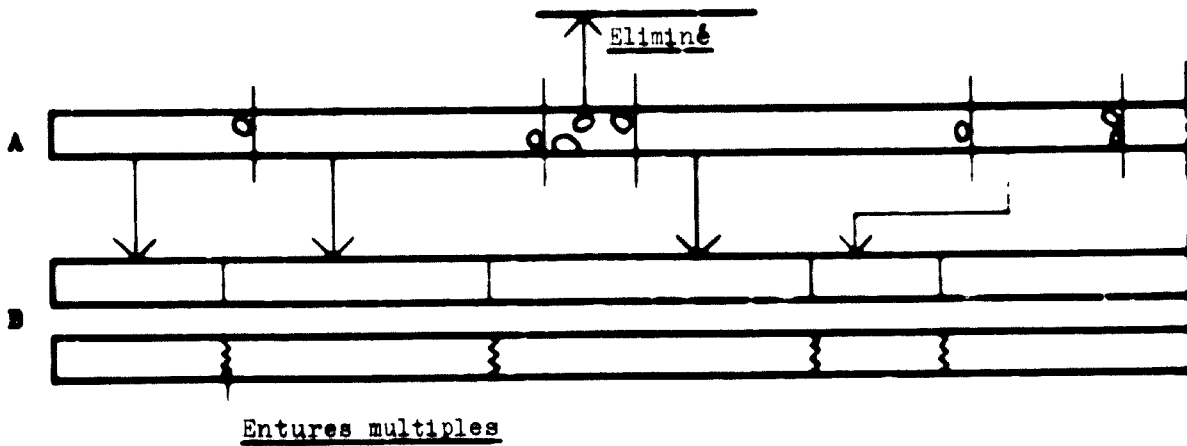
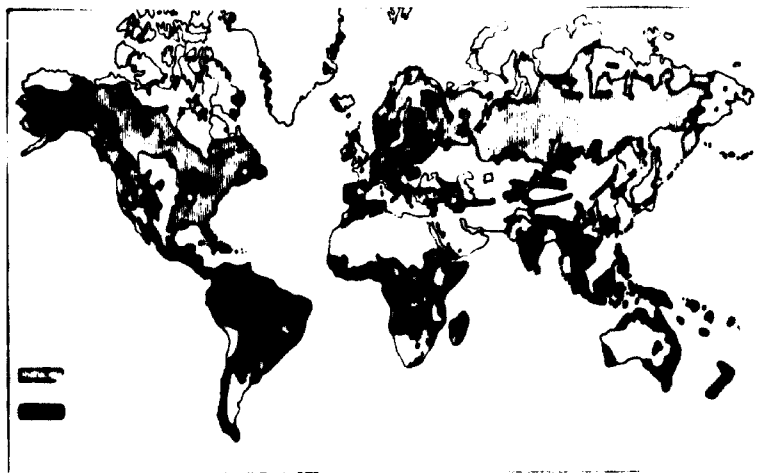
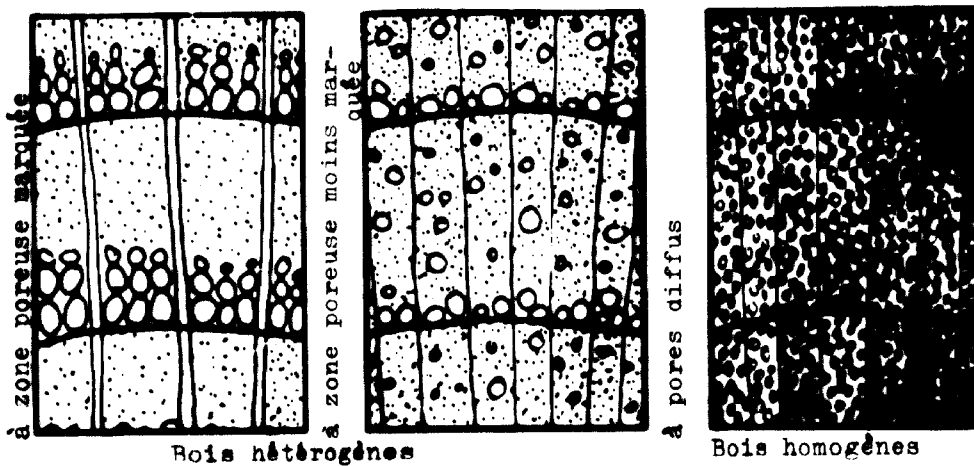


Figure V: Répartition des bois feuillus et des bois résineux dans le monde



Note: Zones hachurées - bois feuillus et bois résineux des régions tempérées et septentrionales; zones en noir - bois feuillus tropicaux

Figure VI: Les trois principaux types de bois feuillus



Les bois feuillus sont subdivisés en trois groupes:

Hétérogènes, à zone poreuse marquée (par exemple le frêne et le chêne)

Hétérogènes, à zone poreuse moins marquée (par exemple l'hickory et le teck)

Homogènes, à pores diffus (par exemple les acajous, le bois de rose, le noyer)

Les pores sont les sections transversales des vaisseaux conduisant l'eau, qui ont l'aspect de petits trous ronds ou ovales dans la masse du bois, lorsque l'arbre est coupé en travers(figure VI). Chez les essences à zone poreuse marquée, les vaisseaux qui apparaissent au début de la saison de croissance sont grands et nettement visibles, alors que chez les essences à zone poreuse moins marquée, les pores sont plus également répartis sur toute la zone d'accroissement. Chez les essences homogènes, les pores sont souvent très petits et régulièrement répartis. La plupart des bois feuillus appartiennent au groupe des bois homogènes.

Lorsque les vaisseaux du bois sont larges (comme c'est le cas du chêne), ils constituent des creux visibles à la surface de la planche et modifient donc l'aspect du bois, sa madrure, sa finition et certaines autres propriétés.

Facteurs modifiant les propriétés du bois

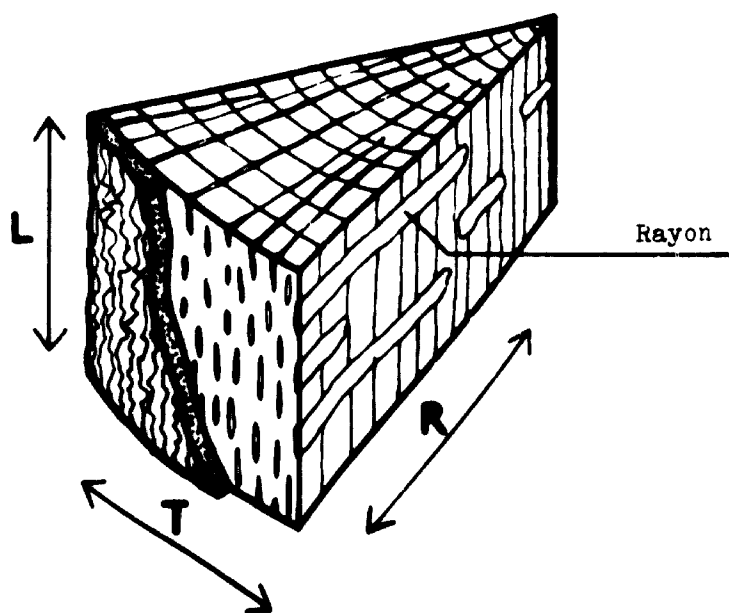
La vie d'un arbre se divise en périodes de croissance et en périodes de repos. Chaque période de croissance donne lieu à la formation d'un nouveau cerne d'accroissement autour du précédent cerne. Entre deux périodes de croissance s'insère une période de repos due aux variations saisonnières (été et hiver, saison des pluies et saison sèche). Les cernes d'accroissement sont en général nettement visibles chez les bois résineux et les essences à zone poreuse, alors que chez certaines essences homogènes, ils sont très flous. Dans certaines régions tropicales, la croissance peut être pratiquement continue d'un bout à l'autre de l'année, sans qu'il ne se forme de cerne d'accroissement bien défini. Chez les bois feuillus, la croissance rapide en diamètre donne un bois plus lourd qui a une plus grande résistance, alors que les bois résineux ont en règle générale un taux de croissance dit " optimal" qui donne le meilleur bois.

La structure de la fibre à la surface d'une planche sciée dépend en grande partie du sens dans lequel le bois a été scié. Comme on le montre à la figure VII, le sciage s'effectue principalement dans le sens longitudinal (L), radial (R) et tangentiel (R).

Lorsqu'une grume est sciée dans le sens radial (sur quartier), on obtient un dessin à fines rayures. Si l'arbre a de gros rayons nettement délimités, ceux-ci seront fendus et apparaîtront à la surface de la planche.

Le sciage dans les sens tangentiel (sciage simple) donne un dessin plus vivant, mais les rayons ne sont visibles qu'en coupe transversals (figure VIII). Plus les cerns d'accroissement sont distincts, plus la structure de la fibre sera mise en évidence. C'est l'essence utilisée qui détermine le sens dans lequel il faut débiter le bois pour obtenir un dessin plus attrayant en surface. Très souvent, le sens de sciage à la surface d'une partie d'un meuble par exemple ne correspondra à aucun des principaux sens.

Figure VII: Les principaux sens de débitage des grumes



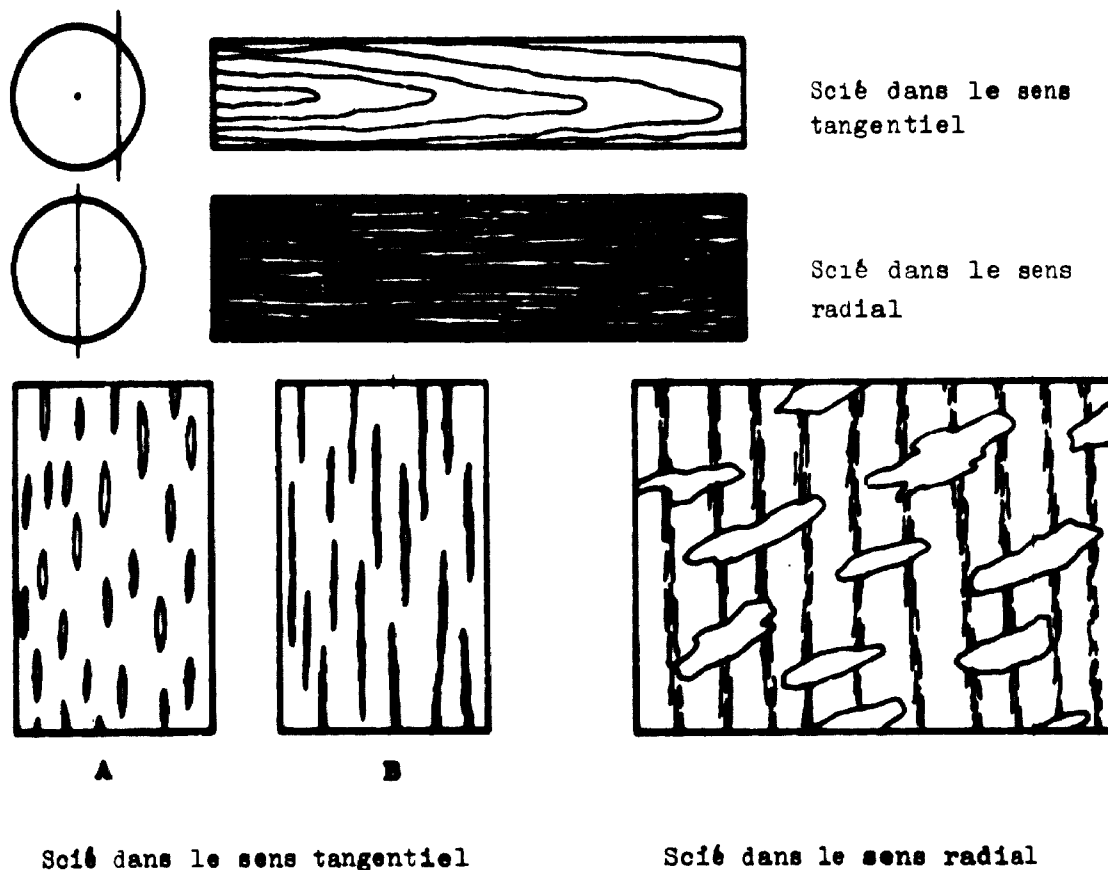
Les bois feuillus tropicaux en particulier ont souvent un bois de coeur coloré qui se distingue très nettement de l'aubier plus olâtre qui l'entoure; en général, on ne peut utiliser que le bois de coeur pour des meubles et ouvrages de menuiserie. Par contre l'aubier des résineux est parfois plus précieux, en raison de sa couleur claire, que le bois de coeur plus foncé. Chez certaines essences, il n'y a pour ainsi dire pas de différences de couleur entre le bois de coeur et l'aubier.

La densité du bois est généralement considérée comme le meilleur critère des caractéristiques générales du bois, car toutes les essences se composent d'un matériau pratiquement analogue (densité de $1,5 \text{ g/cm}^3$ environ), qui est réparti dans des proportions différentes pour chaque essence. La densité modifie les propriétés du bois comme suit:

- a) Un bois lourd est plus résistant qu'un bois léger.
- b) Un bois lourd est plus dur qu'un bois léger et la finition de la

- surface est généralement plus facile.
- c) L'utilisation d'un bois lourd augmente le poids des constructions en bois dont les dimensions, comme pour le meuble, dépendent essentiellement de l'aspect.
 - d) Un bois lourd se rétracte et gonfle généralement plus qu'un bois léger ce qui est une caractéristique très défavorable pour une matière première destinée à la fabrication de meubles et d'ouvrages de menuiserie

Figure VIII: Effet du sens du fil sur le dessin du bois



Effet de l'humidité sur le bois

Le bois se compose de cellules hygroscopiques qui absorbent ou dégagent de l'eau selon l'humidité de l'air ambiant. Dans toutes les conditions d'utilisation, il contient plus ou moins d'humidité. La teneur en eau du bois est toujours exprimée en pourcentage du poids du bois anhydre. Pour déterminer le taux d'humidité, on prélève un échantillon de la grume et l'on procède comme suit:

L'échantillon non séché est pesé (m_u)

Exemple:

$m_u = 48,6 \text{ g}$

Exemple:

L'échantillon est séché à 100 - 105°C
dans une étuve jusqu'à ce qu'il soit
complètement sec

L'échantillon est ensuite pesé(m_0)

$$m_0 = 36,2 \text{ g}$$

Le taux d'humidité(u) est calculé
d'après la formule suivante:

$$u = \frac{m_u - m_0}{m_0} = \frac{48,6 - 36,2}{36,2} = \frac{12,4}{36,2} = 0,342 = 34,2 \%$$

Cette méthode permet d'obtenir un résultat assez précis si l'on utilise une balance normale de laboratoire.

Pour mesurer rapidement le taux d'humidité du bois, il existe des appareils électriques qui donnent directement le résultat. Ils ne sont toutefois pas aussi précis que la méthode de séchage décrite ci-dessus, mais pour un taux d'humidité inférieur à 20p.100, ils donnent une estimation suffisamment précise.

L'eau qui se trouve dans un arbre vivant est généralement répartie de telle sorte que l'aubier a un taux d'humidité nettement plus élevé que le bois de coeur. Le taux d'humidité peut atteindre 200 p.100 et tomber à 30 p.100. C'est dans les bois résineux que l'on observe les plus grands écarts. Les planches sciées dans du bois qui n'a pas été séché, séchent au début sans se rétracter car toute l'eau libre qui remplit l'intérieur des cellules s'évapore d'abord et ce n'est qu'ensuite que les parois des cellules commencent à sécher et que le bois se rétracte. Lorsque le processus de retrait s'amorce, on dit que le bois a atteint le point de saturation de la fibre et le taux d'humidité est alors de 30 p.100, quel que soit le genre de bois. Le taux d'humidité des meubles et ouvrages de menuiserie au cours de la fabrication et de leur utilisation est en général nettement inférieur au point de saturation de la fibre et se situe donc dans un ordre de grandeur où le bois est sujet au retrait et au gonflement.

Tout morceau de bois absorbe ou perd de l'eau jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre le taux d'humidité du bois et le taux d'humidité atmosphérique. A ce moment - là, le taux d'humidité aura atteint le taux d'équilibre hygroscopique. En cours d'utilisation, le bois est exposé à des changements quotidiens et saisonniers de l'humidité relative. Le bois est donc presque toujours soumis à des variations au moins légères du taux d'humidité par suite de sa tendance à rétablir un équilibre avec l'humidité relative de l'air ambiant. Toutes les méthodes éprouvées de séchage, de manutention et de stockage ont pour objet pratique de réduire au minimum les variations du taux d'humidité du bois en cours d'utilisation en travaillant le bois à un taux d'humidité correspondant aux conditions atmosphériques moyennes auxquelles il sera exposé.

Le taux d'équilibre hygrosopique du bois dépend non seulement de l'humidité relative mais aussi de la température de l'air ambiant. Lorsque l'on connaît les conditions d'utilisation d'un bois, il est possible de déterminer le taux d'équilibre hygrosopique à partir des valeurs indiquées au tableau 2. Ces valeurs s'appliquent à toutes les essences avec une précision suffisante pour tous les usages pratiques. On trouvera au tableau 3 quelques valeurs dégagées du tableau 2.

Le retrait et le gonflement du bois exposé à des variations d'humidité comptent au nombre des propriétés les plus défavorables du bois. Le retrait et le gonflement étant des phénomènes opposés, il est habituel de parler seulement de retrait. Le bois se rétracte conformément aux principes suivants:

- a) Il n'y a retrait que si le taux d'humidité du bois est inférieur au point de saturation de la fibre (30 p.100)
- b) Le retrait en volume (V) d'un morceau du bois qui a un taux d'humidité compris entre 30 p.100 et 0 p.100 est équivalent à la quantité d'eau évaporée. Si par exemple, 1 kg d'eau est évaporé, le retrait du bois en volume est égal à 1 dm³;
- c) Le retrait est plus grand dans le sens tangentiel (T) que dans le sens radial (R);
- d) Dans le sens longitudinal, le retrait est si faible qu'on peut en pratique le négliger;
- e) En général, le bois lourd se rétracte davantage que le bois léger. Mais il y a des exceptions à cette règle, si le bois contient des matières supplémentaires comme c'est le cas du teck.

Il est possible de comparer la stabilité du taux d'humidité des différentes essences d'après leur retrait maximum (tableau 4).

On peut calculer d'une manière assez simple les changements de dimensions qui résultent des variations du taux d'humidité d'un morceau de bois. On donne par exemple ci-après la réponse à la question suivante: De combien une planche d'acajou de 100 mm de large, coupée tangentiellement par rapport aux cernes d'accroissement, rétrécira-t-elle, si le taux d'humidité est réduit de 20 à 10 p.100 ?

Retrait maximum T ^{2/}	= 5,1 p.100
Largeur initiale (20 % d'humidité)	= 100 mm
Variation du taux d'humidité (20 à 10 p.100)	= 10 p.100
Point de saturation de la fibre	= 30 p.100

$$\begin{aligned} \text{Retrait de la planche} &= 5,1\% \times 100 \text{ mm} \times \frac{10\%}{30\%} \\ &= 0,051 \times 100 \times \frac{0,10}{0,30} \text{ mm} \\ &= 1,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

2/ Voir tableau 4, page 21

Tableau 2: Humidité relative (caractères romains) et taux d'équilibre hygroscopique (caractères italiques) pour diverses températures à sec et divers écarts entre la température "humide" et la température à sec

Température à sec (C°)	Ecart entre la température "humide" et la température à sec (C°)																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
-1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
+2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
27	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
29	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
35	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
38	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
43	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
46	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
49	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
52	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
54	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
66	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
77	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
82	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
88	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
93	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Source: United States Department of Agriculture, Forest Service, Dry Kiln Operator's Manual d'Edmund F. Rasmussen, Agricultural Handbook N° 188 (Washington DC, Government Printing Office, 1961).

Tableau 3: Taux d'équilibre hygroscopique du bois

Humidité relative de l'air (pourcentage)	Température (°C)	Taux d'équilibre hygroscopique du bois (pourcentage)
40	20	7,6
	30	7,3
	40	7,0
50	20	9,1
	30	8,8
	40	8,4
60	20	10,8
	30	10,5
	40	10,0
70	20	13,0
	30	12,6
	40	12,1
80	20	16,1
	30	15,7
	40	15,0
90	20	20,8
	30	20,0
	40	19,3
100	20	Point
	30	de saturation
	40	de la fibre=30%

Tableau 4: Poids et retrait maximum du bois de quelques essences importantes

Essences	Densité à 0 % d'humidité (g/cm ³)	Retrait maximum ^{a/} (pourcentage)			
		L	R	T	V
Douglas (ou Pin d'oregon) (<u>Pseudotsuga taxifolia</u>)	0,51	0,3	5,0	7,8	13,0
Chêne (européen) (<u>Quercus pedunculata</u>)	0,65	0,4	4,0	8,8	13,0
Noyer européen (<u>Juglans regia</u>)	0,64	0,5	5,4	7,5	13,9
Teck (<u>Tectona grandis</u>)	0,63	0,6	3,0	5,8	9,4
Acajou (américain) (<u>Swietenia mahagoni</u>)	0,55	0,3	3,2	5,1	8,9
Okoumé (<u>Aucoumea klaineana</u>)	0,31	0,2	4,1	6,6	10,9

^{a/} L = longitudinal, R = radial, T = tangentiel, V = volume

Le retrait et le gonflement du bois entraînent les inconvénients suivants:

- a) Les dimensions des pièces de bois subissent des variations;
- b) Il apparaît des déformations sur la section transversale du bois, car le retrait est nettement plus important dans le sens tangentiel que dans le sens radial (figure IX).
- c) Si l'on empêche la déformation d'évoluer librement, il en résultera des tensions internes nuisibles dans les pièces de bois.

Dans la fabrication de meubles et d'ouvrages de menuiserie, on applique donc deux principes opposés: soit on laisse les déformations évoluer librement (figure X), soit on fait tout pour les empêcher (figure XI).

Séchage du bois

Pour ce qui est du séchage du bois, il faut tenir compte des considérations suivantes:

- a) Les grumes sont débitées humides et le taux d'humidité du bois est généralement au-dessus du point de saturation de la fibre;

- b) Le but du séchage est d'atteindre un taux d'humidité qui corresponde aux conditions auxquelles sera ultérieurement exposé le bois lorsqu'il sera utilisé;
- c) Dans le bois sec, l'humidité doit être répartie de façon égale et le bois exempt de tensions, ce qu'il n'est possible d'obtenir que si le bois est bien séché.

Figure IX: Déformations dues au retrait transversal

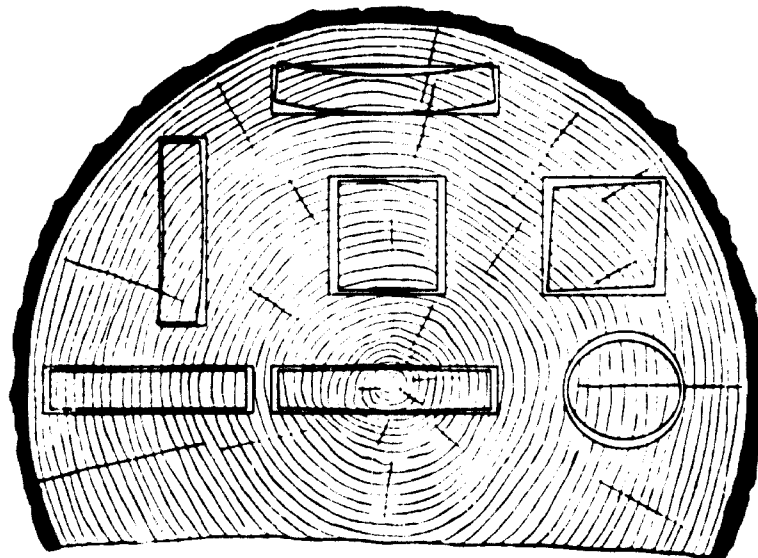
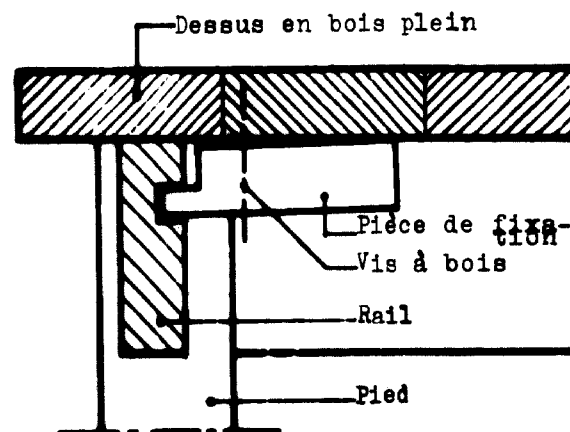


Figure X: Construction permettant aux déformations d'évoluer librement



Le bois est séché à l'air libre ou artificiellement. Pour le séchage à l'air libre, les planches sont empilées sur des liteaux qui séparent les couches, comme on l'a fait remarquer antérieurement. Les piles de bois doivent toujours être placées sous un toit. Les insectes et les champignons risquent de causer des dégâts importants, surtout dans les climats tropicaux. Le parc de stockage comprend normalement des piles de bois disposées en rangées droites séparées par d'étroites allées (de 1 à 2 mètres de large). Pour le transport, il faut prévoir des allées plus larges (de 8 à 10 mètres) entre les piles de bois. Normalement, le transport se fait à l'aide de charriots élévateurs ou de tracteurs avec remorques; on n'utilise désormais plus les wagonnets roulant sur voie étroite. Les allées principales sont généralement disposées de façon à être dans la direction du vent dominant. La surface du parc de stockage doit être plane et couverte de gravier de manière à être perméable à l'eau et suffisamment dure pour être carrossable. Les piles doivent de préférence être posées sur des blocs en ciment, ce qui permet à l'air de circuler sous les piles. La hauteur moyenne de ces blocs est de 60 à 80 cm.

Le principe du séchage artificiel est de réduire progressivement le taux d'humidité du bois par l'action de la chaleur. (L'air chaud peut absorber davantage d'eau que l'air froid). L'air humide est éliminé du séchoir et remplacé par de l'air sec jusqu'à ce que le bois ait atteint le taux d'équilibre hygroscopique souhaité. Si l'on veut que le séchage se déroule de manière satisfaisante, il faut observer avec soin et surveiller de près toutes les phases de l'opération. Les bois feuillus, surtout les planches épaisses, sont particulièrement difficiles à sécher. Un séchage artificiel trop rapide durcira la surface et provoquera des fentes à l'intérieur (figure XII) et le voilement de la planche. Le lot entier de bois séché dans un séchoir peut devenir inutilisable, s'il n'est pas séché avec soin.

D'une manière générale, le bois pour meubles et menuiserie est séché artificiellement jusqu'à ce qu'il atteigne un taux d'humidité légèrement inférieur à celui qu'exigent les conditions d'utilisation, en tenant compte d'une augmentation modérée du taux d'humidité au cours du stockage et de la fabrication. Cette pratique a pour but d'obtenir une répartition uniforme de l'humidité entre les différentes pièces. Si le taux d'équilibre hygroscopique d'un bois qui est utilisé à l'intérieur pendant une saison donnée est par exemple de 10 p.100, le taux d'humidité choisi pour le bois destiné à la fabrication de meubles peut être de 8 p.100.

On trouvera au tableau 5 un schéma de séchage qui convient à certains bois feuillus(acajou, azobé, chêne, hickory, ircko, makoré, palissandre, ramin, sameli, teck , yang). Pendant l'opération de séchage, il faut maintenir l'humidité relative de l'air dans le séchoir à une valeur donnée (colonne 5) jusqu'à ce que l'humidité du bois soit tombée à la valeur donnée

dans la colonne 1. On contrôle l'opération de séchage en prélevant fréquemment des échantillons du séchoir (par une petite ouverture) pour déterminer le taux d'humidité. Ces échantillons sont évidemment préparés avant que le bois à sécher ne soit placé dans le séchoir.

Figure XI: Construction empêchant l'apparition de déformations

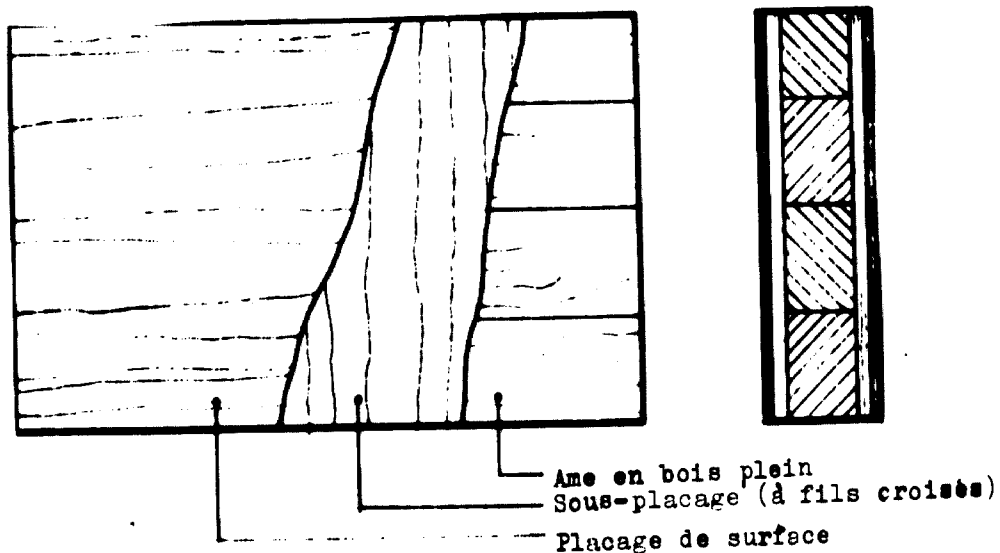
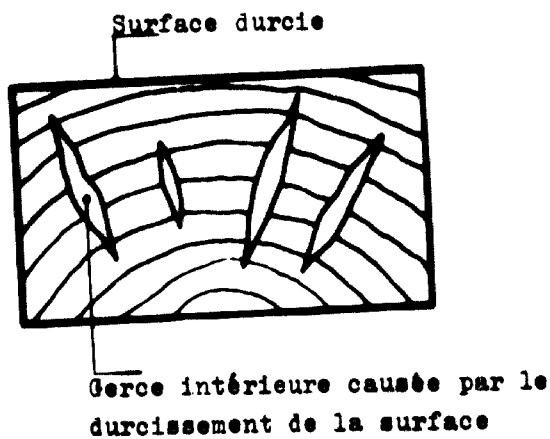


Figure XII: Effet du durcissement de la surface



Normes de qualité pour sciages destinés à la fabrication de meubles ^{3/}

Il n'existe pas de normes internationales de qualité pour les sciages destinés à servir de matière première pour la fabrication de meubles, bien qu'il y en ait pour les sciages de résineux destinés à la construction. En Amérique du Nord, il est courant de classer le bois selon les normes de la NHLA, alors qu'en Europe on en vient de plus en plus à accepter les normes de classement s'appliquant aux exportations malaisiennes de sciages de feuillus, lorsqu'il s'agit d'essences du Sud-Est asiatique. Comme on l'a déjà fait remarquer, il n'est guère utile de classer les planches destinées à la fabrication de meubles. Chaque fabricant de meubles établit ses propres normes de classement qui définissent la qualité du bois dont il a besoin pour chaque partie d'un ouvrage. Les normes comprennent généralement de 3 à 5 catégories selon le genre de produits fabriqués. Ces catégories se réfèrent à la qualité de chaque pièce ou élément découpés et non pas à la qualité de planches entières aux dimensions brutes. La taille et le nombre de défauts admis dans chaque catégorie doivent être spécifiés avec précision. La catégorie nécessaire pour chaque pièce doit être indiquée dans la liste des pièces. Dans une classification à quatre catégories, on peut définir les différentes catégories comme suit:

- Catégorie I - Parties toujours exposées, telles que les dessus de tables, la partie extérieure des tiroirs et les pieds de chaises
- Catégorie II- Parties temporairement exposées (parties latérales et arrière de tiroirs)
- Catégorie III- Parties non exposées (éléments de fixation et parties à peindre)
- Catégorie IV- Bois intérieur (parties à plaquer)

Le Protocole technique des fabricants de meubles danois sur le contrôle de la qualité définit les normes s'appliquant au bois massif utilisé pour des meubles de première qualité comme suit:

Bois: Tous les matériaux doivent être de bonne qualité.

Bois résineux: Tous les bois résineux utilisés doivent être sains et exempts d'atteinte par des champignons ou par des insectes. Les bois résineux doivent être dépourvus d'écorces, de poches de résine, de gerces, de loupes (c'est-à-dire de noeuds noirs ou sautants).

On peut tolérer des noeuds sains occasionnels à condition qu'ils ne réduisent pas la stabilité globale du meuble ou de parties du meuble, comme dans les assemblages particuliers. Les noeuds sains ne doivent toutefois pas occuper plus d'un quart de la largeur de la pièce et ne jamais avoir un diamètre supérieur à 20 mm.

^{3/} Voir aussi deuxième partie, article 14 (Pekka Paavola, "La conception technique des produits")

Bois feuillus: Tous les bois feuillus utilisés doivent être sains et exempts de défauts dus aux champignons ou aux insectes et de noeuds, qui ne sont généralement pas tolérés.

En ce qui concerne les bois feuillus caractérisés par la formation de bois de coeur, comme le chêne, le teck, l'acajou et le palissandre, l'aubier n'est pas utilisé, mais il peut l'être dans le cas du noyer français, italien ou européen.

Pour la fabrication de meubles, notamment de tables et de chaises, qui par leur dessin et construction impliquent des exigences particulières en matière de solidité du bois, il ne faut pas que les bois à couches d'accroissement, tels que le frêne, le chêne et le teck, soient trop "tendres", c'est-à-dire que leur croissance ait été trop lente. Si l'on fabrique des meubles à partir de bois à couches d'accroissement, la largeur des accroissements annuels, c'est-à-dire les zones de croissance du bois, ne doit généralement pas être inférieure à 2,5 ou 3 mm.

Tableau 5: Schéma de séchage pour certains bois feuillus

Taux réel d'humidité du bois (pourcentage)	Lecture des températures dans le séchoir (°C)			Humidité relative de l'air (pourcentage)	Taux d'équilibre hygrosopique du bois(%)
	Thermomètre à sec	Thermomètre " humide "	Ecart		
Du bois vert					
jusqu'à 60 p.100	40	38	2	90	19,5
60 - 25	45	42	3	82	15,6
25 - 20	51	46	5	74	12,5
20 - 16	57	49	8	65	10,0
16 - 13	63	52	11	55	8,0
13 - 10	70	54	16	46	6,3
Jusqu'à 8 p.100	70	62	8	70	10,0

- Thomas, A.V. Malayan timbers: Mengkulang, Mersawa and Punah. Kuala Lumpur, 1950.
- Thomas, A.V. Malayan timbers: Jelutong and Nyatoh. Kuala Lumpur, 1950.
- Titmus, F.H. Commercial timbers of the world. Londres, Technical Press, 1965.
- Twenty West African timber trees. L. Chalk et al. Oxford, 1933.
- Wallis, N.K. Australian timber handbook. Sydney, 1963.
- Wyatt-Smith, J. Standard timber names of Indonesia, Malaya, North Borneo and Sarawak. Kuala Lumpur, 1958.

2. PLACAGES, CONTREPLAQUES ET AUTRES PANNEAUX A BASE DE PLACAGES*

Placage

Le placage a de nombreuses applications dans l'industrie du meuble et de la menuiserie et peut être considéré comme l'un des matériaux de base dans ces domaines. Il est possible d'utiliser le placage pour revêtir une âme peu coûteuse (bois plein, panneau de particules, etc.) de façon à améliorer les propriétés et l'aspect de la surface de l'objet. Plaquer des panneaux constitue une phase essentielle des travaux de menuiserie.

On obtient des placages par sciage, tranchage ou déroulage d'une bille de bois débitée aux dimensions voulues (figure I). Le choix de la méthode dépend de la taille de la bille et de la madrure souhaitée. Les billes de grandes dimensions (bois tropicaux) sont généralement tranchées, alors que les plus petites sont déroulées. La méthode du sciage n'est que rarement employée pour obtenir des placages, mais il peut y avoir des raisons d'y recourir, dans le cas du bouleau finlandais madré par exemple. Pour ce qui est du déroulage ou du tranchage, l'épaisseur de la feuille de placage se situe entre 0,1 et 6 mm.

Les placages utilisés dans les industries du meuble et de la menuiserie^{1/} doivent répondre à des normes de qualité élevées. Ils doivent être solides, lisses (qualité technique du placage) et beaux du point de vue qualité et madrure du bois. Les propriétés de la matière première sont d'une importance fondamentale pour la fabrication de bons placages; si la bille présente des défauts, tels que des nœuds, fentes, attaques de pourriture et défauts de coloration, il est difficile d'en faire des placages. L'état de la matière première durant les opérations mêmes de transformation constitue un autre facteur important. Il faut accorder une attention particulière à la température et à l'humidité de la bille. La qualité du placage s'améliore au fur et à mesure que la température de la bille augmente. Cette relation de cause à effet se retrouve dans différentes essences. Pour faire des placages de bouleau finlandais, il faut par exemple dérouler le bois à une température d'au moins 30 à 35°C (85 à 95°F), comme on le voit dans la figure II. Pour atteindre la température voulue, il faut immerger les billes dans l'eau chaude ou les étuver à la vapeur.

* Document présenté au séminaire par Jaakko Meriluoto, Institut technique de Lahti, Lahti (Finlande). (Publié initialement sous la cote ID/WG.105/23)
REV. 1)

^{1/} Voir également deuxième partie, article 17 (Pekka Paavola, "Technologie de l'industrie du meuble") et article 18 (Juhani Jantunen, "Les techniques de fabrication en menuiserie")

Bibliographie

- Armstrong, F.H. Mechanical and physical properties of some Brazilian timbers. Londres 1945.
- Balan Menon, P.K. Uses of Malayan timbers. Kuala Lumpur, 1958.
- Bayly, D.R. Important commercial timbers of Sarawak. Melbourne, 1955.
- Bellosillo, S.B. et P.J. Miciano. Progress report of mechanical properties of Philippine woods. Manille, 1959.
- Boerhave, W. et Beekman. Elsevier's wood dictionary. Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1966. 3 vols.
- Bolza, E. et N.H. Kloot. The mechanical properties of 81 New Guinea timbers. Melbourne, 1956.
- Brough, J.C.S. Timbers for woodwork. Londres, 1964.
- Brown, H.P., A.J. Panshin et C.C. Forsath. Textbook of wood technology. New York, McGraw-Hill, 1949 et 1952. 2 vols.
- Brush, W.D. Teak. Washington, 1945.
- Burgess, H.J. Malayan timber for flooring. Kuala Lumpur, 1956.
- Dadswell, H.E. Timbers of the New Guinea region. Melbourne, 1945.
- Dadswell, H.E. et A.M. Eckerley. Some timber species of Papua and New Guinea with descriptive notes on properties and uses and means of identifications. Melbourne, 1943.
- Desch, H.E. Timber, its structure and properties. Londres, Macmillan, 1968.
- Desch, H.E. et A.V. Thomas. Timber utilization in Malaya. Kuala Lumpur, 1940.
- Edwards, J.P. Malayan timbers for export. Kuala Lumpur, 1947.
- Forest products: their sources, products and utilization. A.J. Panshin et al. New York, McGraw-Hill, 1950.
- Henderson, F.Y. Timber, its properties, pests and preservation. Londres, Lockwood, 1946.
- Jackson, F.W. Durability of Malayan timbers. Kuala Lumpur, 1957.
- Kloot, N.H. et E. Bolza. Properties of timbers imported into Australia. Melbourne, 1961.
- Kollman/Coté. Solid wood. New York, 1968.
- Limaye, V.D. et L.N. Seaman. Physical and mechanical properties of woods, grown in India. Dehra Dun, 1933.
- Longwood, Franklin R. Present and potential timbers of the Caribbean with special reference to the West Indies, the Guianas and British Honduras. Washington, 1962.
- Menon, K.D. Susceptibility of commercial species of Malayan timbers to powderpost beetle attack. Kuala Lumpur, 1957.
- Menon, K.D. Uses of Malayan timbers. Kuala Lumpur, 1958.
- Menon, K.D. et H.J. Burgess. Malayan timbers for furniture. Kuala Lumpur, 1957.
- Orman, H.R. Strength properties of some Kauri of the South West Pacific, with special reference to Fijian kauri. Wellington, 1949.
- Stevens, W.C. et C.H. Pratt. Kiln operator's handbook. Princee Bieborough, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Forest Products Research Laboratory.
- Tanesis, F. et L. Ag. Important commercial timbers of the Philippines, their properties and uses. Manille, 1951.
- Thomas, A.V. White and yellow meranti timber. Kuala Lumpur, 1950.

Figure I: Méthodes de fabrication de placages

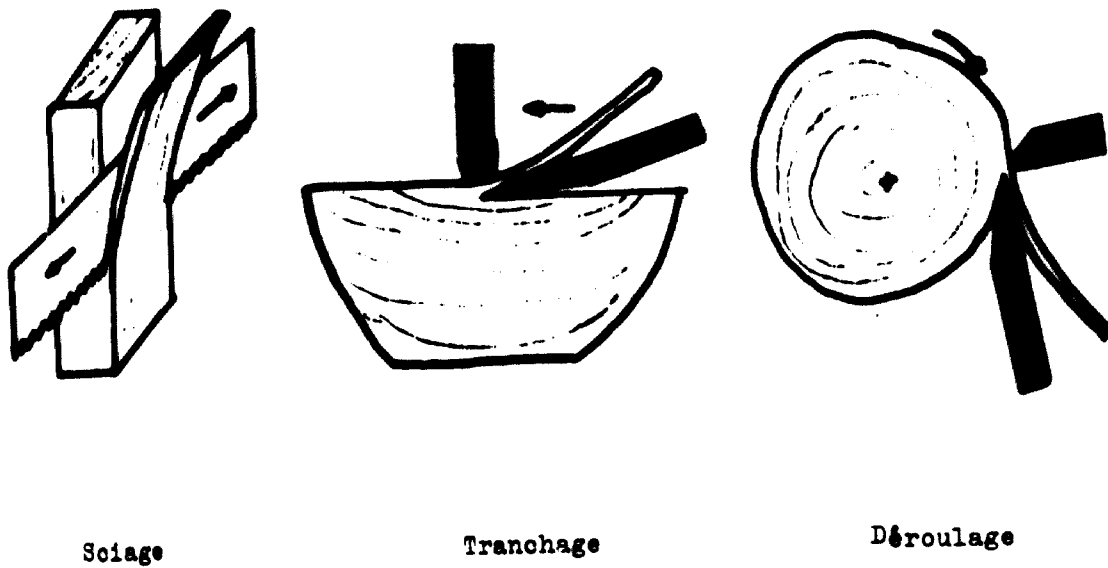
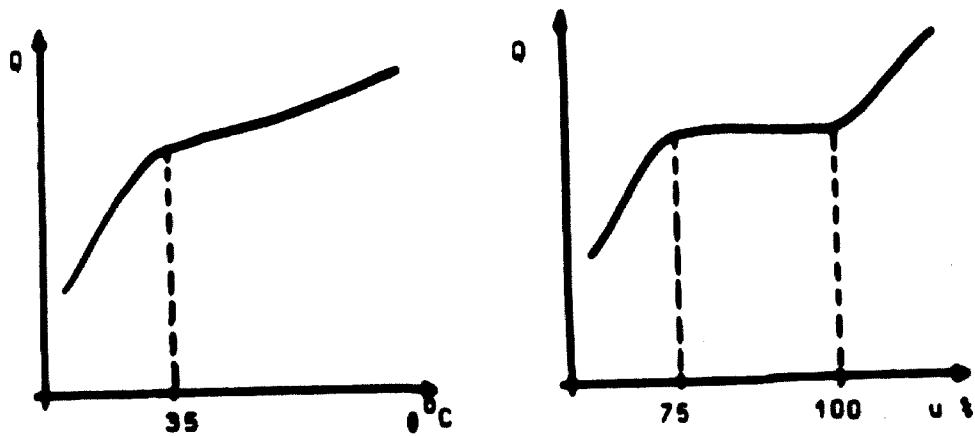


Figure II: Relations entre la qualité du placage et la température et l'humidité de la bille à partir de laquelle il est fabriqué

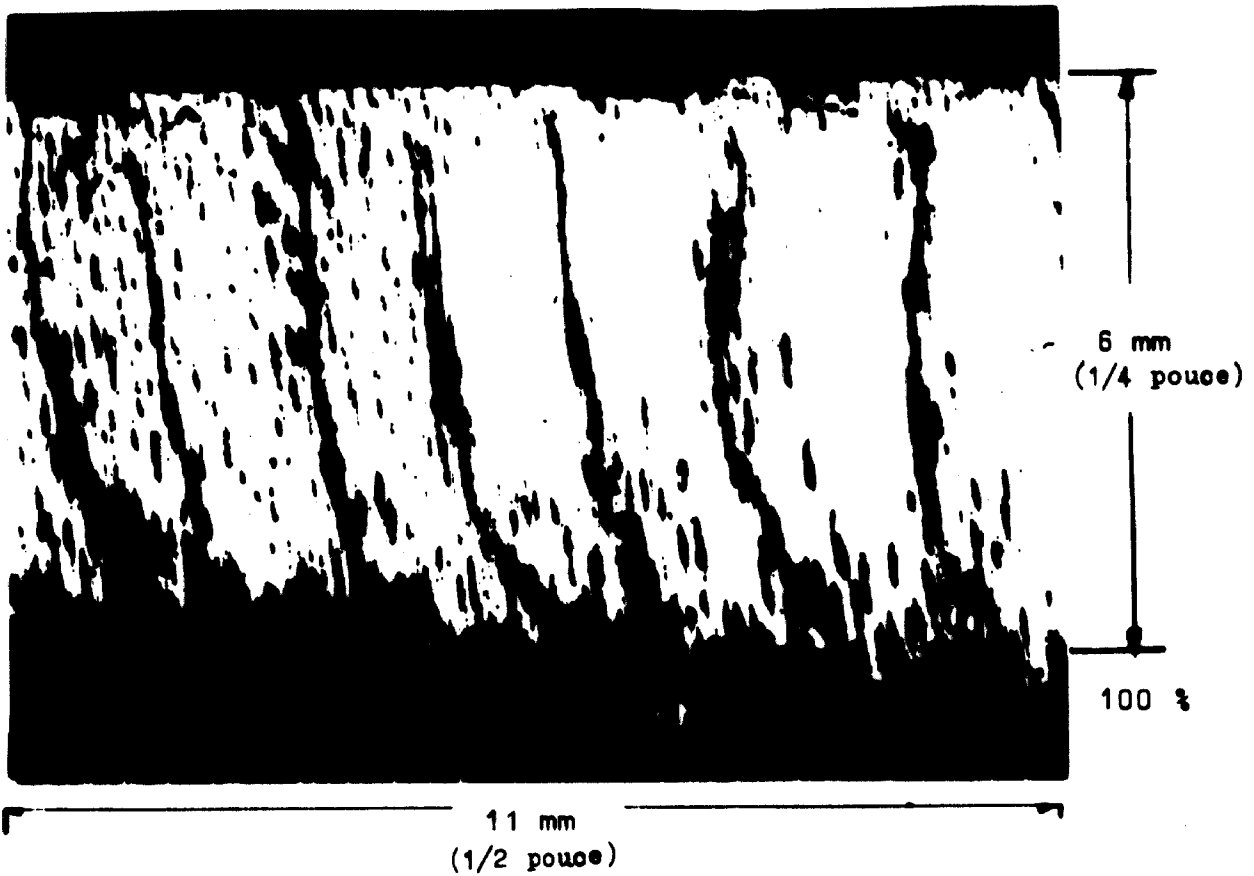


Q = Qualité du placage
θ = Température de la bille
u = Taux d'humidité de la bille

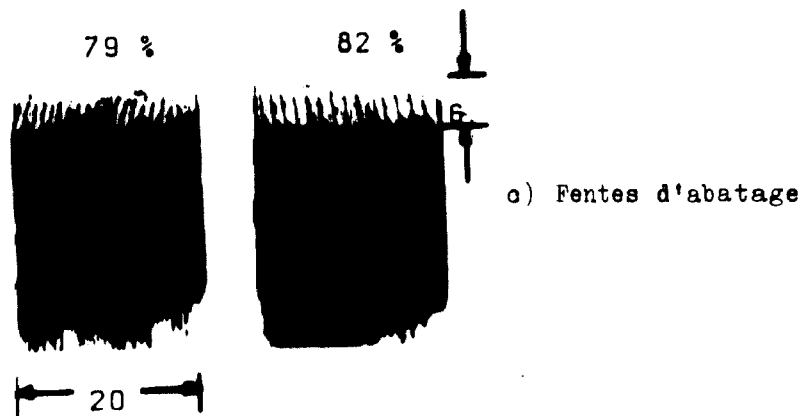
Figure III: Rugosité et fendillement de la surface du placage



a) Système de la ligne
d'ombre



b) Gerces à travers le placage



De même, l'augmentation du taux d'humidité de la bille s'accompagne d'une amélioration de la qualité du placage. Le taux d'humidité minimal est d'environ 75 p.100(figure II). En-deçà de cette limite, il y aura des défauts dans le placage: les inégalités d'épaisseur seront plus marquées, la surface sera rugueuse et il y aura des fentes. Des gerces typiques apparaîtront sur la surface interne du placage (figure III).

Le troisième groupe de facteurs influant sur la qualité du placage comprend les paramètres liés à la machine même ou aux lames de la machine, qu'il s'agisse de la vitesse de coupe, des angles de coupe, de la position des lames ou des risques de fléchissement de la bille(contre-pression s'exerçant derrière la bille). La vitesse de coupe doit être constante et correspondre à la vitesse optimale qu'exigent les différentes essences. L'angle de coupe(pour la lame: angle d'attaque, angle tranchant et angle d'incidence; barre de pression: angle de pression, angle de la barre et angle d'incidence) dépend du genre du bois et de la taille de la bille (figure IVa). Il faut accorder une attention particulière aux positions respectives de la lame et de la barre de pression. Au moment de la coupe, le placage doit être quelque peu comprimé de façon à rendre la surface plus lisse et à prévenir le fendillement. Le degré de compression(pression de la barre) se situe entre 15 et 20 p.100(figure IVb). Si l'on utilise de grosses billes, les angles de réglage (par exemple l'angle d'incidence) varient au cours du déroulage. La dérouleuse doit alors être équipée d'un dispositif automatique d'ajustage. Suivant l'essence, les différents angles de réglage varieront, comme on le voit au tableau 1.

Tableau 1: Angles de réglage pour la fabrication de placages à partir de diverses essences

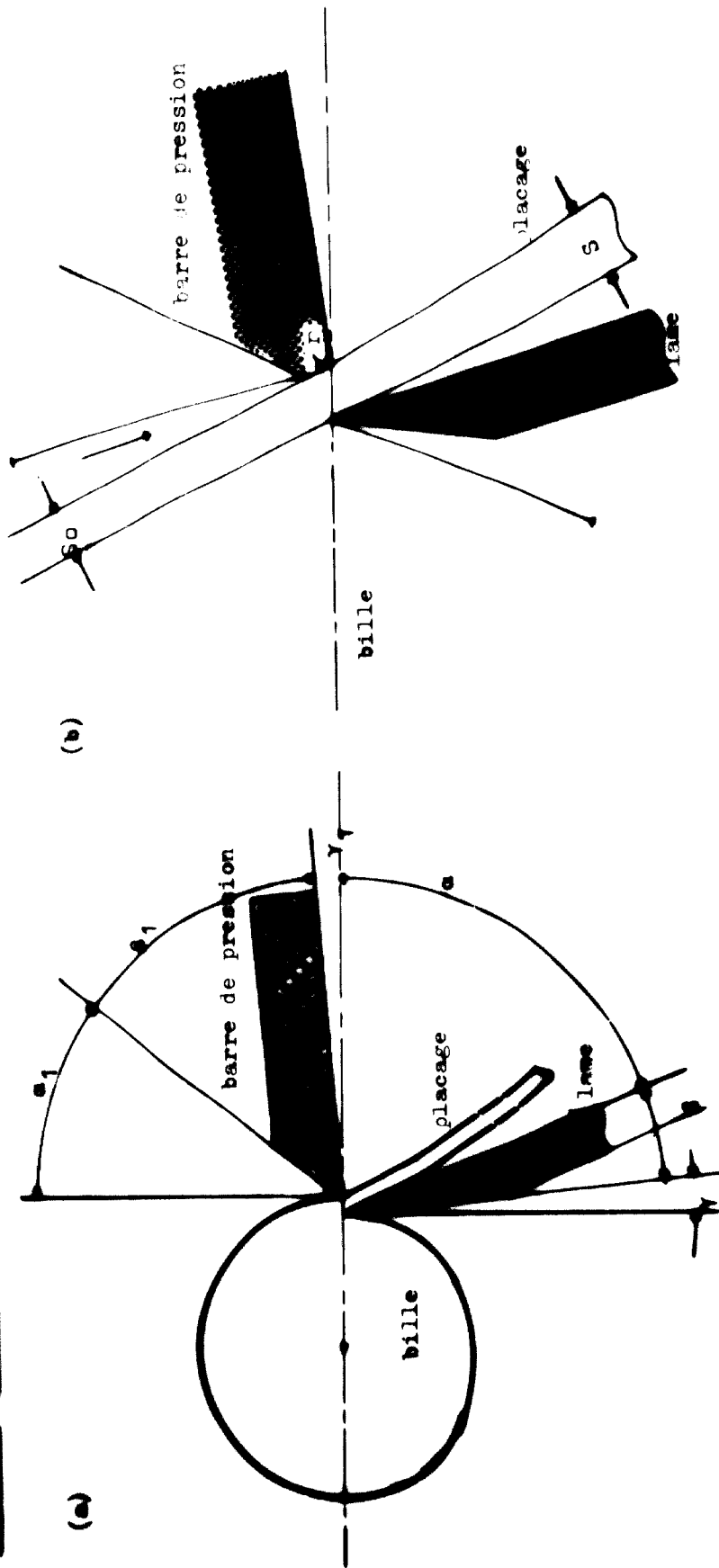
($\theta + \gamma$)

Essences	Angles de coupe
Chêne	17°
Noyer	16-20°
Bouleau	18-20°
Hêtre	20-21°
Okoumé	22°
Peuplier	22-23°
Epioba	20-21°

Si la bille est fléchie au cours de l'opération, le placage obtenu sera ondulé, le milieu de la feuille ne présentant pas la même élasticité que les côtés, ce qui provoquera l'apparition de fentes sur les bords au cours du séchage et également lorsque la feuille sera manipulée durant les différentes phases de sa transformation. En règle générale, une contre-pression pneumatique permet d'éviter toute flexion de la bille.

On peut joindre de petits morceaux de placage pour en faire de grandes feuilles; les morceaux sont jointés sur chant lorsqu'ils sont étroits et bout à bout lorsqu'ils sont courts (figure V). Dans l'industrie du meuble et de la menuiserie, on utilise essentiellement des feuilles jointées bout à bout. Pour obtenir des joints bien dressés, il faut des feuilles de placage droites et rectangulaires, des couleurs bien assorties, une bonne colle et un bon matériel. Les bords du placage sont sciés, rabotés ou cisailés. Le jointage s'effectue à l'aide de machines automatiques dans le sens longitudinal par rapport au fil du bois (placage mince) ou dans le sens transversal (placage épais). Plusieurs facteurs déterminent donc la qualité du placage qui doit remplir des conditions très strictes pour pouvoir être utilisé dans les industries du meuble et de la menuiserie. En général, le placage mince est meilleur que le placage épais.

Figure IV: Le réglage de la lame et de la barre de pression pour le déroulage de placages



Lame:
 = angle d'attaque
 = angle de la lame
 = angle d'incidence
 = angle de coupe

Barre de pression:
 = angle de pression
 = angle de la barre de pression
 = angle d'incidence
 = angle de réglage

r = rayon de la barre de pression 0,5mm
S = épaisseur nominale du placage
So = épaisseur comprimée
 $\frac{S - So}{S} \times 100\% =$ degré de compression (pression de la barre de pression) 15 à 20%

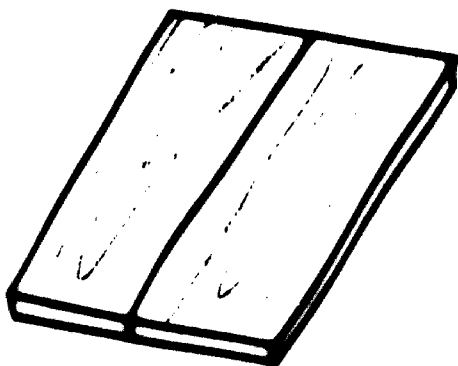
Contreplaqué

On obtient le contreplaqué en collant des feuillets de placages les uns sur les autres (figure VI). Normalement, les placages doivent être placés à fils croisés. La structure doit être symétrique et le nombre de couches si possible impair. Un contreplaqué collé et enduit de façon à être parfaitement résistant à l'eau chaude est un matériau solide et durable, qui peut être utilisé dans des conditions très dures, comme dans la construction aéronautique et navale.

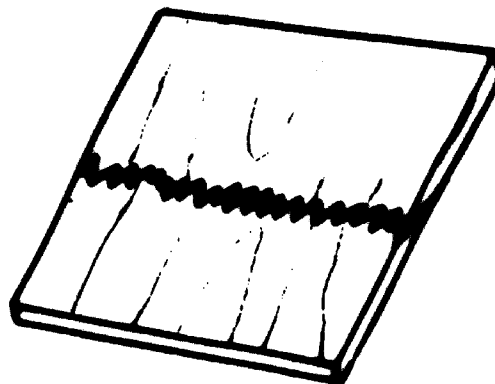
Autrefois, le contreplaqué ordinaire avait également de nombreuses applications dans les industries du meuble et de la menuiserie. Son emploi a toutefois régressé par suite de l'introduction de panneaux moins coûteux, panneaux lattés, panneaux lamellés, panneaux de particules, qui ont en grande partie remplacé le contreplaqué. Mais dans les cas où le facteur solidité est primordial, on peut encore utiliser le contreplaqué dans ces secteurs. Le contreplaqué trouve une autre application importante dans la fabrication de portes planes.

Dans l'industrie du meuble, on utilise encore un contreplaqué spécial, que l'on obtient en collant des placages dans le même sens (figure VII). Ce matériau, qui est facile à cintrer, offre des possibilités variées au constructeur.

Figure V: Jointage de petits feuillets de placage



Jointage (bord à bord) de feuillets étroits dans le sens longitudinal



Jointage (bout à bout) de feuillets courts dans le sens transversal

Figure VI: Structure d'un contre-plaqué normal (à cinq plis)

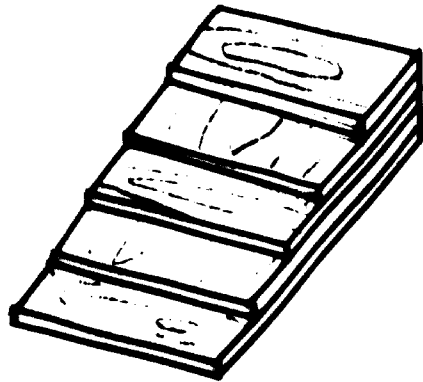


Figure VII: Cintrage d'un morceau de contreplaqué spécial (les différents feuillets étant collés dans le même sens)

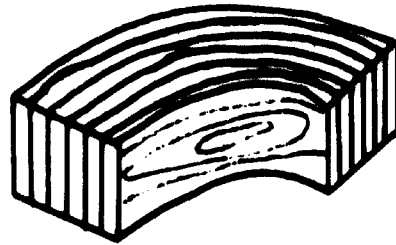
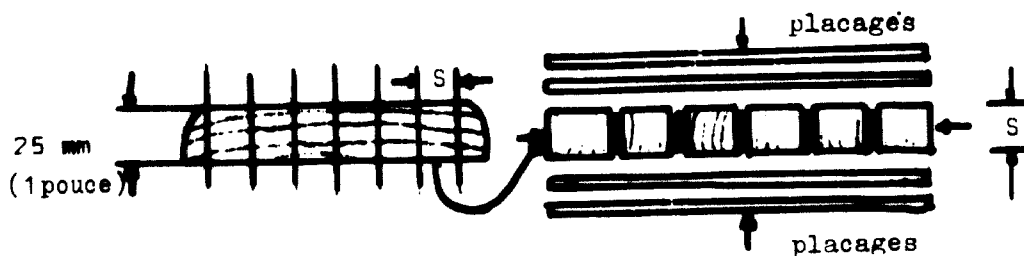


Figure VIII: Principe de la fabrication de panneaux lattés



L'une des phases essentielles de la fabrication de contreplaqués est l'opération de collage. La colle doit convenir aux conditions d'utilisation finale. C'est pourquoi il faut tenir compte des variations éventuelles du taux d'humidité. L'opération de collage fait l'objet d'un autre article de la présente publication.^{2/}

^{2/} Voir aussi l'article 6 (Jaako Meriluoto "L'utilisation de colles et d'autres adhésifs dans les industries du meuble et de la menuiserie").

Panneaux lattés

Les panneaux lattés jouent un rôle important dans les industries du meuble et de la menuiserie. Ils consistent en deux placages collés sur les deux faces de lattes de bois sciées assez étroites. Le principe de la fabrication est exposé à la figure VIII. L'âme du panneau est constituée d'une planche non délignée ou de déchets de bois provenant de scieries. La première catégorie est préférable, car les lattes qui constituent l'âme du panneau peuvent être de longueur égale et, de ce fait, plus faciles à coller (Cf. figure VIII). Pour ce qui est des déchets de bois, il faut généralement les raboter et en égaliser l'épaisseur, ce qui représente une opération supplémentaire. Les lattes de l'âme sont débitées à la scie circulaire à lames multiples. Elles doivent être taillées à vives arêtes.

Dans la fabrication des panneaux lattés, on peut utiliser différentes essences, si leurs propriétés sont suffisamment analogues, et notamment, ce qui est le plus important, si leur retrait est égale de part et d'autre des jointages collés.

Pour coller les lattes en bloc, on emploie généralement la méthode du collage en 1 à 3 points(en ligne) (figure IX). La colle la plus couramment utilisée est une émulsion de polyvinylacétate. Il est particulièrement nécessaire de procéder au collage en trois points lorsqu'il s'agit de panneaux lattés destinés à la fabrication de meubles et d'ouvrages de menuiserie, sinon, ultérieurement un morceau peut se détacher, si l'on fraise le bord pour lui donner une forme particulière.

Les panneaux lattés de première catégorie comprennent deux feuilles de placages sur chacune des deux surfaces de la planche. Les placages sont orientés de telle sorte que le fil du bois soit perpendiculaire à l'âme du panneau, si l'on n'utilise qu'un seul placage. Si l'on utilise deux placages (c'est-à-dire quatre au total), le fil de la planche directement collée sur l'âme du panneau peut être parallèle aux lattes (figure X). L'épaisseur des placages varie de 1,5 à 2,5 mm si l'on emploie une seule feuille et de 1,2 à 1,5 mm si l'on emploie deux feuilles. La densité des panneaux lattés en bouleau finlandais est d'environ 600 kg/m^3 (cinq couches) ou d'environ 550 kg/m^3 (trois couches).

Figure IX: Collage en trois points (en ligne) de lattes dans la fabrication de panneaux lattés

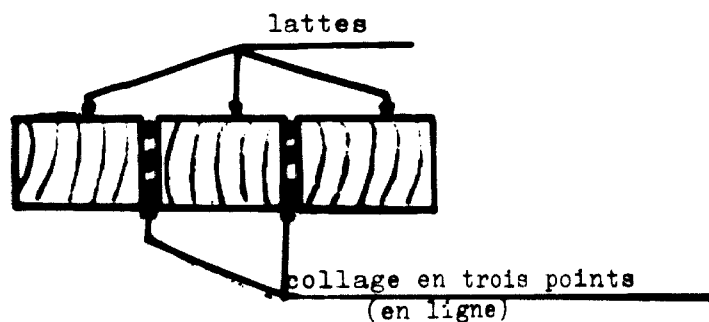
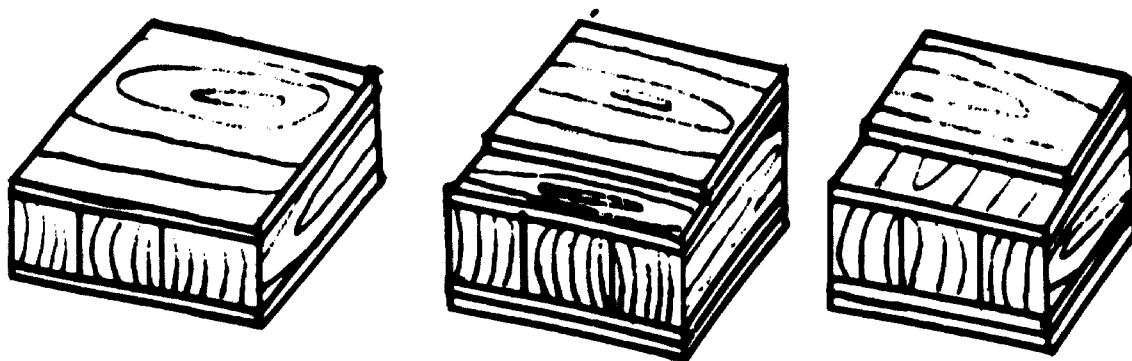


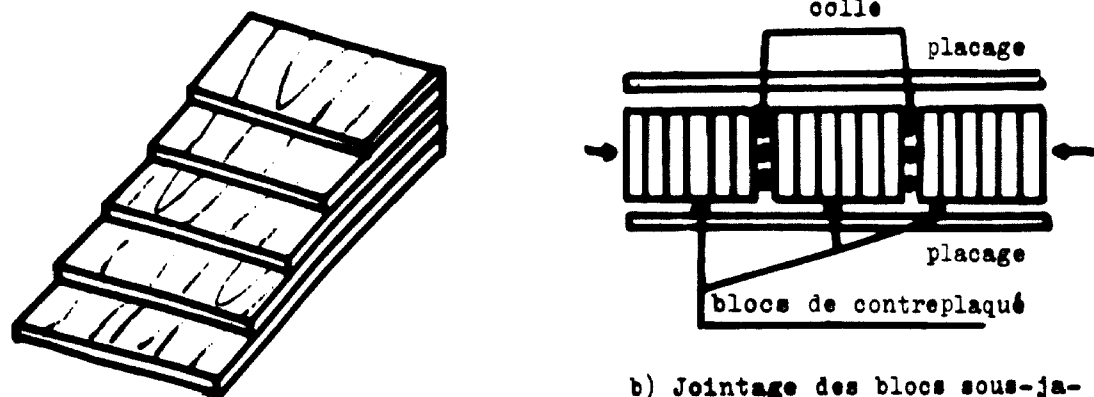
Figure X: Structure de panneaux lattés typiques



Panneau à trois plis avec deux feuilles de placage

Panneaux à cinq plis avec quatre feuilles de placage

Figure XI: Détails d'assemblage d'un panneau lamellé



a) Assemblage d'une lame à cinq plis

b) Jointage des blocs sous-jacents et revêtement avec du placage

Ces panneaux ont le plus souvent une épaisseur de 25 mm (1 pouce), mais ils sont également fabriqués en 19,22 et 28 mm (3/4, 7/8 et 1 1/8 pouce) d'épaisseur. La largeur des lattes dépend de l'épaisseur souhaitée du panneau fini (cf. figure VIII).

Les opérations de collage des placages superficiels, de sciage des bords de planche, de ponçage, de classement et d'emballage se déroulent de la même façon que dans l'industrie des contreplaqués. On utilise les panneaux lattés pour divers genres de meubles (cuisines, salles de bain, bureaux, magasins, entrepôts, etc.). On peut les utiliser pour faire des portes, des cloisons, des étagères et des dessus de tables.

Les panneaux lattés sont faciles à revêtir. On peut les utiliser pour les parties portantes de meubles et ils ont en outre une résistance élevée à l'arrachement des vis. Ce matériau sert également à aménager certains véhicules et à ériger des constructions provisoires pour des expositions. L'emploi de panneaux lattés permet avant tout d'économiser du travail, car ces panneaux existent en général dans des dimensions suffisamment grandes et sont assez résistants pour trouver de nombreuses applications dans la fabrication de meubles et, dans certains cas, ils sont même fabriqués avec un revêtement.

Panneaux lamellés

Les panneaux lamellés sont très proches des panneaux lattés. L'âme des panneaux consiste en bandes de 13 à 25 mm de large (1/2 à 1 pouce), sciées à partir de contreplaqués composés de placages de résineux ou de feuillus de 1,2 à 4 mm d'épaisseur, qui sont toutes collées dans le même sens. L'épaisseur du contreplaqué varie de 25 à 40 mm (figure IX a). L'âme des panneaux lamellés est ensuite recouverte de placages, comme pour les panneaux lattés (figure XI b). Dans le cas des panneaux lamellés, la direction des accroissements annuels est la meilleure car lorsque le placage est obtenu par déroulage, il est découpé dans ce sens. Les placages (et accroissements annuels) de l'âme seront ainsi perpendiculaires à la surface du panneau (cf. figure X).

Le panneau lamellé garde très bien ses dimensions même dans des conditions extrêmement variables. Il est également plus résistant que le panneau latté. Le coût de production du panneau lamellé est toutefois plus élevé que celui du panneau latté, car le contreplaqué utilisé pour l'âme du panneau revient plus cher que la planche utilisée dans le panneau latté. Le panneau latté est désormais moins employé que le panneau lamellé pour certains usages qui impliquent des exigences particulières comme par exemple pour les éléments semi-manufacturés destinés à l'industrie du meuble.

Depuis peu, le panneau de particules, dont traite un autre article de la

présente publication^{3/}, fait concurrence aux panneaux à base de placages, surtout pour certaines applications qui n'exigent pas une qualité élevée, car il peut être produit à meilleur marché.

^{3/} Voir article 3(Jaako Meriluoto " Panneaux de particules ").

3. PANNEAUX DE PARTICULES*

Le panneau de particules est un produit industriel relativement nouveau. Il a été introduit beaucoup plus tard que les autres panneaux de bois composites dont il est question dans d'autres articles de la présente publication; en Finlande par exemple, il a fait son apparition vers la fin des années 50. Au moment de la mise au point des panneaux de particules, on a tenu compte de deux facteurs: l'utilisation des déchets provenant d'autres industries mécaniques du bois et l'utilisation économiquement rentable du menu bois et d'autres déchets de bois résultant de l'exploitation de la forêt. Etant donné que les matières premières de cette origine sont peu coûteuses et qu'en outre le procédé de fabrication des panneaux de particules est en grande partie automatisé, on obtient ainsi un produit semi-manufacturé à bon marché pour les industries du meuble et de la menuiserie^{1/}. En fait, ces panneaux sont au nombre des panneaux de bois les moins chers.

La production de ce matériau a augmenté et continue à augmenter de par le monde. En Finlande par exemple, la production de panneaux de particules atteint un niveau égal à celui de la production de contreplaqués.

Matières premières des panneaux de particules

Toutes les essences conviennent à cette fin, et même leur écorce; il est possible de fabriquer de véritables planches d'écorces. On peut aussi utiliser d'autres matériaux fibreux contenant des matières ligno-cellulosiques comme matières premières pour les panneaux de particules. Le petit bois rond, le coeur de troncs utilisés pour la fabrication de contreplaqués, les résidua de placages et les déchets de scieries peuvent être employés comme particules pour les couches superficielles (dans les panneaux de particules à couches multiples), car il est facile de les transformer en particules coupées, de forme et de dimensions régulières. A partir des autres déchets de bois, on obtient essentiellement des particules triturées, qui conviennent pour la couche centrale de ce genre de panneaux.

* Document présenté au séminaire par Jaako Mariluoto, Institut technique de Lahti (Finlande) (Publié initialement sous la cote ID/WG. 105/24 Rev.1)

^{1/}Voir aussi deuxième partie, article 17 (Pekka Paavola, "Technologie de l'industrie du meuble ") et article 18 (Juhani Jantunen, "Les techniques de fabrication en menuiserie ")

Pour fabriquer des panneaux de particules, il faut entre 2,5 et 3 m³ de matières premières ligneuses par mètre cube de panneau.

La colle, qui lie les particules pour en faire un panneau solide, est une autre matière essentielle. La teneur en colle de la couche superficielle du panneau est d'environ 9 à 12 p.100 du poids sec des particules (on compte approximativement de 60 à 65 kg de colle par mètre cube de produit). Pour la partie intérieure, la teneur en colle est de 7 à 9 p.100 du poids sec des particules de bois.

Toutes les colles utilisées dans les industries du bois peuvent être utilisées dans la fabrication de panneaux de particules. Le type de colle le plus courant est l'urée-formol, qui est employé pour la fabrication de panneaux de particules destinés à être utilisés à l'intérieur. Les panneaux qui doivent résister aux conditions extérieures sont généralement collés avec du phénol-formol.

Le plus important des additifs de conditionnement est la paraffine, dont on se sert pour atténuer le caractère relativement hygroscopique du panneau. L'émulsion de paraffine est généralement mélangée avec la colle dans une proportion variant de 0,5 à 1,5 p.100 du poids sec des particules. Parmi les autres additifs également importants, citons les suivants:

- a) Produits de protection contre la pourriture, et insecticides (les mêmes matières que celles qui sont utilisées pour imprégner le bois, dans une proportion proche de 1 à 2 p.100);
- b) Matières ignifuges (phosphate d'ammoniaque);
- c) Matières colorantes;
- d) Stéarates, dont le rôle est d'améliorer la formation du panneau et d'empêcher le gâteau de particules de coller à la presse.

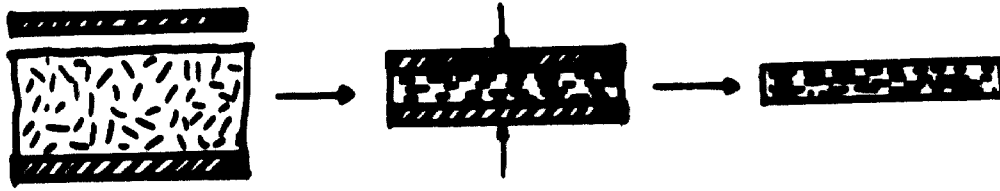
Tous les additifs mentionnés ci-dessus sont mélangés à la colle.

Types de panneaux de particules

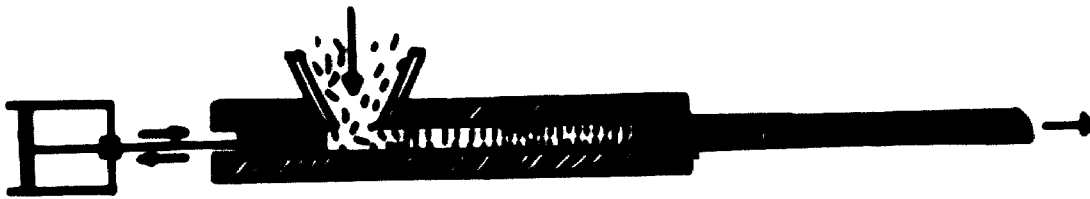
Selon la méthode de production, on peut distinguer deux types de panneaux de particules: les panneaux pressés à plat et les panneaux extrudés (figure I). Le premier type de panneaux est le plus important, car il convient tout à fait à la fabrication de produits semi-finis pour le meuble et la menuiserie. Le deuxième type de panneaux est utilisé essentiellement dans l'industrie du bâtiment et le panneau est alors généralement plaqué par le fabricant. Les propriétés de ces deux types de panneaux de particules sont différentes du panneau, les particules étant perpendiculaires à la direction du pressage (cf. figure I).

Les panneaux pressés à plat peuvent comprendre une ou plusieurs couches; le type le plus courant étant à trois couches. Les couches superficielles sont de meilleure qualité et plus homogène (quant à la dimension et à la forme) que la couche centrale.

Figure I: Principes de fabrication des panneaux de particules

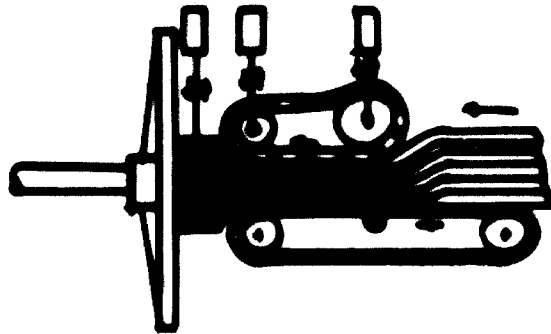
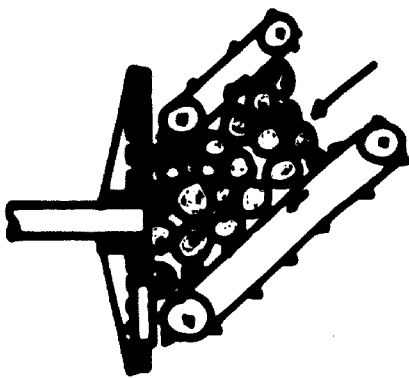


a) Système de pressage à plat

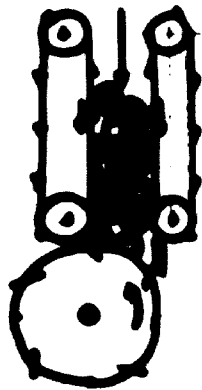


b) Système de pressage par extrusion

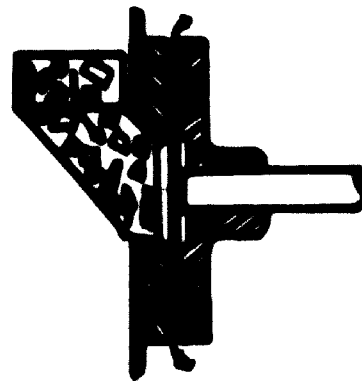
Figure II: Quelques machines typiques de mise en plaquettes



a) Machines à disques



b) Coupeuse



c) Défibreuse

L'industrie des panneaux de particules emploie plusieurs méthodes de production, qui se ressemblent beaucoup. Quelques unes des plus importantes sont énumérées au tableau 1.

Tableau 1: Quelques unes des méthodes les plus importantes utilisées dans la fabrication de panneaux de particules

Méthode	Pays d'origine	Type de panneau ^{a/}
Bartrev	Royaume-Uni	L1 et L3
Becker et van Hüllen	Allemagne, Rép. féd. d'	L1 et L3
Behr-Himmelheber	Allemagne, Rép. féd. d'	L1 et L3
Büchner	Rép. dém. allemande	L1 ^{b/} et L3
Bähre-Bison	Allemagne, Rép. féd. d'	L1
Fahrni (Novopan)	Suisse	L3 et L5
Globiboard (Lanewood)	Etats-Unis d'Amérique	E horizontal
Hermal	Allemagne, Rép. féd. d'	L1 et L3
Kreibaum	Allemagne, Rép. féd. d'	E vertical
Miller-Hoft	Etats-Unis d'Amérique	L1 et L3
Pagnoni	Italie	L1 et L3
Raute	Finlande	L1 et L3
Rottman	Allemagne, Rép. féd. d'	L1 et L3
Schnitzler-Siemelkamp	Allemagne, Rép. féd. d'	L3
Steineman	Suisse	L1 et L3
Tavapan (Fibrexa)	Suisse	L1 et L3

a/ L1 = pressé à plat, 1 couche; L3 = pressé à plat, 3 couches; L5 = pressé à plat, 5 couches; E = extrudés.

b/ La dimension des particules diminue progressivement du centre du panneau vers la surface.

Les panneaux de particules peuvent aussi être classés d'après leur densité, qui dépend du bois et de la pression utilisée. En Finlande par exemple, on emploie le classement suivant:

Léger, 400 kg/m³
 Moyen, de 400 à 800 kg/m³
 Lourd, plus de 800 kg/m³

La plupart des panneaux de particules finlandais sont de densité moyenne, soit de 580 à 700 kg/m³.

Les panneaux de particules spéciaux sont ceux dans lesquels ont été incorporés certains additifs cités plus haut ou qui ont été recouverts d'un enduit; on obtient des panneaux de particules combinés en collant des panneaux de particules ordinaires qui ont été fabriqués séparément.

Types de particules de bois

Il a déjà été question de différentes particules de bois. La particule est en effet un élément essentiel du panneau. Elle doit répondre aux

conditions suivantes:

Masse homogène

Dimensions adéquates (la dimension la plus importante est l'épaisseur)

Forme droite

Fil droit

Surface lisse

Proportion correcte des dimensions

La proportion des dimensions est le rapport qui existe entre la longueur et l'épaisseur. Elle doit être approximativement de 60/120. C'est de ce rapport que dépend essentiellement le succès des opérations de répartition et de collage.

Les dimensions des particules (en millimètres) varient comme suit:

	<u>Longueur</u>	<u>Largeur</u>	<u>Epaisseur</u>
Particules de la couche de surface	10 - 20	3 - 5	0,20
Particules de la couche du milieu	15 - 30	5 - 15	0,40 - 0,50

On obtient les particules en coupant ou en triturant le bois, comme le montre la figure II.

Fabrication de panneaux de particules

Comme il s'agit d'un produit typique de l'industrie, le présent exposé se limite à la description du panneau de particules à trois couches, pressé à plat. La préparation préliminaire de la matière première consiste à écorcer et à immerger les grumes, à les tronçonner à la longueur voulue et à les réduire en plaquettes. Pour que la mise en plaquettes se déroule dans des conditions satisfaisantes, le bois doit avoir un taux d'humidité d'au moins 30 p.100. Pour certaines déchiqueteuses, il faut des billes d'une certaine longueur. En général, il n'est pas nécessaire d'écorcer les billes qui servent à obtenir les particules de la couche médiane. La mise en plaquettes de certains déchets de bois est facilitée par un trituration antérieure. Si l'on veut fabriquer un panneau de première qualité, il faut pouvoir régler la déchiqueteuse pour qu'elle produise des particules de dimensions voulues, selon les possibilités.

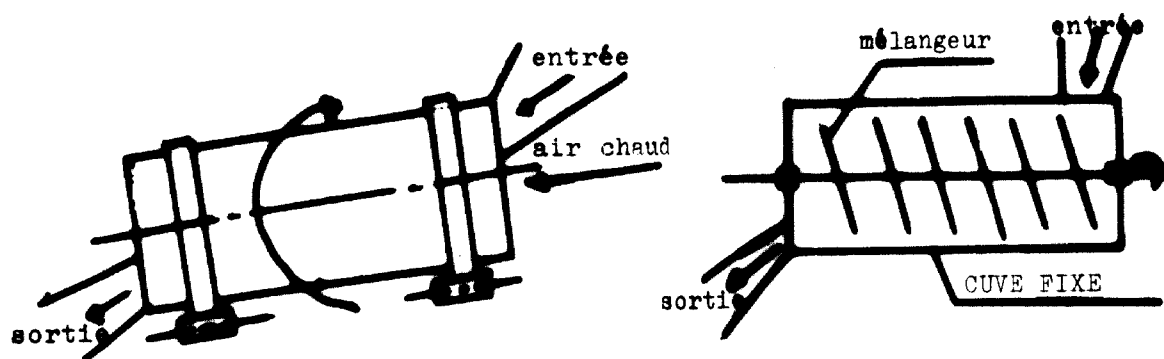
Les phases suivantes sont le séchage et le tri. Les particules doivent être bien séchées pour parvenir à un taux d'humidité de 3 à 5 p.100, car ultérieurement, lors du collage, elles absorbent de l'eau contenue dans la colle. Le séchage s'effectue à l'aide d'air chaud ou de gaz de combustion. La figure III montre trois types de séchoirs.

Une fois séchées, les particules doivent être triées. La meilleure partie est utilisée pour la surface. Les particules moins bonnes sont utilisées pour la partie médiane soit directement soit après un autre trituration, et

les particules trop petites (poussière) sont brûlées. A cet égard, on peut faire remarquer que la formation de poussière constitue un grave problème dans la fabrication de panneaux de particules; cette poussière s'enflamme facilement et peut même exploser. Après le tri, les particules sont stockées en silos.

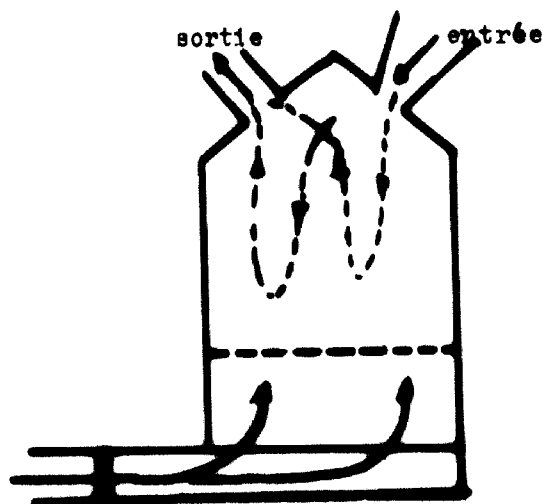
La phase suivante est celle du collage (figure IV) des particules, qui constitue la première d'une série continue d'opérations de production dans l'usine. Pour coller les particules, il faut leur imprimer un mouvement, généralement à l'intérieur d'un tambour dans l'enveloppe duquel sont fixées des tuyères qui pulvérisent la colle parmi les particules (figure IV). La proportion de particules et de colle (y compris l'agent de durcissement et les additifs) est déterminée selon le poids.

Figure III: Trois séchoirs typiques de particules de bois



a) Séchoir à tambour

b) Séchoir à cuve



c) Séchoir à courant d'air

La formation du panneau commence avec la formation d'un gâteau de particules de bois sur des planches de base ou sur un tapis roulant. Pour former le gâteau de particules, on emploie une à quatre unités de moulage (figure V). La formation du gâteau de particules constitue l'une des phases les plus importantes et aussi les plus difficiles de la fabrication de panneaux de particules.

La phase suivante, celle du pressage, peut s'effectuer de plusieurs façons dont trois sont présentées à la figure VI: pressage à deux phases, à savoir la phase préliminaire de pressage à froid et ensuite la phase de pressage définitif à chaud, au cours de laquelle le panneau est calibré à l'épaisseur voulue (a) ; pressage intermittent au moyen de plaques de chauffe (b) ; et pressage continu sur un tapis roulant en acier (c) .

Après refroidissement, les panneaux sont débités à la longueur souhaitée (dimensions normales et spéciales) et ponçés, comme le montre la figure VII. Parfois, le ponçage n'est pas nécessaire. On vérifie ensuite le poids des panneaux et on les classe. Les panneaux destinés à l'exportation sont emballés et entreposés en attendant l'expédition.

Propriétés des panneaux de particules

Le panneau de particules a une densité similaire à celle du bois mais il est plus homogène. Il n'a pas de file (même si l'on distingue ce que l'on appelle " le sens de la machine ", c'est-à-dire la direction dans laquelle se déplace le matériau), pas de noeuds ni d'autres défauts de croissance. Le gonflement longitudinal dû à l'humidité est léger en comparaison de la variation en épaisseur. Il a les deux inconvénients suivants: une faible rigidité et une assez faible résistance à une tension perpendiculaire au plan (verticalement par rapport à la surface du panneau) . S'il n'est pas spécialement traité, il gonfle beaucoup en épaisseur. On trouvera au tableau 2 des chiffres relatifs à un panneau de particules finlandais typique.

Figure IV: Mélange de la colle aux particules

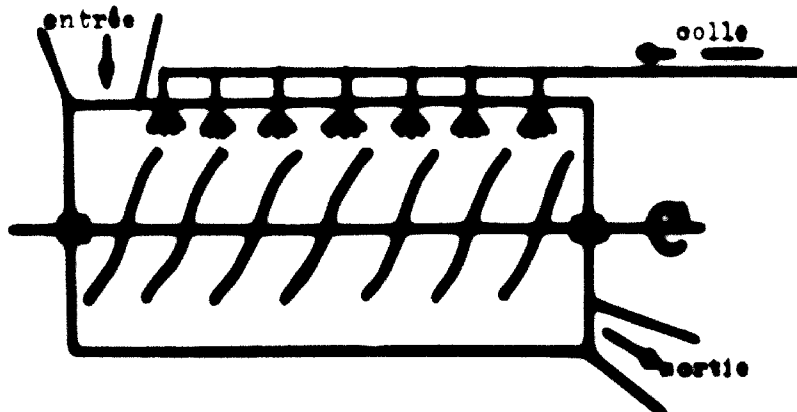
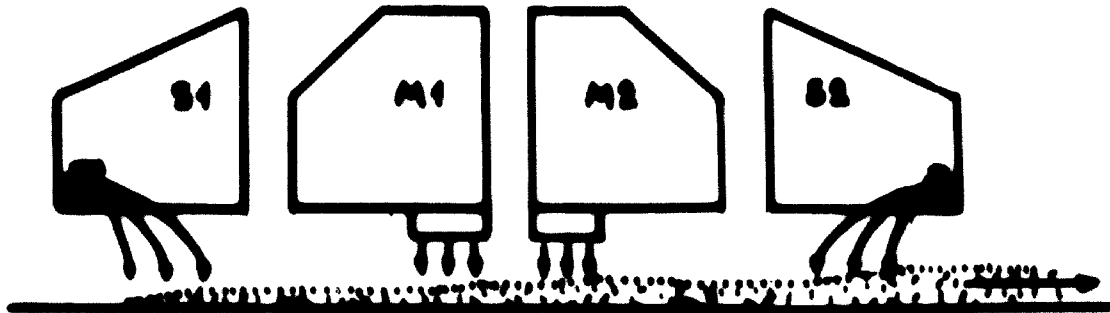


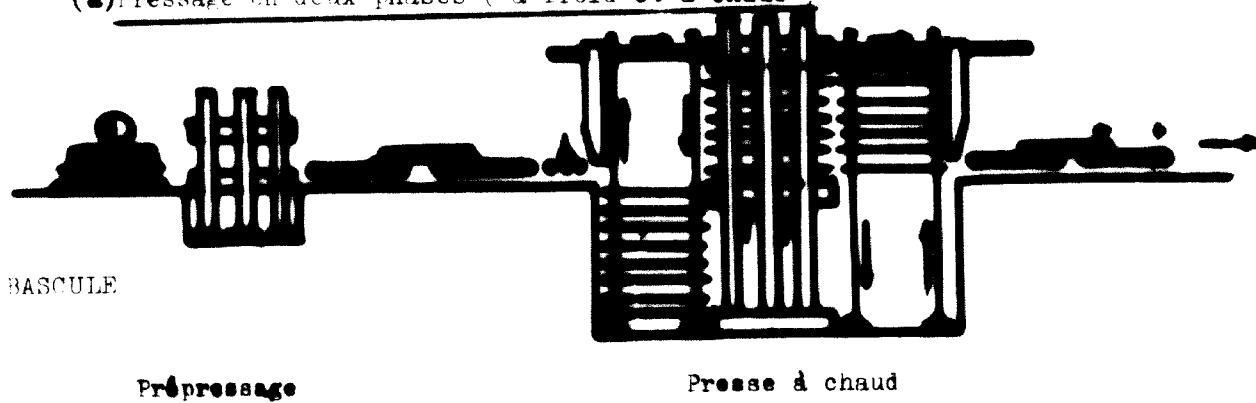
Figure V: Formation (répartition) du gâteau de particules



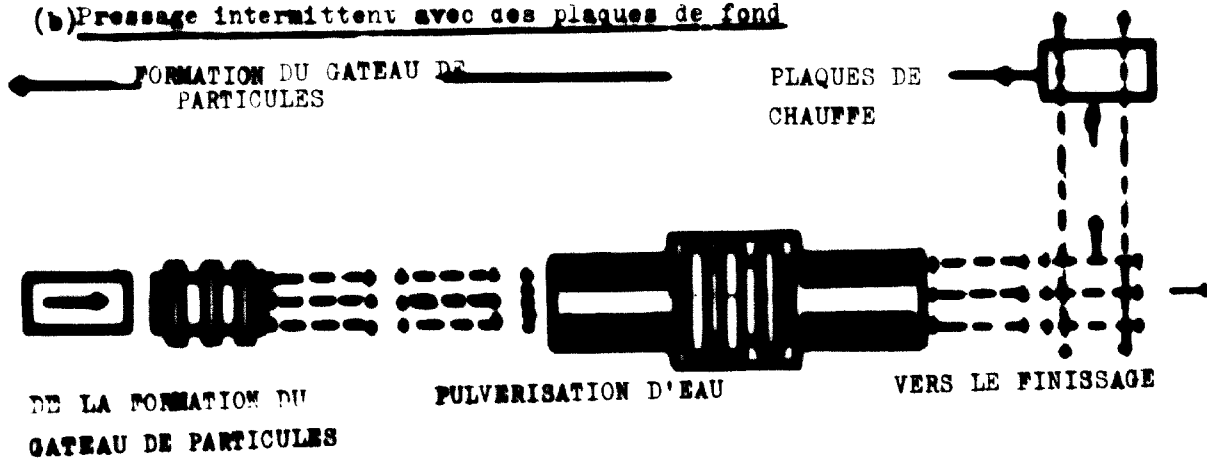
S1 et S2 - Particules destinées aux surfaces (particules sélectionnées)
M1 et M2 - Particules destinées à la partie médiane (particules normales)

Figure VI: Pressage du panneau de particules

(a) Pressage en deux phases (à froid et à chaud)



(b) Pressage intermittent avec des plaques de fond



(c) Pressage continu sur un tapis roulant en acier

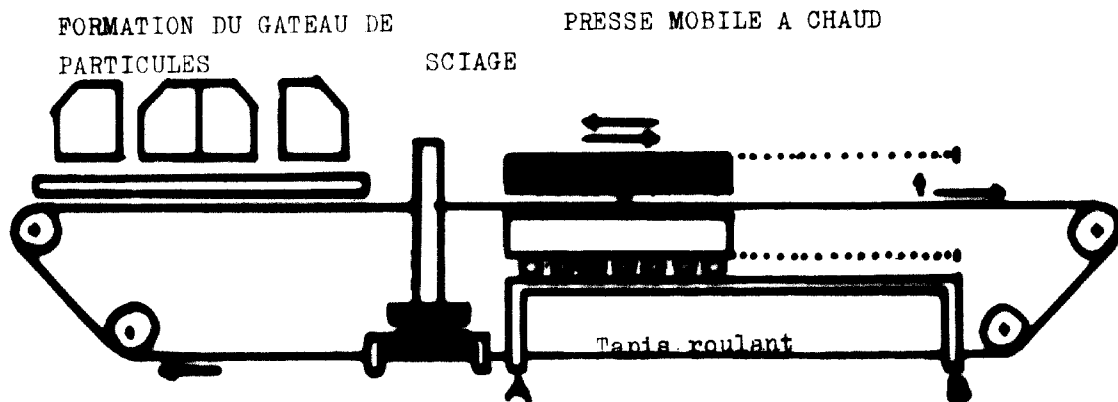


Figure VII: Chaîne de sciage et de ponçage des panneaux de particules

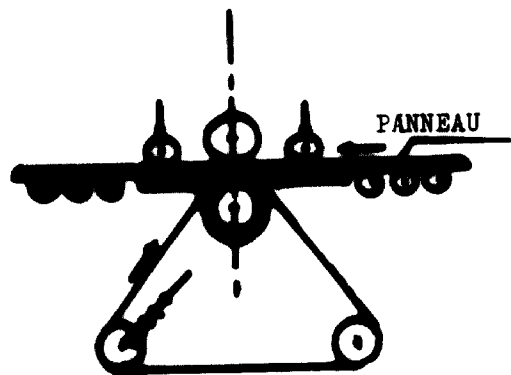
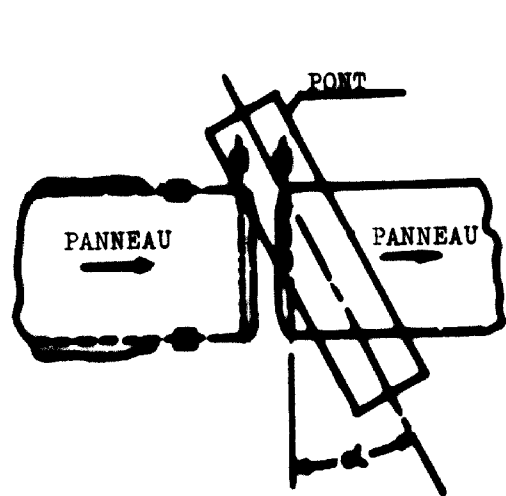
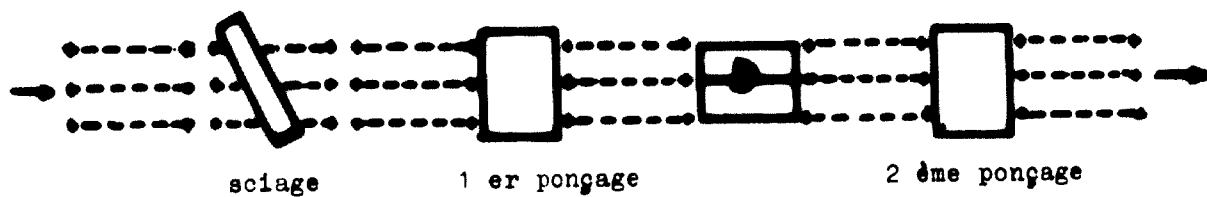


Figure VIII: Pièces métalliques utilisables avec les panneaux de particules

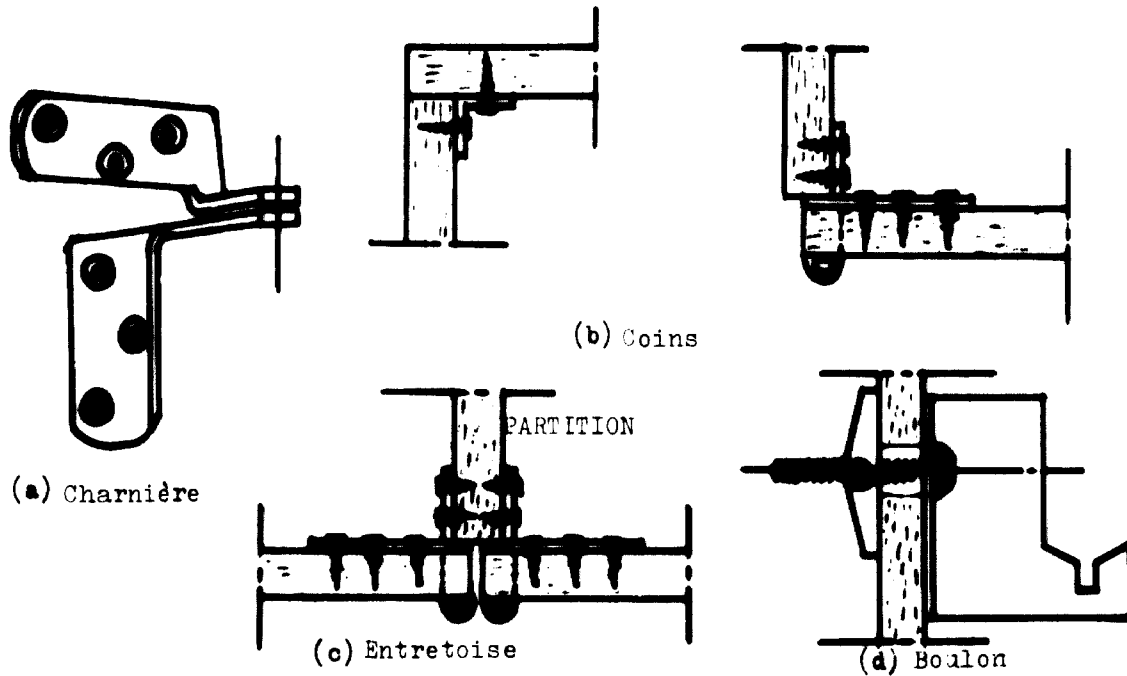


Tableau 2: Chiffres relatifs à un panneau de particules finlandais typique^{a/} et au bois massif (bouleau finlandais)

Caractéristiques	Valeurs
<u>Panneau de particules:</u>	
Résistance à la flexion	180 - 250 kp/cm ²
Résistance à la traction (direction du plan)	80 - 120 kp/cm ²
Résistance à la traction (perpendiculaire au plan)	3 - 8 kp/cm ²
Résistance à l'arrachement des vis à la surface	6 - 10 kp/mm
Résistance à l'arrachement des vis au bord	4 - 7 kp/mm
<u>Bois massif (bouleau finlandais):</u>	
Résistance à la flexion	1300 - 1600 kp/cm ²
Résistance à la traction dans le sens du fil	1200 - 1500 kp/cm ²
Résistance à la traction perpendiculaire au fil	60 - 80 kp/cm ²

^{a/} Densité, 650 kg/m³

Traitement de la surface des panneaux de particules^{2/}

Les panneaux de particules peuvent être peints ou laqués de la manière habituelle. Mais en premier lieu, il faut égaliser la surface poreuse à l'aide d'une matière de remplissage appropriée. Les panneaux de particules sont souvent plaqués ou revêtus de matière plastique, car ils se prêtent bien à cet usage.

Utilisations des panneaux de particules

Dans de nombreux pays, les industries du meuble et de la menuiserie sont les principaux utilisateurs de panneaux de particules, bien que le secteur du bâtiment et des travaux publics s'en serve de plus en plus.

En ce qui concerne la fabrication de meubles, les panneaux de particules sont utilisés pour des portes, les parties latérales et les fonds de meubles et divers dessus de meubles de grande superficie. Ils constituent aussi un matériau souvent utilisé dans les bâtiments préfabriqués. Parmi les autres secteurs qui utilisent des panneaux de particules, citons la construction navale, l'industrie automobile (aménagement intérieurs) et la construction de bâtiments provisoires de toute sorte.

Lorsque l'on utilise des panneaux de particules, il ne faut pas oublier qu'ils sont généralement destinés à l'intérieur des bâtiments. Si l'humidité relative de l'air ambiant est élevée, le panneau doit contenir de la paraffine et doit aussi être protégé de façon efficace par un traitement approprié de la surface ou par un revêtement.

Le travail (sciage, fraisage, rabotage, perçage et polissage) des panneaux de particules ne diffère guère de celui du bois ordinaire. Il est possible d'utiliser des vis et des clous, mais il faut éviter de planter des clous dans les bords du panneau. Il est recommandé d'utiliser à cette fin des garnitures et accessoires appropriés (figure VIII).

En plus du placage et du revêtement en matière plastique, que nous avons déjà mentionnés, il est souvent nécessaire de recouvrir les profils du panneau de particules, qui sont les points les plus délicats du panneau.

^{2/} Voir aussi article 5 (Simc Hyvärinen, "Propriétés et utilisations des panneaux stratifiés décoratifs à base de papier") et deuxième partie, article 19 (P.A. Biström, "La finition de surface du bois et des produits en bois")

Bibliographie

Brown, W.H. Particle board in building. A guide to its manufacture and use. Hughenden Valley, Bucks., Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Timber Research and Development Association, 1972.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Fibreboard and particle board. 3 ed. Rome, 1963. 191p.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Contre-plaques et autres panneaux dérivés du bois. Rome, 1966. 233p.
Rapport de la consultation sur les contre-plaques et autres dérivés du bois, Rome, 8 - 19 juillet 1963.

Mitlin, Leo. Particle board manufacture and application. Dorchester, Dorsetshire, Royaume-Uni, Pressmedia Ltd., 1972.

Using particle board. Wood and wood products. Chicago, III., Vance Publishing Co., 1972.

4. UTILISATION DE PANNEAUX DE FIBRES DE CONSTRUCTION EN MENUISERIE *

Le logement et la politique du logement sont au nombre des problèmes fondamentaux de l'humanité. Dans chaque pays, il faut construire de nouvelles habitations et entretenir et moderniser les anciennes. Préciser le niveau des conditions requises pour les bâtiments et le mobiliser est une question de normalisation qui dépasse les limites des frontières nationales. Cette normalisation s'applique aux bâtiments de même qu'aux dimensions, au choix et à l'utilisation convenable des matériaux. Les industries de la menuiserie et du meuble constituent une partie importante de cet ensemble et sont devenues des branches de production bien automatisées.

A peu près dans le monde entier, le bois et les produits du bois sont des matériaux de base pour la construction de logements et de mobilier. C'est certes l'un des plus anciens des matériaux traditionnels, mais son utilité et son emploi ne cessent de se développer en raison de sa comptabilité avec les matières plastiques. En fait, par suite de ses caractéristiques recherchées, le bois sert souvent de modèle pour la conception de matières plastiques nouvelles. Tout en continuant à être couramment utilisé sous sa forme naturelle (bois massif), le bois est désormais très souvent décomposé et reconstitué sous de nouvelles formes, dont l'une des plus intéressantes est le panneau de fibres de construction, qui est fabriqué à partir de matériaux fibreux comme par exemple la pâte de bois et les vieux papiers. Ce type de panneau est très largement utilisé en menuiserie.

Types de panneaux de fibres de construction

Les différents types de panneaux de fibres de construction sont classés selon le procédé de fabrication, le mode et les conditions d'emploi et la densité en kg/m^3 . La densité constitue la base de la classification internationale actuelle des panneaux de fibres de construction. Le système de classification de l'Organisation internationale de normalisation est la suivante:

<u>Type de panneau</u>	<u>Densité (kg/m^3)</u>	<u>Épaisseur (mm)</u>
Panneau dur	>800	2 - 8
Panneau demi-dur	>350 <800	6 - 30
Panneau mou	<350	9 - 32

* Document présenté au séminaire par Anjal Kaila, Heinolan Paneritehdas Zachariassen and Co., Finlande. (Publié initialement sous la cote ID/WG.105/25/Rev.1).

Une telle gradation de densités garantit aux panneaux de fibres de construction une vaste gamme d'applications, car il est possible de choisir pour chaque emploi le type approprié de panneau. En menuiserie, on emploie essentiellement le panneau dur et le panneau demi-dur, c'est-à-dire les panneaux d'une densité relative de 0,65 à 1,20. Les panneaux mous sont utilisés dans l'industrie du bâtiment comme panneaux de décoration et d'isolation. Imprégnés de bitume, ils sont particulièrement utiles dans les endroits humides.

La résistance et les propriétés mécaniques de certains panneaux de fibres de construction sont présentés au tableau 1.

L'industrie mondiale des panneaux de fibres de construction

Au départ, les usines de panneaux de fibres de construction ont été créées pour utiliser les déchets des scieries et des fabriques de papier ou encore les matières premières de qualité inférieure. Cette nouvelle industrie s'est d'abord implantée aux Etats-Unis et dans les pays scandinaves. La production de panneaux mous s'est développée rapidement aux Etats-Unis, mais pour ce qui est des panneaux durs et demi-durs, le brevet Mason en a limité pendant longtemps la production dans d'autres pays. En Europe, la fabrication de panneaux durs et demi-durs a progressé rapidement après l'introduction du nouveau procédé de fabrication Asplund en Suède. Depuis lors, la production de panneaux durs et demi-durs a été tout récemment marquée par l'apparition du procédé de fabrication à sec, qui est particulièrement répandu dans les endroits où les eaux résiduelles provenant de la fabrication de panneaux de fibres constituent un grave problème de pollution.

En 1967, les panneaux durs représentaient 77 p.100 de la production finlandaise totale de panneaux de fibres de construction. Les qualités de panneaux demi-durs, leur vaste gamme d'épaisseurs et de densités et leur aptitude à faire concurrence aux panneaux de particules et aux contreplaqués pour les usages à l'intérieur et en plein air expliquent que la production de ce type de panneaux ait augmenté.

Capacité de production mondiale

En 1971, la capacité de production mondiale était de près de 9 millions de tonnes et l'on prévoit un accroissement de 5,2 p.100 par an pour la période 1970-1980. La capacité de production de différents pays est présentée à la figure I et l'évolution régionale de la capacité de production de l'industrie de panneaux de fibres entre 1929 et 1969 à la figure II.

A l'heure actuelle, en Europe et aux Etats-Unis d'Amérique, la capacité de production des installations existantes n'est pas pleinement utilisée, ce

qui ralentit l'expansion de cette industrie. Cet état de choses est dû au manque de matières premières bon marché. Par contre, dans les pays en voie de développement, l'industrie de panneaux de fibres de construction n'est pas encore suffisamment développée et il paraît probable que dans les pays disposant de débouchés, de ressources en matières premières et du potentiel industriel nécessaire, la production ne devrait pas manquer d'augmenter. La pénurie de devises est l'un des principaux problèmes qui entravent le développement des industries forestières produisant pour le marché intérieur ou pour l'exportation. Dans les régions où il y a surproduction, l'industrie devra se concentrer sur des produits et procédés de transformation spéciaux.

Figure 1: Capacité de production de l'industrie des panneaux de fibres dans le monde et dans certains pays, 1922 - 1969

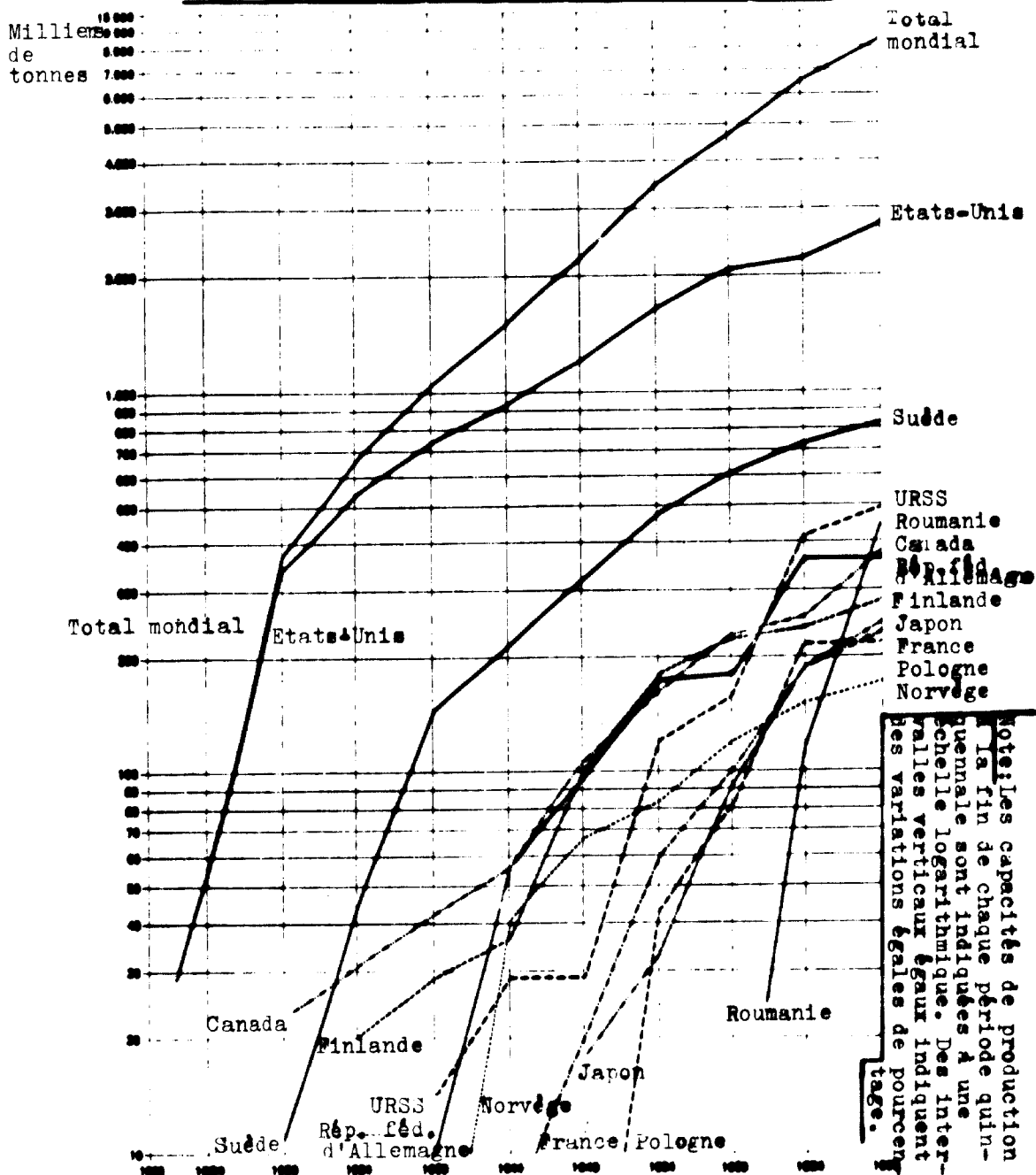


Tableau 1: Propriétés mécaniques de certains panneaux de fibres.

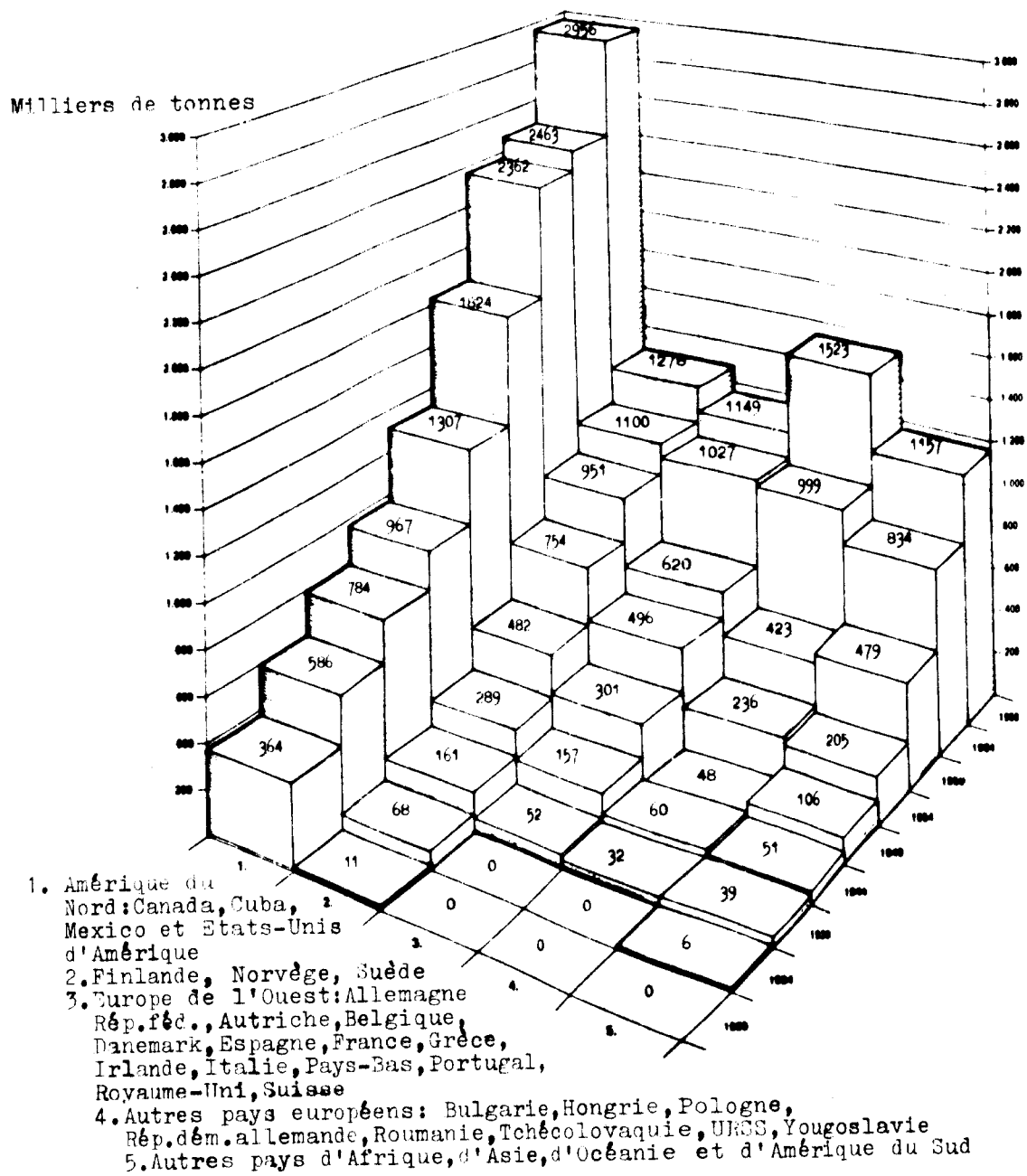
Propriété	Unité	Panneaux isolants de construction	Panneaux demi-durs	Panneaux demi-durs spéciale-ment densifiés	Panneaux durs à forte densité	Panneaux durs trempés	Panneaux durs spécialement densifiés
Densité	kg/m ³	160-480	529-800	810-848	800-1280	960-1280	1360-1440
Poids spécifique		0,16-0,48	0,53-0,80	0,81-0,85	0,80-1,28	0,96-1,28	1,36-1,44
Module d'élasticité (flexion)	10 ³ N/mm ²	0,18-0,89	2,28-3,94	3,10-4,26	2,81-5,62	4,57-7,73	8,79
Module de rupture	N/mm ²	1,40-5,62	13,36-33,75	28-42	21,1-49,2	29,4-70,3	70,3-87,9
Résistance à la traction parallèle à la surface	N/mm ²	1,40-3,50	10,0-15,0	18,0-23,0	21,1-42,2	25,3-54,8	55,0
Résistance à la traction perpendiculaire à la surface	N/mm ²	0,07-0,18	0,3-0,6	0,5-0,8	0,7-2,5	1,12-3,16	3,51
Résistance à la compression parallèle à la surface	N/mm ²	10,0-12,0		14,0-16,0	12,7-42,2	26,0-42,2	186,3
Résistance au cisaillement (dans le plan du panneau)	N/mm ²			-		3,0-5,9	
Résistance au cisaillement (perpendiculairement au plan du panneau)	N/mm ²			-		19,7-23,9	
Absorption d'eau en 24 heures	Pourcentage en volume	1-10		-			
Absorption d'eau en 24 heures	Pourcentage en poids	9-14	7,5-10	3-20	3-30	3-20	0,3-1,2
Gonflement en épaisseur (immersion de 24 heures)	Pourcentage	2-5	5-6	8-15	10-25	8-15	
Expansion linéaire (humidité relative de 50 à 90p.100)	Pourcentage	0,2-0,5	0,2-0,4	0,20-0,30	0,15-0,45	0,15-0,45	
Conductibilité calorifique à la température moyenne de 24°C	Joule/cm/cm ² /h/°C	1,40-2,39	2,80-3,89	3,0-4,0	3,89-7,27	3,89-7,78	9,60

(suite du tableau 1)

Source: Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, Etats-Unis d'Amérique (1967)

- a/ Les données présentées sont des valeurs d'ensemble arrondies provenant de différentes sources. Pour obtenir des chiffres plus précis sur des produits donnés, il faut consulter les différents fabricants ou procéder à des essais. Les valeurs indiquées se réfèrent aux conditions expérimentales courantes de température et d'humidité.
- b/ Panneaux demi-durs spécialement fabriqués pour les coffrages et donc très résistants à l'humidité.
- c/ Panneaux demi-durs destinés à être utilisés en plein air.
- d/ Mesures effectuées sur le matériau dans des conditions d'équilibre hygroscopique, à la température de l'air ambiant.

Figure II: Evolution régionale de la capacité de production de l'industrie des panneaux de fibres, 1929 - 1969



Note: Capacité de production à la fin de chaque période quinquennale.

Dans l'ensemble, les progrès réalisés par les industries forestières dans les pays en voie de développement n'ont pas tout à fait répondu aux espérances. En 1967, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a présenté une étude relative aux investissements devant être réalisés à travers le monde, dans la sylviculture et l'exploitation forestière de même que dans les industries forestières au cours de la période 1961 - 1975. Selon cette étude, il fallait consacrer 39 milliards de dollars à l'expansion des industries forestières, dont 3,3 milliards à l'industrie des panneaux dérivés du bois, la proportion revenant aux pays en voie de développement étant de 22p.100, soit 750 millions de dollars.

Nombre de facteurs divers influent sur la compétitivité des industries forestières des pays en voie de développement. Jusqu'à maintenant, les pays en voie de développement n'ont guère réussi à exporter les produits de leurs industries forestières vers les pays qui disposent de matières premières similaires. La situation évolue toutefois dans la mesure où les ressources en matières premières utilisables des pays industrialisés diminuent. Et pourtant, indépendamment de la matière première employée, l'exploitation et la valorisation des ressources forestières se heurtent dans ces pays à de nombreux obstacles:

Besoin de fonds supplémentaires pour les investissements (25 à 50p.100 de plus)

Nécessité de planification et d'études techniques

Difficultés existant en matière de construction, d'installation et d'entretien

Accroissement des frais de transport

Faible productivité

Approvisionnement en adjuvants

Problèmes d'approvisionnement en énergie électrique et autres formes d'énergie

Efficacité de la commercialisation

Etroitesse du marché intérieur et insuffisance des circuits de distribution intérieure

Taux d'intérêt élevés

En 1967, les pays en voie de développement ont contribué pour 5p.100 environ à la production mondiale de panneaux de fibres (voir tableau 2). Il est fort probable que les panneaux de fibres ont une plus grande importance dans les pays en voie de développement ne disposant que de ressources limitées de grumes pour sciages et contreplaqués. L'inaptitude à assurer des débouchés suffisants pour tirer parti des avantages qu'implique la production à grande échelle a entravé la production de panneaux de fibres et de panneaux de particules dans la quasi-totalité des pays en voie de développement. Mais on est sans doute encore loin d'avoir trouvé une solution à ce problème; en d'autres termes, les renseignements sur les ressources disponibles et les projets bien conçus continuent à faire défaut. Pour ce qui est des produits des industries forestières, les pays en voie de développement parviendront

probablement dès les années 80 à couvrir leurs besoins et à exporter ces produits en quantités importantes vers les pays industrialisés.

Consommation par habitant de panneaux de fibres

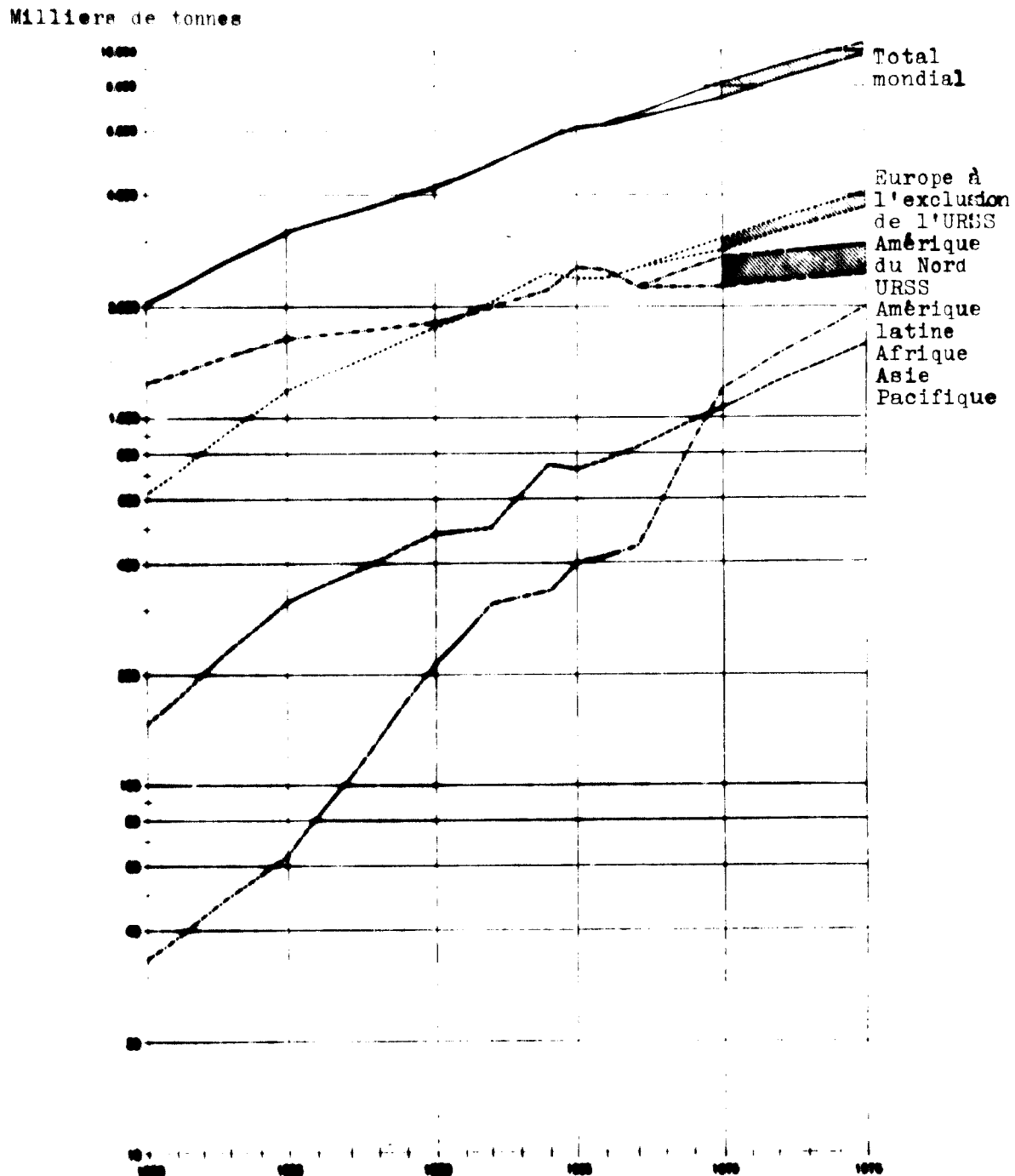
La consommation dépend en premier lieu des conditions locales, du climat, du niveau des revenus, de la production technique, de la concurrence d'autres produits, des services offerts à la clientèle, de l'état du marché et des activités de recherche. En ce qui concerne la consommation de panneaux de fibres de construction, les pays nordiques viennent au premier rang, mais pendant un certain temps le marché de ce matériau a été saturé, surtout du fait de la consommation élevée de produits concurrentiels. En 1970, la consommation par habitant a été de 41,2 kg en Suède, de 31,4 kg en Norvège, de 18,9 kg en Finlande et de 5,8 kg au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. La moyenne mondiale s'élevait à 1,90 kg par habitant en 1967. On trouvera à la figure III des données sur la consommation et les besoins estimés pour la période 1970-1975.

Dans les pays nordiques, le secteur du logement est l'un des principaux consommateurs de panneaux de fibres et il existe fort probablement une relation analogue entre la construction de logements et la consommation de panneaux d'autres pays.

Tableau 2: Production, exportations et importations de panneaux de fibres, 1957-1967

	Production (millions de tonnes)		Accroissement (%)		Exportations (millions de t.)		Accroissement (%)		Importations		Accroissement (%) 1957-1967
	1957	1967	1957	1967	1957	1967	1957	1967	1957	1967	
Total mondial	3,42	5,18	6,1	0,62	1,15	6,3	3,53	1,16	8,1		
Pays scandinaves	0,74	1,02	3,2	0,44	0,58	3,9	0,00	0,00	-		
Pays en voie de développement	0,10	0,29	10,9	0,00	0,03	20,0	0,07	0,10	5,5		
Part du total mondial (en pourcentage)	3,0	4,7		0,8	0,7		13,0	10,3			

Figure III: Consommation de panneaux de fibres, 1950-1967 et estimations des besoins pour la période 1970-1975



Source: FAO. Les estimations "fortes" et "faibles" sont représentées par les lignes qui délimitent la partie hachurée.

Matières premières utilisées dans les panneaux de fibres de construction

Les matières premières nécessaires à l'industrie des panneaux de fibres de construction posent des problèmes d'ordre quantitatif et économique et non pas d'ordre technique. La recherche peut aboutir à la mise au point de procédés techniques qui permettent d'utiliser pour ainsi dire n'importe quelle matière première, qu'il s'agisse de bois, de fibres végétales ou d'écorces d'arbre. Les résines peuvent servir à augmenter la résistance des panneaux et il existe des produits d'addition hydrofuges qui les rendent résistants à l'eau. Lorsque l'on utilise des fibres de bois, le prix de la matière première entre en Europe pour 30 à 40 p.100 dans le prix de revient total, selon l'importance de l'usine et le procédé de fabrication. Les facteurs qui influent le plus sur l'implantation de fabriques de panneaux de fibres sont les suivants: coût de la main-d'oeuvre, frais de transport, de manutention et de stockage des matières premières et dépenses de commercialisation du produit final.

Pour ce qui est des matières premières, les plantations d'essences à croissance rapide offrent des perspectives intéressantes. L'eucalyptus par exemple, qui constitue une très bonne matière première pour les panneaux de fibres durs et demi-durs, peut être cultivé en cycles de six à quinze ans. L'accroissement annuel est de 10 à 60 m³ par hectare. On trouve un taux d'accroissement analogue chez le peuplier, le saule et nombre de feuillus tropicaux et de pins, dont la fibre a la qualité voulue. Ces essences donnent du bois à fibres en cycles de six à vingt ans, le taux d'accroissement annuel étant de 10 à 40 m³ par hectare. L'avantage des plantations drues est de fournir de la pâte de bois et des panneaux de qualité uniforme. Ces faits confirment les possibilités que les industries forestières offrent aux pays en voie de développement.

Procédés de fabrication des panneaux de fibres de construction

Les panneaux de fibres de construction sont classés en deux grandes catégories: les panneaux comprimés et les panneaux non comprimés. Dans la fabrication des panneaux comprimés, les fibres sont transportées dans l'eau (procédé par voie humide et procédé par voie humide et par voie sèche), ou entraînées par l'air (procédés par voie sèche et par voie demi-sèche). Tous les panneaux non comprimés sont fabriqués par voie humide, ce qui implique le transport des fibres dans l'eau. Dans ce procédé, on utilise de l'eau pour former le matelas humide. Mais lorsque l'on ne dispose pas d'eau en quantité suffisante ou que les eaux résiduelles risquent de polluer les environs, il faut avoir recours au procédé dit "à sec". Ces procédés permettent de fabriquer des panneaux durs et des panneaux demi-durs de 2 à 30 mm d'épaisseur et d'une densité allant de 600 à 1200 kg/m³.

Les panneaux non comprimés sont fabriqués à l'aide du procédé par voie

humide, au cours duquel le matelas humide de fibres est traité dans une installation de séchage. On obtient ainsi des panneaux mous d'une épaisseur de 9 à 32 mm et d'une densité de 250 à 350 kg/m³. Ces panneaux sont essentiellement utilisés comme panneaux isolants.

Le choix du procédé dépend du produit recherché. Le panneau peut être lisse sur une face ou sur deux, mince ou épais, léger ou lourd. Pour fabriquer un panneau épais (>8 mm) et léger, le procédé le plus rationnel est celui par voie sèche, alors que pour obtenir un panneau mince et lourd (<8 mm), il est préférable de recourir au procédé par voie humide. Ces deux types de panneaux sont depuis longtemps utilisés en menuiserie.

Pour obtenir un panneau dur ou demi-dur présentant une bonne stabilité dimensionnelle, on ajoute, selon la qualité souhaitée, diverses résines et paraffines, avant que le panneau ne soit comprimé et séché. Si le panneau est destiné à être utilisé dans un milieu exceptionnellement humide, il est saturé d'une huile siccative à laquelle on peut ajouter des produits de protection contre les champignons et les termites.

Propriétés des panneaux de fibres de construction

Les panneaux durs doivent être considérés essentiellement comme matériaux de revêtement pour usages intérieurs, alors que les panneaux demi-durs sont utilisés en menuiserie et comme matériaux de revêtement et conviennent même aux applications dans des endroits humides ainsi qu'en plein air. L'industrie de panneaux de fibres produit à la fois des panneaux spéciaux et des panneaux pour usages courants. L'Organisation internationale de normalisation a déjà bien avancé dans l'établissement de normes régissant la production de panneaux de fibres de construction. En voici quelques unes:

- Recommandation R 766 - Détermination des dimensions des pièces d'essai
- Recommandation R 767 - Détermination du taux d'humidité
- Recommandation R 768 - Détermination de la résistance à la flexion
- Recommandation R 769 - Détermination de l'absorption d'eau
- Recommandation R 818 - Définition - Classification

La fabrication de panneaux présentant des propriétés particulières prend une importance de plus en plus grande, et l'on peut citer, entre autres, les panneaux suivants:

- a) Panneaux durs et demi-durs pour la construction, faciles à travailler et présentant des qualités particulières de résistance, de stabilité dimensionnelle et de résistance au feu;
- b) Panneaux revêtus de peinture, de matière plastique, etc.;
- c) Panneaux de qualité convenant à la fabrication de certains éléments et installations;
- d) Panneaux de dimensions normalisées en millimètre ou modules de base (M=100mm).

Utilisation de panneaux durs et demi-durs en menuiserie ^{1/}

Bien qu'elle ait fait des progrès et qu'elle continue à en faire dans le sens de la rationalisation, l'industrie de la menuiserie est encore caractérisée par un besoin élevé de main-d'oeuvre. Son rendement dépend de l'importance des séries de production, et la fabrication en grande série implique l'uniformité des matières premières et la régularité de la qualité.

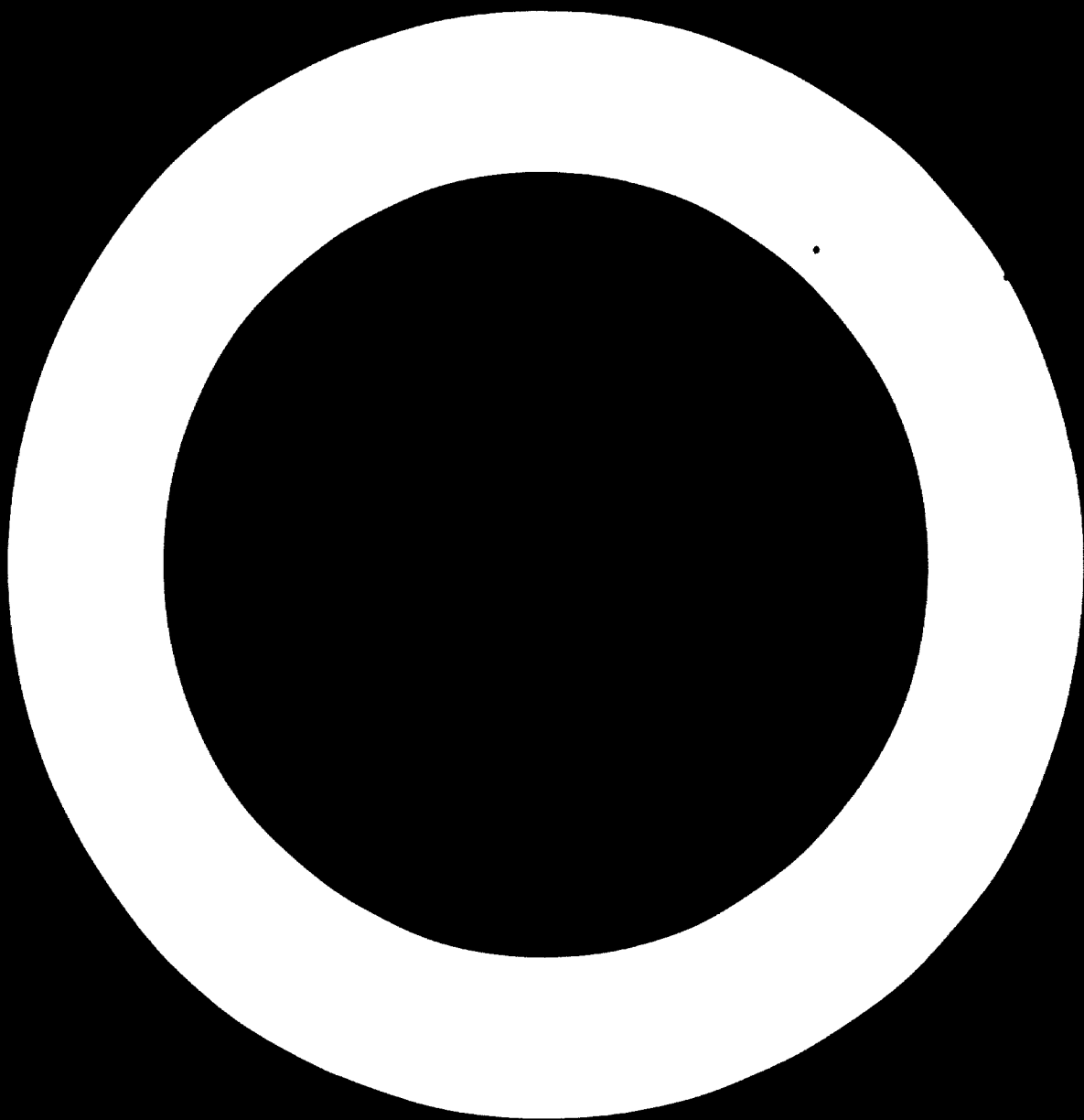
En raison de leur homogénéité et de leurs propriétés particulières, les panneaux durs et demi-durs se prêtent bien aux emplois en menuiserie. Ces deux types de panneaux ont certaines propriétés communes en ce qui concerne par exemple: a) les caractéristiques de surface, b) la facilité de façonnage, c) les faibles tolérances, d) les propriétés de résistance, e) la stabilité de forme et de dimensions et f) la résistance au choc. Les panneaux demi-durs présentent en outre des propriétés spécifiques, notamment g) la résistance à l'arrachement des vis, h) certaines propriétés d'isolation thermique et acoustique et i) la résistance à l'humidité. Ces caractéristiques sont examinées séparément ci-dessous.

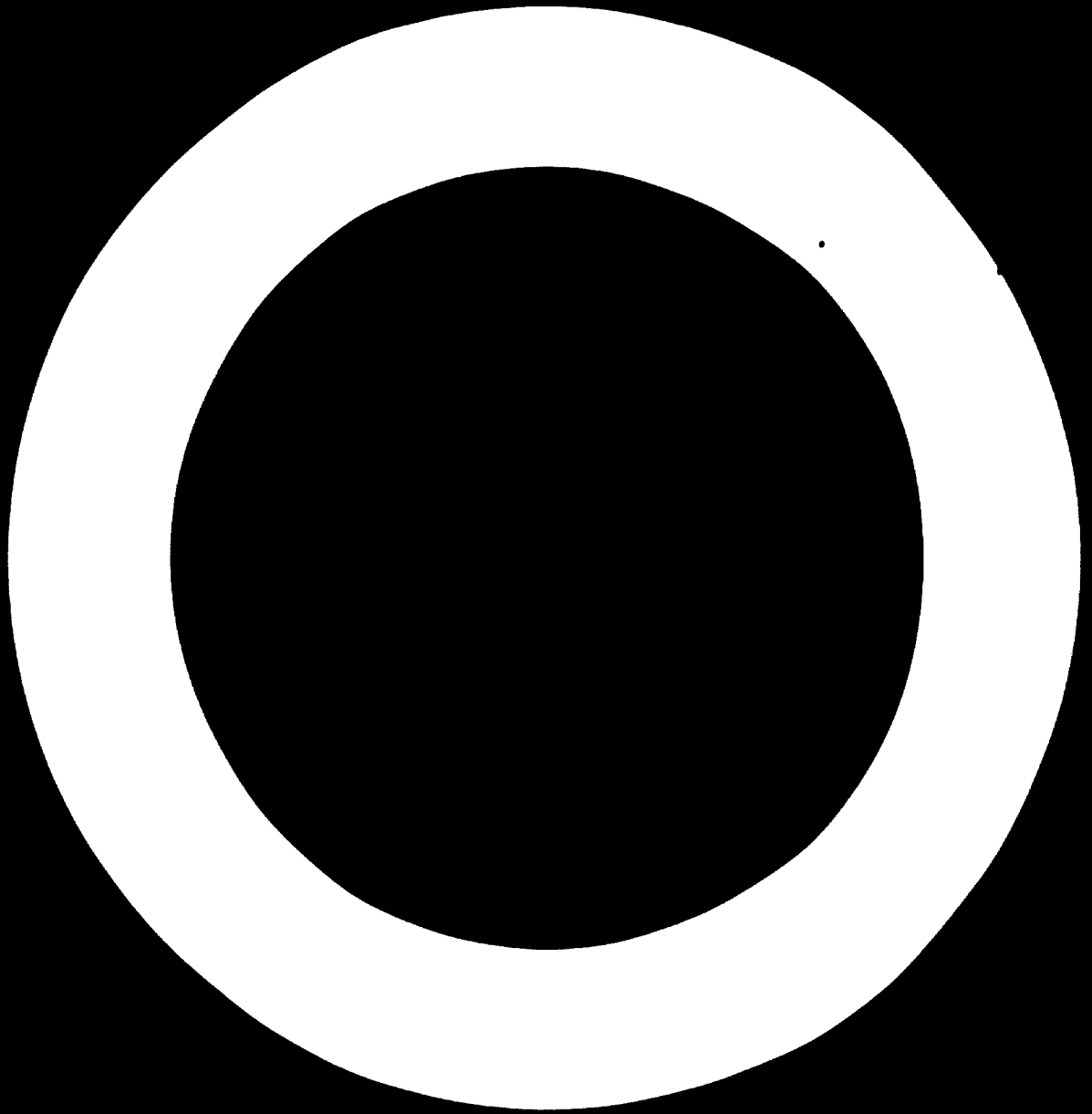
Caractéristiques de la surface ^{2/}

En général, la surface d'un panneau est constituée de fibres finement broyées et bien collées; elle est donc compacte, facile à poncer et adhère bien aux fibres de base. La surface du panneau de fibres doit être lisse et être constituée de fibres homogènes. La peinture doit bien adhérer et il n'en faut pas une grande quantité (une peinture alkyde doit donner une surface brillante si elle est pulvérisée à raison de 22g de peinture par mètre carré - voir figure IV); ou une peinture à deux composants et catalyseur acide, appliquée à l'aide d'un dispositif dérouleur, doit donner une surface brillante avec 60 à 80 g de peinture par mètre carré. Pour qu'il soit possible de poncer la surface, la couche superficielle doit avoir 0,5 mm d'épaisseur. La surface doit pouvoir satisfaire aux essais de résistance à l'humidité (une humidité relative de 30 à 65 p.100 et de 65 à 90 p.100) sans que les fibres ne se soulèvent ou que l'on voie la base. Les fibres de surface ne doivent pas provoquer de tension à l'intérieur du panneau.

^{1/} Voir aussi deuxième volume, article 18 (Juhani Jantunen "Les techniques de fabrication en menuiserie")

^{2/} Voir aussi article 5 (Simo Hyvärinen "Propriétés et utilisations des panneaux stratifiés décoratifs à base de papier") et deuxième volume, article 19 (P.A. Biström "La finition de surface du bois et des produits en bois")





panneau augmente au fur et à mesure que l'épaisseur augmente. Il convient toutefois de faire remarquer que le panneau de fibres est un matériau visco-élastique (figure V), qui s'étire quand il est soumis longtemps à une charge (figure VI). Le Forest Products Research Laboratory (FPRL)^{3/} a affirmé que pour un panneau dur de 4,8mm, la résistance de base à la flexion est généralement comparable à celle du contreplaqué mais que le module d'élasticité du panneau dur est inférieur (de moitié à deux tiers) à celui du contreplaqué.

Lorsque les panneaux sont recouverts de revêtements durs qui se contractent, il faut tenir compte de la résistance à la traction perpendiculaire à la surface, car cette résistance peut devenir dangereuse si l'on recouvre le panneau d'un revêtement plastique qui se contracte sur une face: il est alors nécessaire d'appliquer sur l'autre face une autre couche qui rétablisse l'équilibre. Pour ce qui est du panneau dur, la résistance à la traction contre la surface doit être d'au moins 0,8 N/mm². Si la résistance à la traction est trop faible, le revêtement peut craquer et se fendre comme dans le cas présenté à la figure VII.

Stabilité de la forme et des dimensions

Tous les bois "travaillent" en fonction de l'humidité relative de l'air ambiant. Dans une certaine mesure, les panneaux de fibres travaillent longitudinalement et transversalement, mais le gonflement et le retrait sont plus visibles dans le sens de l'épaisseur par suite de l'existence des tensions provenant de la compression, qui tentent de se libérer.

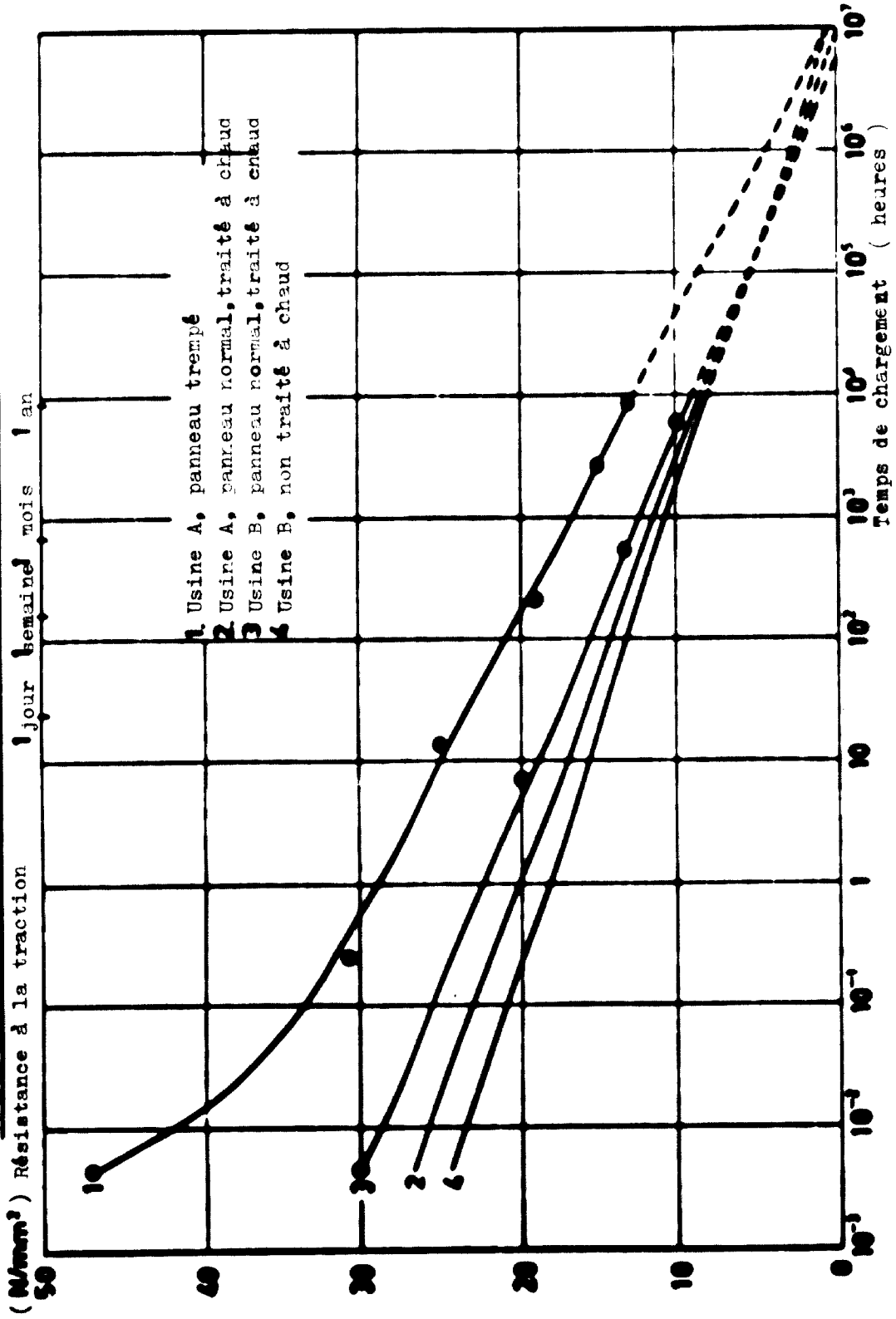
Cette déformation est permanente ou variable selon que l'humidité relative de l'endroit où le panneau est utilisé est constante ou variable (figure VIII). Plus le taux d'équilibre hygroscopique d'un panneau est faible, moins le panneau travaille.

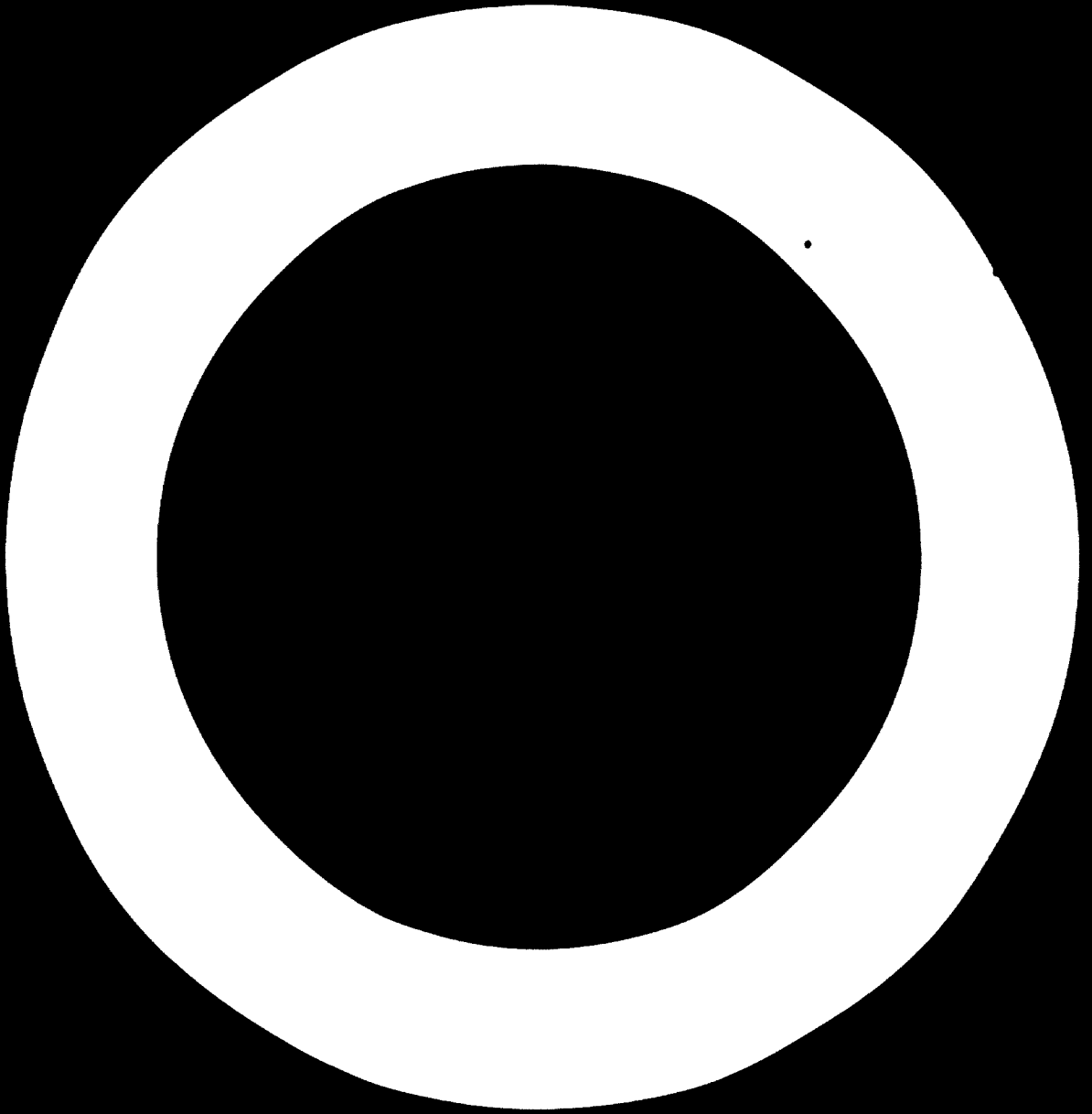
La stabilité de la forme n'est autre chose que la résistance aux tensions qui tendent à plier le panneau lorsque l'humidité relative est extrêmement élevée, c'est-à-dire aux alentours de 90p.100. Si le panneau est fixé ou maintenu sur ses bords les plus longs, une humidité élevée provoquera un gonflement sans relations avec l'épaisseur du panneau. Inversement, une faible humidité peut entraîner le craquement du panneau, dû à la contraction.

Un panneau de fibres qui a été correctement traité à la chaleur et imprégné se déforme si peu qu'il convient parfaitement aux travaux de menuiserie.

^{3/} Cette organisation s'appelle désormais "Princes Risborough Laboratory, Building Research Establishment" et a pour adresse: "Princes Risborough, Bucks., Royaume-Uni".

Figure V: Résistance à la traction de panneaux durs de 2,2mm en fonction du temps de chargement.
Humidité relative: 75p.100. Les extrapolations linéaires sont indiquées en pointillés.





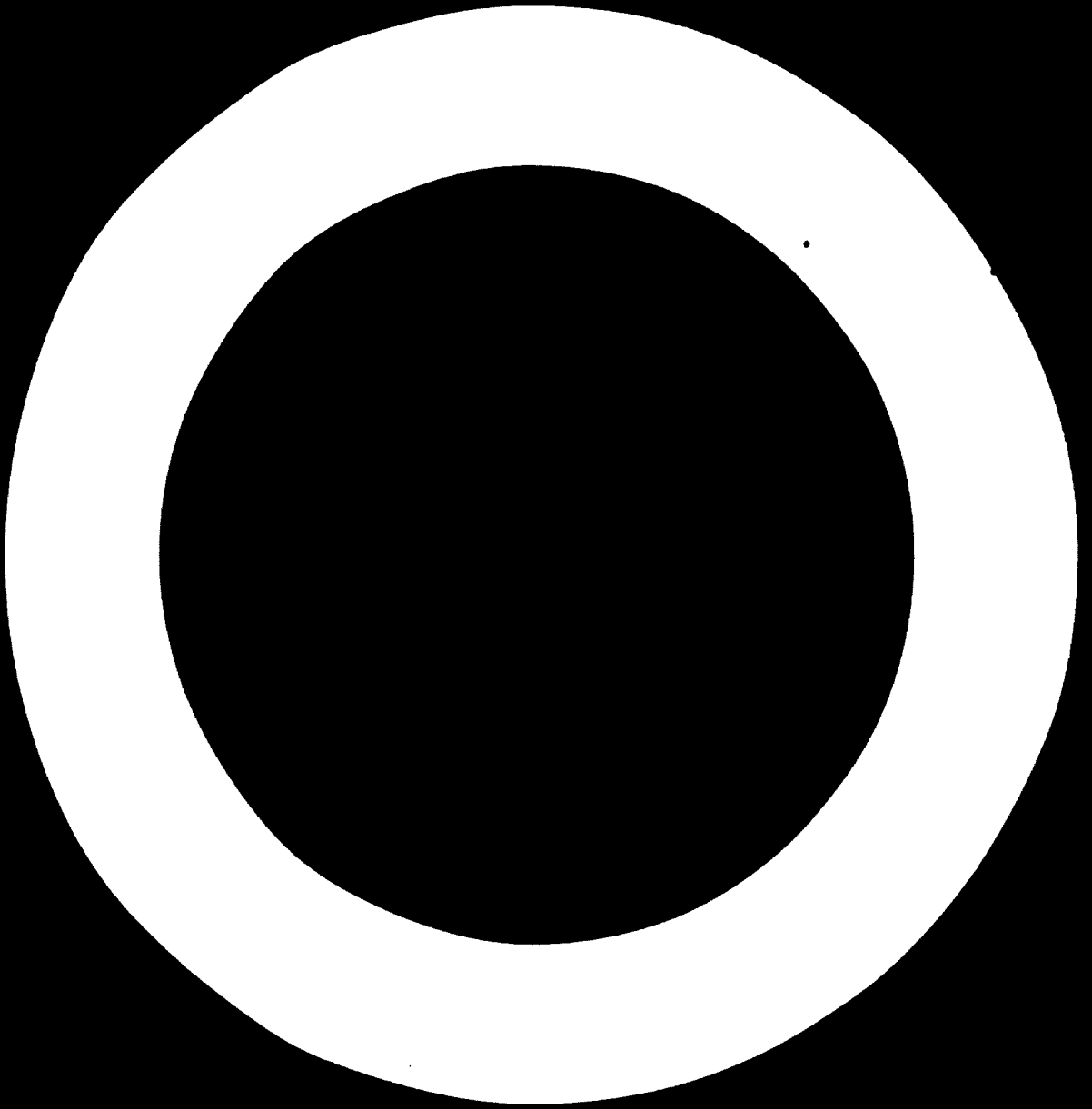


Figure VII: Craquement d'une couche de revêtement en résine d'urée-mé-
lamine et détachement de la base de panneau dur, dus à sa
mauvaise résistance à la traction (0,4 N/mm²) perpendicu-
laire à la surface

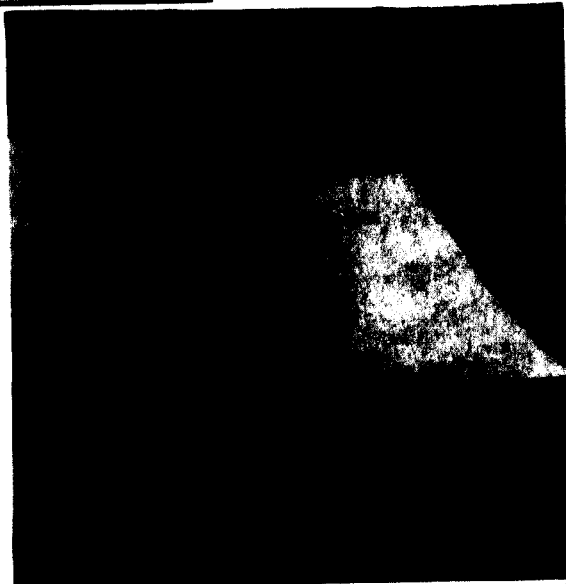


Figure VIII: Mesure des déformations permanentes en épaisseur et en lon-
gueur (équilibre de déformations dimensionnelles permanentes
dans six types de panneaux de fibres après 0 à 3 cycles de
traitement par voie humide et à sec, l'humidité relative se
situant entre 72 et 90p.100. Les panneaux durs sont traités
à la chaleur

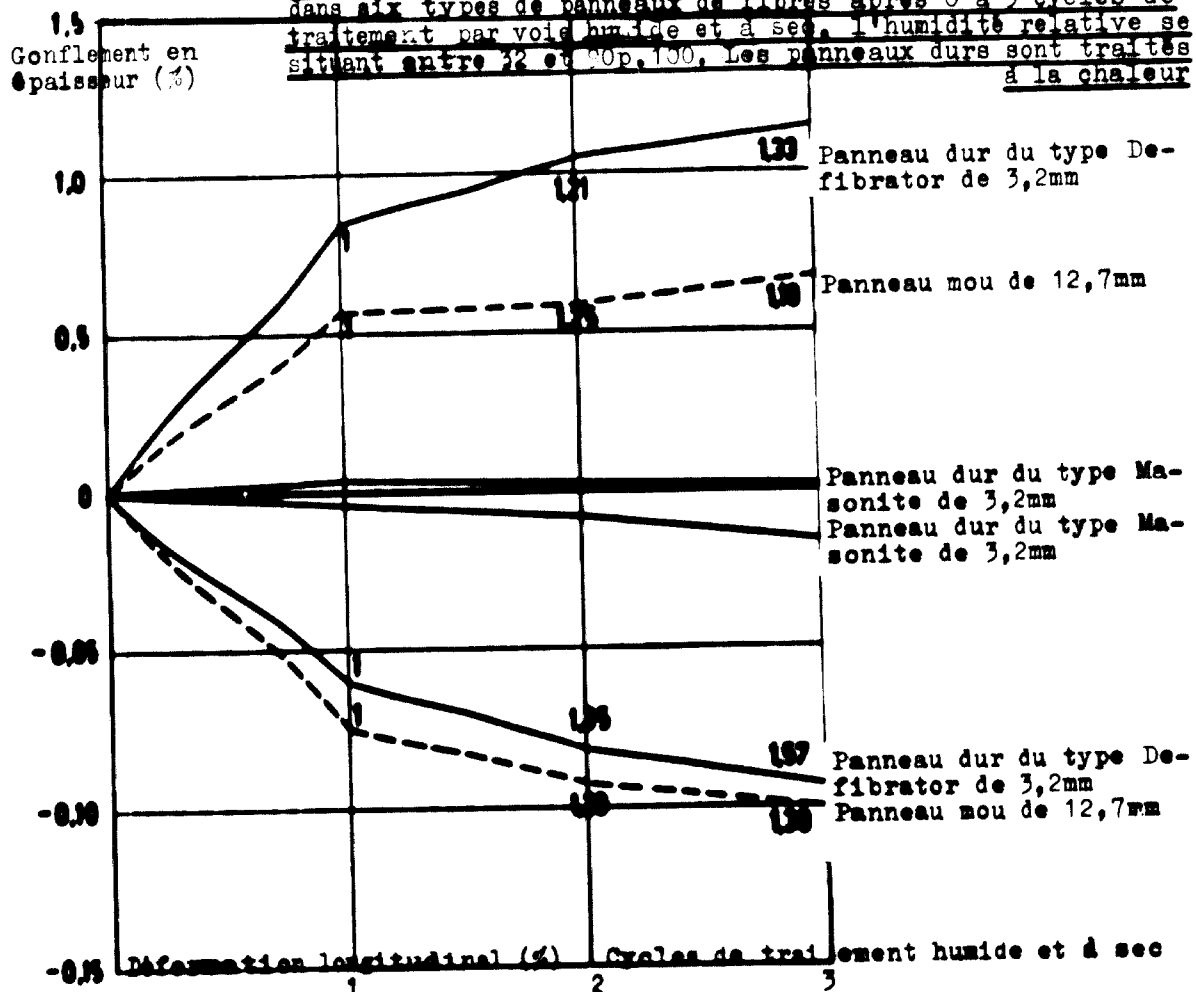
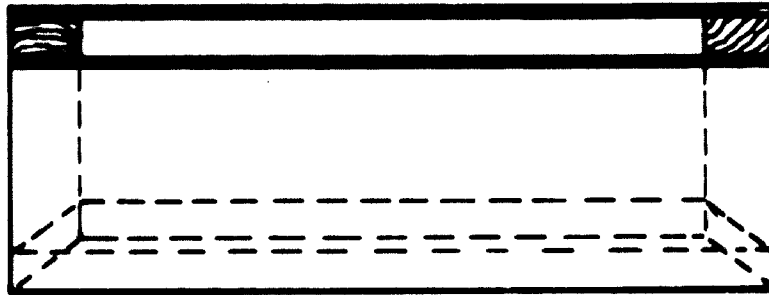


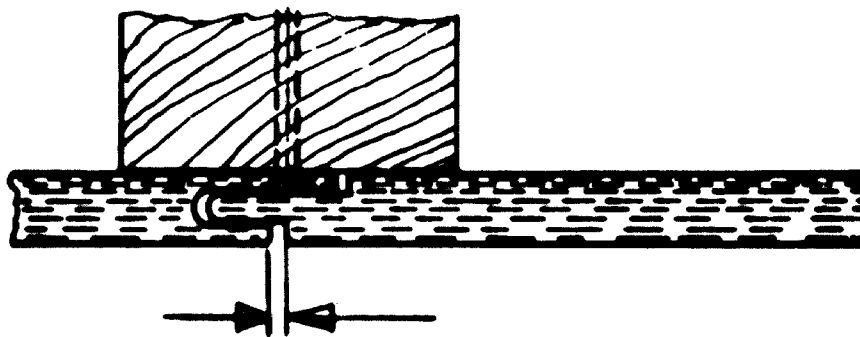
Figure IX: Détails de construction pour le montage d'éléments en
panneaux de fibres



(a) Bâti latéral d'une porte



(b) Montage sur les côtés



espace prévu pour la dilatation

(c) joint de construction

Figure X: Relation entre l'énergie du choc et la profondeur de l'empreinte sur un panneau composite de 52mm à surface en panneaux durs et à âme réticulaire en carton de type E (38mm)

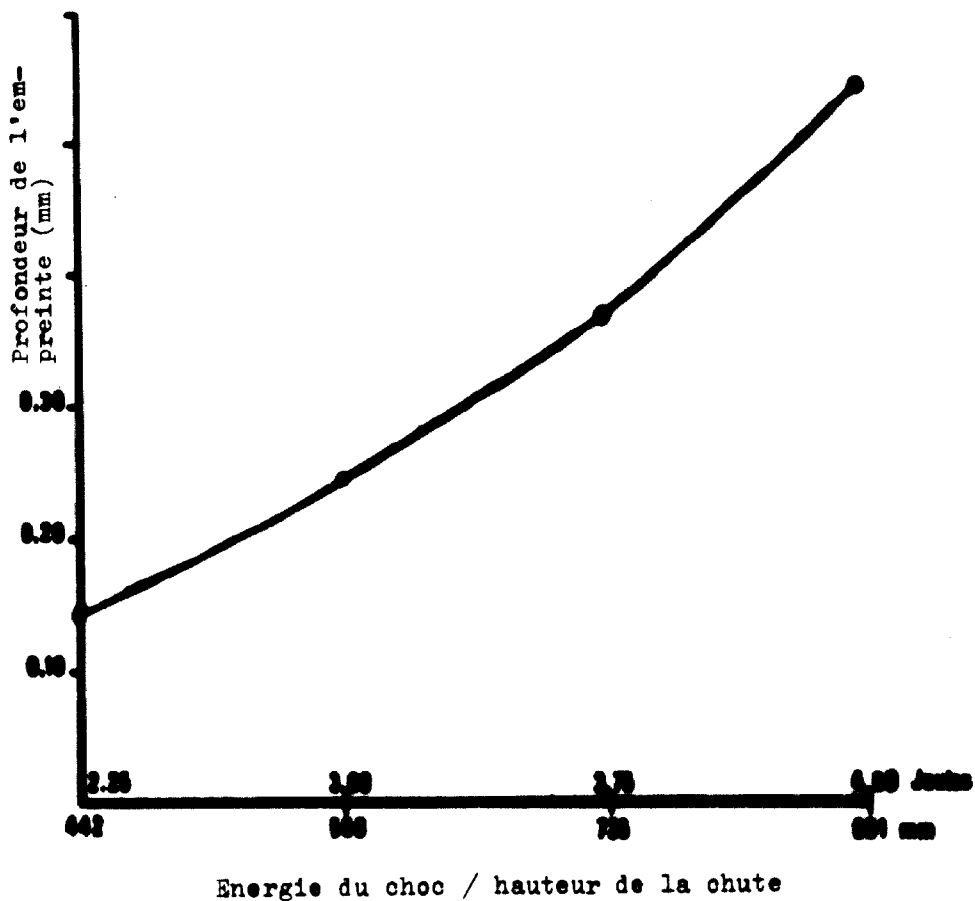
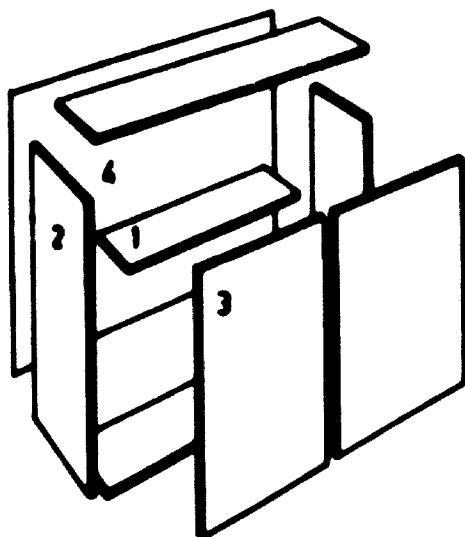


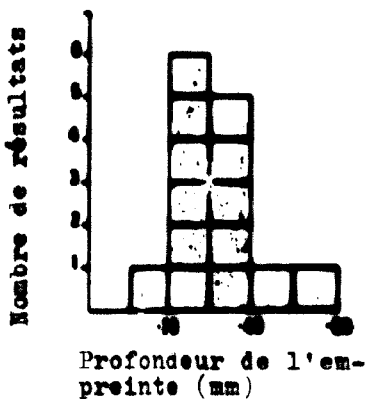
Figure XII: Éléments de base de constructions et de meubles



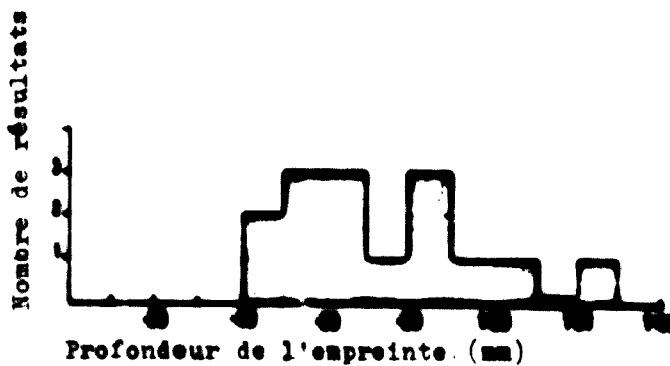
- Légende: 1, élément portant;
2, élément de support;
3, élément isolé;
4, élément de couverture

Figure XI: Résultats obtenus (profondeur de l'empreinte) avec quatre
panneaux composites à surface en panneaux durs

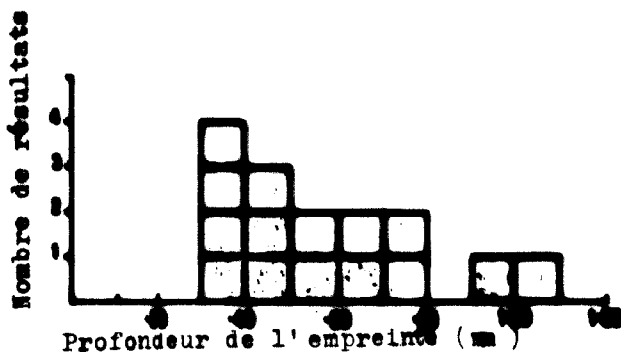
Ame réticulaire en carton de
38mm de type E



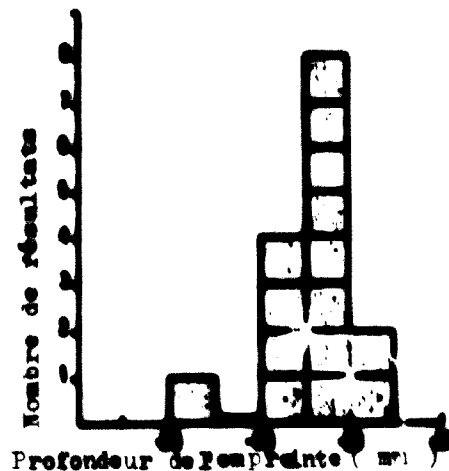
Ame réticulaire en carton de
25mm de type D



Ame réticulaire en papier kraft
de 12mm de type B



Ame réticulaire en papier
kraft de 25mm de type D



Du fait de sa porosité, le panneau demi-dur peut absorber de l'humidité et en perdre sans que ses dimensions n'en soient modifiées de façon notable.

Éléments de base de la menuiserie

De manière générale, pour les ouvrages de menuiserie, on utilise quatre éléments de base (figure XII), à savoir:

1. les éléments portants (plafonds, planchers, fonds et rayonnages), qui exigent une grande résistance à la flexion et un module d'élasticité élevé, tout au moins pour les surfaces extérieures de la construction;

2. les éléments de support (parois latérales), qui doivent avoir une résistance suffisante à la torsion et à la flexion;

3. les éléments isolés (cloisons légères, portes), qui exigent une très grande stabilité de forme et de dimensions et doivent pouvoir être fixés par les bords. Une résistance élevée au choc et une faible densité sont également souhaitables;

4. les éléments de couverture (revêtements des parois intérieures et extérieures, feuilles peintes ou imprimées, parois du fond), qui doivent être minces mais avoir une densité suffisante pour présenter une résistance élevée à la flexion.

Les panneaux durs conviennent à la fabrication des éléments décrits aux alinéas 3 et 4 ci-dessus, lorsqu'il s'agit d'un ouvrage (porte par exemple) construit en nids d'abeilles. On peut utiliser des panneaux demi-durs, épais et lourds, lisses sur une face ou deux, dans l'industrie du bâtiment, pour fabriquer les éléments énumérés aux alinéas 1, 2 et 3, comme revêtements intérieurs ou extérieurs, peints ou traités d'une autre façon. Des panneaux verticaux ou horizontaux de 10 à 12 mm d'épaisseur conviennent particulièrement aux utilisations en plein air (figure XII). Dans l'industrie du bâtiment, les panneaux mous se prêtent aux applications dont il est question à l'alinéa 4.

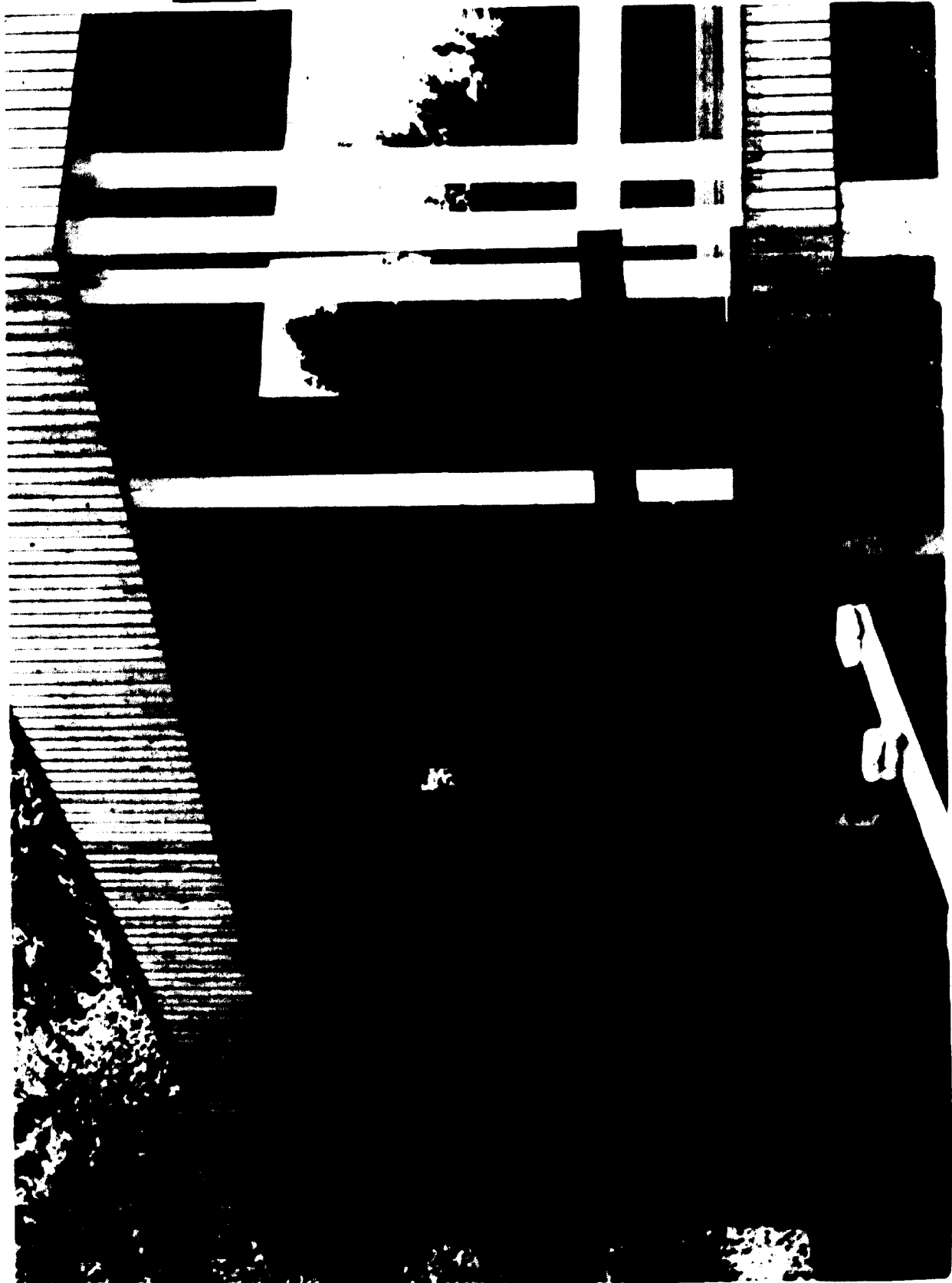
Il est possible de déterminer scientifiquement les propriétés physiques et mécaniques des éléments mentionnés ci-dessus, et de fabriquer des panneaux qui répondent aux exigences techniques particulières qu'implique leur utilisation finale. On peut, de cette façon, trouver la solution la plus rentable et éviter l'emploi de panneaux de trop bonne qualité ou de qualité insuffisante. En même temps, l'assortiment de qualités reste aussi restreint que possible.

Surface et aspect de l'ouvrage de menuiserie

Les ouvrages de menuiserie doivent avoir deux caractéristiques essentielles à savoir un aspect, une surface et une couleur attrayante, ce qui est souvent une question de goût, et une qualité de surface conforme aux propriétés physico-chimiques de l'ouvrage et à l'usage auquel il est destiné. Si nous appliquons ces conditions aux éléments de base mentionnés antérieurement, nous arrivons aux conclusions suivantes:

a) La surface extérieure des éléments portants doit être d'un aspect agréable, stable et résister à une forte usure mécanique et chimique;

Figure XIII: Panneaux demi-durs horizontaux de 10 mm (300 kg/m^3)
utilisés comme panneaux extérieurs dans une maison
moderne



b) La surface extérieure des éléments de support doit être d'un aspect agréable, stable à la lumière et dans une certaine mesure lavable et résistante à l'humidité;

c) La surface des éléments isolés doit être de première choix en ce qui concerne la qualité, la stabilité à la lumière et l'aspect;

d) La surface des éléments de couverture doit être bien adaptée au milieu dans lequel ces éléments seront utilisés;

e) En général, les ouvrages de menuiserie doivent avoir une surface dure, qui soit résistante à l'usure, au choc, à la chaleur et à la lumière et qui donne une impression générale de propreté.

L'utilisation de panneaux durs et de panneaux demi-durs transformés en menuiserie

Les panneaux durs ordinaires constituent un matériau bon marché et s'ils ne peuvent être transformés à peu de frais, il est plus rentable de recourir à des matériaux plus coûteux.

La surface des panneaux de fibres est unie, compacte et lisse par nature et les panneaux travaillent peu parallèlement à la surface. En outre, il existe de nombreuses techniques de revêtement, par exemple:

Revêtement à la "pâte d'ivoire" (pâte de bois blanche triturée)

Apprêtage (avec du mastic ou un matériau de remplissage)

Peinture et laquage

Impression au rouleau ou à l'écran de soie

Revêtement stratifié (à des fins architecturales, pour la construction et à des usages industriels)

Revêtement par extrusion

Roulage

Profilage

Revêtement radio-chimique (le panneau est imprégné de monomères et par la suite durci par irradiation).

Il est possible de tirer un meilleur parti des ressources en bois si l'on améliore la surface de matériaux, qui présentent une structure appropriée mais qui ont un aspect peu attrayant et sont difficiles à travailler, pour en faire des matériaux qui conviennent à la fabrication de produits de première qualité. A cette fin, on peut recouvrir ces matériaux d'une couche superficielle servant d'apprêt ou même de décoration. Toutefois l'application de ce genre de revêtements ne doit pas coûter trop cher pour être rentable. Ces revêtements ont ouvert de nouveaux débouchés pour les panneaux de fibres qui peuvent être particulièrement adaptés à leur usage final. Les améliorations apportées au matériel de production ont pour objet de déceler et de corriger automatiquement les défauts survenant au cours d'opérations continues.

Les panneaux durs à surface ivoire sont le plus couramment utilisés en menuiserie pour faire les parois arrière de placards et des fonds de tiroirs et de lits.

Les panneaux apprêtés (mastiqués) sont faciles à peindre et l'on peut obtenir des surfaces bien lisses. Ils peuvent être directement utilisés comme panneaux de base pour des buffets et placards.

Les panneaux durs et demi-durs recouverts de peinture polyester ou de peinture alkydique constituent un produit commercial couramment utilisé en menuiserie, et servent essentiellement à fabriquer divers meubles et revêtements de murs.

Les panneaux durs imprimés et peints sont souvent utilisés pour les cloisons et les parties arrières de meubles et d'équipements fixes. Les dessins sont de type classique, fantaisie ou façon bois et peuvent être variés sans accroissement notable du coût. Ils peuvent être appliqués à l'aide de techniques modernes de sérigraphie, qui ne revient pas cher.

Pour la stratification de surfaces employées en architecture et en construction, on a recours à différents produits (mélamine thermo-durcissable, urée, phénol, polyester, feuilles de plastiques ou pellicules de chlorure de polyvinyle (CPC)), qui sont mous (plastifiés), durs ou semi-durs (non-plastifiés). Il existe trois groupes de revêtements en fibres traités à la résine: les revêtements de forte densité ou de densité moyenne et les revêtements spéciaux.

Les panneaux intérieurs demi-durs, qui sont recouverts à l'usine d'une pellicule de CPV mou ou de tissu plastifié, constituent un produit utile pour recouvrir les murs intérieurs. On utilise du plastique dur de 0,5 mm d'épaisseur pour les meubles de cuisine et les tiroirs, qui n'exigent pas une grande résistance au choc. Dans les cas où la surface des panneaux durs ou demi-durs est exposée à une forte usure, à des chocs ou à un manquement brutal, on utilise un revêtement plastique de 1,5 mm d'épaisseur.

L'application de stratifiés industriels peut augmenter la solidité, la rigidité et la résistance à l'usure, au choc et aux conditions climatiques. La couche superficielle peut être en plastique renforcé à la fibre de verre ou en métal. Le procédé d'application le plus courant est le procédé par voie humide pour le panneau composite recouvert de plastique renforcé à la fibre de verre, et l'utilisation d'adhésifs à chaud ou à froid pour le panneau recouvert d'une couche en métal. Les colles à froid ont l'avantage d'éviter la plupart des problèmes de stabilité dimensionnelle que pose le pressage à chaud de matériaux qui n'ont pas les mêmes propriétés de dilatation thermique.

Les panneaux demi-durs et les cadres faits à partir de ces panneaux sont recouverts par extrusion et dans ce cas les panneaux sont revêtus de thermo-plastiques durs. Les tiroirs et autres éléments de meubles peuvent être recouverts de cette façon d'une pellicule de CPV de 0,5 à 0,7 mm d'épaisseur. Cet ensemble panneau-pellicule plastique est par exemple moins cher que si les

Éléments correspondants étaient fabriqués en hêtre massif ou en CPV préformé selon les profils. Le revêtement plastique assure une bonne isolation contre l'humidité et augmente la résistance de l'âme à la flexion d'environ 30p.100. La République fédérale d'Allemagne a une forte consommation de panneaux de fibres revêtues; en 1969, la production de panneaux durs revêtus s'est élevée à 6 millions de mètres carrés, dont la plus grande partie a été utilisée en menuiserie et pour la fabrication d'appareils de télévision.

Les panneaux durs (d'une épaisseur de 2 à 3,5mm) peuvent être pressés à chaud, par voie humide ou à sec, et prendre différentes formes s'ils sont d'abord chauffés pendant 5 secondes à près de 400°C puis refroidis rapidement à la température normale. Ce traitement n'entraîne aucune diminution sensible de leur résistance. Aux Etats-Unis, on utilise diverses méthodes de moulage sous pression et l'on y fabrique chaque année 50 000 tonnes de ces panneaux destinés aux industries du meuble et de l'automobile, où ils sont essentiellement utilisés comme âme dans les sièges et parois de voitures.

Les panneaux durs et demi-durs moulés sous pression et perforés sont couramment utilisés dans l'industrie de la radio, de la télévision et du meuble. Les panneaux épais demi-durs, traités à sec et d'un poids spécifique de 0,6 sont faciles à fraiser et les produits ainsi obtenus sont de bonne qualité.

Les panneaux de fibres peuvent être imprégnés de produits chimiques et ensuite durcis par irradiation. Cette technique est encore en pleine évolution mais on en prévoit pas moins de nouveaux domaines d'application en menuiserie.

L'utilisation actuelle des panneaux durs et demi-durs en menuiserie peut se résumer comme suit:

a) Le matériel et les meubles de cuisine sont en grande partie normalisés de sorte que les dimensions extérieures des différents éléments sont les mêmes, quel que soit le fabricant. Ces dimensions sont telles que l'on peut découper les différents éléments de l'installation à partir de panneaux normalisés avec un minimum de pertes. Les entreprises de menuiserie peuvent aussi commander les panneaux de dimensions normalisées qui sont les plus avantageux du point de vue prix;

b) Pour ce qui est de la fabrication de meubles de cuisine, on n'observe aucune tendance à substituer les matières plastiques aux panneaux de fibres. Bien au contraire, on constate un retour à la bonne vieille cuisine où l'on se sent à l'aise;

c) En menuiserie, on pratique la fabrication en grandes séries et l'on accorde normalement une attention particulière aux éléments du prix de revient. En ce qui concerne par exemple l'apprêtage, malgré les bons résultats qui sont couramment obtenus avec un seul revêtement, il faut utiliser à cette fin des panneaux durs à surface dense;

d) Les travaux de recherche sur les panneaux composés à âme que la Furniture Industry Research Association a effectués au Royaume-Uni, ont révélé, lors de l'essai sur la résistance des portes au choc avec un corps dur, la supériorité de l'âme à nids d'abeilles en papier;

e) Toujours au Royaume-Uni, le Forest Products Research Laboratory (FPRL)^{4/} a mené à bien ses essais sur les propriétés de structure des panneaux durs.

^{4/} Voir note 3 sur page 68

On peut désormais raisonnablement affirmer que les panneaux durs trempés de 4,8mm peuvent être utilisés pour des constructions qui exigent une bonne résistance au cisaillement et à la flexion. A cet égard, ils sont comparables au contreplaqué de 6,4mm. Il se peut que leur emploi soit dans une certaine mesure limité par le faible module d'élasticité, surtout dans les conditions de déformation par flexion (plancher structurel);

f) Selon un rapport du FPKI⁴ sur la résistance à la rupture transversale du bois utilisé pour des éléments de parois, des résultats légèrement meilleurs ont été obtenus avec une plaque revêtue d'un panneau dur trempé de 6,4mm et d'un panneau de 9mm qu'avec une plaque analogue faite en contreplaqué de pin d'Oregon de 12mm pour revêtements extérieurs (figure XIV);

g) Les panneaux demi-durs (6 à 20mm) d'une densité de 600 à 800kg/m³ conviennent très bien aux travaux de menuiserie et peuvent être spécialement fabriqués pour les utilisations extérieures dans l'industrie du bâtiment. Le procédé de fabrication le plus rapide est le procédé à sec. Les panneaux durs minces (3,2mm) pour portes et armoires sont généralement obtenus à l'aide du procédé humide. La figure XV donne une idée générale du coût des différents procédés et de la capacité de production lorsque l'on utilise une presse de 4 pieds sur 24 pieds. En fin de compte, c'est le nombre d'ouvertures entre plateaux qui détermine la capacité de production.

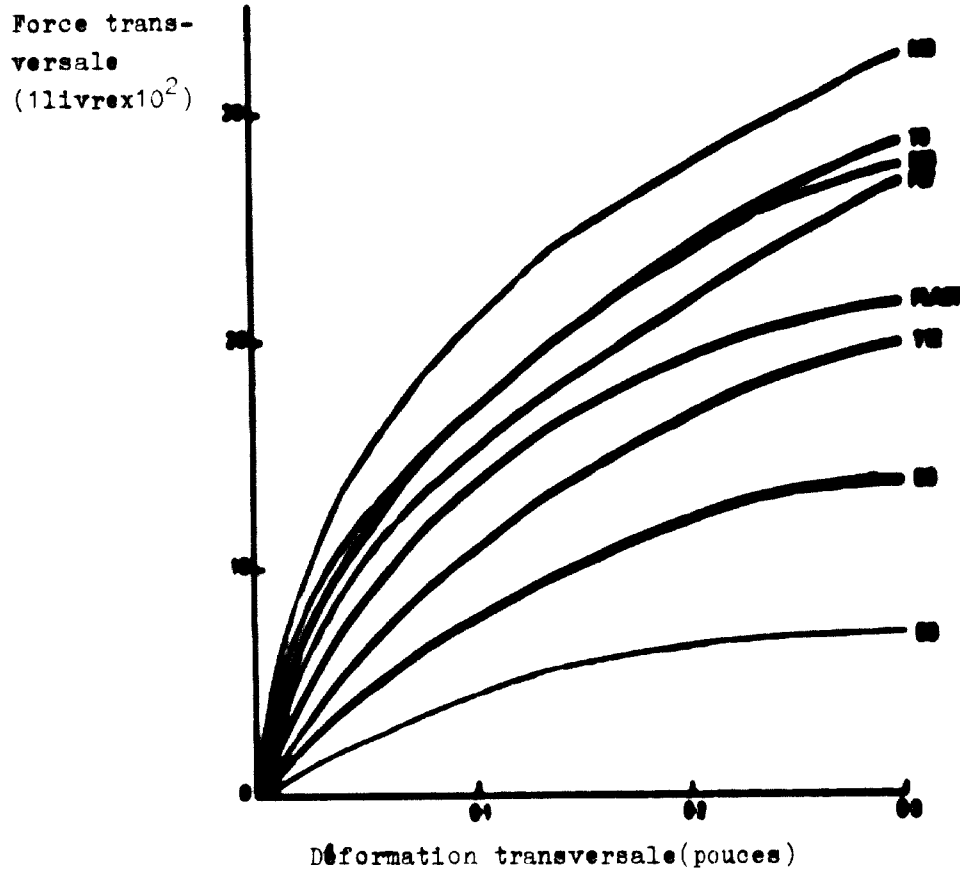
Le tableau 5 donne une description d'une nouvelle qualité (K) de panneaux de construction durs standards, de panneaux trempés à l'huile et de panneaux demi-durs. Les chiffres sont séparés en deux groupes, selon les conditions de deux milieux différents.

On calcule les tensions de base en appliquant un facteur de sécurité aux valeurs minimales obtenues selon les indications présentées au tableau 3, pour tenir compte de facteurs tels que la fréquence et la durée du chargement, la surcharge accidentelle et aussi la taille et la forme de l'échantillon. Dans le cas du bois de construction et du contreplaqué, une valeur de 2,25 est désormais jugée acceptable en ce qui concerne la flexion et le cisaillement. Pour ce qui est des panneaux durs, le FPKI a recommandé un facteur global de sécurité de 3. En Suède, Lundgren a proposé l'adoption d'une valeur de 2,66 pour ce qui est du règlement de la construction. La figure XVI indique la charge utilisée et l'écart admissible pour neuf types différents de poutres en panneau dur de bois ayant une âme de panneau dur trempé.

La situation des matériaux à base de panneaux de fibres de construction dans leur ensemble devrait s'améliorer s'ils étaient admis comme éléments résistants. De toute évidence, toute une gamme d'applications des panneaux durs, des panneaux demi-durs et des panneaux isolants dans la construction devient possible.

Le panneau de fibres constitue la manière la plus rationnelle et la plus compétitive d'utiliser le bois sous forme de plaques. Il fournit également aux entreprises de transformation du bois des matériaux de bonne qualité et bon marché pour les industries de la construction, de la menuiserie et du meuble.

Figure XIV: Comparaison des forces de rupture transversales et des déformations par flexion dans différents matériaux de revêtement pour une charge verticale de 22,3 kN



Code	Matériau de revêtement.	Espace entre les clous	
		au bord	au centre
T6	Panneau dur trempé de 6,4mm	6	12
T12		12	12
M6	Panneau demi-dur de 9mm	6	12
M3		3	6
B6	Panneau isolant imprégné de bitume de 12,7mm	6	12
B3		3	6
Ply	Contreplaqué de pin d'Oregon de 12mm	6	12
Plast	Placoplatre de 12mm	6	12

Figure XV: Investissements nécessaires pour fabriquer des panneaux demi-durs de 12mm selon trois procédés différents:
1)procédé par voie humide, 27 000 tonnes/an
2)procédé par voie sèche, collage au phénol, 50 000 tonnes/an
3)procédé par voie sèche, collage à l'urée, 90 000 tonnes/an

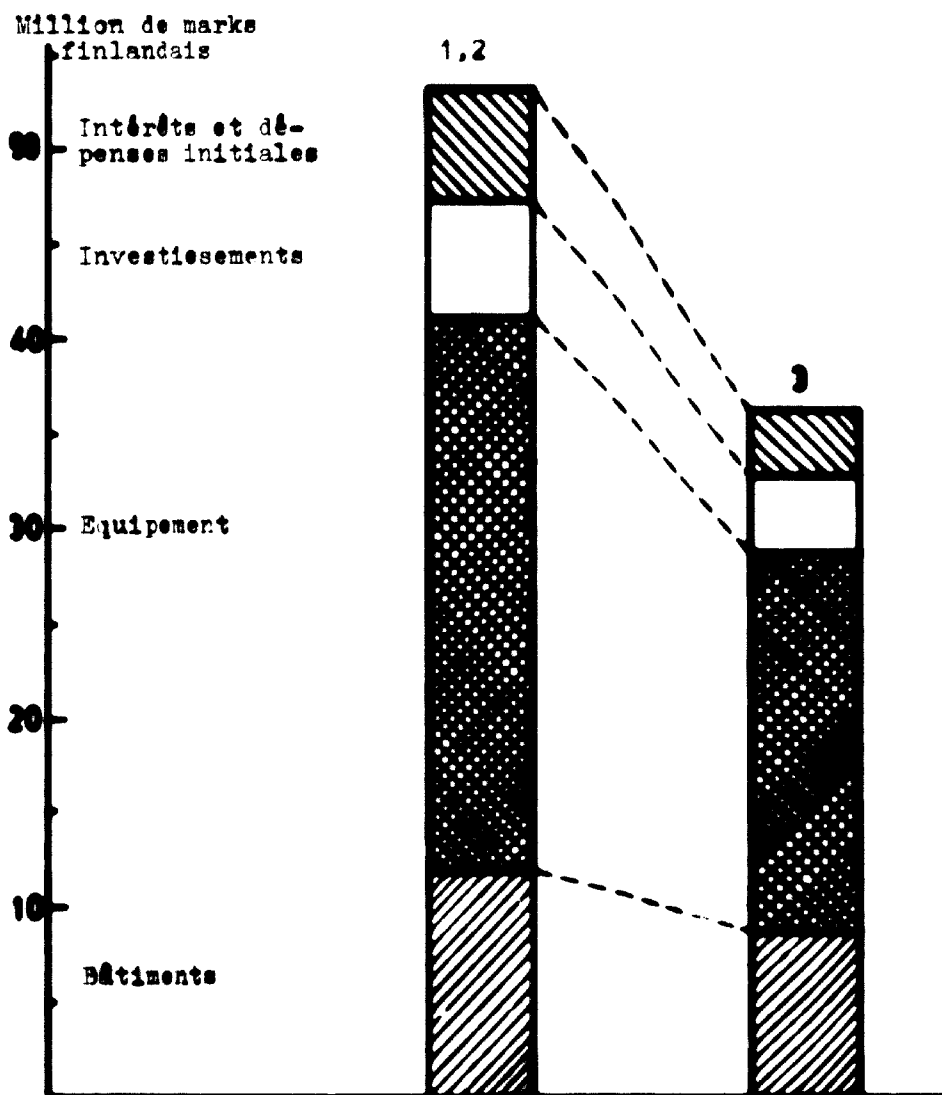


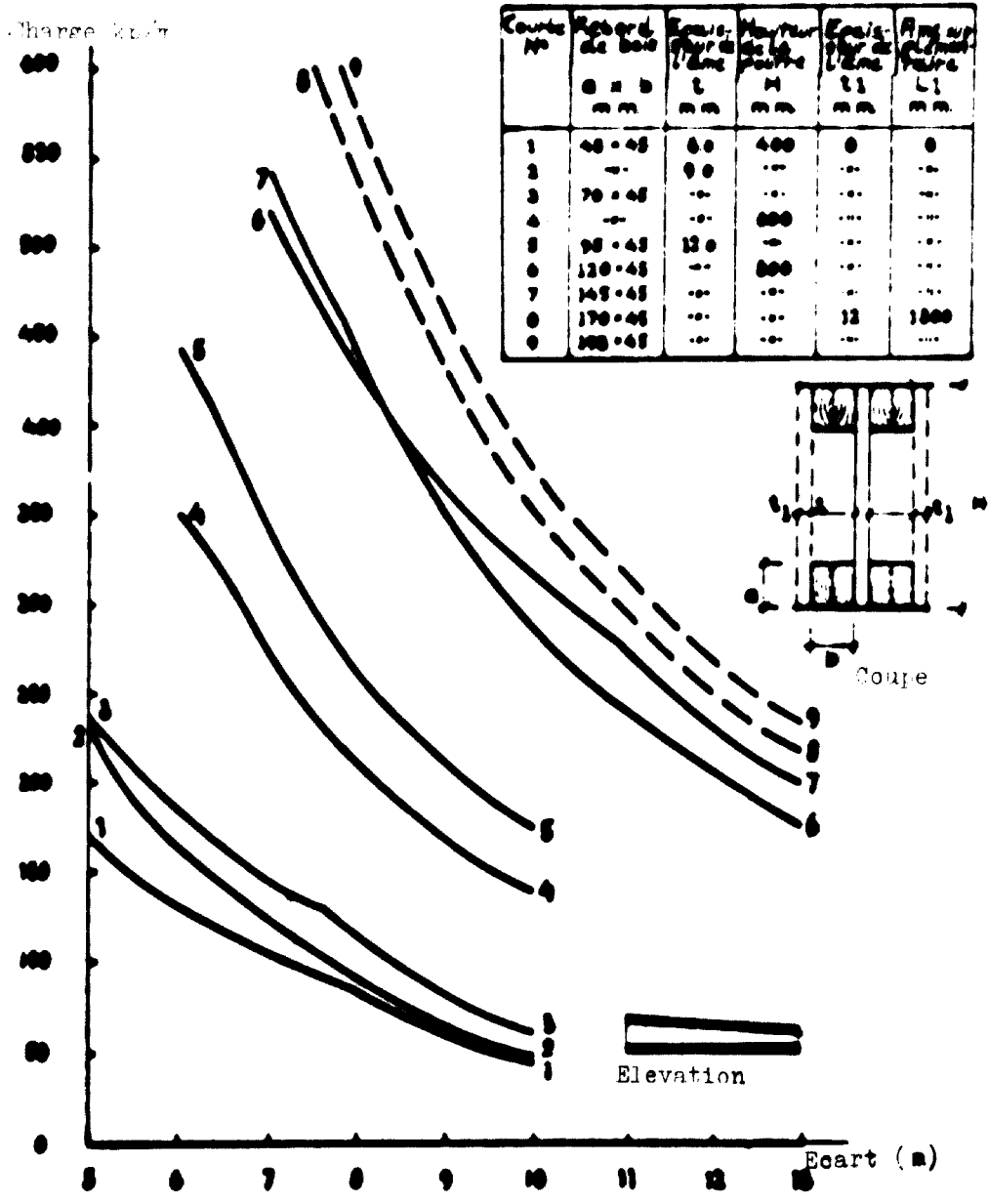
Tableau 3: Tensions admissibles pour trois variétés d'une nouvelle qualité (H) de panneau dur normal de construction, dans deux groupes I et II, de milieux (Newtons par millimètre carré)

Type de panneau	Type de résistance						Module d'élasticité du panneau	Module de cisaillement du panneau	
	Flexion	Traction	Compression	Cisaillement	Cisaillement	Cisaillement			
	//	//	⊥	//	⊥		//		
<u>Groupe I:</u>									
Trempé à l'huile	11	6	0,2	6	5	0,4	4	3,500	1,500
Standard	7	5	0,15	4	5	0,3	3	1,700	830
Qualité moyenne	3	1		1	1	0,05	1	380	440
<u>Groupe II:</u>									
Trempé à l'huile	5	3	0,08	2	5	0,3	2	1,800	880
Standard	3	2	0,05	1	5	0,2	1,3	880	440
Qualité moyenne	1	0,3		0,4	0,5	0,4	0,6	340	200

Source: Å. Lundgren, Träskivor som byggnadsmaterial, Nyköping, 1967.

a/ Groupe I, pour la plupart, structures, dans des bâtiments temporairement chauffés et aérés, avec une humidité relative allant jusqu'à 95p.100.
Symboles: // = parallèle au fil de la face; ⊥ = perpendiculaire au fil de la face.

Figure XVI: Charge admissible et écarts entre neuf poutres de qualité différente de bois et de panneau, avec une âme en panneau dur trempé à l'huile. Milieu correspondant à celui du groupe II



5. FABRICATION ET UTILISATION DES PANNEAUX STRATIFIÉS DÉCORATIFS À BASE DE PAPIER *

De nombreuses matières plastiques, comme par exemple le simili cuir, les textiles plastifiés, les pellicules de plastique et, dans une très grande mesure, les panneaux stratifiés, sont désormais utilisés comme revêtements intérieurs. Les panneaux stratifiés décoratifs à base de papier et de plastique sont fabriqués, comme leur nom l'indique, à partir de papier et de plastique. Du papier imprégné de plastique est comprimé à une température élevée sous pression particulièrement élevée (100 kg/cm²) entre des plaques d'acier en un panneau homogène. Le stratifié décoratif se compose de deux sortes de plastique différentes et de trois types de papier. L'âme est formée de papier kraft et de résine de phénol-formaldéhyde, et la partie visible superficielle de papier décoratif ("papier décor") uni ou à motifs et d'une pellicule de revêtement tout à fait transparente. Ces deux papiers ont été imprégnés de résine à base de mélamine-formaldéhyde, qui est une matière dure, transparente et extrêmement résistante à la chaleur.

Dans plusieurs pays, les panneaux stratifiés décoratifs à surface de résine sont fabriqués à l'échelle industrielle depuis les années 40. Les marques les plus connues sont "Formica" dans les pays d'expression anglaise, "Resopal" dans la République fédérale d'Allemagne, "Perstorp" en Suède, "panneau IKI" en Finlande et il existe plusieurs autres marques dans différents pays. La production mondiale dépasse 200 millions de mètres carrés par an. Les principaux pays producteurs sont: les Etats-Unis d'Amérique, l'Italie, le Japon, le Royaume-Uni, la République fédérale d'Allemagne et la Suède. Les plus grandes usines fabriquent plus de 10 millions de mètres carrés de panneaux par an, la production des usines moyennes se situant entre 2 et 3 millions de mètres carrés par an. La taille minimale que doit avoir une usine de panneaux stratifiés pour être rentable dépend des conditions locales, mais une production de 1 million de mètres carrés par an sera, dans bien des cas, la production minimale réalisée à cette échelle par un ensemble de machines.

Selon les statistiques européennes, les stratifiés décoratifs sont surtout utilisés pour les meubles de cuisine (environ 42p.100), d'autres meubles (environ 35p.100), des véhicules de transport en commun, comme les bateaux, les autobus et les trains (7p.100), les portes et les revêtements de murs (12p.100) et divers autres usages (4p.100). Les chiffres varient sensiblement d'un pays

* Document présenté au séminaire par Simo Hyvärinen, G.A. Serlachius Oy, Plastic Department, Kolho (Finlande). (Publié initialement sous la cote ID/WG.105/28/Rev.1).

à l'autre: dans les pays scandinaves par exemple, la proportion de panneaux stratifiés utilisés dans les véhicules est de 17p.100. L'emploi le plus courant, qui est en fait le plus caractéristique et le plus ancien, des stratifiés continue à être celui de revêtement de tables dans les cuisines, les magasins et les cafés; ils sont maintenant aussi utilisés pour les surfaces verticales de meubles de cuisine, les portes, les salles de bains, l'aménagement intérieur des hôtels, les parois intérieures des bateaux, autobus et trains de passagers. Il faut par exemple dans les 50 000 mètres carrés de stratifiés décoratifs pour un seul paquebot de luxe. On trouvera dans les figures I, II et III des exemples de ces applications.

L'aspect des stratifiés dépend du papier décor et de la finition de la surface. Comme on l'a mentionné ci-dessus, le papier décor peut être uni ou à dessins. Les dessins imprimés se divisent en trois groupes principaux, à savoir les imitations de bois, les imitations de textiles et les motifs de fantaisie. Les rouleaux d'impression se font à l'aide du procédé de photogravure; ainsi, il est par exemple possible de reproduire exactement la madrure du bois. Toutefois, la circonférence du rouleau n'est généralement que d'environ 30cm, ce qui signifie que le dessin se répète à des intervalles d'un mètre environ.

Il est vrai que les plus grandes usines ont leurs propres machines à imprimer et leurs collections de dessins, les petites et moyennes entreprises achètent leurs papiers imprimés chez les mêmes sous-traitants. Il se peut donc que les mêmes dessins se retrouvent dans les collections de plusieurs fabricants. Il est aussi possible qu'un fabricant achète le droit d'exclusivité pour un certain rouleau et obtienne de cette façon un motif original dans sa collection. Les papiers décor unis sont soigneusement colorés à l'usine. Il n'est donc pas rentable de fabriquer, en très petites quantités, du papier d'une certaine couleur spécialement choisie.

Bien que cela soit très difficile, il faut tenter d'expliquer aux architectes qu'il est plus facile de trouver une peinture qui aille avec un certain stratifié que de trouver un stratifié qui aille avec une certaine nuance de peinture. Il est aussi possible de modifier l'aspect du panneau grâce à la finition de la surface qui est normalement brillante, semi-matte ou matte.

Depuis peu, on dispose de surfaces dites tridimensionnelles. La plus connue d'entre elles est peut-être l'imitation du grain du bois avec un film d'enduit poreux; en d'autres termes, la surface ressemble davantage à du bois qu'auparavant. La troisième dimension sert également à imiter les textiles, pour obtenir une surface avec effet de relief.

Si le stratifié ne comprend ni papier décor ni revêtement de surface, il est dit "industriel" ou "technique". Ce produit est essentiellement utilisé

Figure 1: Surfaces stratifiées dans la cuisine d'un train



Figure II: Surfaces stratifiées dans la cabine d'un bateau



Figure III: Surfaces stratifiées d'un réfectoire scolaire



pour des éléments de machines et les meubles, par exemple pour la face intérieure de dessus de tables afin de donner une homogénéité suffisante à la construction.

Il est possible de varier considérablement l'épaisseur du stratifié en modifiant la quantité de papier utilisé pour l'âme. En fait, il est possible de fabriquer des panneaux stratifiés de 5mm (2 pouces) d'épaisseur. Le matériau le plus mince qui soit dans le commerce n'a certes que 0,5mm d'épaisseur, mais les stratifiés que l'on trouve le plus couramment ont l'épaisseur suivante: 0,7 0,8, 1, 1,4 et 1,6mm. En règle générale, les fabricants préfèrent les épaisseurs de 1 à 1,6mm, car il est difficile de manier du matériau plus fin en feuilles de grandes dimensions; ces feuilles tendent à casser et à craquer et l'utilisation de stratifiés plus épais ne revient donc pas plus cher. Les panneaux de 1 à 1,6mm sont essentiellement utilisés pour les surfaces horizontales et les plus minces (0,7 à 1mm) pour les surfaces verticales. Ces stratifiés n'exigent pas de résistance particulièrement élevée à l'abrasion et l'on peut donc se passer de revêtement de surface, surtout s'il s'agit de panneaux unis. En conséquence, la dureté et la fragilité du panneau diminuent simultanément. En ce qui concerne l'épaisseur, la tolérance est généralement ± 10 p.100.

Les dimensions des panneaux varient considérablement selon le fabricant. La longueur est normalement comprise entre 245 et 360 cm (8 et 12 pieds) et la largeur entre 125 et 180 cm (4 et 6 pieds), 125 x 245 cm (4 x 8 pieds) et 125 x 305 cm (4 x 10 pieds) étant les dimensions les plus courantes. La largeur de loin la plus courante se situe entre 122 et 127 cm, car elle permet d'obtenir deux largeurs de tables de cuisine. Comme le produit est vendu découpé à certaines dimensions et qu'il n'est pas commercialisé sous forme de rouleaux par exemple, il en résulte des pertes en longueur comme en largeur.

Le stratifié décoratif est très résistant à l'usure et à l'abrasion. Il a aussi l'avantage non négligeable de supporter des températures de plus de 100°C. On peut, en toute sécurité, poser une bouilloire remplie d'eau bouillante sur un panneau stratifié, et même une cigarette allumée peut y rester jusqu'à deux minutes sans abîmer la surface. Ces propriétés avantageuses sont surtout dues à la résine à base de mélamine, qui est dure et transparente. Dans les panneaux destinés à des surfaces horizontales, cette propriété est accrue par l'application d'un revêtement ayant une teneur particulièrement élevée en résine.

En revanche, les stratifiés décoratifs ont aussi certains inconvénients, qui sont dus au fait que ces panneaux sont fabriqués à partir de trois matières premières différentes: le papier, la résine phénolique et la résine à base de mélamine, qui sont autant de matières qui ont chacune leurs propres caractéristiques physiques et chimiques distinctes. Lorsque ces matières sont stratifiées, l'âme et les parties extérieures ne se comportent pas de la même façon.

Des variations de température et d'humidité sont à l'origine de tensions entre les couches et peuvent entraîner le détachement des couches et le voilement du panneau. Ce sont les caractéristiques du papier qui sont à l'origine de la plupart des effets négatifs et, comme le papier représente 60 p.100 du stratifié, les résines ne peuvent éliminer complètement ces effets.

Les fibres de papier ont tendance à absorber l'humidité de l'air et à gonfler et, en milieu sec, elles perdent cette humidité et se contractent. Les dimensions du panneau changent donc quelque peu avec l'humidité relative de l'air.

Si un stratifié ayant séjourné dans un entrepôt froid et humide est collé sur un panneau de particules et qu'il se trouve ensuite en milieu sec, il se contractera et provoquera des tensions. Si le panneau de particules n'est pas solidement fixé il se courbera et, dans des conditions extrêmes, le stratifié se cassera. Pour éviter ce risque, le stratifié est collé dans des conditions normales; c'est-à-dire en milieu ni trop humide ni trop sec, ce qui permet d'éliminer en partie les inconvénients découlant de l'instabilité dimensionnelle. Le papier augmente également la résistance du panneau, tout en provoquant l'instabilité dimensionnelle dont il a été question et qui diffère dans le sens transversal et dans le sens longitudinal. Les fibres de papier étant surtout orientées dans le sens longitudinal, on retrouve les mêmes caractéristiques dans le stratifié, ce qui fait que le panneau gonfle et se contracte davantage dans le sens transversal que dans le sens longitudinal. Le degré de gonflement dérivant du passage d'un milieu absolument sec à un milieu d'humidité tropicale peut être de 0,8 p.100 dans le sens transversal et de 0,3 p.100 dans le sens longitudinal, et la tension interne peut correspondre à ces chiffres. On relève la même différence en ce qui concerne la résistance à la traction et le module d'élasticité, qui sont plus grands dans le sens longitudinal que dans le sens transversal. Là encore, le papier est certes à l'origine de cet inconvénient, mais il augmente d'autre part la résistance du stratifié. En outre, il est facile d'imprimer divers dessins sur le papier.

Pour ce qui est du contrôle de la qualité des stratifiés, les normes de la National Association of Electrical Manufacturers de New York (NEMA) sont les plus répandues. Il existe aussi d'autres normes importantes, comme par exemple les normes DIN (Deutsche Industrie Normen) en République fédérale d'Allemagne, les normes britanniques BS (British Standards) au Royaume-Uni et les normes suédoises SIS (Sveriges Standardiseringskommission) qui sont appliquées dans tous les pays scandinaves. Ces systèmes et les valeurs utilisées pour mesurer les propriétés les plus courantes des stratifiés sont présentés au tableau 1. Les figures IV à VII montrent certains des essais effectués.

La plupart des machines utilisées en menuiserie conviennent au travail des stratifiés. Mais si l'on s'en sert constamment, il est bon de se doter d'outils en carbure de tungstène, car leurs arêtes tranchantes durables facilitent la finition des bords du panneau et accélèrent le travail.

Lorsque l'on débite les panneaux stratifiés en pièces de dimensions correspondant à celles du matériau de base, il faut placer le panneau contre la lame de scie de telle façon qu'elle coupe en premier le côté décoratif. En usine, les traits rectilignes sont exécutés à l'aide de scies circulaires et les courbes à l'aide de scies à ruban.

Le panneau stratifié est collé sur le cadre qui consiste généralement en panneaux à base de bois (panneaux de particules, panneaux lattés, panneaux lamellés et contreplaqués). L'utilisation de bases en métal ou en pierre est également possible.

Il existe des règles générales pour l'application de colles à bois, telles que les colles à base d'urée, l'acétate de polyvinyle, les colles à base de phénol et, dans certains cas particuliers, les adhésifs de contact et les colles thermostiques. On peut suivre les règles suivantes, compte tenu des particularités de l'opération et des moyens de pressage dont on dispose; et utiliser les colles indiquées ci-après:

a) des colles à base d'acétate de polyvinyle lorsqu'une bonne résistance à la chaleur et à l'humidité n'est pas indispensable;

b) des colles à base d'urée durcissant à froid, si l'on dispose de presses d'une capacité suffisante et que l'on ne recherche aucune résistance spéciale à l'humidité;

c) des colles à base d'urée durcissant à chaud, si le matériau du cadre est suffisamment solide pour empêcher que des effets de tension résultant de la dilatation thermique ne se manifestent;

d) des colles à base de phénol et de résorine, lorsqu'il faut une résistance particulière à l'humidité;

e) des adhésifs de contact lorsqu'on ne dispose pas de presse ou qu'il n'est pas possible de l'utiliser;

f) des colles époxydiques ou des adhésifs de contact à deux composants, lorsqu'il s'agit par exemple de fixer les stratifiés sur des surfaces en métal;

g) des colles thermostiques sont utilisées pour coller les bords des dessus de table ou d'autres panneaux garnis d'un bord. Dans tous les cas, il faut se conformer aux instructions du fabricant au cours du collage.

Les matériaux qui conviennent pour les bordures sont le bois, le métal ou le plastique. Les bordures en bois ou en plastique pourvues de rainures doivent être fixées avec de la colle. Si l'on utilise des bordures en métal, il faut les fixer solidement au cadre avec des vis posées à des intervalles que l'on juge appropriés. Il est possible d'utiliser du stratifié comme bordure en le collant simplement au cadre et en arrondissant ou en rabotant ensuite les angles.

Sur les surfaces verticales, on peut également fixer le stratifié avec des bandes en aluminium, en plastique ou en bois (voir figure VIII). En plus des bandes, on peut aussi utiliser une colle élastique au milieu du panneau. Ce procédé est par exemple utilisé dans les cuisines pour recouvrir le mur entre les meubles de même que dans les salles de bains et les toilettes, les bateaux et les trains.

L'utilisation des stratifiés décoratifs pour revêtir des murs extérieurs est récente mais on a encore trop peu d'expérience pour savoir s'ils conviennent réellement à cet usage. Dans ce cas, la résistance à la lumière du soleil a une importance particulière. Les stratifiés pour revêtements extérieurs ont généralement de grands motifs et environ 3mm d'épaisseur. Il existe quelques variations de panneaux stratifiés, dont trois sont à mentionner: à savoir des stratifiés postmoulés, des stratifiés ignifuges et des stratifiés à basse pression, en d'autres termes des panneaux de particules directement stratifiés. En principe, les stratifiés postmoulés sont obtenus de la même façon que les stratifiés ordinaires. La résine a été modifiée de sorte qu'il soit possible de la ramollir à nouveau et de courber ainsi le panneau selon deux dimensions. De cette façon, il est possible d'obtenir des coins incurvés. A cette fin, l'utilisateur doit avoir le matériel approprié pour porter le panneau à la température de 160° et le courber comme il le souhaite.

Les stratifiés ignifuges sont utilisés dans les bateaux. Pour fabriquer ces panneaux, on ajoute certaines substances à la résine ou au papier de façon à empêcher le panneau de brûler. Il est possible de rendre le panneau autoextinguible et de l'empêcher de brûler complètement, mais le stratifié se carbonisera dans les conditions correspondant à celles d'un feu. Les panneaux directement stratifiés sont très différents des stratifiés ordinaires on les fabrique en pressant directement le papier décoratif sur la surface du panneau de particules. A cette fin, on ne peut appliquer qu'une pression de 15 kg/cm² pour éviter que le panneau de particules ne soit comprimé.

Les panneaux de particules directement stratifiés sont utilisés pour les surfaces intérieures des meubles de cuisine mais pas pour les dessus de tables. Ils sont bien sûr moins solides que les stratifiés véritables mais sont moins chers par suite de l'absence de toute opération de collage; la stratification et la fixation sont effectuées au même stade. L'utilisation de stratifiés ne cesse de progresser dans le monde entier; en Europe de l'Ouest, elle a augmenté à raison de 10p.100 par an, accroissement qui s'explique surtout par la possibilité d'utiliser les stratifiés pour obtenir des surfaces durables, attrayantes et nettes.

Tableau 1: Méthodes d'essai des anneaux stratifiés décoratifs

Caractéristiques faisant l'objet de l'essai	Techniques d'essai utilisées ^{a/}			
	NEMA	SIS	DIN	BS
Résistance à l'abrasion	LD 1-2.01	-		
Résistance à l'eau bouillante	LD 1-2.02	R 70 50 02	53799	3794
Résistance à une température élevée	LD 1-2.03	24 58 03	53799	
Résistance à des cigarettes allumées	LD 1-2.04	-	53799	
Résistance aux taches	LD 1-2.05	24 58 05	53799	
Résistance à la lumière	LD 1-2.06	24 58 05	53799	
Résistance à l'eau	LD 1-2.07	24 58 01		2782
Stabilité dimensionnelle	LD 1-2.08	24 58 06	53799	
Résistance à la flexion	LD 1-2.09			3794
Module d'élasticité	LD 1-2.09			3794
Résistance à la rupture	LD 1-2.09			3794
Contrôle de l'aspect	LD 1-2.10			3794
Résistance à la traction	LD 1-2.14		53455	
Résistance au choc	LD 1-2.15			
Résistance aux rayures avec des crayons	-	18 41 87		
Transmission de la vapeur d'eau	-		53122	
Dilatation thermique	-			
Conductibilité thermique	-			

^{a/} NEMA = National Association of Electrical Manufacturers; SIS = Sveriges Standardiseringskommission;
 DIN = Deutsche Industrie Normen; BS = British Standards.

Figure IV: Appareil pour les essais d'abrasion de type Taber, avec des échantillons de stratifiés avant et après l'essai



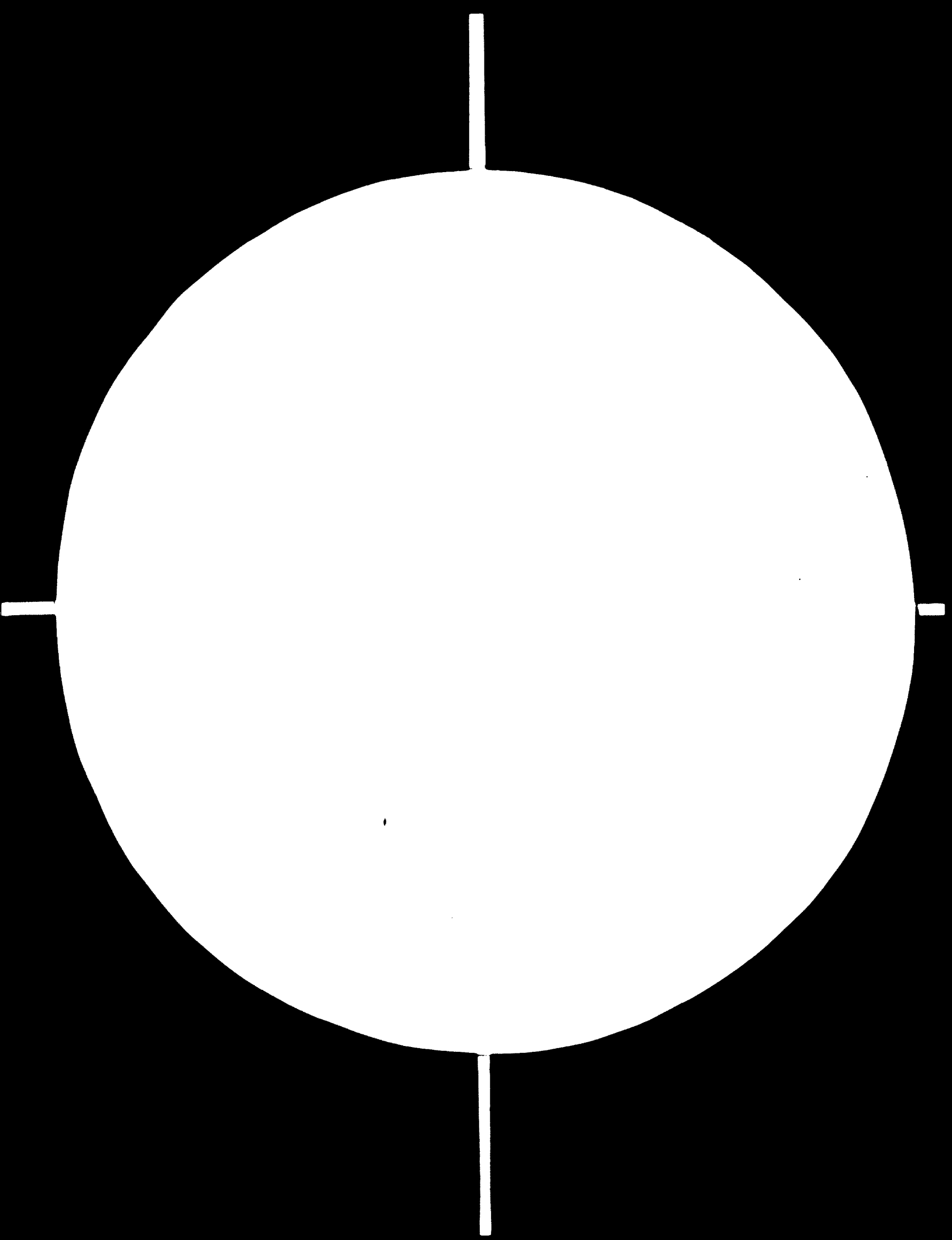
Figure V: Essai de résistance à la lumière. Une moitié du panneau est recouverte d'une plaque métallique et l'autre est exposée à la lumière



C-280



77 .07.15

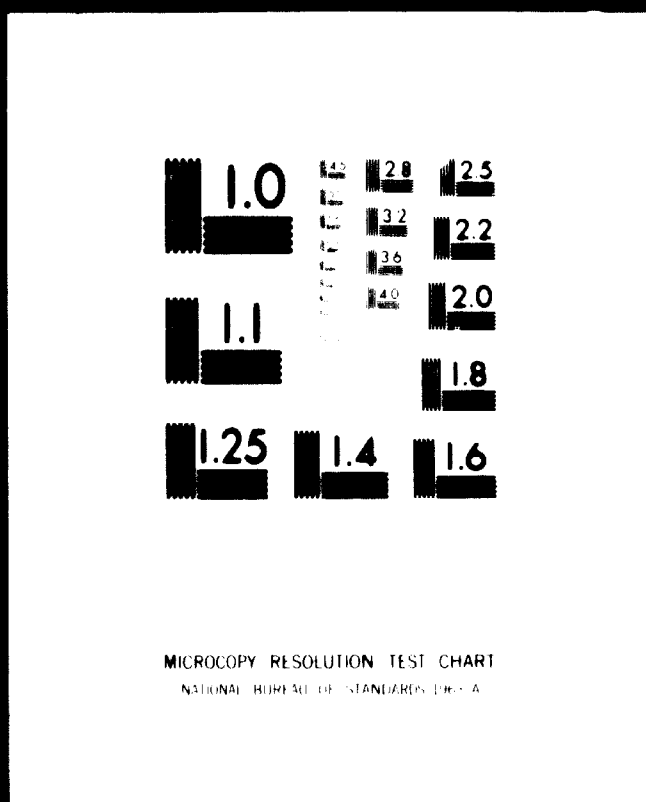


2 OF 2

D O

04906

F



24x

Figure VI: Mesure de la résistance à la flexion d'un panneau stratifié. La partie centrale est soumise à la pression jusqu'à ce que le panneau casse.

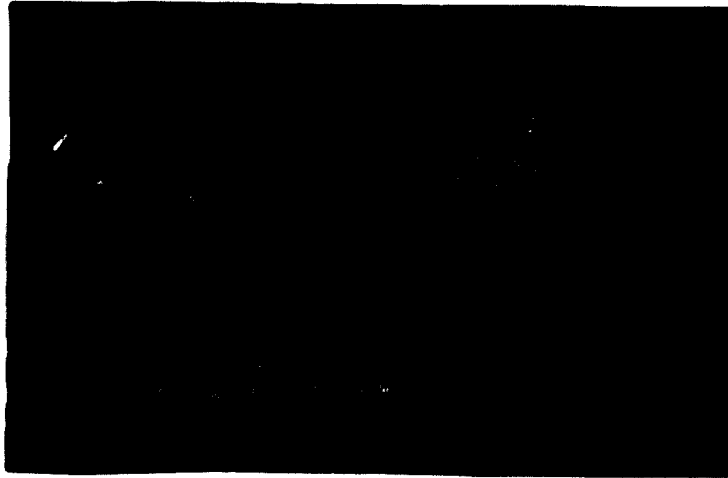
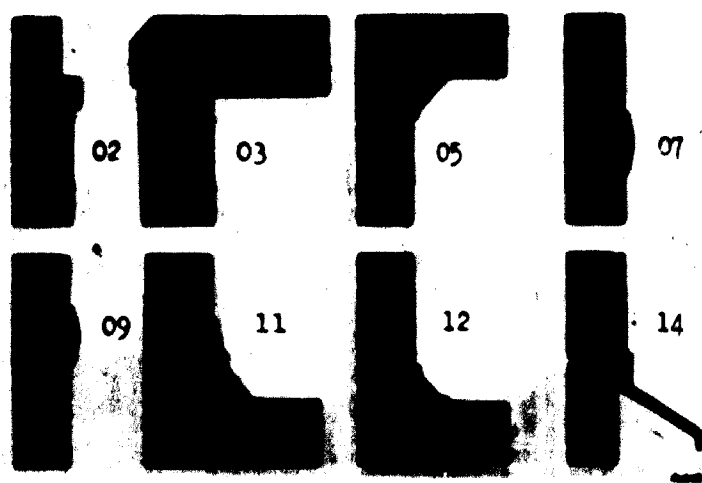


Figure VII: Essai de résistance au choc d'un panneau stratifié. On fait tomber une boule de métal d'une hauteur de 90 cm sur le panneau.



Figure VIII: Bandes en métal cannelées servant à la fixation des
PANNEAUX STRATIFIÉS



- 02 joint pour extrémités
- 03 joint pour angle extérieur
- 05 joint pour angle intérieur
- 07 joint pour raccord longitudinal-(1face)
- 09 joint pour raccord longitudinal (2faces)
- 11 joint pour plinthe
- 12 joint pour angles
- 14 joint pour baignoire

6. L'UTILISATION DE COLLES ET D'AUTRES ADHÉSIFS DANS LES INDUSTRIES DU MEUBLE ET DE LA MENUISERIE*

Historique

L'utilisation de colles et d'autres adhésifs est une technique ancienne, qui remonte au début même de l'ère historique. On a retrouvé à ce sujet des informations précises qui datent environ de l'an 2000 A.C. en provenance de Thèbes dans l'ancienne Grèce. Depuis ces temps-là 3500 à 4000 ans se sont écoulés jusqu'à l'époque actuelle. Dans son livre Historia naturalis, l'historien romain Pline l'Ancien (23 à 74 D.C.) a donné des instructions précises pour les opérations de collage.

Aux XVII^e et XVIII^e siècles, le collage était une méthode de travail assez courante dans diverses régions du monde. C'est au cours du XIX^e siècle qu'ont commencé les premières recherches systématiques à ce sujet. Toutes les colles utilisées jusqu'à la fin du XIX^e siècle étaient des produits naturels (dont des colles véritables) à base de divers résidus d'origine animale et de caséine, les sécrétions gommeuses de certains arbres et d'autres matières premières d'origine végétale.

Les adhésifs synthétiques ont fait leur apparition au début du XX^e siècle. Entre 1902 et 1909, le Belge L.H. Baekeland a introduit la bakélite à base de phénol, ce qui marqua le début du développement fantastique des matières plastiques et des adhésifs à base de plastique, qui se poursuit encore de nos jours. Les années 30 ont vu apparaître plusieurs colles synthétiques, dont l'urée (carbamide). Depuis lors, et surtout pendant la deuxième guerre mondiale, les techniques de collage ont connu des progrès substantiels. Les progrès rapides réalisés dans le domaine du collage et plus particulièrement de l'utilisation de colles à base de plastique, continuent sur la même lancée.

Collage et autres méthodes d'assemblage

Le collage ne se substitue pas à d'autres méthodes d'assemblage mais les complète plutôt de manière remarquable. Certains de ses avantages et de ses inconvénients sont énumérés ci-après.

* Document présenté au séminaire par Jaako Meriluoto, Institut technique de Lahti, Lahti (Finlande). (Publié initialement sous la cote ID/WG.105/26/Rev.1).

Avantages

a) Les joints collés ont un avantage essentiel, à savoir que la tension y est répartie d'une façon relativement uniforme. Cette répartition dépend toutefois dans une certaine mesure de la structure de ces joints. Les avantages que les joints collés présentent par rapport aux joints rivetés, où la répartition de la tension est très inégale, sont illustrés à la figure I.

b) La colle peut être utilisée pour assembler des matières très différentes, qu'il est impossible de souder ou difficile de travailler avec des moyens mécaniques. A titre d'exemples typiques, on peut citer les métaux durs, la céramique, les matériaux à base de ciment et d'autres substances minérales. Si les matériaux à assembler sont très différents en ce qui concerne la dilatation thermique, il se peut que le seul moyen de les assembler soit de les coller, à condition de choisir la colle appropriée;

c) Grâce à la répartition égale de la tension, on peut utiliser des pièces minces, ce qui permet de réduire le poids et le prix de revient. Le collage est donc très avantageux en présence de contraintes dynamiques, telles que les vibrations et les trépidations;

d) Les colles peuvent être utilisées dans des constructions sandwich et lorsqu'il s'agit de matières isolant contre la lumière, comme des mousses dures, et qu'il est pratiquement impossible d'employer d'autres méthodes d'assemblage;

e) Certaines colles appropriées ont pour effet de rendre les pores et autres irrégularités de la surface plus lisses. Par ailleurs, la couche de colle résiste à des variations de pression;

f) La couche de colle peut servir à amortir les vibrations;

g) La surface des éléments collés est lisse, ce qui n'est pas le cas des éléments assemblés à l'aide de vis ou de rivets ou soudés;

h) En raison de ses qualités isolantes, la colle empêche toute corrosion galvanique des parties en métal.

Cette liste n'est pas exhaustive mais les points exposés ci-dessus démontrent déjà clairement les avantages de jointe collés.

Inconvénients

a) Tous les joints collés présentent une marge relativement étroite de résistance à la chaleur. Si la température descend au-dessous ou, surtout, monte au-dessus d'une certaine limite, la résistance et particulièrement la capacité de supporter des charges diverses s'en trouvent affaiblies. A cet égard, il faut considérer la température de 250°C comme l'extrême limite;

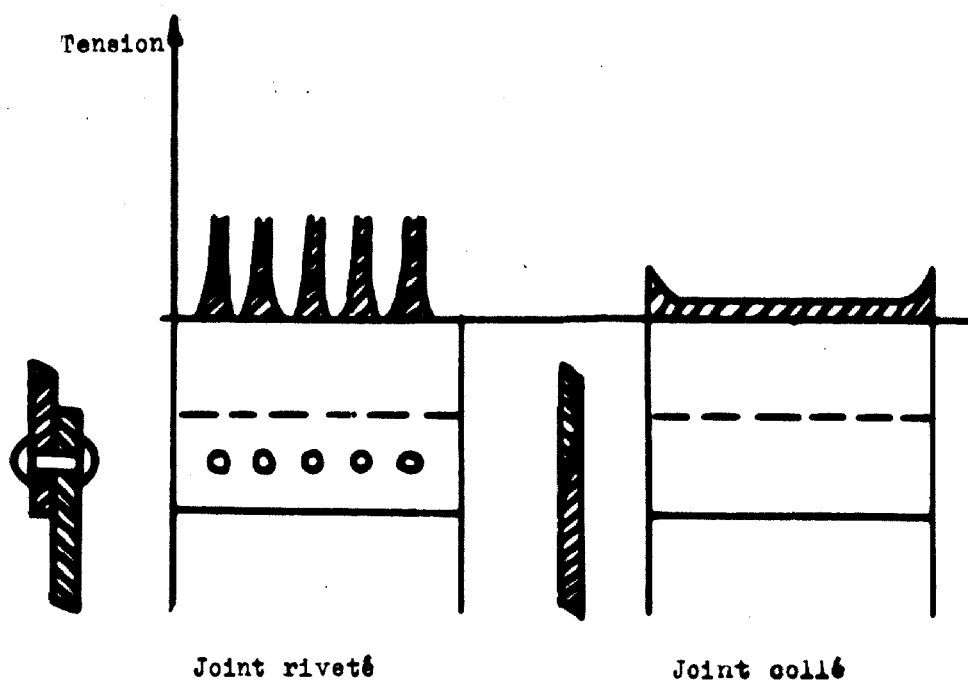
b) Une contrainte statique de très longue durée peut provoquer une fatigue (tensions) dans le joint collé. Dans certains cas, il commence alors à craquer progressivement, ce qui accroît considérablement sa sensibilité au choc. La présence continue d'eau, de solvants et d'autres produits chimiques intensifie encore les effets du vieillissement;

c) Nombre de colles ont besoin de beaucoup de temps pour durcir. En attendant le durcissement, il faut souvent recourir à du matériel très coûteux;

d) Les surfaces à coller doivent être soigneusement préparées, ce qui représente un travail particulièrement difficile lorsqu'il s'agit de coller des métaux;

e) Le collage exige une grande attention tout au long de l'opération et une surveillance continue (proportion adéquate des éléments de la colle, viscosité et acidité des composants et du mélange, proportion de matières sèches dans le mélange, quantité de colle à étaler pour obtenir une couche lisse, temps d'exposition avant l'assemblage, pression et durée de pressage, température, durée de durcissement).

Figure I: Comparaison de la répartition des tensions dans un joint riveté et dans un joint collé



Les progrès rapides des techniques de collage et de la chimie des colles réduisent sans cesse le nombre de ces inconvénients, qu'une grande compétence professionnelle et une surveillance méticuleuse permettent d'ailleurs d'éviter. En aucun cas, les inconvénients énumérés ci-dessus ne compromettent sérieusement l'intérêt que présente le collage comme méthode d'assemblage dans les industries du meuble et de la menuiserie.

Facteurs qui influent sur le collage

Quelques unes des notions se rapportant à l'opération de collage ont été mentionnées ci-dessus. Le phénomène de collage lui-même s'explique par l'action de forces moléculaires d'attraction. Le rayon d'action d'une seule molécule est très petit (3×10^{-8} cm); des corps solides ne peuvent être mis en contact à cette distance. C'est pourquoi on étale une couche de liquide (colle) entre les corps et cette couche satisfait aux conditions de distance posées de part et d'autre. De cette façon, la force d'adhésion maintient les pièces ensemble au moyen de la colle. Le succès du collage dépend en grande partie de la façon dont la colle liquide est étalée sur la surface à coller. La figure II présente certains des facteurs qui influent sur le collage.

Collage du bois

Tout matériau à coller masque le procédé de collage par ses caractéristiques particulières. On peut classer les facteurs spéciaux qui influent sur le collage du bois comme suit: facteurs attribuables au bois, facteurs attribuables à la colle et facteurs attribuables au collage.

Facteurs attribuables au bois

Les diverses essences de bois accusent entre elles des différences considérables et même lorsqu'il s'agit d'une même essence, il existe des différences de structure, de densité, de porosité, de teneur en huile et en résines, d'acidité, de caractéristiques hygroscopiques, des différences entre le bois de printemps et le bois d'été et entre le bois de coeur et le bois d'aubier, etc.. Par ailleurs, l'état du bois peut varier (par exemple le taux d'humidité).

Le bois léger et poreux absorbe trop de colle si elle est trop liquide; pour ce genre de bois, il faut donc utiliser des colles plus épaisses. Les résines et les huiles rendent l'adhésion de la colle plus difficile, comme c'est le cas du teck. La colle adhère également moins bien sur le bois d'été que sur le bois de printemps. De même la texture cellulaire serrée et la teneur plus élevée en résine du bois de coeur compliquent l'opération.

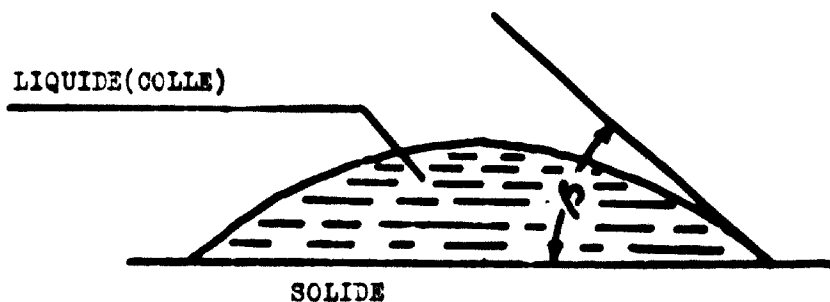
Le sens de la fibre des pièces à coller joue un rôle important en raison des différences de retrait. Par ailleurs, en ce qui concerne les joints droits, la surface à coller est réduite, le sens des fibres doit donc être le même dans les deux pièces.

Il faut éviter d'assembler par collage du bois lourd avec du bois léger. Le taux d'humidité du bois est important; à chaque genre de colle correspond un taux d'humidité optimal. Le taux d'humidité approprié se situe généralement entre 10 et 15 p.100. Dans le cas de colles à pellicule sèche, il est moins élevé (8 à 10 p.100) et varie aussi dans des limites plus étroites. La surface du bois doit être lisse. Dans certains cas, il convient d'appliquer un traitement préalable afin d'éliminer l'huile et la résine. De même, les produits de conservation du bois peuvent avoir un effet nuisible sur de nombreuses colles.

Facteurs attribuables à la colle

La quantité de matière sèche contenue dans la colle influence considérablement le résultat du collage. Le solvant est généralement de l'eau; cette eau est éliminée du joint qui alors se contracte. L'importance du retrait est certes inversement proportionnelle à la quantité de matière sèche, mais elle dépend aussi de l'épaisseur du joint. Le retrait provoque des tensions à l'intérieur du joint. Pour ces raisons, on obtient de meilleurs résultats lorsque l'on augmente la quantité de matière sèche dans la colle.

Figure II: Comment étaler la colle: l'objectif est de réduire au minimum l'angle de contact



θ = angle de contact; peut varier entre 0 et 180°
(valeurs théoriques ultimes)

$\theta = 0^\circ$ répartition complète

$\theta = 180^\circ$ répartition nulle

Objectif de l'opération: réduire au minimum l'angle θ

La quantité de matière sèche et d'une charge éventuelle modifie la viscosité de la colle, qui varie dans des limites très étendue, à savoir de 100 à 15 000 centipoisees (cP). La viscosité à choisir est aussi fonction de la pression. Lorsque la pression est élevée, une colle liquide est trop absorbée par le bois, si bien qu'il est préférable de recourir dans ce cas à une colle plus épaisse. Le choix de la viscosité dépend en outre de la densité relative et du taux d'humidité du bois: pour un bois léger et humide, il faut une colle plus liquide.

L'acidité de la colle constitue un autre facteur important; car des acides et des bases concentrés compromettent la solidité du joint. Il faut également tenir compte de la réaction du bois lui-même, qui est généralement acide. Les catalyseurs utilisés comme durcisseurs étant eux aussi généralement acides, le joint peut, au pire des cas, perdre de sa solidité et le bois situé en bordure du joint risque d'être légèrement hydrolysé (ramolli). Des joints épais aggravent encore la situation à cet égard.

Facteurs attribuables au procédé employé

L'une des phases les plus importantes de l'opération de collage est l'application de pression sur les pièces. Pour le collage de bois résineux, on utilise des pressions plus faibles (15 kp/cm^2) que pour les bois feuillus de densité moyenne (20 kp/cm^2). Dans le cas des bois finlandais tout au moins, ces valeurs ne provoquent pas le retrait du bois.

Des bois feuillus très lourds peuvent bien sûr supporter des pressions plus élevées, qui ne conviennent toutefois pas pour les bois légers, car la colle pénètre dans le bois et le joint perd sa continuité. Une pression inégale donne d'ailleurs ce même résultat et une pression trop faible risque de ne pas sceller convenablement le joint.

Pour ce qui est des températures, celle du lieu de travail, comme des pièces à coller et de la presse doivent correspondre aux exigences du procédé. Il est facile de commettre des erreurs à cet égard, surtout dans un milieu froid.

Types de colles

Classification générale

Il est possible de classer les colles de différentes manières. Le critère le plus courant est l'aptitude à résister aux conditions ambiantes. En l'occurrence, on distingue les colles à utiliser à l'intérieur et les colles à utiliser à l'extérieur. Cette distinction est généralement appliquée en technologie.

Souvent, les colles sont aussi classées selon leur origine, comme c'est en général le cas dans les ouvrages théoriques. En conséquence, les deux principaux groupes sont les colles naturelles et les colles plastiques. Les colles naturelles se subdivisent en deux sous-groupes, à savoir les colles végétales et les colles protéiques. Les colles plastiques se subdivisent en trois groupes; les colles thermodurcissables, les colles thermoplastiques et les élastomères. A l'intérieur de ces grands groupes, on peut poursuivre la classification de façon plus détaillée. On trouvera ci-dessous les principales caractéristiques de cette classification détaillée.

Colles naturelles

Même si cette ancienne catégorie de colles a perdu de son importance au cours de vingt ou trente dernières années, certaines colles naturelles n'en jouent pas moins toujours un rôle majeur, utilisées seules ou avec des colles plastiques. Il n'y a aucune raison de s'attendre à ce que les colles naturelles cessent complètement d'être employées.

Colles végétales: Ce groupe comprend les hydrates de carbons macromoléculaires, les protéines végétales et les colles hydrosolubles contenant de la lignine. On utilise ces colles pour des applications simples sans grandes exigences. Comme matière première pour la fabrication de colle d'amidon, on peut utiliser des pommes de terre, du blé, du riz, du maïs, etc.. Il est aussi intéressant de mentionner la tapioca, que l'on obtient à partir des racines de manioc.

Colles de dextrine: Ce groupe est très proche du précédent. On obtient des dextrines en hydrolysant l'amidon. Ces colles sont utilisées pour coller le papier, dans les cas où il convient d'éviter le taux d'humidité élevé caractéristique de colles d'amidon (pour les cigarettes, les blocs de papier, le carton, etc.). Les acétates de polyvinyle ont dans bien des cas remplacé la colle à base de dextrine.

Colles de cellulose: Ces colles comprennent deux grandes catégories: les éthers celluloseiques (méthylcellulose) et les glycolates celluloseiques (carboxyméthylcellulose - CMC). Les unes et les autres sont à base de cellulose de sodium, et trouvent leur principale application comme colle pour papiers peints. Elles peuvent aussi être utilisées sur le bois, le cuir, les métaux et pour ainsi dire n'importe quelle matière.

Colles d'hydrates de carbone: La gomme arabique, produit le plus important de ce groupe, est utilisée pour les timbres et les enveloppes.

Colles protéiques (gluten): Les colles de ce groupe sont généralement faites à partir de résidus d'origine animale (cuirs, peaux, os, déchets de

poisson). Les protéines (collagène) contenues dans ces résidus sont hydrolysées et transformées en colle par extraction aqueuse. Cette colle se dissout facilement dans l'eau chaude et se gélifie. La colle de collagène convient aux utilisations intérieures et plus particulièrement à la fabrication de meubles. Le joint collé est incolore, élastique, chimiquement inactif et à tous points de vue excellent pour les usages intérieurs. La colle prend très rapidement, est facile à appliquer et ne nécessite qu'un matériel simple. En revanche, elle doit être protégée contre les micro-organismes. Il est possible d'augmenter la résistance à l'humidité par l'adjonction de formaldéhyde ou d'acide oxalique dans les cas où l'humidité relative ambiante est élevée.

Colles caséine: Ces adhésifs sont eux aussi utilisés depuis longtemps. La caséine est une protéine obtenue par précipitation du petit lait au moyen d'enzymes ou d'acides. C'est la caséine acide qui constitue la matière première de ces colles. La caséine est dissoute dans de l'eau alcaline. La base couramment utilisée à cette fin est l'hydroxyde de calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). La durabilité de cette colle est très restreinte, mais elle peut être améliorée par certains produits d'addition tels que les phosphates ou les fluorures.

Les colles à la caséine ont plusieurs avantages:

La poudre de caséine peut être stockée pendant de nombreuses années dans des emballages étanches à l'air;

Son utilisation est simple (il suffit de la mélanger à l'eau froide);

Le joint peut être assez épais sans inconvénient sérieux (collage des sciages);

La résistance est élevée;

La colle supporte d'être exposée à l'eau;

La résistance à la température est très bonne;

Cette colle convient pour coller des bois résineux ou huileux.

Les colles caséine ont les inconvénients suivants:

Elles tachent le bois contenant du tanin, comme le chêne et l'acajou;

Les éléments minéraux (calcium) contenus dans la colle assèment les outils.

Les colles caséine continuent à être utilisées, surtout quand il s'agit de pièces de grandes dimensions (solives collées).

Colles d'albumine: L'albumine est un élément constitutif du sang. La colle d'albumine était autrefois couramment utilisée dans l'industrie des contre-plaques, mais on ne s'en sert plus désormais que dans certaines combinaisons, comme par exemple dans la combinaison avec le phénol (colles FENALB).

Colles de soja: Certaines graines oléagineuses donnent un résidu d'extraction contenant des protéines qui peuvent être utilisées pour fabriquer des colles. Le plus connu de ces oléagineux est le soja. La colle de soja est très

utilisée au Japon et aux Etats-Unis. Ses propriétés sont comparables à celles de la colle caséine et de la colle d'albumine.

Toutes les colles protéiques peuvent être combinées, dans des proportions variables et elles peuvent aussi être mélangées avec certaines colles plastiques (phénol, urée).

Colles plastiques

Ces colles constituent le groupe le plus important, en raison de leurs propriétés avantageuses:

Bonne résistance à l'eau, même à l'eau bouillante;

Bonne résistance aux produits chimiques et aux micro-organismes;

Durcissement rapide.

La mise au point des colles plastiques a rendu possible de nombreuses applications nouvelles et le progrès dans ce sens continue à être rapide.

Les colles plastiques utilisées pour coller le bois se répartissent en résines thermo-durcissables, qui sont irréversibles et ne peuvent être utilisées qu'une seule fois, et en résines thermoplastiques qui sont réversibles et peuvent être utilisées plusieurs fois. C'est là une division physique. Du point de vue chimique, la division est la suivante: les polycondensats, les polymères et les polyadditifs. Aux fins du présent document, on examinera uniquement les plus importantes des colles plastiques utilisées dans l'industrie de transformation du bois.

Polycondensats: Lorsque des monomères plastiques s'associent pour former des polymères, une petite molécule se détache du point d'union des molécules adjacentes; c'est généralement de l'eau (polycondensation). Dans la fabrication de colle, la réaction est interrompue à la moitié. Lors du collage, la réaction se poursuit jusqu'à la fin et il se forme un groupe durci et irréversible de macromolécules, le joint de colle. Ce groupe de polycondensats comprend quatre colles plastiques importantes qui ont en commun la réaction avec le formaldéhyde. Ce sont les deux résines phénoliques (phénolformaldéhyde et résorcine) et les deux amino-résines (urée et mélamine).

Le phénol est distillé à partir du goudron de houille ou synthétisé à partir du benzène. Il se dissout facilement dans l'eau chaude (65°C) et réagit rapidement avec le formaldéhyde. La réaction comprend trois phases et est interrompue à un moment donné. On fait évaporer le solvant ou bien la solution est absorbée par du papier, qui est séché à son tour. Dans le premier cas, on obtient une poudre, dans le second, une pellicule sèche.

On peut utiliser les résines phénoliques à froid, mais à cet égard leur champ d'application est limité par leur forte acidité (pH proche de 1).

Elles sont donc essentiellement utilisées à chaud. La poudre est dissoute dans l'eau et la colle ainsi obtenue contient 40 à 50 p.100 de matières solides. La colle prend en présence d'un durcisseur, sous pression et sous l'action de la chaleur. Parmi les durcisseurs appropriés, citons la résorcine, le paraformaldéhyde et l'hexaméthylène tétramine. L'application de la colle se fait à peu près dans les conditions suivantes:

pression = 18 kp/cm² pour les bois feuillus

température = 120 à 160°C.

Les joints de résines phénoliques sont très foncés. Ils sont résistants à l'eau, même à l'eau bouillante et sont plus résistants à la chaleur que le bois.

L'utilisation de la pellicule phénolique est très simple. Le taux d'humidité du bois doit être très uniforme (entre 5 et 10 p.100). Les résines phénoliques constituent une colle appropriée pour assembler le bois et le métal mais ne permettent pas de coller du métal sur du métal, à moins que l'on ait recours à un traitement complémentaire.

La résorcine s'apparente au phénol. On l'obtient à partir de benzène qui a été imprégné d'acide sulfurique. Étant donné que la résorcine réagit facilement avec le formaldéhyde, certaines précautions s'imposent. La colle de résorcine ressemble par bien des points à la colle phénolique (matière solide, durcisseurs, etc.); les joints collés à la résorcine durcissent à la température ambiante. Le prix de cette colle est élevé car sa fabrication coûte cher, mais elle est largement utilisée pour des travaux qui exigent une grande résistance, comme par exemple la construction d'avions, de bateaux et de charpentes.

L'urée (carbamide) est un amino-composé. On l'obtient facilement à partir du bi-oxyde de carbone et de l'ammoniac, ce qui fait que son prix est relativement modique. Comme la résorcine, l'urée réagit avec le formaldéhyde pour former une résine thermo-durcissable. Les résines à base d'urée constituent une matière blanche cristalline, soluble à l'eau. La proportion de matière sèche dans une colle prête à l'emploi est de 50 à 60 p.100; cette colle durcit sous l'effet de la chaleur ou en présence de durcisseurs (acides libres ou leurs sels d'ammonium, comme par exemple le chlorure d'ammonium).

On peut utiliser les résines à base d'urée pour le collage à chaud ou à froid. Dans le premier cas, le durcisseur doit agir rapidement. À sec, les joints ont une bonne résistance (comparable à celle que l'on obtient avec des colles phénoliques) mais s'ils sont mouillés, leur résistance est nettement inférieure (de moitié après une immersion prolongée). Il n'est pas bon de mouiller et de faire sécher successivement les joints car ils craquent rapidement. Les résines à base d'urée ont l'inconvénient de craquer

au bout d'un certain temps, ce qu'il est toutefois possible d'éviter en utilisant des produits d'addition appropriés tels que le kaolin, des poudres végétales, de la sciure et certains alcools. Le joint doit être aussi très mince. Les résines à base d'urée peuvent être transformées mécaniquement ou chimiquement en mousse, ce qui permet de les étaler en couche fine et uniforme. Il est possible d'améliorer considérablement les propriétés de la colle à base d'urée en y ajoutant de la mélamine, ce qui augmente toutefois son prix. Les résines à base d'urée sont largement utilisées, par exemple pour la fabrication de panneaux composites.

La mélamine est également un amino-composé, que l'on obtient à partir de calcaire, de carbone et d'azote selon un procédé à plusieurs phases; son prix de revient est donc élevé. La mélamine se présente aussi sous forme de poudre cristalline incolore. Condensée avec du formaldéhyde, elle donne un plastique thermo-durcissable, si bien qu'il faut utiliser la méthode de collage à chaud. Cette solution contient entre 40 et 50 p. 100 de matière sèche. Les conditions d'emploi sont les suivantes:

pression = 8 à 20 kp/cm²

température = 110 à 120°C

La pression à utiliser est très variable selon la densité du bois.

Les joints de mélamine sont incolores, solides, élastiques et résistants à l'eau. Cette colle convient tout particulièrement au collage par haute fréquence et présente l'avantage que l'on peut laisser sécher les surfaces une fois qu'elles sont enduites de colle, ce qui simplifie considérablement le travail.

Polymères: Lors de la polymérisation, aucun résidu des molécules de monomère n'est éliminé comme c'est le cas pour le processus de polycondensation. Les colles les plus importantes de ce groupe sont les acétates de polyvinyle, qui appartiennent au groupe des plastiques vinyliques. On les obtient à partir d'acétylène et d'acide acétique. La polymérisation est facile et le prix peu élevé. Pour coller du bois, on utilise de l'eau comme solvant. Pour coller d'autres matériaux, on utilise d'autres solvants qui ont une température d'ébullition peu élevée, comme les alcools, les esters et les cétones. Le durcissement de la colle à base d'acétates de polyvinyle est un processus purement physique, le solvant étant absorbé par le bois. Le joint est incolore. Le plus grand avantage de cette colle est son emploi facile; il n'y a besoin d'aucun durcisseur; la colle est facile à étaler et à nettoyer, elle durcit rapidement et il suffit d'une faible pression. Le joint est très élastique et peut être épais. On se sert de cette colle pour l'assemblage des meubles. En milieu sec, la résistance est bonne, mais une charge continue et prolongée provoque le "fluage". En milieu humide, la résistance de la colle est médiocre. Cette colle est essentiellement utilisée à froid. Le collage à chaud est également possible mais, dans ce cas, il faut refroidir la colle, sous pression, jusqu'à une température inférieure à 50°C.

Les conditions d'emploi sont les suivantes:

pression = 1 à 3 kp/cm²

température = 20°C

La colle à base d'acétates de polyvinyle commence à se ramollir à une température supérieure à 60°C. Si l'humidité relative de l'air est élevée, le joint devient légèrement plus résistant à la chaleur.

Parmi les autres polymères que l'on peut utiliser comme colles, citons:

a) les colles polyacryliques: ce sont des substances solubles à l'eau dont on peut faire un genre de colle de pâte et que l'on utilise de la même façon que les acétates de polyvinyle;

b) Les colles à base de polyéthylènes, qui sont utilisées dans l'industrie du bois comme éléments de colles fusibles;

La composition de la colle fusible est la suivante:

1/3 acétates de polyvinyle + polyéthylène

1/3 paraffines + cire

1/3 résine

La température d'application de la colle est d'environ +180°C (application au rouleau). Le pressage se fait immédiatement après l'application de la colle au moyen d'un rouleau froid. La durée de durcissement est de 2 à 3 secondes. Les colles fusibles sont notamment utilisées dans l'industrie du meuble par exemple pour mouler les bords de plaques;

c) Les polyisobutylènes (caoutchouc de butylène);

d) Les colles de polystyrène (caoutchouc Buna S). Ces deux colles donnent un joint solide et durable;

e) Les colles de chlorure de polyvinyle, qui sont résistantes à l'huile et donc intéressantes pour l'industrie automobile.

Les trois derniers groupes de colles mentionnés sont, de par leur nature, des élastomères.

Résines de polyaddition: La polyaddition est une variante de la polymérisation. Lorsque des monomères s'unissent, certaines liaisons deviennent libres et de nouveaux groupes d'atomes s'ajoutent à la chaîne. De ce groupe, deux excellentes colles sont à mentionner, les polyuréthanes et les époxydes.

On obtient les polyuréthanes à partir d'un isocyanate et d'un alcool bivalent. Le joint a une grande force de cohésion et adhère bien à diverses matières. Les polyuréthanes sont très élastiques et tout à fait résistants à l'eau bouillante, aux agents chimiques, aux huiles et aux micro-organismes. Le joint ne se contracte pas et peut donc être épais. La colle de polyuréthane commence à durcir à la température ambiante. Le chlorure d'urée ou d'ammonium peut servir de durcisseur. S'il est vrai que l'on peut accélérer le durcissement en augmentant la température, celle-ci ne peut toutefois dépasser 60°C, car au-delà de cette limite il se dégage des vapeurs toxiques. Le taux d'humidité du bois ne doit pas être supérieur à 10p.100. Les conditions d'emploi sont les suivantes:

pression = 3 à 8 kp/cm²

température = 10 à 60°C

La colle de polyuréthane a de nombreuses applications dans les opérations difficiles.

Le processus de fabrication de la colle époxydique est compliqué. Il faut du phénol, de l'acétone, des composés de chlore, de l'acide chlorhydrique et de l'hydrate de sodium, et le prix de revient est par conséquent élevé.

La colle époxydique a des qualités remarquables; elle a tous les avantages de la colle de polyuréthane et permet de coller n'importe quelle matière, même du verre lisse. Dans le collage à froid, on utilise du triéthylène tétramine comme durcisseur. Dans ce cas, le temps de durcissement est long (12 heures). Quant au collage à chaud, on l'effectue en présence d'anhydride phtalique par exemple. Si l'on porte la température à plus de 220°C, le temps de durcissement est réduit à moins de 10 minutes.

Elastomères

Les principaux constituants des élastomères sont les caoutchoucs synthétiques, dont la substance de base est le polyéthylène. Les plus importants de ce groupe sont le butadiène, l'isoprène et le chloroprène (néoprène ou Perbunan C). Ces caoutchoucs synthétiques peuvent être mélangés facilement dans des proportions variables.

On utilise également beaucoup les matériaux suivants: le butadiène-styrène connu sous l'appellation de Buna S et le butadiène-chlorure de vinyle, appelé le Buna N.

Les colles de contact sont constituées de quatre éléments: caoutchouc synthétique, résine, charge et plastifiant. En général, on utilise les résines phénoliques (indène, coumarone, terpènes); l'oxyde de zinc et l'oxyde de magnésium servent de charge et les amines et huiles minérales de plastifiants.

Il existe deux grandes catégories de colles de contact: les colles permanentes comme celles qui sont utilisées pour les rubans collants (plasticité permanente) et les colles durcissantes qui donnent un assemblage très solide.

Les colles de contact au néoprène sont des substances à base de caoutchouc auxquelles on ajoute des cétones comme solvants. On peut aussi utiliser une émulsion de caoutchouc dans de l'eau. La première solution est toutefois préférable. L'application de pression n'est pas absolument nécessaire mais une pression de 5 kp/cm² par exemple augmente la résistance de six à huit fois. Il suffit pour cela de rouleaux, car il n'y a pas besoin de pression de longue durée. Après avoir étalé la colle, on la laisse sécher avant de joindre les surfaces à coller, ce qui est particulièrement nécessaire lorsqu'il s'agit de coller des matériaux non poreux tels que des métaux. Les colles de contact au néoprène résistent bien à l'eau.

Les colles qui viennent d'être énumérées sont les plus importantes de leur

groupe respectif et constituent les principales colles employées de nos jours. Celles qui n'ont pas été mentionnées dans le présent article n'ont guère d'importance pour le collage du bois. On trouvera aux tableaux 1 et 2 certains renseignements sur différentes colles de même qu'une comparaison entre les différents genres de colles utilisés dans l'industrie finlandaise.

L'opération de collage

Le fabricant donne généralement des instructions sur le mode d'emploi de ses produits, qu'il convient de respecter soigneusement. Lorsque l'on commande de la colle, il faut indiquer clairement tous les facteurs intéressant le collage (machines, outils, méthode de travail) de même que les conditions finales d'utilisation. A l'endroit où se déroule l'opération de collage, le stockage est d'une importance primordiale. Il est plus facile de conserver les colles sous forme de poudre que les colles liquides, mais il faut protéger les unes comme les autres de la chaleur et de l'oxydation (stockage à l'abri de l'air).

Lors de la préparation de la colle à utiliser, il faut mesurer ou peser de façon précise tous les constituants pour que les proportions soient exactes. Il faut également respecter l'ordre prescrit pour le mélange des éléments et la durée du brassage progressif et contrôler continuellement la viscosité et l'acidité. Il faut en outre connaître la durée nécessaire pour le collage de même que la quantité de colle nécessaire de façon à pouvoir déterminer la quantité totale de pièces à traiter.

La durée de vie en pot indiquée par le fabricant de colle présuppose une température ambiante de 20°C et diminue très rapidement avec l'augmentation de la température. Les exemples de deux colles à base d'urée présentés ci-après donnent une idée de ce phénomène:

<u>Température</u> (°C)	<u>Durée de vie en pot</u>	
	<u>Colle A</u> (minutes)	<u>Colle B</u> (heures)
15	70	40
20	40	24
25	25	15
30	15	10

La colle A est à utiliser à froid et la colle B à chaud.

L'assemblage se fait d'une manière qui convienne à la colle, au genre de joint et à la méthode de travail (travail manuel, application au rouleau, par pulvérisation ou à la racle, etc.). Il est souhaitable d'étaler la colle en

une couche uniforme et fine. Le bois doit avoir un taux d'humidité optimal et être à la même température ambiante. Les surfaces à coller doivent être propres et lisses. Pour assurer une application uniforme, il ne faut pas laisser la colle trop longtemps exposée à l'air.

Pour chaque opération de collage, il faut établir un programme qui permette d'échelonner dans le temps les changements de pression et de température au cours des différentes phases de prise, de refroidissement et de durcissement de l'adhésif et qui tienne compte des délais à respecter avant que le produit puisse être manipulé et usiné. Si l'on emploie une presse pour multiples, toutes ses ouvertures doivent se refermer simultanément.

Il est important que la température et la pression soient uniformes dans tout le lieu de travail. Les opérations de collage continues doivent faire l'objet d'une surveillance constante. Les contrôles essentiels à effectuer et les instruments à utiliser sont les suivants:

a) Mesurer le taux d'humidité avant et après le collage. Il faut pour cela des balances et un sèche-thermomètre. Les instruments électriques ne sont pas suffisamment sûrs;

b) Mesurer la viscosité et l'acidité de la colle. Il faut à cette fin un viscosimètre et un pH-mètre;

c) Mesurer la résistance du joint avec des échantillons standard. Il faut à cette fin une machine qui permette de vérifier la résistance au cisaillement, à la traction, à la compression et à la flexion;

d) Surveiller la structure du joint et l'absorption de colle par le bois, ce qui demande l'utilisation d'un microtome et d'un microscope;

e) Effectuer des vérifications par points pour contrôler l'adhésion au moyen d'essais au couteau. Comme instrument, on utilise un ciseau;

Ce matériel suffit à effectuer les opérations essentielles de contrôle des joints collés.

Effets des produits de protection du bois sur le collage

L'utilisation de produits de protection du bois peut influencer considérablement sur l'opération de collage. Si l'on utilise comme produits de protection des matières huileuses comme la césosote, le collage peut se révéler très difficile. Il est possible d'améliorer les propriétés mouillantes de la colle en ajoutant à la solution de 2 à 4 p.100 du poids de formaldéhyde. La colle est également plus facile à appliquer si elle a une faible viscosité.

Les produits de protection du bois tendent à ralentir le durcissement. Avec du bois traité, il est donc recommandé de prévoir une température de collage supérieure de 10°C environ à celle qui convient au bois non traité. Les produits de protection du bois qui ont le moins d'effets sur le collage sont les produits qui contiennent du bore.

Tableau 1: Propriétés des colles
(valeurs moyennes -
aucun matériau particulier)

A. Colles protéiques	Gluten ^a	Castéine ^b	Albumine	Soja
Propriétés générales				
Présentation commerciale	Feuilles, granulés poudre, solution	Poudre	Poudre, solution	Poudre
Durée de stockage	Sous forme solide: plusieurs années	6 mois 2 ans	1 an (poudre)	1 an
Couleur	Du jaunâtre au marron	Jaune clair	Marron foncé	Jaune clair
Risques sanitaires	Inoffensif	Inoffensif	Inoffensif (malodorant)	Inoffensif
Propriétés techniques				
Taux d'humidité du bois (pourcentage)	4 - 10	4 - 10	4 - 10	8 - 14
Teneur en extrait sec de la colle (pourcentage)	35 - 55	30 - 35	14 - 20	20 - 25
Vie en pot (heures)	70 - 120	4 - 12	2 - 4	4 - 8
Application (grammes de solution/m ²)	150 - 300	250 - 300	200 - 350	250 - 300
Temps ouvert (heures)	5 - 10	10 - 15	25	15
Durée de pressage: à froid (heures) à chaud (minutes)	10 - 35	1/2 - 2	5 + 1/mm $\frac{c}{c}$	3 - 12
Pression (kp/cm ²)	2 - 8	5 - 12	8 - 14	8 - 16
Température (°C)	20 - 100	20	90 - 120	20
Durée de maturation (heures)	12 - 72	20 - 24	-	48
Propriétés du joint^d				
Résistance à l'eau	4	3	3	3
Résistance aux conditions climatiques tropicales	4	2	2	3
	2	2	2	2

(Tableau 1, suite)

A. Colles protéiques	Gluten ^a	Caséine ^b	Albumine	Soja
Tenue à la chaleur	3	2	3	3
Résistance aux micro-organismes	4	4	4	4
Résistance aux solutions organiques	4	4	4	4
Acidité(pH)	7 - 8	11 - 13	10 - 14	10 - 14
Défauts de coloration	Aucun	Considérables	Considérables	Considérables
Usure des lames	Faible	Assez forte	Normale	Normale

B. Colles plastiques - polycondensats I

	Phénol-formaldéhydes à chaud ^e	Phénol-formaldéhydes à froid ^{f, g}	Phénol en film ^h
--	---	--	-----------------------------

Propriétés générales

Présentation commerciale

Durée de stockage(mois)

Couleur

Risques sanitaires

Propriétés techniques

Taux d'humidité du bois(pourcentage)

Teneur en extrait sec de la colle (pourcentage)

Vie en pot (heures)

Application(grammes de solution/m²)

Temps ouvert

Durée de pressage: à froid (heures)
à chaud (minutes)

Pression

Température (°C)

Durée de maturation

Poudre, solution	Solution	Pellicule
2 - 4	2 - 3	6 - 10
Marron	Marron rougeâtre	Jaunâtre
Irritation della peau et des voies respiratoires	id.	Inoffensif
3 - 8	6 - 14	5 - 10
40 - 50	60 - 80	90 - 100
24	1 - 3	-
100 - 150	150 - 300(2 couches)	40 - 60
40 - 50	60 - 600	-
3 + 1,25/mm(125°C)	1/2 - 10	6 + 1/mm ^g (140°C)
12 - 20	2 - 10	10 - 20
120 - 180	10 - 60	135 - 150
12		

(Tableau 1, suite)

B. Colles plastiques-polycondensats I	Phénol-formaldéhydes	Phénol-formaldéhydes	Phénol en film
	à chaud e/	à froid e/f/	e/E/
<u>Propriétés du joint</u>			
Résistance à l'eau	1	1	1
Résistance aux conditions climatiques, tempérées tropicales	1	1	1
Tenne à la chaleur	1	1 - 2	1
Résistance aux micro-organismes	1	1	1
Résistance aux solutions organiques	1	1	1
Acidité (pH)	10 - 13	1 - 3	7 - 9
Défauts de coloration	Seulement s'il y a pénétration forte	Assez marqués	-
Usure des lames		Porte	Assez forte

C. Colles plastiques-polycondensats II	Résorcine-formaldéhyde	Urée-formaldéhyde	Mélamine-formaldéhyde
<u>Propriétés générales</u>			
Présentation commerciale	Solution	Solution, poudre	Solution, poudre
Durée de stockage (mois)	3	3 (Solution) 12 (Poudre)	6 (Solution) 12 (Poudre)
Couleur	Marron foncé	Incolore	Incolore
Risques sanitaires	Irritation de la peau et des voies respiratoires	Irritation de la peau lors de travaux prolongés	Irritation de la peau lors de travaux prolongés
<u>Propriétés techniques</u>			
Taux d'humidité du bois (pourcentage)	8 - 14	4 - 12	4 - 12
Teneur en extrait sec de la colle (pourcentage)	45 - 60	50 - 70	40 - 70
Vie en pot (heures)	2 - 3	6 - 8	4 - 6

(Tableau 1, suite)

C. Colles plastiques-polycondensats II	Résorcine-formaldéhyde	Urée-formaldéhyde	Mélanine-formaldéhyde
Application(grammes de solution/m ²)	200 - 300	100 - 200	100 - 150
Temps ouvert(heures)	10 - 40	10 - 15	24
Durée de pressage: à froid(heures)	10	11/2 + 1/2/mm	8(avec gubert)
à chaud(minutes)	5(80°C)	4 + 1/mm	8(120°C)
Pression(kp/cm ²)	2 - 10	6 - 18	5 - 20
Température(°C)	20 - 80	110 - 140	90 - 140
Durée de maturation(heures)	24	48 - 72	
Propriétés du joint			
Résistance à l'eau	1	2 - 3	1
Résistance aux conditions climatiques tempérées tropicales	1	2	1
Tenue à la chaleur	1	2	2
Résistance aux micro-organismes	1	1	1
Résistance aux solutions organiques	1	1	1
Acidité(pH)	11 - 12	6 - 8	5 - 6
Défauts de coloration	Sécheresses, sillons et légers défauts de coloration		
Usure des lames	Assez forte	Normale	Faible
D. Colles plastiques-polymères			
Acétates de polyvinyle (APV) ✓	Adhésifs thermostables (APV + polyéthylène)	Colle de contact (permanente)	Colle de contact (durcissant) k/
Propriétés générales			
Présentation commerciale	Emulsion liquide	Genre de pâte solide	Genre de pâte
Durée de stockage	6 - 12	6	3
Couleur	Incolore	Incolore	Incolore
Risques sanitaires	Inoffensif	Inoffensif	Inoffensif

(Tableau 1, suite)

D. Colles plastiques-polymères	Acétates de polyvinyle (APV) $\frac{1}{2}$	Adhésifs thermos- durcissables (APV + polyéthylène)	Colle de contact (permanente)	Colle de contact (durcissant) $\frac{1}{2}$
Propriétés techniques				
Taux d'humidité du bois (pourcentage)	5 - 12	8 - 10		5 - 12
Teneur en extrait sec de la colle (pourcentage)	40 - 60		20 - 40	20 - 40
Vie en pot (heures)	11/2 - 24			1/4
Application (grammes de solution/m ²)	150 - 200			100 - 200
Temps ouvert (heures)	5 - 15	-		5 - 30
Durée de pressage: à froid (heures) 1/2-2 à chaud (minutes) 3 - 7 (50°C)		1 à 3 secondes		
Pression (kp/cm ²)			1/5 - 1/2	1/2
Température (°C)	20 - 80	80 - 95 (rouleau froid)		
Durée de maturation	2 mois			6 mois à 1 an
Propriétés du joint				
Résistance à l'eau	3	1	1	1
Résistance aux conditions climatiques, normales	3	1	1	1
tropicales	2	1	1	1
Tenue à la chaleur	3	4	4	4
Résistance aux macro-organismes	1	1	1	1
Résistance aux solutions organiques ²		2		2
Acidité (pH)	5 - 7	5 - 7		
Défauts de coloration	Aucun	Aucun		Aucun
Usure des lames	Faible	Faible	Faible	Faible

(Tableau 1, suite)

E. Colles plastiques- produits de polyaddition		Epoxydiques	Polyuréthane
<u>Propriétés générales</u>			
Présentation commerciale		Mélange de liquides, pâteux	Mélange de liquides, en grumeaux
Durée de stockage (mois)		12	6 - 9
Couleur		Brunâtre	Marron foncé
Risques sanitaires		Inoffensif	Dangereux au-dessus de 60°C
<u>Propriétés techniques</u>			
Taux d'humidité du bois (pourcentage)		6 - 12	10 (maximum)
Teneur en extrait sec de la colle (pourcentage)			20 - 90
Vie en pot (heures)		1/2	24
Application (grammes de solution/m ²)		150 - 250	200 - 250
Temps ouvert (minutes)		30 - 240	30 - 60
Durée de pressage: à froid (heures)		12 - 18	
à chaud (minutes)		30 (200°C)	
Pression (kg/cm ²)		2 - 12	3 - 8
Température (°C)		20 - 280	10 - 60 (maximum)
<u>Propriétés du joint</u>			
Résistance à l'eau		1	1
Résistance aux conditions climatiques, normales		1	1
tropicales		1	1
Tenue à la chaleur		2	3
Résistance aux micro-organismes		1	1
Résistance aux solutions organiques		1	1
Défauts de coloration		Aucun	Aucun
Usure des lames		Assez forte	Faible

(Tableau 1, suite)

Symboles:

<u>Résistance à l'eau</u>	<u>Résistance aux conditions climatiques</u>	<u>Autres résistances</u>
1. Résistant à l'eau bouillante	1. Conditions extrêmes (permanentes)	(à la température, aux micro-organismes, aux solutions organiques)
2. Résistant à l'eau	2. Conditions extrêmes (temporaires)	
3. Résistant à l'humidité	3. Conditions normales	
4. Résistant à un état sec	4. Sous abri	1. Extraordinaire
	(tropicales)	2. Bonne
		3. Acceptable
		4. Médiocre

- a/ Température recommandée pour le bois et la pièce, 25°C
- b/ Utilisable dans des cas particuliers comme colle à chaud (70 à 100°C)
- c/ Temps primaire + 1 min/mm (distance entre la surface et le joint médian du contreplaqué)
- d/ L'explication des valeurs numériques des différentes résistances est donnée à la dernière page du présent tableau.
- e/ La lumière du soleil peut altérer le phénol.
- f/ A froid, le phénol peut hydrolyser le bois près du joint. Il faut aussi utiliser un solvant organique (alcool).
- g/ Les rouleaux de pellicules sont stockés en position verticale.
- h/ Les colles à base d'urée sont utilisées pour le prépressage et elles peuvent être transformées en mousse. Les joints assemblés avec cette colle doivent être minces, car ils sont sensibles aux conditions atmosphériques. (Il est utile d'ajouter de la mélamine).
- i/ Les joints d'acétates de polyvinyle doivent refroidir sous pression; une charge prolongée provoque le fluage. La température du bois et de l'air ambiant doivent être d'au moins + 18°C lorsque l'on fait ce genre d'assemblage.
- k/ La résistance des colles de contact durcissantes varie entre 20 et 40 kp/cm², et augmente si l'on utilise des pressions de 5 à 10 kp/cm².
- l/ Les colles époxydiques perdent près de 10 p.100 de leur résistance si elles sont exposées à une contrainte continue pendant plus d'un an.
- m/ Le polyuréthane a une très grande résistance aux huiles et aux graisses. En revanche, il dégage des vapeurs toxiques à des températures supérieures à 60°C.

Tableau 2: Colles utilisées en Finlande (1972)

Groupe de colles	Pourcentage de la consommation totale	Prix par rapport à l'urée (en poids)
Protéine	3	1,5
Urée	60	1,0
Phénol	20	1,5
Résorcine	2	12 - 15
Mélatamine	2	5 - 8
Acétates de polyvinyle	10	6 - 10
Colles d' contact	2	15 - 20
Autres colles plastiques	1	

ANNEXE

LES COLLES DE RESINES SYNTHETIQUES DANS L'INDUSTRIE DE LA MENUISERIE *

Les colles les plus importants dans l'industrie de la menuiserie sont les acétates de polyvinyle thermoplastiques et les colles thermo-durcissables, à base d'urée, de mélamine, de phénol, de résorcine et de résines époxydiques.

Les acétates de polyvinyle sont utilisés en dispersion aqueuse de 50 à 60 p.100 de blanc de Meudon et d'autres plastifiants. La formation du joint résulte d'un phénomène physique: le bois absorbe l'eau contenue dans la colle étalée et les petites boules de colle adhèrent les unes aux autres. Le taux d'humidité du bois ne doit pas dépasser 12 p.100. La colle joue dans une certaine mesure le rôle de charge. La dose à appliquer varie de 160 à 200 g/m². Le temps ouvert peut être de 30 minutes, lorsqu'il s'agit de placage, mais de quelques minutes seulement pour les travaux d'assemblage. La pression à appliquer se situe entre 0 et 15 kp/m², et la durée pendant laquelle cette pression est nécessaire varie elle aussi considérablement. Pour ce qui est du placage, la température de pressage ne doit pas dépasser 60°C ni tomber au-dessous de 15°C. A sec, la résistance du joint est remarquable, mais elle diminue en milieu humide. Le joint est élastique si bien que cette colle convient parfaitement à l'assemblage de meubles. Comme les mordants ne permettent pas de teinter le joint de colle, il faut teinter la colle avant l'emploi.

Les colles à base d'urée sont commercialisées sous forme de liquide, de poudre ou de pellicules. La colle peut être allongée avec de l'amidon, de la farine de blé ou de l'eau. La proportion d'urée doit être d'au moins 20 à 30 p.100. On utilise souvent le kaolin et la poudre de bois comme charge qui, dans le collage à froid, peut atteindre une proportion de 50 p.100. On peut prolonger la durée de vie en pot en la congelant ou en y ajoutant un peu d'alcool. Quant au durcisseur, il suffit de l'appliquer sur l'une des deux surfaces encollées. Il est impossible d'accélérer le processus de durcissement et de prise en ajoutant davantage de durcisseur; il est alors préférable de changer la composition de la colle.

Le taux maximum d'humidité admissible est de 15 p.100. On obtient les meilleurs résultats avec une humidité se situant entre 8 et 14 p.100. La dose à appliquer est de 100 à 200 g/m². La durée d'encollage maximum est de 30 minutes pour les colles à froid; elle peut dépasser 24 heures pour les

* Document présenté au séminaire par Harri Kimpeläinen, Institut d'Etat pour l'essai de matériaux, Helsinki (Finlande).

colles durcissant à chaud. La pression nécessaire varie entre 2 et 16 kp/m^2 pour les colles liquides et elle est d'environ 20 kp/m^2 pour les colles en film. La durée de prise est de 30 minutes à 4 heures pour les colles durcissant à froid, elle est de 3 minutes pour les colles durcissant à chaud (à une température de 105°C à 115°C) et elle peut être réduite jusqu'à 15 secondes au moyen de radiations à haute fréquence. Si l'on voit la colle à travers le placage, la raison peut être la suivante: la feuille de placage est trop mince ou humide, la couche de colle est trop mince ou bien le durcisseur agit trop lentement. S'il y a des taches noires, il se peut qu'elles soient causées par la présence de fer dans les tonneaux de colle ou dans les récipients servant à préparer le mélange de colle. Dans certains cas, l'acide contenu dans le durcisseur pénètre dans le placage et dissout du fer des plaques de la presse.

Les colles à base de mélamine réagissent plus vite que les colles à base d'urée. A des températures de plus de 100°C , il n'y a plus besoin de durcisseur, car c'est la chaleur qui fait prendre la colle. Les colles à base de mélamine sont supérieures aux colles à base d'urée, mais elles coûtent assez cher. C'est dans le finissage des surfaces et dans la production de stratifiés à base de papier qu'elles trouvent leur utilisation la plus importante.

Les colles phénoliques se divisent en deux groupes: celles qui durcissent à chaud et celles qui s'appliquent à la température ambiante. Les colles de la première catégorie se vendent en solutions alcalines contenant entre 40 et 50 p.100 d'eau. Avant l'emploi, ces colles sont mélangées avec des charges (craie, farine de céréales) et avec des durcisseurs (quebracho, paraformaldéhyde). Les colles qui prennent à la température ambiante sont des solutions alcoolisées; le durcissement est obtenu à l'aide d'acides concentrés. Le bois risque d'être abîmé, si le pH tombe au-dessous de 3. Ce genre de colle est utilisé pour les assemblages dans l'industrie du meuble. La durée de vie en pot est de 1 à 2 heures et le taux d'humidité du bois ne doit pas dépasser 15 p.100. La dose à appliquer varie de 150 à 300 g/m^2 et le temps ouvert de 30 à 40 minutes. Il faut une pression de 10 kp/m^2 au maximum, le pressage pouvant durer jusqu'à 10 heures. Le joint collé résiste très bien aux variations climatiques, aux micro-organismes, aux agents chimiques, aux huiles et aux solvants organiques.

Si l'on utilise la colle sous forme de pellicule, l'opération de collage s'effectue à la température de 135°C à 150°C et à une pression de 20 kp/m^2 . Le taux d'humidité doit se situer dans la marge étroite de 8 à 10 p.100.

Les colles à base de résorcinol ressemblent par bien des points aux colles phénoliques, mais par suite de leur aptitude remarquable à réagir, elles prennent facilement à la température ambiante. Le processus de durcissement est tout à fait neutre du point de vue chimique. La colle est vendue en

solution aqueuse de 50 à 60 p.100 et l'on utilise du paraformaldéhyde préalablement mélangé avec de la poudre de bois comme durcisseur. Le temps ouvert est de 2 à 6 heures et le temps de pressage de 2 à 6 heures également. Le taux d'humidité peut dépasser 20 p.100. La température minimale de pressage diminue en proportion. Pour coller les bois lourds, la température au pressage doit être de 30 à 40°C.

Si le durcisseur n'est pas stocké dans un emballage étanche à l'air, il peut en résulter de graves défauts. Si le paraformaldéhyde du durcisseur s'est évaporé, la colle ne prendra pas, elle ne fera que sécher. Si le joint de colle est mouillé par la suite, la colle se dissoudra. La colle à base de résorcine est essentiellement utilisée pour les travaux qui exigent une grande résistance, comme dans la construction de bateaux, la construction navale et la construction de structures porteuses. En raison de son prix de revient élevé, on utilise parfois un mélange de colle à base de résorcine et de colles phénoliques, qui contient au maximum 30 p.100 de colles phénoliques.

Les colles époxydiques servent en particulier à fixer du bois sur du métal. Ce sont à l'heure actuelle les colles les plus résistantes et les plus faciles à appliquer. Le prix en est toutefois très élevé.

Les colles sensibles à la pression sont généralement des solutions de caoutchouc de néoprène. On peut les étaler à la spatule, à la brosse, au rouleau ou même par pulvérisation. Les surfaces encollées peuvent être jointes sous pression dès que la colle est sèche. Pour des travaux qui exigent une plus grande résistance, il est recommandé d'appliquer une pression de 5 kp/m². Si l'on utilise des presses à chaud, la température doit être d'au moins 60°C. La température ambiante admise ne doit pas dépasser 60 à 70°C.

Les colles thermoplastiques sont de plus en plus utilisées pour les revêtements et depuis peu aussi pour le placage. Ces colles, qui sont des mélanges de polyamides, de résines époxydes, de polyéthylène, etc., sont fondues à 200°C avant d'être appliquées. La colle refroidit très rapidement et le joint parvient à une résistance maximale en quelques minutes. Le taux d'humidité du bois doit être de 7 à 9 p.100. La dose à appliquer est de 250 g/m². Le temps ouvert n'est que de quelques secondes. La température ambiante admissible est de 70°C au maximum, l'exposition à une température de 120°C étant toutefois possible pendant de très courtes périodes comme par exemple pour le laquage.

7. LES TEXTILES COMME TISSUS D'AMEUBLEMENT*

Les textiles sont depuis toujours utilisés comme tissus d'ameublement. Ils ont, dans ce domaine, de nombreux avantages sur d'autres matériaux, étant donné qu'il est possible d'en varier presque indéfiniment le dessin et la couleur. Les textiles non plastifiés sont perméables à l'air et à l'humidité et ils transmettent la chaleur. Normalement, la surface des tissus est agréable au toucher et à la vue. Les textiles sont élastiques, c'est-à-dire qu'ils ont tendance à reprendre leur longueur originale après avoir été étirés, propriété importante pour les tissus d'ameublement.

En revanche, de nombreux genres de textiles présentent une résistance à l'abrasion moins grande que le cuir artificiel ou d'autres matériaux; ils se salissent également davantage et sont plus difficiles à nettoyer que le cuir artificiel. Souvent, les textiles tissés ne conviennent pas à la production rationnelle et en grande série d'articles de tapisserie, car ils ne sont pas homogènes dans tous les sens.

C'est le prix qui est généralement le facteur déterminant dans le choix de ces matériaux. La fabrication de tissus implique les opérations suivantes: filage, tissage, teinture et finition, et chacune de ces opérations comprend plusieurs phases. Le prix élevé de production explique que les textiles soient relativement plus chers que les autres matières qui sont généralement fabriquées en une ou deux opérations. Comme ils sont lourds et faits de fils grossiers, les textiles tissés à la main conviennent à la tapisserie. Dans l'industrie textile, la part faite aux textiles tricotés et non tissés est actuellement en augmentation. A l'avenir, le prix des tissus d'ameublement fabriqués selon ces méthodes diminuera.

Les fibres utilisées pour la fabrication de tissus d'ameublement ont changé depuis 20 ou 30 ans. La laine qui était autrefois la principale matière première n'est désormais utilisée que pour les tissus coûteux. A l'heure actuelle, on mélange le plus souvent la laine avec d'autres fibres et particulièrement avec des fibres cellulosiques régénérées (rayonnes), généralement dans une proportion de 50 p.100 de laine et 50 p.100 de fibres cellulosiques. Si l'on ajoute de 10 à 15 p.100 de fibres synthétiques, en général des polyamides, aux mélanges de laine et rayonnes, on en augmente la solidité. Ces mélanges sont faciles à teindre, sous forme de pièces ou de fils, et il est possible d'obtenir des couleurs grand teint. En Scandinavie, les mélanges de

* Document présenté au séminaire par Eero Pellas, Hyvilla Oy, Hyvinkää (Finlande). (Publié initialement sous la cote ID/WG.105/29/Rev.1).

laine et de rayonne sont maintenant les principales matières premières utilisées pour les tissus d'ameublement. Dans ces mélanges, on conserve en partie les qualités de la laine, à savoir sa douceur et sa résistance à l'abrasion et à la saleté. L'élément cellulosique fait baisser le prix de la matière première car il ne coûte qu'environ 30 p.100 du prix de la laine. La laine et les fibres cellulosiques absorbent l'humidité, ce qui donne aux tissus faits à partir de ces matières de propriétés antistatiques. D'autre part, les fibres cellulosiques se salissent plus facilement que la laine ou les fibres synthétiques. On peut soumettre les mélanges de laine et de rayonne à un traitement d'apprêt qui en améliore les propriétés. Il est également possible de les soumettre à un traitement qui les rende moins salissants, imperméables à l'eau, ignifuges et antiseptiques, ce qui n'est généralement demandé que pour des tissus d'ameublement destinés à des usages particuliers (par exemple bureaux, hôpitaux, bateaux, etc.).

On utilise fréquemment le coton et les mélanges de coton avec des fibres synthétiques pour en faire des tissus d'ameublement. Le prix des tissus dépend du prix de la matière première et du poids du tissu. Le coton ne coûte que 30 p.100 environ du prix de la laine, alors que les fibres synthétiques coûtent entre 60 et 70 p.100 de ce que coûte la laine. Les tissus de coton sont en général teints à la pièce ou imprimés. Pour augmenter leur résistance à l'usure, les tissus d'ameublement en coton sont souvent imprégnés de résine ou enduits d'un apprêt.

L'utilisation de fibres synthétiques n'a cessé de se développer dans toutes les branches de l'industrie textiles. En 1969, la consommation de fibres synthétiques représentait 21 p.100 de la production mondiale totale de fibres textiles et d'après les prévisions cette proportion devrait être de 39 p.100 en 1980.

Les principales fibres synthétiques utilisées pour les tissus d'ameublement sont les polyamides, les polyacryliques, les polyesters et les polypropylènes. Les fibres polyamides les plus connus sont le nylon, l'Antron, et le Perlon qui, de même que les autres polyamides, se caractérisent par une bonne résistance à l'abrasion, sont faciles à teindre et ne déteignent pas aisément. L'Antron, qui est une fibre filamenteuse polyamide texturée est largement utilisée dans les tissus d'ameublement. Lorsque l'on mélange des polyamides qui réagissent différemment à la teinture, il est possible d'obtenir des effets multicolores en procédant à une teinture par pièces.

Le Dralon, l'Orlon et l'Exlan sont des fibres polyacryliques qui sont très utilisées en Europe. Ces polyacryliques sont doux au toucher mais sont moins résistants à l'abrasion que les polyamides. Ils sont utilisés de nos jours comme tissus d'ameublement présentant l'aspect de velours et des qualités d'élasticité. Avec les polyacryliques, il est possible d'obtenir des couleurs

vives grand teint. On trouve actuellement des fibres polyacryliques anioniques et cationiques qu'il est possible de teindre, ce qui permet d'obtenir des effets bicolores avec un seul bain de teinture.

Pour le moment, les polyesters ne sont pas beaucoup utilisés pour faire des tissus d'ameublement malgré leur bonne résistance à l'usure. Il est difficile de les teindre et il faut les enduire d'un apprêt thermo-durcissable. Mais à l'avenir, les fils texturés de polyesters constitueront probablement l'une des matières premières couramment utilisée pour faire des tissus d'ameublement maillés.

On utilise de plus en plus des fibres de polypropylènes, également appelées "oléfiniques", comme matières premières pour tissus d'ameublement. Ces fibres sont beaucoup utilisées pour la fabrication de tapis. Elles ont une bonne résistance à l'abrasion et une charge de rupture élevée; elles sont douces au toucher et moins chères que les autres fibres synthétiques. Mais le fait qu'elles soient difficiles à teindre en a limité l'utilisation. Pendant de nombreuses années, on ne trouvait ces fibres en couleur que comme matériau teint en vrac. De nos jours, elles représentent 2 à 4 p. 100 des tissus d'ameublement, mais, d'après des prévisions, cette proportion doit considérablement augmenter dans un proche avenir.

Les propriétés que l'on exige en premier lieu des tissus d'ameublement sont une bonne résistance à l'abrasion et à l'écrasement et une bonne résistance des couleurs à la lumière. La charge de rupture donne une assez bonne idée de la résistance à l'usure. Le tissage doit être suffisamment serré pour empêcher les fils de s'effiloquer dans les coutures. La couleur doit aussi résister à la friction, à la sueur, à l'eau et au nettoyage. En outre, le tissu doit être suffisamment extensible et élastique pour servir de revêtement.

Dans une fabrique moderne de textiles, on soumet tous les tissus à des essais avant d'en lancer la production pour être sûr qu'ils remplissent les conditions requises pour un tissu d'ameublement.

Les méthodes standard utilisées pour vérifier les propriétés de textiles (résistance à l'usure et stabilité des couleurs) sont publiées par la "American Society for Testing and Materials" 1916 Race St., Philadelphia 3, Pennsylvania, Etats-Unis d'Amérique (ASTM Standards on Textile Materials).

Il existe plusieurs genres d'abrasifs pour déterminer la résistance à l'abrasion. Leur principe est le même; on frotte un échantillon préalablement posé contre un morceau de papier de verre, et l'on note le nombre de cycles de friction jusqu'à ce que l'échantillon soit usé. Des essais effectués avec un appareil d'abrasion Stoll montrent que la marge minimale applicable aux tissus

d'ameublement est de 1200 à 1500 tours. Pour ces essais, on utilise une charge d'un kilogramme et un papier de verre de numéro zéro. Quant aux fibres synthétiques, elles ont une résistance à l'abrasion de 4000 à 5000 tours et les textiles plastifiés de 12000 à 14000 tours.

La stabilité des couleurs est vérifiée selon une méthode standard au moyen d'un appareil dit "Zenotester" ou d'un "fadéomètre". L'échantillon est exposé à la lumière pendant 200 heures. On compare alors le résultat avec une gamme de huit échantillons différents et l'on indique le numéro de l'échantillon qui présente une altération de couleur analogue à celle de l'échantillon soumis à l'essai. Les tissus d'ameublement doivent avoir une stabilité de couleur qui corresponde au numéro 6 de cette échelle.

A l'état mouillé, la stabilité de la couleur doit correspondre au numéro 4 de l'échelle standard; autrement dit, on admet une légère coloration d'un tissu blanc que l'on a soumis à l'essai. La valeur minimale de la résistance à la rupture d'un échantillon de 200 mm de long sur 50 mm de large est de 45 kg.

La résistance à l'écrasement est un bon indice des propriétés des tissus d'ameublement en ce qui concerne l'usure. L'expérience est réalisée dans une boîte rotative dans laquelle quatre échantillons du tissu soumis à l'essai sont enroulés sur des tubes de caoutchouc qui tournent et se frottent les uns contre les autres pendant 10 heures. On indique alors le nombre de petites boules de fibres, de "peluches", sur la surface du tissu. L'effet de l'écrasement est observé sur des tissus qui sont des mélanges de fibres ayant une faible résistance à la rupture et de fibres ayant une résistance élevée comme c'est le cas avec des mélanges de rayonne ou de laine d'une part avec des fibres synthétiques d'autre part.

Le contrôle de la qualité de nouveaux produits et de leur production est très importante dans la fabrication de textiles lorsque le produit est composé de plusieurs matières ayant de nombreuses couleurs et textures différentes.

On expérimente actuellement l'utilisation de fibres de verre pour la fabrication de tissus d'ameublement; ces fibres sont déjà largement utilisées pour les tentures. Etant donné que les fibres de verre résistent bien à l'abrasion et sont ininflammables, elles se prêtent bien à l'utilisation dans la tapisserie d'ameublement.

On trouve dans le commerce des tissus élastiques comme tissus d'ameublement et l'on s'attend à ce qu'ils prennent une place de plus en plus grande sur le marché. Aux Etats-Unis, ces tissus constituent à présent 10 à 15 p.100 au moins de la production de tissus d'ameublement.

L'évolution observée en matière de fabrication de textiles se caractérise en particulier par les progrès du secteur des tissus maillés. Il est de 10 à 20 fois plus rapide de fabriquer un tissu par tricôtage que par tissage. L'augmentation de la production de tissus à mailles fournira au secteur de l'ameublement de nouveaux produits à meilleur marché. A l'aide des procédés de revêtement de gaufrage, il est possible de doter les textiles maillés des qualités nécessaires pour l'emploi dans la tapisserie d'ameublement. On prévoit également un usage plus répandu des techniques de matelassage et de capitonnage pour les tissus d'ameublement.

La fabrication de textiles non tissés a fait de grands progrès. Les techniques utilisées à cette fin permettent une vitesse de production élevée, qui peut être comparée à celle de la production de cuir artificiel. Les textiles non tissés ont l'aspect et la douceur des textiles traditionnels et se prêtent à l'impression de dessins. Si l'on prend du nylon biconjugué comme matière première, il est possible d'obtenir un textile non tissé qui résiste bien à l'usure sans utiliser de liants. Le fil de nylon biconjugué a un noyau de nylon 6 et sa surface de fibre est en nylon 66. Lors du traitement thermique, la couche superficielle de nylon 66 fond et agglutine les fibres. Les textiles non tissés se prêtent à la production de masse dans l'industrie de la tapisserie d'ameublement; ils sont faciles à couper et ne s'effilochent pas.

8. LES MOUSSES PLASTIQUES UTILISEES DANS L'INDUSTRIE DU MEUBLE *

Depuis que l'on a découvert qu'il est possible de mouler les polymères quand ils sont à l'état plastique, ce secteur s'est développé rapidement et l'on a mis au point une grande variété de nouveaux plastiques. C'est vers la fin des années 30 que l'on a commencé à pratiquer l'expansion des polymères par des gaz. Aujourd'hui, s'il est vrai que cette technique permet de transformer en mousse pour ainsi dire n'importe quel polymère, seuls quelques polymères mousse ont acquis une importance commerciale.

Il est possible de faire mousser les polymères en les fouettant à l'air et en durcissant la mousse, mais généralement ces plastiques sont transformés en mousse à l'aide de gaz inertes. On se sert aussi de bioxyde de carbone ou de peroxyde d'azote, obtenus par réaction chimique ou par décomposition de composés chimiques appropriés. Pour obtenir les gaz dont on a besoin, on utilise aussi des solvants à basse température d'ébullition. Le polymère mousse durci peut être à cellules fermées (intactes) ou à cellules ouvertes (brisées). En règle générale, les mousses à cellules fermées sont rigides et celles qui sont à cellules ouvertes sont souples. Il existe toutefois certaines exceptions mineures à cette règle.

Mousse souple

Les mousses souples (à cellules ouvertes) ont déjà un marché bien établi; dans les pays industrialisés, la consommation annuelle de ce produit est désormais de 1 à 1,2 kg par habitant, et augmente à raison de 8 à 14 p.100 par an. L'industrie du meuble entre pour 40 à 50 p.100 dans la consommation totale de ce produit utilisé aux fins de rembourrage (compte non tenu de la literie).

Du point de vue commercial, les mousses souples les plus importantes sont: les polyuréthanes (PU), les chlorures de polyvinyle (CPV) et les mousses de latex. En Finlande, les polyuréthanes représentent 90 p.100 de toutes les mousses souples. Ils ont essentiellement deux éléments constitutifs: un polyéthylène-glycol et un isocyanate, qui donnent une résine thermo-duroissable tout en se transformant en mousse. Selon le polyéthylène-glycol choisi, le plastique obtenu est désigné comme polyéther, polyester ou mousse polyuréthane "à grande élasticité".

* Document présenté au séminaire par Kristian Lindroos, Espe Oy, Kouvola (Finlande). (Publié initialement sous la cote ID/WG.105/43).

Etant des résines thermo-durcissables, les mousses de polyuréthane peuvent être utilisées à des températures très variables. Le polyéther mousse et les mousses à grande élasticité sont peu sujets aux attaques par des agents chimiques ou des oxydants, mais ils gonflent dans de nombreux solvants, qui ne les altèrent toutefois pas. Le polyester résiste bien au nettoyage à sec mais peut se décomposer par hydrolyse dans une atmosphère humide et chaude. Toutes les mousses de polyuréthane sont faciles à coller.

La mousse de chlorure de polyvinyle est thermoplastique. Pour ce qui est des caractéristiques exigées pour la tapisserie d'ameublement, elle est inférieure aux mousses de polyuréthane et de latex mais elle est facile à souder par radiation à haute fréquence et présente donc un certain intérêt, surtout lorsqu'elle est utilisée avec les pellicules de chlorure de polyvinyle, qu'il est impossible de coller.

La mousse de latex est un bon matériau de rembourrage si elle est suffisamment protégée contre l'oxydation. La place qu'elle occupe sur le marché a toutefois rapidement régressé, tant pour des raisons commerciales que parce qu'elle n'est pas auto-extinguible.

Normes

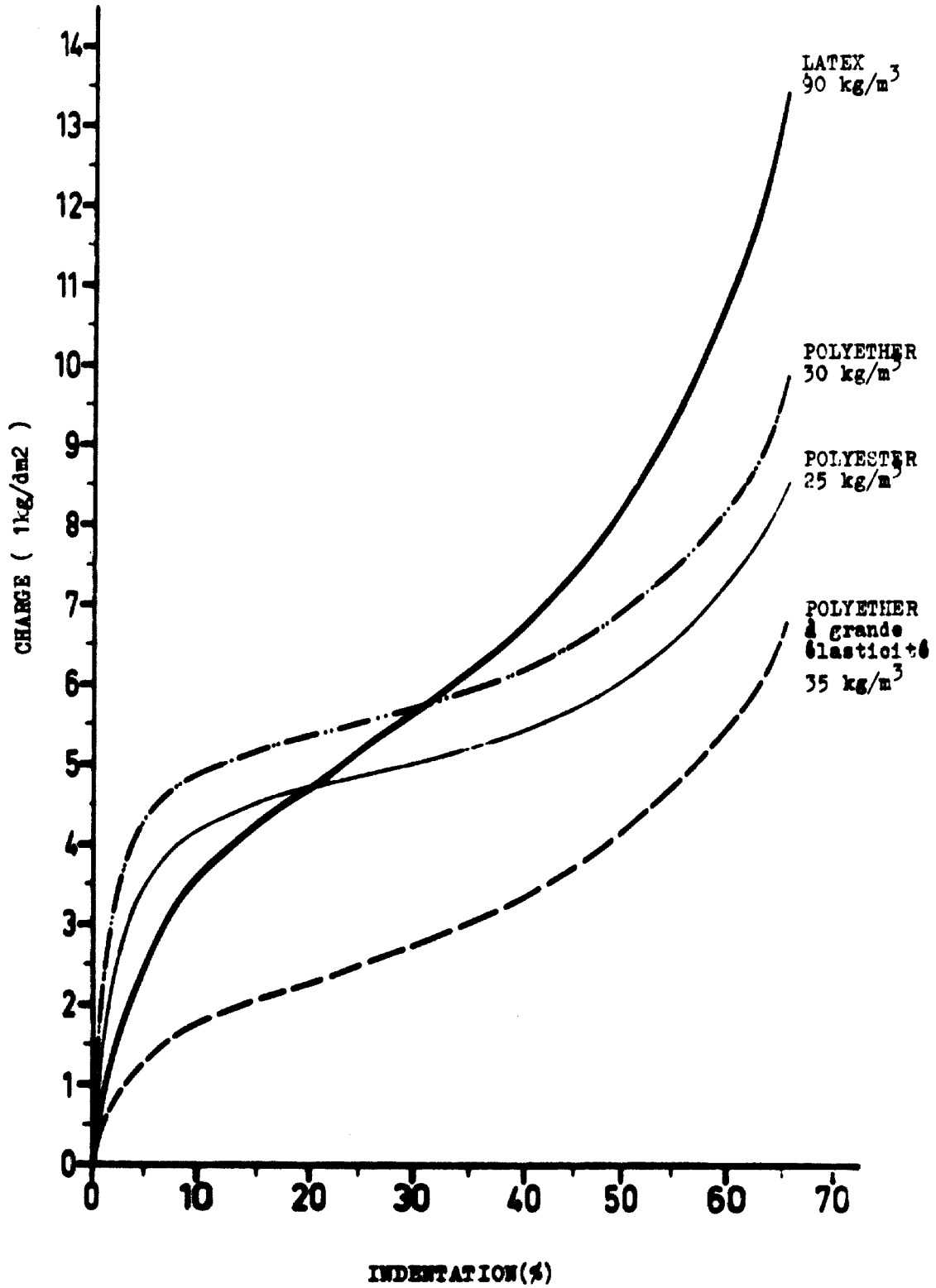
En général, les mousses font l'objet d'essais régis par des normes nationales telles que les ASTM, DIN, B.S. et SIS^{1/}. Les techniques d'essai se ressemblent beaucoup mais les résultats obtenus ne sont pas toujours comparables. On trouvera ci-après la description de certains essais typiques.

Densité: Le poids spécifique d'une mousse est proportionnel à la quantité de matière qui supportera la charge. Pour le polyuréthane, le poids spécifique peut être donné comme densité de la "masse", y compris la couche superficielle, ou comme densité de la partie intérieure. Dans le cas de plaques, la densité de la partie intérieure de la mousse de polyuréthane est inférieure d'environ 2 kg/m^3 à la densité de la masse. On admet généralement une tolérance de $\pm 1,5 \text{ kg/m}^3$ pour la densité de la partie intérieure.

Caractéristiques de résistance à la charge: La résistance à l'indentation d'une mousse est une mesure qui permet d'évaluer la résistance qu'elle offre en fonction de la charge. Le Comité technique 45 de l'Organisation internationale de normalisation (ISO/TC 45) a formulé les recommandations H 19 et H 56 pour caractériser l'affaissement sous charge. L'expérience est réalisée à l'aide d'un matériel spécial pour différentes déformations: on indique en

^{1/} ASTM = American Society for Testing and Materials; DIN = Deutsche Industrie Normen; B.S. = British Standards; SIS = Sveriges Standardiseringskommission.

Caractéristiques de dureté de certaines mousses plastiques



général les charges susceptibles de provoquer des déformations de 25,40 et 65 p.100 (v. figure). La dureté ne dépend pour ainsi dire pas de la densité et influe très peu sur la durabilité du produit.

On obtient un chiffre utile pour comparer les différentes mousses en divisant la charge provoquant une déformation de 25 p.100. Ce chiffre donne une idée du confort qu'offre la mousse, car les utilisateurs veulent une mousse qui ait à la fois la souplesse nécessaire et la capacité de supporter des charges élevées, c'est-à-dire une dureté qui diminue rapidement pour des déformations inférieures à 30 p.100 mais qui augmente progressivement au-dessus de ce niveau.

Déformation permanente: D'une manière simple, la déformation permanente fournit une donnée importante pour évaluer la qualité véritable d'une mousse, c'est-à-dire son degré de dureté. L'expérience est décrite en détail dans la recommandation H 81 formulée par le Comité technique 45 de l'ISO. On comprime simplement un échantillon à 50,70 ou 90 p.100 pendant 22 heures à 70°C et l'on mesure la diminution permanente d'épaisseur. Avec une compression de 70 p.100, une mousse de bonne qualité ne doit pas perdre (de façon permanente) plus de 10 p.100, mais dans certains cas, on peut admettre une perte de 15 p.100.

La résistance à la traction et l'allongement à la rupture sont mesurée selon la norme ASTM D1564.

La résistance au déchirement peut être déterminé selon la norme ASTM D1564.

Le vieillissement causé par la vapeur, qui révèle l'altération dans une atmosphère humide, peut être mesurée selon la norme ASTM D1564.

L'essai de flexion est généralement effectué jusqu'à 250 000 cycles (ASTM D1564). La perte de dureté causée par la flexion révèle l'un des principaux défauts de la mousse de polyuréthane.

L'essai de perméabilité (DIN 52 213) indique la quantité de cellules fermées dans une mousse souple. Pour être confortable, la mousse doit présenter une grande perméabilité.

L'essai d'auto-extinction (ASTM D1692) est nécessaire dans les cas où il faut une certaine résistance au feu.

L'essai de rebondissement (ASTM 1564) indique l'élasticité de la mousse.

Mousses rigides

Les mousses rigides sont utilisées pour l'isolement thermique, pour la construction et pour l'emballage. Les mousses utilisées pour l'isolement et l'emballage ont une densité allant de 12 à 40 kg/m³. Les mousses rigides les plus courantes sont les suivantes:

- Mousse rigide de polyuréthane
- Polystyrène mousse
- Mousses de polyuréthane de type Duromer
- Polystyrène structural et plastique assimilés
- Polyoléfines structurales

Toutes les mousses rigides ont des cellules fermées. Parmi les différents genres de mousses mentionnés ci-dessus, seul le polyuréthane est une résine thermo-durcissable; les autres sont thermoplastiques. On utilise également le polyuréthane sous forme de polystyrène mousse à des densités variant de 40 à 80 kg/m³ dans l'industrie du meuble. En raison de la faible densité de ces matériaux, il faut prévoir des parois relativement épaisses de même que des dispositifs spéciaux pour fixer les boulons, les vis et les clous. Il est facile de coller du polyuréthane, mais le polystyrène exige des colles judicieusement choisies.

Les duromères sont utilisés pour des détails de décoration et pour la construction. Ils ont une couche superficielle étanche, la partie intérieure étant soufflée. La densité moyenne des duromères est de 200 à 600 kg/m³.

Depuis peu, on emploie aux fins de construction certaines résines thermoplastiques connues depuis longtemps, après les avoir exposées à une légère expansion par les gaz. Les avantages qu'offrent les mousses de polystyrène et de polyoléfines structurales résident dans la technique de production, qui permet de fabriquer, dans des conditions économiques de grandes séries, des objets volumineux comme par exemple des sièges et des éléments de meubles.

Matériel

Les mousses plastiques sont fabriquées selon des procédés continus ou moulées par lots. Les mousses obtenues selon un procédé continu doivent être ensuite découpées aux dimensions voulues; les articles fabriqués par lots ont d'emblée la forme définitive qui leur est donnée par un moule.

Pour obtenir des polyuréthanes, on mélange deux ou plusieurs éléments dans un malaxeur. (Pour les essais, les éléments peuvent être mélangés à la main). Pour le moulage, on utilise des malaxeurs d'une capacité maximale de 60 kg/minute. Le temps nécessaire pour remplir le moule ne doit pas dépasser

5 à 10 secondes, selon la composition du mélange. La mousse la plus flexible est produite sous forme de plaques selon un procédé continu pour être ensuite découpée à l'aide de lames sans fin ou, moins souvent, de lames à oscillations.

Le polystyrène mousse est également transformé en mousse de façon continue à l'aide de machines à extrusion ou moulé avec des machines spéciales. Les polystyrènes et les polyoléfinés de construction, plus denses, sont moulés à l'aide de machines spéciales pour le moulage par injection.

Bibliographie

- A new generation of structural foam polymers. Journal of cellular plastics 6, R.L.Grieve et al. N°4, 1970.
- Buiet, J.M. et H. Gudgeon. Advances in Polyurethane Technology. Londres, 1968.
- Homann D., Kunststoff-Schaumstoffe. Munich, 1966.
- Polyurethane. Kunststoff Handbuch Band VII, Munich, 1966.

9. L'UTILISATION DE CUIRS ARTIFICIELS COMME TISSUS D'AMEUBLEMENT *

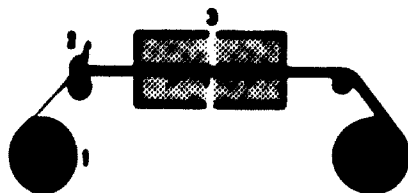
A l'heure actuelle, les cuirs artificiels les plus importants sont des tissus revêtus de chlorure de polyvinyle (CPV) ou de polyuréthane (PU). En général le tissu de base est un textile de coton tissé ou maille, dont la texture (nombre de fils), la densité, etc., varient selon l'utilisation finale du produit. De nos jours, on utilise le plus souvent des cuirs artificiels fabriqués à partir de tissu revêtu de chlorure de polyvinyle, bien que les tissus revêtus de polyuréthane soient très compétitifs et que leur emploi tende à se répandre. Pour les cuirs artificiels en polyuréthane, on utilise toujours du tissu de base légèrement gratté. Il existe également le groupe des feuilles de plastiques, qui ne sont guère plus utilisées. Ces feuilles en chlorure de polyvinyle (d'au moins 0,5 mm d'épaisseur) sont dépourvues de tissu de support. Elles résistent mal à la déchirure, et si leur épaisseur dépasse le minimum requis, elles sont difficiles à manier. Ces feuilles ne sont utilisées que pour des sièges tout à fait durs et très bon marché.

On obtient les cuirs artificiels en chlorure de polyvinyle et en polyuréthane en enduisant le textile de base d'une pâte plastique que l'on réchauffe ensuite. Ce procédé est présenté à la figure I. La plupart des revêtements dits compacts sont appliqués de cette façon. Ces dernières années, la méthode "de transfert" a gagné du terrain. Selon cette méthode, le revêtement supérieur (plastique) du produit final est répandu sur un papier spécial traité au silicone et séché dans un four. La couche de base est alors appliquée sur cette couche supérieure et ensuite le tissu est laminé avec ces deux couches. Cette opération est suivie d'un traitement à la chaleur, puis le produit final est détaché du papier, le tissu plastifié et le papier étant enroulés séparément. La figure II illustre ce système, désigné sous le nom de "machine en tandem". Ce procédé est utilisé pour la fabrication des cuirs artificiels à base de chlorure de polyvinyle d'expansion et de la plupart des cuirs artificiels compacts en polyuréthane.

Il existe également des machines à imprimer, à laquer et à gaufrer, que l'on utilise pour augmenter la ressemblance du cuir artificiel avec le cuir véritable. (Il est entendu que les cuirs artificiels ne sauraient se substituer aux cuirs véritables mais qu'ils doivent servir de matériau complémentaire).

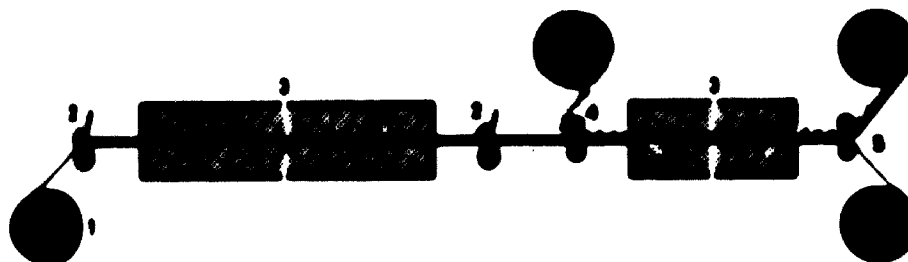
* Document présenté au séminaire par Gunnar Södermann, Oy Finlayson-Forssa Ab Plastics Works, Forssa (Finlande). (Publié initialement sous la cote ID/WG.105/27/Rev.1).

Figure I: Machine pour l'application directe du revêtement



Légende: 1 - tissu de base; 2 - application de la pâte; 3 - four

Figure II: Machine de dispersion "en tandem" pour revêtement par trans-
fert



Légende: 1 - papier; 2 - application du plastique; 3 - four;
4 - lamination; 5 - séparation

On examine ci-après certaines des caractéristiques les plus importantes des cuirs artificiels destinés à être utilisés dans l'industrie de la tapisserie d'ameublement.

Les couleurs des cuirs artificiels doivent être résistantes à la lumière, c'est-à-dire ne pas changer à la lumière du soleil.

D'après la classification internationale (ISO), la valeur 6 signifie "bon" et la valeur 8, qui est le maximum signifie "excellent". Il ne doit pas non plus y avoir de migration des pigments, c'est-à-dire que ces derniers ne doivent pas apparaître à la surface, ce que l'on peut vérifier en essuyant la surface avec un chiffon blanc, qui mettra en évidence toute particule qui aura été détachée. Le "bronzage" se décide de la même façon. Dans ce cas, la surface plastique prend, comme son nom l'indique, un aspect métallique, bronzé. On peut vérifier la stabilité de la couleur à l'état mouillé en essayant la surface avec un chiffon mouillé.

Les cuirs artificiels résistent à la plupart des produits chimiques courants. Mais pour l'industrie du meuble, l'effet des adhésifs présente un grand intérêt. Bien que cette question fasse l'objet d'un exposé détaillé dans un autre article de la présente publication^{1/}, il convient de mentionner ici les faits suivants.

Lorsqu'elles ont séché, les colles à bois n'ont aucun effet sur les cuirs artificiels. Cependant lorsqu'elles sont mouillées, les colles à degré élevé d'acidité ou contenant des solvants concentrés à base d'acétates de polyvinyle ou du soufre, peuvent décolorer les cuirs. En revanche, l'une des colles les plus connues, à savoir l'acétate de polyvinyle en dispersion, peut même servir sans danger à coller directement le cuir artificiel sur le bois. Le chlorure de polyvinyle réagit aux solvants concentrés tels que les diluants. L'essence, les huiles et les graisses ont toutes un effet altérant sur le chlorure de polyvinyle, alors que le polyuréthane résiste bien mieux aux agents chimiques.

Dans les pays froids, il faut accorder une attention particulière à la flexibilité à basses températures. En l'occurrence, le chlorure de polyvinyle devient rigide et craque à environ -40°C (-40°F). À cet égard, le comportement du polyuréthane est bien meilleur.

Dans les pays chauds, où l'humidité de l'air est relativement élevée, il faut tenir compte de la propriété de certaines plastiques à se décomposer per

^{1/} Voir aussi l'article 6 (Jaako Meriluoto, "L'utilisation de colles et d'autres adhésifs dans l'industrie du meuble et de la menuiserie").

hydrolyse. A cette fin, on effectue des essais en laboratoire à une température de $+70^{\circ}\text{C}$ et à un taux d'humidité de 100 p.100. Ces essais durent sept jours. En aucun cas, le plastique ne doit craquer. Après l'essai d'hydrolyse, on soumet un échantillon à un essai d'abrasion. Au bout de 3000 tours, le cuir artificiel présentera certes une surface qui aura forcément été altérée et aura pris un aspect terne, mais il ne devra pas pour autant avoir craqué. Cet essai est généralement réalisé selon la technique d'essai de la société Polyretan Gesellschaft Lemförde mbH & Co, Osnabrucke (République fédérale d'Allemagne), car il n'existe manifestement pas de normes internationales.

Avec les produits en chlorure de polyvinyle utilisés pour les garnitures intérieures d'automobiles, il se produit un phénomène de "vaporisation", lorsque les plastifiants contenus dans ces produits s'évaporent à des températures élevées (même dans les pays nordiques, la température à l'intérieur d'une voiture peut s'élever jusqu'à $+60^{\circ}\text{C}$, quand celle-ci est restée longtemps exposée au soleil) et se condensent sur le pare-brise et sur les fenêtres. Il est alors très difficile d'éliminer cette fine pellicule de condensation qui réduit la visibilité. En principe, il s'agit là des caractéristiques chimiques les plus importantes des cuirs artificiels constitués de tissu plastifié avec du chlorure de polyvinyle, qui se rapportent bien entendu au plastique lui-même. Dans certains cas, il faut imprégner le tissu de base pour qu'il résiste aux moisissures et aux bactéries.

L'une des caractéristiques mécaniques les plus importantes de ces produits est la façon dont ils se laissent manier, qui est liée au degré de rigidité ou de souplesse. S'il est vrai que l'on peut difficilement exprimer cette propriété quantitativement, il est par contre facile à comprendre que la matière doit être agréable au toucher et avoir un aspect attrayant et la souplesse nécessaire. Il est généralement préférable d'utiliser du cuir artificiel dur pour un siège dur et une matière plus souple pour un siège plus mou.

Etant donné que le cuir artificiel normal en chlorure de polyvinyle est imperméable à l'air, nombreux sont ceux qui trouvent inconfortable de rester assis longtemps sur un siège qui en est recouvert. On s'est efforcé de remédier à cet inconvénient en perforant par exemple le plastique ou en ajoutant à la pâte certains produits chimiques. Quand ils sont par la suite dissous au cours d'un processus ultérieur, ces produits forment de petits pores et canaux dans le plastique. On obtient ainsi des matières "poromériques". Malheureusement, jusqu'à présent ces efforts n'ont guère abouti à des résultats satisfaisants.

On obtient un cuir artificiel de meilleure qualité avec du chlorure de polyvinyle expansé, c'est-à-dire avec du CPV sous forme de mousse recouverte d'une fine couche superficielle compacte. Lorsque cette couche superficielle

est perforée, on obtient un cuir de meilleure qualité et d'un plus bel aspect. Il est tout à fait agréable de s'asseoir sur un siège recouvert de ce genre de cuir artificiel. En outre, le tissu de support est généralement un textile maille, ce qui rend le cuir artificiel plus maniable.

Certains cuirs artificiels en polyuréthane sont poreux et certains ne le sont pas. Avec de la fumée de cigarette, il est facile de contrôler la porosité de la manière suivante: On aspire de la fumée, puis on tend l'échantillon à contrôler sur les lèvres et l'on expire la fumée. Si la fumée passe à travers l'échantillon, cela montre que l'échantillon est poreux ou perforé.

La résistance à la traction des cuirs artificiels est très importante. On ne peut donner ici des valeurs standard, puisque les différents genres de chaises et de canapés exigent une résistance différente. En outre la manière dont le cuir artificiel est monté a une certaine influence. Il faut aussi tenir compte de l'allongement, qui a une importance particulière lorsque l'on recouvre des meubles mous ou semi-mous de cuir artificiel. Il est à signaler que plus l'allongement est grand, plus le patron doit être petit au moment de la coupe. L'idéal serait que la chaîne et la trame aient les mêmes propriétés d'allongement, ce qui n'est toutefois que rarement le cas. Si l'allongement est convenable, il est possible de bien tendre le cuir artificiel sur des bords arrondis. Cependant l'allongement ne doit être ni trop faible ni trop grand, sinon il se formera des plis.

Dans notre fabrique, les spécifications retenues en matière d'allongement sont les suivantes: dans le sens de la chaîne 35 à 70 p.100, dans le sens de la trame 50 à 100 p.100. Comme le montre le tableau, c'est la qualité NV qui est la meilleure.

Le plastique doit bien sûr avoir une bonne résistance à l'abrasion. Dans notre fabrique, cette propriété fait l'objet d'essais avec l'appareil d'abrasion Taber; pour les matériaux d'ameublement, la norme est d'au moins 3000 tours.

La résistance du cuir artificiel joue aussi un rôle important car le matériau est généralement cousu avant d'être monté. Il ne semble pas y avoir de normes généralement appliquées; les différents fabricants de meubles ont leurs propres méthodes d'essai.

On obtient toutefois les meilleurs résultats lorsque l'on fait de grands points et que l'on ne tire pas trop le fil.

La Furniture Industry Research Association, Stevenage, Herts (Royaume-Uni) procède à des contrôles très détaillés de tous les tissus d'ameublement. Les essais réalisés portent notamment sur les caractéristiques suivantes:

Propriétés que doivent avoir le tissu de base et les cuirs artificiels finis a/

Qualité	HK 45	TK 60	L	ML	NV
<u>Tissu de base</u>					
No du fil/fibres/cm					
chaine	38/25	maillé	28/27	28/26	maillé
trame	38/24	coton	52/31	52/21	nylon
pois g/cm ²	210	135	250	185	125
largeur cm	135	140	145	130	145
Résistance à la traction, chaine/trame, kp/5 cm	70/45	16/8	58/88	49/51	25/56
Allongement, chaine/trame, %	12/21	76/170	7/27	7/26	80/70
Résistance à la déchirure, chaine/trame, kp	1,8/1,6	1,1/ -	1,8/2,0	3,4/2,9	1,9/1,9
<u>Revêtement</u>					
CPV comprimé		CPV expansé	PU	PU	PU
pois g/cm ²	430	600	80	80 - 90	100
épaisseur totale mm	0,7	1,4	0,85	0,7	0,7
Résistance à la traction, chaine/trame, kp/5 cm	82/62	35/17	45/83	45/42	29/59
Allongement, chaine/trame, %	12/44	32/190	7/28	6,5/30	70/82
Résistance à la déchirure, chaine/trame, kp	1,9/1,8	1,8/2,4	2,1/2,0	3,4/2,9	1,7/2,0
Flexibilité à basses températures, °C	- 42	- 33			
Abrasion, nombre de tours	>5000	>8000	3000	>3000	5000

a/ HK 45, TK 60, etc. sont les numéros de code des tissus d'ameulement produits par Oy Finlayson-Forsaa Ab, Forsaa (Finlande).

Composition

Structure/épaisseur

Résistance à la traction au moment de la rupture

Résistance à l'allongement au moment de la rupture

Résistance à la déchirure

Résistance des coutures

Résistance à l'usure

Résistance aux éraflures

Craquement par flexion

Adhérence du revêtement

Poids du revêtement

Tenue à la traction/résistance superficielle

Stabilité des couleurs à la friction

Stabilité des couleurs à la lumière

Résistance à l'altération par la lumière

Thermoplasticité et résistance aux solvants

Hydrolyse

Une question que l'on pose souvent est de savoir comment il faut nettoyer les cuirs artificiels. Le meilleur moyen, et le plus simple, est d'utiliser de l'eau, du savon ou du détergent ainsi qu'une brosse douce ou un chiffon. Si l'on n'y parvient pas de cette façon, on peut essayer avec de l'acool. Si l'on n'y parvient pas non plus ainsi, il est recommandé de s'adresser au fabricant pour lui demander conseil.

Ces différents types de plastiques offrent des possibilités diverses, comme on le voit ci-dessous.

Le chlorure de polyvinyle compact peut être utilisé pour tapisser des meubles très bon marché dans des bâtiments publics, tels que les hôpitaux et les gares. En Finlande, 10 p.100 seulement des meubles fabriqués sont recouverts de ce matériau.

On peut utiliser le chlorure de polyvinyle expansé pour des meubles de meilleure qualité destinés aux bâtiments publics et également pour les meubles à usage domestique. Ce plastique représente environ 80 p.100 du marché.

La part du cuir artificiel à base de polyuréthane sur le marché n'est à présent que d'environ 10 p.100, mais on peut s'attendre à ce qu'elle augmente. Ce matériau a tout à fait l'aspect du cuir et il est donc probable qu'il trouvera dans un proche avenir de nombreuses applications dans le mobilier à usage domestique.

Les prix varient constamment, mais on peut supposer que si le prix du chlorure de polyvinyle compact est égal à 1, le prix du chlorure de polyvinyle expansé se situera entre 1,5 et 2 et celui du polyuréthane entre 2,5 et 3.

10. FERRURES ET ACCESSOIRES EN METAL*

Le bois est depuis toujours la principale matière première utilisée dans l'industrie du meuble, même si l'on a recours au fer et à la pierre pour faire des objets tels que des bancs et des sièges, mais l'utilisation combinée du métal et du bois est en soi plutôt récente. Les essais les plus sérieux en ce sens ont débuté en Angleterre dans les années 1850. On peut recommander à ceux qui s'intéressent à l'évolution historique de la fabrication de meubles de lire le livre de Helena Hayward intitulé "World Furniture"^{1/}.

C'est le développement de la métallurgie qui a aidé à combiner avec succès le bois et l'acier. C'est l'école d'architecture connue sous le nom de "fonctionnalisme" qui a donné une nouvelle impulsion à cette tendance, de sorte que, dès les années 20, l'utilisation combinée du métal et du bois dans un même meuble s'est de plus en plus répandue.

Dans le présent article, on examine séparément les ferrures et les accessoires en métal, les ferrures étant d'ailleurs réparties en ferrures pour meubles et ferrures utilisées dans l'industrie de la menuiserie.

Ferrures

Selon l'usage finlandais, on classe sous le nom de ferrures, et surtout de ferrures pour la construction, une vaste gamme de produits tels que les manettes, les poignées de portes, les serrures, les charnières, les sonnettes, les espagnolettes, les arrêts de portes et les supports de tringles.

Matériaux

On utilise couramment le laiton pour les ferrures, sous forme de plaques, de profilés et de pièces moulées sous pression. En général, le laiton se compose de 63 p.100 de cuivre et de 37 p.100 de zinc.

Il existe un autre alliage important du zinc, le "Zamak" qui a la composition suivante: 3,5 à 4 p.100 d'aluminium, 0,5 à 1 p.100 de cuivre, 0,3 à 0,8 p.100 de magnésium et au maximum 0,1 p.100 de manganèse, de fer, de plomb, de cadmium et d'étain respectivement, le reste étant du zinc. Cet alliage est

* Document présenté au séminaire par Seppo Aho, Joutjärvi Oy, Lahti (Finlande), (Publié initialement sous la cote ID/WG105/36/Rev.1).

^{1/}H. Hayward, World Furniture (Londres, Hamyn, 1969).

utilisé pour des objets moulés sous pression et il est très apprécié parce qu'il ne coûte que les deux tiers de ce que coûte le laiton. Dans de bonnes conditions, il peut être utilisé de la même façon que le laiton. Cet alliage est toujours chromé.

Avant l'apparition de cet alliage, l'aluminium était beaucoup utilisé en raison de son prix de revient relativement faible. Mais à présent, son importance comme matériau pour ferrures a diminué, sauf pour les articles bon marché. On continue toutefois de l'utiliser sous forme de plaques, de profilés et de pièces moulées sous pression.

L'acier est essentiellement utilisé sous forme de plaques qui servent à la fabrication de certains articles.

Finition

Les travaux de finition constituent une phase essentielle de la fabrication des ferrures car c'est eux qui donnent à l'article son aspect final et protègent le matériau dont il est fait de la corrosion et de l'usure. A cet égard, on distingue les opérations mécaniques (peinture, polissage), électro-chimiques (chromage ou nickelage) et chimiques (anodisation et oxydation).

Polissage: On polit la plupart des ferrures avant le dernier finissage afin d'éliminer toute rayure qui a pu survenir au cours des phases de travail antérieures, mais le polissage peut être en soi le finissage final, comme c'est le cas des articles en cuivre et en aluminium. On peut effectuer le polissage à l'aide de certaines brosses dures qui donnent à l'article une surface terne.

Peinture: On applique généralement la peinture par un procédé électrostatique surtout pour assurer une finition décorative, car la résistance à la corrosion et la durabilité de ces revêtements ne sont pas satisfaisants. Et pourtant ils continuent à être employés car ils sont faciles à réaliser, offrent de nombreuses possibilités d'application, se laissent facilement retoucher et bénéficient de la mise au point de nouvelles peintures plastiques.

Chromage: Le chromage est la finition galvanoplastique la plus importante. Il donne une bonne résistance à la corrosion et à l'usure mécanique et offre en outre la possibilité de choisir entre plusieurs surfaces différentes, dont trois - brillante, satinée et noire - sont employées en Finlande. Parmi les métaux le plus souvent chromés, on relève l'acier, le zamak et le laiton.

Selon les normes appliquées dans l'industrie finlandaise des pièces métalliques, on applique généralement deux couches de cuivre, une ou deux de nickel et, pour finir, une couche de chrome, l'épaisseur des différentes couches étant respectivement de 8 à 10 microns pour le cuivre, de 16 microns

pour le nickel et de 0,2 microns pour le chrome. Si l'on souhaite un revêtement de chrome noir, on applique une couche noire supplémentaire.

Le nickelage et le revêtement au cuivre s'effectuent de la même façon, c'est-à-dire par procédé électrolytique mais sans couche de chrome.

Anodisation: A l'aide de procédés électrolytiques, on peut rendre la surface de l'aluminium poreuse par oxydation. Certains pigments pénètrent dans ces pores qui sont alors fermés; on obtient ainsi une surface colorée décorative qui peut être utilisée dans les cas de faible usure mécanique.

Oxydation: On peut oxyder le laiton de différentes façons pour lui conférer un aspect foncé décoratif.

Immersion dans du métal fondu: Il est possible de recouvrir mécaniquement les pièces en acier en les immergeant dans du métal fondu, qui les enrobe d'une couche épaisse résistant bien à la corrosion. On utilise le plus souvent du zinc et de l'aluminium, mais on peut aussi utiliser du cuivre et du laiton à cette fin.

Qualités requises des matériaux et des finitions

Lorsque l'on choisit des ferrures pour certains usages, il faut tenir compte de plusieurs facteurs pertinents. C'est ainsi qu'en plein air dans une zone industrielle ou près de la mer, il faut utiliser des pièces en laiton, alors que dans une atmosphère non polluée et à l'intérieur il est possible d'utiliser des garnitures d'acier. De même, pour les articles très exposés à l'usure, comme les poignées de portes, il est préférable de faire appel aux ferrures chromées et non pas aux ferrures peintes ou zinguées, qui peuvent cependant être utilisées dans des endroits moins exposés (serrures mortaisées et espagnolettes par exemple).

Le milieu ambiant impose parfois certaines finitions; en Finlande par exemple il est d'usage de combiner le laiton poli ou brun avec certains bois tels que le teck et l'acajou.

Accessoires en métal

Dans le présent article, on examine cette question du point de vue de l'industrie du meuble, car le secteur de la construction a en règle générale ses exigences propres. Les éléments les plus importants sont les pieds, les accoudoirs et les dos de sièges, les tables et les pieds de tables, et les armatures de fauteuils et canapés.

Matériaux

Le matériau le plus utilisé dans l'industrie du meuble est l'acier tubulaire, dont le profil peut être rond, carré, oval, plat ou une combinaison de ces différentes formes. L'aluminium et le laiton sont utilisés sous forme de tubes et de profilés. On utilise également des éléments pressés ou moulés à partir de plaques d'aluminium, de laiton ou d'acier. On utilise aussi, dans une certaine mesure, d'autres alliages.

Finition

La finition des accessoires en métal est pour le moins aussi importante que celle des ferrures et, en regard à leur caractère décoratif, peut-être même plus. Le chromage (brillant ou satiné) est l'opération la plus courante, mais la peinture tient une place presque aussi importante, du fait que les peintures et méthodes nouvelles permettent désormais d'obtenir des surfaces plus résistantes.

Perspectives d'avenir

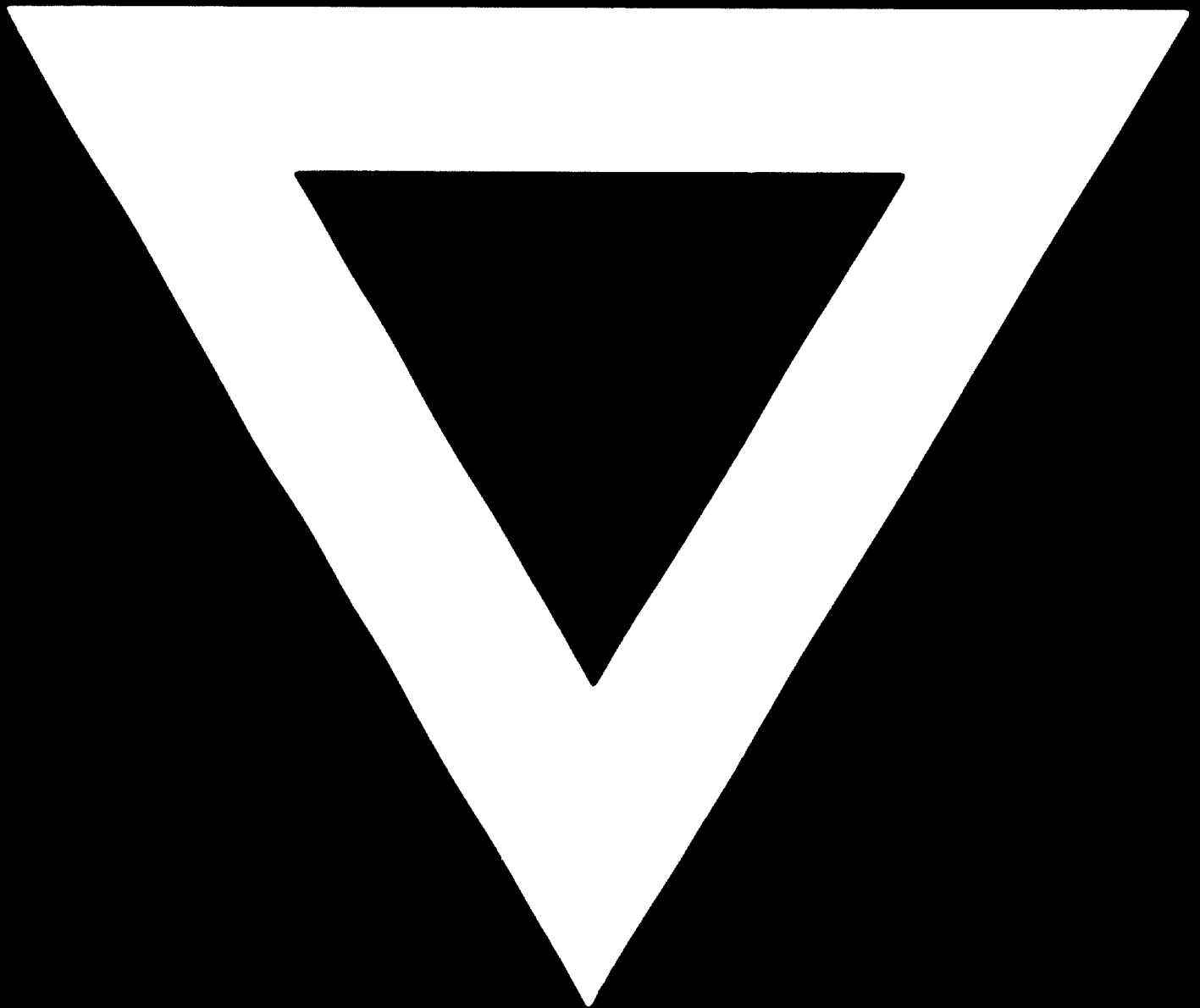
On procède continuellement à l'essai de nouvelles matières premières. A présent, ce sont la fibre de verre et les différents plastiques qui offrent les meilleures possibilités. Les plastiques ont fait leur apparition dans l'industrie des ferrures sous forme de mont-châssis et de poignées de portes, de charnières légères et de boutons de portes et autres articles du même genre, et l'on utilise à la fois la fibre de verre et les plastiques pour les armatures et les revêtements de meubles. Une nouvelle matière première prometteuse est l'amiante-ciment, dont on se sert pour faire des sièges et des bancs.

L'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel a établi les études suivantes sur les différentes applications du bois:

- ID/10 Techniques du bois dans la construction de logements adaptés aux besoins des pays en voie de développement, Rapport du Groupe d'étude, Vienne, 17 - 21 novembre 1969, (Publication des Nations Unies, N° de vente: F.70.II.B.32)
- ID/61 Production de maisons préfabriquées en bois, Keijo N.E.Tiusanen, (Publication des Nations Unies, N° de vente: F.71.II.B.13)
- ID/72 Le bois en tant que matériel d'emballage dans les pays en voie de développement, B.Hochart, (Publication des Nations Unies, N° de vente: F.72.II.B.12)
- ID/79 Fabrication de panneaux à partir de résidus agricoles, Rapport de la réunion d'experts tenue à Vienne du 14 au 18 décembre 1970, (Publication des Nations Unies, N° de vente: F.72.II.B.4)
- UNIDO/LIB/SER.D/4 Guides to Information Sources N°4: Information Sources on the Furniture and Joinery Industry
- ID/108 Industries du meuble et de la menuiserie pour les pays en voie de développement:
Deuxième partie: Techniques de production
Troisième partie: Considérations relatives à la gestion



C-280



77 .07.15